

Uma máquina síncrona trifásica, ligação Y, tem os seguintes dados nominais: 2 kVA, 4polos, 220 V (linha), 60Hz. A reatância síncrona em 60Hz vale 20Ω e as perdas mecânicas são iguais a 160 W. Girando em vazio a 1800 rpm, apresenta tensão de 100 V (linha) com excitação de 0.25 A. Admita que o circuito magnético seja linear.

1) Qual a excitação necessária para que a tensão induzida (linha) em vazio seja nominal, quando a máquina gira em sua rotação nominal. Qual o valor da corrente de curto-circuito, quando a corrente de excitação é igual a 0.5A.

$$\text{Para que a tensão induzida de linha seja a nominal, deve-se impor } I_{exc} = \frac{220}{100} \times 0,25 = 0,55A$$

Se $I_{exc} = 0.5$ A, então $E = 200$ V (linha) ou seja $E = 200/\sqrt{3} = 115,47$ V (fase).

$$I_{cc} = E / X_s = 5,77A$$

2) Ligando-se a máquina a um barramento trifásico, qual a corrente absorvida com excitação de 1.0A, caso não exista carga mecânica acoplada?

Sem carga mecânica acoplada, o motor síncrono absorve corrente para suprir as perdas mecânicas logo:

$$P = 160 \text{ W}$$

$$\text{Se } I_{exc} = 1.0 \text{ A então } E = \frac{1}{0,25} \frac{100}{\sqrt{3}} = 231 \text{ V}$$

$$V = 220/\sqrt{3}$$

$$P = 3 \frac{VE}{X_s} \sin(\delta) \text{ logo } 160 = 3 \frac{231 \times 127}{20} \sin(\delta)$$

$$\text{ou seja: } \delta = 2.08^\circ$$

$$\hat{V} = \hat{E} + jX_s \hat{I}, \text{ logo } 127 = 231 \angle -2.08^\circ + jX_s \hat{I}$$

$$\hat{I} = 5.21 \angle 85.37^\circ$$

3) Acoplou-se uma carga mecânica ao eixo, o motor passa a absorver 5A, com fator de potência 0.9 (capacitivo). Determine a potência fornecida à carga, o ângulo δ e a corrente de excitação.

$$V = 127 \angle 0$$

$$\hat{I} = 5 \angle \arccos(0.9) = 5 \angle 25.84^\circ$$

$$P = 3VI \cos\phi = 3 \cdot 127 \cdot 5 \cdot 0.9 = 1.714,5 \text{ W}$$

Logo a potência fornecida para a carga vale 1.554,5 W

$$\hat{V} = \hat{E} + jX_s \hat{I}$$

$$127 = \hat{E} + j20\hat{I} \text{ e } \hat{I} = 5 \angle 25.84^\circ$$

$$\text{Logo } \hat{E} = 192.8746 \angle -27.81^\circ$$

$$I_{exc} = \frac{192.8746}{100/\sqrt{3}} \times 0.25 = 0.8352 \text{ A}$$

$$\text{confira por } P = 3 \frac{VE}{X_s} \sin(\delta)$$

4) Mantendo-se a ligação ao barramento, com corrente de excitação igual a 1.0 A e acoplando-se a máquina a uma turbina, que aplica torque igual 8.8 N.m, determine as potências ativa, reativa e aparente, que a máquina fornece ao barramento.

$$P_{ativa} = 8,8 \times 2\pi \frac{1800}{60} - 160 = 1.498 \text{ W}$$

corrente de excitação igual a 1.0 A logo $E = 400/\sqrt{3}$ V

$$P = 3 \frac{VE}{X_s} \sin(\delta) = 3 \frac{127 \times 400}{20 \sqrt{3}} \sin(\delta). \text{ Logo: } \delta = 19,90^\circ$$

$$E = V + jX_s I$$

$$400/\sqrt{3} \angle 19,90^\circ = 127 + j 20 \hat{I}$$

$$\hat{I} = 5.98 \angle -48.90^\circ$$

$$Q = 3VI \sin\phi = 1717 \text{ VAR}$$

$$P_{ap} = P + jQ = 1498 + j 1717 \text{ VA}$$

A Máquina Síncrona emite reativos indutivos.

Qual a natureza do fluxo de reação de armadura neste item?

5) Mantendo-se a ligação ao barramento, com corrente de excitação igual a 0,55 A e acoplando-se a máquina a uma turbina, que aplica torque igual 8.8 N.m, determine as potências ativa, reativa e aparente, que a máquina fornece ao barramento.

$$P_{ativa} = 8.8 \times 2\pi \frac{1800}{60} \cdot 160 = 1498 \text{ W}$$

$$\text{corrente de excitação igual a } 0.55 \text{ A, logo } E = \frac{0,55}{0,25} \frac{100}{\sqrt{3}} = 127 \text{ V}$$

$$P = 3 \frac{VE}{X_s} \sin(\delta) = 3 \frac{127 \times 127}{20} \sin(\delta). \text{ Logo: } \delta = 38.24^\circ$$

$$E = V + jX_s I$$

$$127 \angle 38.24^\circ = 127 + j 20 \hat{I}$$

$$\hat{I} = 4.16 \angle 19.12$$

$$Q = 3VI \sin\phi = -519 \text{ VAr}$$

$$P_{ap} = P + jQ = 1498 - j 519 \text{ VA}$$

A Máquina Síncrona nesta condição emite reativos capacitivos.

Qual a natureza do fluxo de reação de armadura neste item?

6) Qual o valor da corrente de excitação que minimiza a corrente de armadura, quando o torque aplicado vale 8.8 Nm?

Quando a corrente de armadura está em fase com a tensão, alcança-se valor mínimo de corrente de armadura para um valor de potência prescrito.

$$I = P / 3V = 1498 / (3 \times 127) = 3,93 \text{ A}$$

$$E = V + jX_s I = 127 + j 20 \times 3.93$$

$$E = 149.35 \angle 31.75^\circ, \text{ ou seja } I_{exc} = \frac{149.35}{\frac{100}{\sqrt{3}}} \cdot 0.25 = 0,647 \text{ A}$$

Qual a natureza do fluxo de reação de armadura neste item?

7) Qual a mínima corrente de excitação necessária para que o conjugado de 8.8 N.m seja aplicado ao eixo?

$$P = 3 \frac{VE}{X_s} \sin(\delta)$$

Se conjugado de 8.8 N.m é aplicado ao eixo, então $P_{mec} = 1.658 \text{ W}$, mas há perdas mecânicas (160W), então $P_{el} = 1498 \text{ W}$.

Para mínima corrente de excitação deve-se ter E o mínimo, ou seja, $\sin(\delta)$ deve ser máximo ($\delta = 90^\circ$)

$$1498 = 3 \frac{127E}{20} \cdot 1$$

$$E = 78,63 \text{ V} \text{ ou seja: } I_{exc} = \frac{78,63}{100/\sqrt{3}} \cdot 0.25 = 0,34 \text{ A}$$

8) Qual a máxima potência ativa que a máquina pode fornecer para corrente de excitação igual a 0.5 A?

$$P = 3 \frac{VE}{X_s} \sin(\delta)$$

Máxima potência ativa para uma corrente de excitação prescrita ocorre para $\delta = 90^\circ$

$$P = 3 \frac{127 \times \frac{200}{\sqrt{3}}}{20} = 2420 \text{ W}$$

9) Abrindo-se a conexão com o barramento infinito e mantendo-se a corrente de excitação igual a 1.0 A, qual o valor da velocidade e da tensão induzida? (esta situação corresponde a um dos aspectos do "black-out")

Admitindo-se que o conjugado se mantém, então as perdas mecânicas vão limitar a velocidade.

$$\Omega = \frac{P}{C} = \frac{160}{8.8} = 18,18 \text{ rad/s}$$

$$\text{mas } \Omega = 2\pi n \text{ logo } n = 2,89 \text{ rps ou seja } f = 2 \times n = 5,78 \text{ Hz}$$

$$E = \frac{5.78}{60} \cdot 400 = 38,6 \text{ V}$$