

Sistemi e macchine elettriche

Appello del 04/07/2014

1° Parte

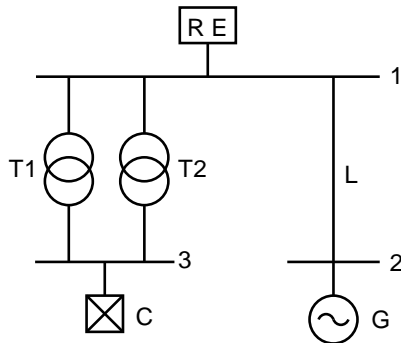
Esercizio 1

Un generatore sincrono trifase a 6 poli con gli avvolgimenti collegati a triangolo e avente la reattanza sincrona pari a 2.4Ω e la resistenza di una fase dello statore pari a 0.15Ω eroga una potenza di 50 kW con un fattore di potenza di $\cos\phi = 0.9$ in anticipo e impone ai suoi morsetti una tensione V pari a 380 V (concatenata). Determinare:

1. la corrente (in modulo e fase) erogata dalla macchina;
2. la forza elettromotrice a vuoto corrispondente a queste condizioni di funzionamento (modulo e suo sfasamento rispetto alla tensione ai morsetti V);
3. la coppia meccanica che deve fornire il motore primo collegato al generatore;
4. nel caso in cui si usi l'alternatore solo per rifasare il carico (ossia non eroghi potenza reale), determinare, la corrente (modulo e fase) erogata dalla macchina, la forza elettromotrice a vuoto e disegnare il diagramma fasoriale della macchina.

Esercizio 2

Si studi il sistema di figura con i dati seguenti:



Linea	L [km]	x_l [Ω/km]	V_n [kV]
L	30	0.4	150

Trasformatore	A_n [MVA]	k [kV / kV]	v_{cc} [%]
T1	100	150 / 20	10
T2	100	150 / 20	10

Generatore	A_n [MVA]	V_n [kV]
G	60	150

L'utilizzatore industriale C assorbe una potenza reale di 70 MW con un fattore di potenza di $\cos\phi = 0.92$ in ritardo. Il generatore sincrono G eroga in rete 150 MW e impone una tensione ai suoi morsetti pari a 153 kV . Si consideri il nodo "1" come nodo di saldo di potenza infinita alla tensione costante di 147 kV .

1. Calcolare la matrice delle ammettenze della rete;
2. indicare le tipologie dei nodi per il calcolo di PF;
3. scegliere il profilo di partenza per il processo di iterazione;
4. scrivere il sistema di equazioni di PF da risolvere con il metodo di Gauss;
5. eseguire una iterazione di PF con il metodo di Gauss;
6. determinare la potenza reale scambiata con la rete esterna (erogata dal generatore di saldo).

TRACCIA DELLA SOLUZIONE

Esercizio 1

1.

$$Q_g = -P_g \cdot \tan(\arccos(\cos\phi)) = -24216.105 \text{ [var]}$$

$$I = (P_g - 1i \cdot Q_g) / (V_f / 3) = 43.860 + 1i \cdot (21.242) \text{ [A]}; |I| = 48.733 \text{ [A]}; \angle I = 0.451 \text{ [rad]}$$

Oppure:

$$P_g = 3 \cdot V_f \cdot I_f \cdot \cos\phi_i \Rightarrow |I| = P_g / (3 \cdot V_f \cdot \cos\phi_i) = 48.733 \text{ [A]}$$

$$\angle I = \arccos(\cos\phi) = 0.451 \text{ [rad]}$$

2.

$$E_0 = V_f + (R_s + 1i \cdot X_s) \cdot I = 335.598 + 1i \cdot (108.449) \text{ [V]}; |E_0| = 352.686 \text{ [V]}; \angle E_0 = 0.313 \text{ [rad]}$$

3.

$$N_0 = 60 \cdot 50 / (p/2) = 1000.000 \text{ [giri/min]}$$

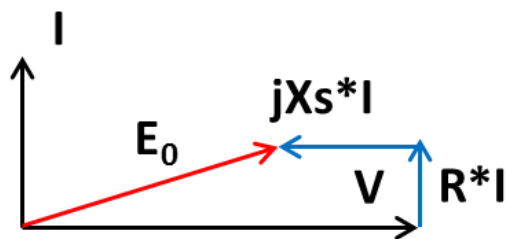
$$P_j = 3 \cdot R \cdot \text{abs}(I)^2 = 1068.705 \text{ [W]}$$

$$C_r = (P_g + P_j) / (2 \cdot \pi \cdot N_0 / 60) = 487.670 \text{ [J/rad]}$$

4.

$$I = (-1i \cdot Q_g) / (V / 3) = 0.000 + 1i \cdot (21.242) \text{ [A]}; |I| = 21.242 \text{ [A]}; \angle I = 1.571 \text{ [rad]}$$

$$E_0 = V_f + (R_s + 1i \cdot X_s) \cdot I = 329.034 + 1i \cdot (0.010) \text{ [V]}; |E_0| = 329.034 \text{ [V]}; \angle E_0 = 0.010 \text{ [rad]}$$



Esercizio 2

Dati:

L: l=30 [km] x1=0.4 [Ohm/km] Vn1=150 [kV]
T: vcc=10 [%] AnT=100 [MVA] kT=150/20 [kV/kV]
Carico: Pc=70 [MW] cosfc=0.9 [-]
Generatore: Pg=150 [MW] Vg=153 [kV]
Rete est: Vre=147 [kV]

Domanda 1:

Scelta valori di riferimento: Vrif=150000.000 [kV]; Arif=AnT=100000000.000 [MVA]

Zrif=Vrif^2/Arif=225.000 [Ohm]

Calcolo impedenze serie in p.u.:

$zL=1i * l * x1 / Zref = 1i * (0.053);$

$zT=1i * (vcc/100) * Aref / AnT = 1i * (0.100);$

Calcolo ammettenze latti:

$y12=1/zL=1i * (-18.750)$

$y13=1/zT=1i * (-20.000)$

La matrice delle ammettenze nodali:

$$Y = \begin{bmatrix} y12+y13 & & & & \\ & -y12 & & & \\ & & y12 & & \\ & & & 0 & \\ & & & & y13 \end{bmatrix}$$

Y =

0 -38.7500i	0 +18.7500i	0 +20.0000i
0 +18.7500i	0 -18.7500i	0
0 +20.0000i	0	0 -20.0000i

Domanda 2 e 3:

Nodo 1: SALDO: $e_1 = V_{re}/V_{ref} = 0.980 = ct$ $d_1 = 0.000 = ct$

Nodo 2: PV: $e_2 = V_g/V_{ref} = 1.020 = ct$ $d_2(0) = 0.000$ $p_2 = P_g/Arif = 1.500$

Nodo 3: PQ: $e_3(0) = 1.000 = ct$ $d_3(0) = 0.000$ $p_3 = -P_c/Arif = -0.700$
 $q_3 = -P_c \cdot \tan(\arccos(\cos\phi_c))/Arif = -0.298$

Domanda 4 e 5:

Nodo 2:

$q_{2g_calc} = e_2 \cdot (e_1 \cdot \text{abs}(Y(2,1)) \cdot \sin(d_2(0) - d_1 - \text{angle}(Y(2,1))) + e_2 \cdot \text{abs}(Y(2,2)) \cdot \sin(d_2(0) - d_2(0) - \text{angle}(Y(2,2)))) = 0.765$

$e_{2c} = 1/Y(2,2) \cdot ((p_2 - 1i \cdot q_{2g_calc})/e_2 - Y(2,1) \cdot e_1(0)) = 1.020 + 1i \cdot (0.078)$

Aggiornamento della tensione: $e_2 = ct = 1.020$; $d_2(1) = \text{angle}(e_{2c}) = 0.077$ [rad]

Nodo 3:

$e_{3c} = 1/Y(3,3) \cdot ((p_3 - 1i \cdot q_3)/\text{conj}(e_3(0) \cdot \exp(d_3(0))) - Y(3,1) \cdot e_1) = 0.965 + 1i \cdot (-0.035)$

Aggiornamento della tensione: $e_3(1) = \text{abs}(e_{3c}) = 0.966$; $d_2(1) = \text{angle}(e_{2c}) = -0.036$ [rad]

Domanda 6:

$p_1 = -p_2 - p_3 = -0.800$