

Corso di Azionamenti Elettrici Anno Accademico 2002-2003
Esercizio sulla macchina sincrona

Un generatore sincrono trifase, 2 poli, 800 MVA, 50 Hz, con rotore liscio ha una tensione nominale di 24 kV, collegamento a stella e i seguenti dati:

$$R_a=0,002 \Omega; X_s=1,1 \Omega$$

- a. Calcolare il valore di E quando il generatore eroga al carico la potenza nominale con fattore di potenza unitario.
- b. Calcolare il valore di E quando il generatore eroga al carico la potenza nominale con fattore di potenza unitario e nell'ipotesi che la stessa macchina funzioni a velocità doppia rispetto al caso precedente.
- c. Nel caso descritto in 2b, e trascurando i fenomeni di saturazione, si valuti il rapporto tra il nuovo e il vecchio valore della corrente di eccitazione I_e .
- d. Nel caso a. si verifichi l'espressione della potenza attiva in funzione dell'angolo di carico.
- e. Nel caso a. si valutino la corrente erogata, l'angolo di carico e la potenza reattiva erogate qualora sia aumentata la corrente di eccitazione del 20% (a parità di potenza attiva erogata), nell'ipotesi che la macchina sia collegata ad una rete di potenza infinita.

Soluzione

a.
$$V_{af} = \frac{V_a}{\sqrt{3}} = 13,86 \text{ kV}; \quad I_{an} = A_n / 3V_{af} = 19,24 \text{ kA} \leq$$

$$E_f = V_{af} + R_a I_{an} + jX_s I_{an} = \mathbf{25,35} \angle 56,7^\circ \text{ kV}$$

- b. Per velocità doppia varia ω e quindi il valore della reattanza, che nel caso specifico raddoppia. Il calcolo precedente fornisce quindi:

$$E_f' = V_{af} + R_a I_{an} + j2X_s I_{an} = \mathbf{44,52} \angle 71,8^\circ \text{ kV}$$

- c. Considerata la dipendenza di E dalla pulsazione e dalla corrente di eccitazione si ottiene:

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{k\omega_2 I_{e2}}{k\omega_1 I_{e1}} \quad \text{da cui} \quad \frac{I_{e2}}{I_{e1}} = \frac{1}{2} \frac{E_2}{E_1} = 0,88$$

- d. La formula da verificare è la seguente: $P \cong 3 \frac{E_f V_f}{Z_s} \text{sen} \delta'$

- e. Con la macchina collegata alla rete di potenza infinita si devono ritenere costanti la frequenza e il valore efficace della tensione ai morsetti. Aumentando la corrente di eccitazione (entro i limiti in cui non interviene la saturazione) aumenterà proporzionalmente anche la forza elettromotrice E , mentre rimane costante la potenza attiva e di conseguenza deve variare l'angolo di carico. Questa variazione si ottiene dalla relazione seguente (la nuova situazione è caratterizzata dall'indice 3):

$$P \cong 3 \frac{E_f V_f}{Z_s} \text{sen} \delta' = 3 \frac{E_{f3} V_f}{Z_s} \text{sen} \delta_3' \quad \longrightarrow \quad \frac{E_f}{E_{f3}} = \frac{\text{sen} \delta_3'}{\text{sen} \delta'}$$

$$\longrightarrow \quad \text{sen} \delta_3' = \frac{E_f}{E_{f3}} \text{sen} \delta' = \frac{\text{sen} 56,7^\circ}{1,2} = 0,696 \longrightarrow \delta_3' = 44,14^\circ$$

Pertanto il nuovo vettore E_{f1} risulta: $E_{f1} = 1,2 \cdot E_f \angle 44,14^\circ$

Da cui si ricava (trascurando R_a):

$$I_{a3} = \frac{E_{f3} - V_{af}}{jX_s} = \frac{1,2 \cdot 25,35 \cdot 10^3 \angle 44,14 - 13,86 \cdot 10^3 \angle 0}{j1,1} = 20,6 \cdot 10^3 \angle -20,62 \text{ A}$$

$$\cos(-20,62) = 0,93; \quad \text{sen}(-20,62) = -0,35$$