

ESERCITAZIONI DI AZIONAMENTI ELETTRICI

FUNZIONAMENTO A REGIME DELLA MACCHINA SINCRONA ISOTROPA.

1.

Un generatore sincrono (alternatore) trifase, con rotore liscio a 2 poli, della potenza di 800 MVA, ha una tensione nominale (concatenata) di 24 kV, ed è collegato a stella. Presenta i seguenti parametri elettrici:

Reattanza sincrona: $X_s = 1,2 \Omega$
Reattanza di dispersione: $X_l = 0,2 \Omega$
Resistenza di armatura: $R_a = 0,002 \Omega$

Calcolare la f.e.m. E quando la macchina eroga la potenza nominale con un fattore di potenza $\cos\phi=0.85$ in ritardo.

Calcolare la corrente che si stabilisce nella macchina a regime per un corto circuito netto sulle tre fasi.

2.

Un generatore sinerono trifase, collegato a Y, ha i seguenti dati di targa e parametri:

Potenza nominale: $A_n = 1000 \text{ kVA}$
Tensione nominale: $V_n = 4000 \text{ V}$
Reattanza sincrona: $X_s = 25 \Omega$

La resistenza d'armatura è trascurabile. La macchina eroga il 60% della sua potenza nominale apparente, alla tensione nominale, con un fattore di potenza pari a $\cos\phi = 0.8$ in anticipo.

Si valuti il valore della tensione di armatura nel caso in cui il carico venga scollegato dalla linea, nell'ipotesi che la corrente di eccitazione si mantenga costante e che il regolatore di velocità del motore primo mantenga costante la velocità durante il distacco di carico.

3.

Due macchine sincrone trifasi identiche sono collegate tra di loro in modo da funzionare l'una come generatore, l'altra come motore. I dati comuni di entrambe sono i seguenti:

Potenza nominale: $A_n = 1000 \text{ kVA}$
Tensione nominale: $V_n = 4160 \text{ V}$
Collegamento: Y
Reattanza sincrona: $X_s = 18 \Omega$

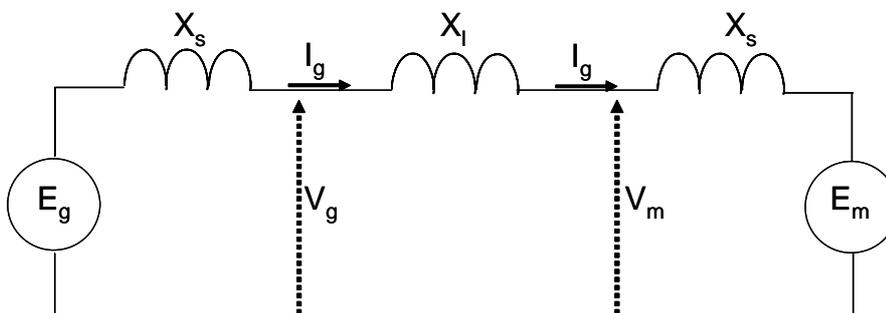
Le macchine sono a rotore liscio, 2 poli, e la resistenza di armatura è trascurabile.

La linea di collegamento delle due macchine ha una reattanza di 3Ω e resistenza trascurabile.

In condizioni di regime il generatore eroga la potenza nominale con un fattore di potenza $\cos\phi = 0,8$ in ritardo, alla tensione nominale. Si calcolino i valori delle f.e.m. E_g e E_m , delle tensioni V_g e V_m ai capi delle macchine e i valori della potenza reattiva erogata e consumata nelle diverse sezioni del sistema.

Si riportino in un diagramma vettoriale le principali grandezze elettriche.

Lo schema di collegamento è riportato nel circuito seguente.



ESERCITAZIONE SULLA MACCHINA SINCRONA

Esercizio n.1

1. Si assume \bar{V}_a come tensione di riferimento (di fase):

$$|\bar{V}_a| = \frac{24}{\sqrt{3}} kV = 13.86 kV \quad \angle V = 0^\circ$$

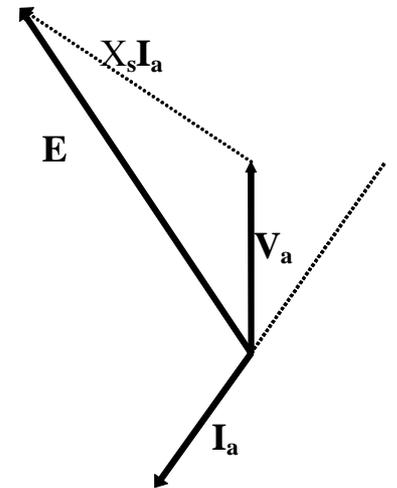
2. Condizioni di carico nominale:

$$3V_a I_a = 800 MVA \Rightarrow I_a = \frac{800 MVA}{3 \cdot 13.86 kV} = 19.24 kA$$

$$\cos \phi = 0.85 \Rightarrow \phi = 31.8^\circ \Rightarrow \bar{I}_a = -19.24 kA \angle -31.8^\circ \text{ (Convenz. motori)}$$

3. Calcolo della forza elettromotrice (per fase):

$$\begin{aligned} \bar{E} &= \bar{V}_a - R\bar{I}_a - jX_s\bar{I}_a = \\ &= 13.86 + 0.002 \cdot 19.24 \angle -31.8^\circ + j1.2 \cdot 19.24 \angle -31.8^\circ = \\ &= 26.06 + j19.6 = 32.6 \angle 36.9^\circ \end{aligned}$$

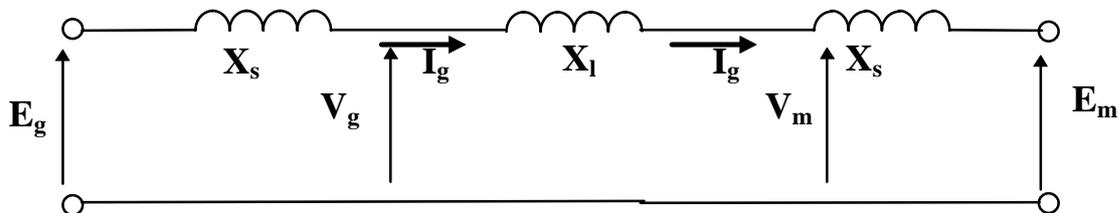


4. La condizione di cortocircuito si ricava dalla considerazione del circuito equivalente di fase:

$$I_{cc} = \frac{E}{X_s} = \frac{32.61 kV}{1.2} = 27.175 kA$$

Attenzione- Si noti che la corrente di corto circuito a regime è solo di poco superiore alla corrente nominale.

Esercizio n.3



1. Si assume \bar{V}_g (tensione del generatore) come tensione di riferimento (di fase):

$$|\bar{V}_g| = \frac{4160}{\sqrt{3}} = 2402V \angle 0^\circ$$

2. Condizioni di carico nominale del generatore:

$$3V_g I_g = 1000 \cdot 10^3 \text{ VA} \Rightarrow I_g = \frac{1000 \cdot 10^3}{3 \cdot 2402} = 138,8 \text{ A} \angle -36,9^\circ (\text{Convenz. generatori})$$

3. Calcolo della forza elettromotrice del generatore (per fase):

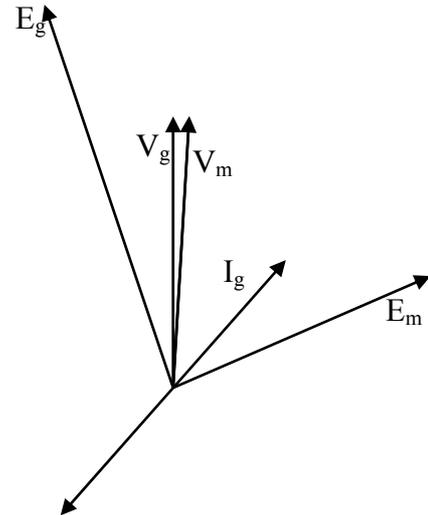
$$\begin{aligned} \bar{E}_g &= \bar{V}_g + jX_s \bar{I}_g = \\ &= 2402 + j18(138,8 \angle -36,9^\circ) = \\ &= 3902 + j1998 = 4384 \angle 27,1^\circ \end{aligned}$$

4. Calcolo della tensione lato motore:

$$V_m = \bar{V}_g - X_l I_g = 2178 \angle -8,8^\circ$$

5. Calcolo f.e.m motore:

$$\begin{aligned} \bar{E}_m &= \bar{V}_m - jX_s \bar{I}_m = \\ &= 2178 \angle -8,8^\circ - j18(138,8 \angle -36,9^\circ) = 2421 \angle -74,4^\circ \end{aligned}$$



6.

Potenza reattiva ceduta dal generatore:

$$Q_g = 3V_g I_g \sin \varphi_g = 600 \text{ kVAR}$$

Potenza reattiva assorbita dal motore

$$Q_m = 3V_m I_m \sin \varphi_m = 427 \text{ kVAR}$$

La differenza è la potenza assorbita dalla linea:

$$Q_{\text{linea}} = 3I^2 X_l = 173 \text{ kVAR}$$

Esercizio n.2

1. Si assume \bar{V} come tensione di riferimento (di fase):

$$|\bar{V}| = \frac{4000}{\sqrt{3}} \text{ V} = 2309 \text{ V} \angle V = 0^\circ$$

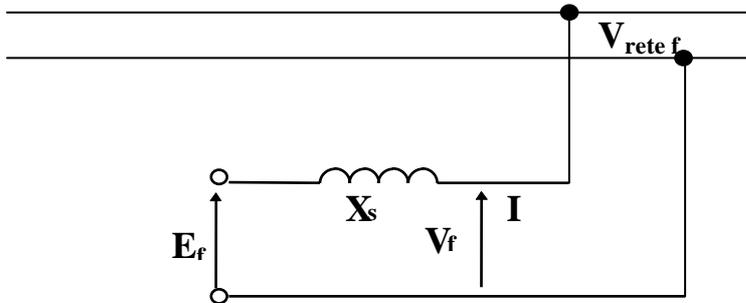
2. Condizioni di carico nominale:

$$3V_f I = 1000 \cdot 0,6 \text{ kVA} \Rightarrow I = \frac{600 \text{ kVA}}{3 \cdot 2309 \text{ V}} = 86,6 \text{ A}$$

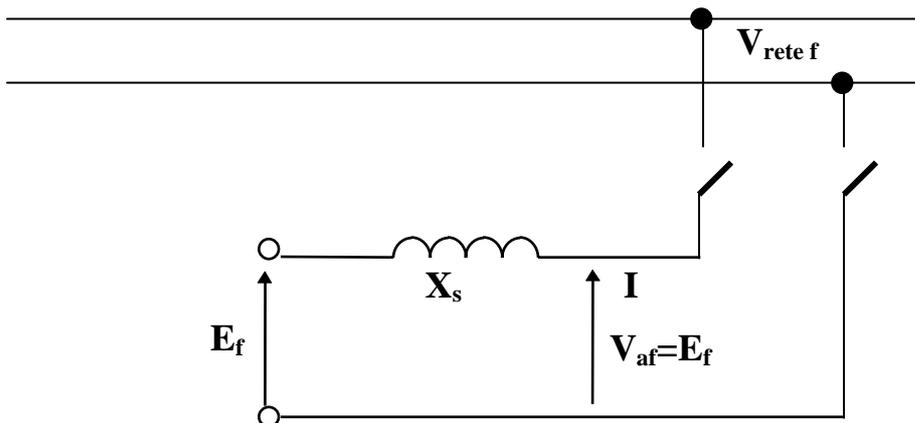
$$\cos \varphi = 0,86 \Rightarrow \varphi = 36,87^\circ \Rightarrow \bar{I} = -86,6 \text{ kA} \angle +36,87^\circ (\text{Convenz. motori})$$

3. Calcolo della forza elettromotrice (per fase) nella condizione di regime in cui la macchina è in parallelo con la rete ($V_a = V_{\text{rete}}$):

$$\begin{aligned} \bar{E} &= \bar{V} - jX_s \bar{I} = \text{(convenzione dei motori)} \\ &= 2309 + j25 \cdot 86,6 \angle +36,87^\circ = \\ &= 2309 + j25(69,28 + j51,96) = \\ &= 1010 + j1732 = 2005 \angle 59,75^\circ \end{aligned}$$



In seguito al distacco dalla rete, e qualora non cambino né la corrente di eccitazione, né la velocità della macchina, la macchina funziona a vuoto (corrente I_a nulla) e pertanto la tensione ai morsetti della macchina coincide con la forza elettromotrice E



Gli schemi sopra riportati si riferiscono ai valori di fase (sia della macchina, sia della rete) Pertanto a seguito del distacco dalla rete la tensione **concatenata** ai morsetti della macchina si porta a un valore pari a:

$$V_a = \sqrt{3}E_f = 3473 \text{ V}$$