



ESERCIZIO 1 (10 Punti)

Siano dati due trasformatori monofase con i seguenti dati di targa:

Trasformatore 1:

- An = potenza apparente nominale = 50 kVA
- V1n/V20 = 20000 / 220 V
- Vcc % = tensione di corto circuito percentuale = 4.5%
- cosφc = fattore di potenza di corto circuito = 0.6
- Io % = Corrente a vuoto percentuale = 1%
- Potenza a vuoto percentuale = 0.9%

Trasformatore 2:

- An = potenza apparente nominale = 70 kVA
- V1n/V20 = 20000 / 220 V
- Vcc % = tensione di corto circuito percentuale = 7%
- cosφc = fattore di potenza di corto circuito = 0.5
- Io % = Corrente a vuoto percentuale = 2%
- Potenza a vuoto percentuale = 0.7%

I due trasformatori funzionano in parallelo e sono alimentati a tensione nominale, alimentano un carico che assorbe, al secondario, 100 kW ad una tensione di 220 V e cosφ = 0.8.

Determinare i parametri dei due trasformatori, la corrente erogata da ciascun trasformatore, il carico percentuale di ciascun trasformatore (rapporto tra la corrente erogata e la propria corrente nominale), il rendimento totale.

*[Si calcolano i parametri dei due trasformatori a partire dai dati delle prove. $v_{cc} = V_{cc}\%/100$, $I_{2n} = A_n/V_{20}$, $V_{cc} = v_{cc} * V_{20}$, $P_{cc} = V_{cc} * I_{2n} * \cos\phi_{c}$, $R_{cc} = P_{cc}/I_{2n}^2$, $X_{cc} = (P_{cc} * \tan(\phi_{c})) / I_{2n}^2$, $I_{1n} = A_n/V_{1n}$, $i_o = I_o\%/100$, $I_{o1} = i_o * I_{1n}$, $P_o = V_{1n} * I_{o1} * \cos\phi_{i_o}$, $R_o = V_{1n}^2 / P_o$, $X_o = V_{1n}^2 / (P_o * \tan(\phi_{i_o}))$. Si ricavano i seguenti parametri per i due trasformatori: $R_{oa} = 8.8889e+05 \Omega$, $X_{oa} = 1.8353e+06 \Omega$, $R_{cca} = 0.0261 \Omega$, $X_{cca} = 0.0348 \Omega$, $R_{ob} = 8.1633e+05 \Omega$, $X_{ob} = 3.0501e+05 \Omega$, $R_{ccb} = 0.0242 \Omega$, $X_{ccb} = 0.0419 \Omega$.*

*Il carico assorbe in condizioni nominali una potenza P_l se alimentato a $V_{ln} = 220V$ con $\cos\phi_{fil}$, da questi dati si ricavano i parametri serie R_l e X_l del carico. $I_{ln} = P_l / (V_{ln} * \cos\phi_{fil}) = 568.1818A$, $R_l = P_l / (I_{ln}^2) = 0.3098 \Omega$ e $X_l = (P_l * \tan(\phi_{fil})) / (I_{ln}^2) = 0.2323 \Omega$. Si calcola la corrente del carico ponendo la tensione al secondario dei trasformatori sull'asse reale e si ottiene $I_{load} = V_{20} / (Z_{trasf_par} + Z_{load}) = 4.2427e+02 - 3.3082e+02i A$, dove $Z_{trasf_par} = Z_{ca} * Z_{cb} / (Z_{ca} + Z_{cb})$, con $Z_{ca} = R_{cca} + jX_{cca}$ e $Z_{cb} = R_{ccb} + jX_{ccb}$. Applicando la regola del partitore di corrente si ottengono le due correnti sui due secondari dei trasformatori: $I_a = I_{load} * Z_{cb} / (Z_{ca} + Z_{cb}) = 2.3324e+02 - 1.6145e+02i A$ e $I_b = I_{load} * Z_{ca} / (Z_{ca} + Z_{cb}) = 1.9103e+02 - 1.6937e+02i A$. Si ottiene quindi $i_a = \text{abs}(I_a) / I_{2an} = 1.2481$ $i_b = \text{abs}(I_b) / I_{2bn} = 0.8024$. il rendimento è dato dal rapporto tra potenza resa e potenza assorbita, $\text{rend} = (R_l * \text{abs}(I_{load})^2) / (R_l * \text{abs}(I_{load})^2 + R_{ca} * \text{abs}(I_a)^2 + R_{cb} * \text{abs}(I_b)^2 + P_{oa} + P_{ob}) = 0.9510$]*

ESERCIZIO 2 (10 Punti)

Sia dato un motore asincrono caratterizzato dai seguenti dati:

- Potenza nominale $P_n = 200$ kW
- tensione nominale $V_n = 380V$
- fattore di potenza nominale $\cos\phi_n = 0.8$
- resistenza statorica $R_s = 17$ mΩ
- numero di coppie polari $p = 4$
- potenza di assorbimento durante la prova a rotore bloccato (potenza di corto-circuito) $P_{cc} = 10$ kW
- fattore di potenza di corto circuito $\cos\phi_{cc} = 0.3$



potenza assorbita durante la prova a vuoto $P_o = 8 \text{ kW}$
Corrente assorbita durante la prova a vuoto $I_o = 180 \text{ A}$.

Si determinino i parametri del motore asincrono, lo scorrimento del motore quando questo sia alimentato a tensione nominale e sviluppi una coppia pari a $C_l = 900 \text{ Nm}$ e il rendimento totale del sistema. Si utilizzi nella risoluzione la caratteristica meccanica linearizzata.

[Si calcolano i parametri della macchina asincrona nel seguente modo:

$$P_{fe} = P_o - 3 \cdot R_s \cdot I_o^2$$

$$\cos \phi_{io} = P_{fe} / (\sqrt{3} \cdot V_n \cdot I_o)$$

$$Q_{fe} = P_{fe} \cdot \tan(\arccos(\cos \phi_{io}))$$

$$R_o = V_n^2 / P_{fe}$$

$$X_m = V_n^2 / Q_{fe}$$

$$\text{rend}_n = P_n / (P_n + P_{cc} + P_{fe})$$

$$I_n = P_n / (\text{rend}_n \cdot \sqrt{3} \cdot V_n \cdot \cos \phi_{in})$$

$$I_{nbis} = (P_n + P_{cc} + P_{fe}) / (\sqrt{3} \cdot V_n \cdot \cos \phi_{in})$$

$$R_r = (P_{cc} - 3 \cdot R_s \cdot I_n^2) / (3 \cdot I_n^2)$$

$$X_d = (P_{cc} \cdot \tan(\arccos(\cos \phi_{ic}))) / (3 \cdot I_n^2)$$

E si ottengono i seguenti parametri:

$$R_o = 22.7488 \Omega$$

$$X_d = 0.0628 \Omega$$

$$X_m = 1.2206 \Omega$$

$$R_s = 0.0170 \Omega$$

$$R_r = 0.0027 \Omega$$

Si calcola lo scorrimento utilizzando la caratteristica linearizzata:

$$\omega_m = 2 \cdot \pi \cdot 50;$$

$$k = p \cdot V_n^2 / (\omega_m \cdot R_r)$$

$$x_{lin} = C_l / k = 0.0013$$

quindi si trovano la corrente rotorica, la potenza assorbita e la corrente di statore e il rendimento:

$$\omega_{m_lin} = (\omega_m / p) \cdot (1 - x_{lin}) = 78.4343 \text{ rad/s}$$

$$I_{r_lin} = (V_n / \sqrt{3}) / (\sqrt{(R_s + R_r / x_{lin})^2 + X_d^2}) = 106.4602 \text{ A}$$

$$P_{ass_lin} = C_r^2 \cdot \omega_{m_lin} + 3 \cdot (R_s + R_r) \cdot I_{r_lin}^2 + P_{fe} = 7.7610e+04 \text{ W}$$

$$Q_{ass_lin} = Q_{fe} + 3 \cdot X_d \cdot I_{r_lin}^2 = 1.2044e+05 \text{ VAR}$$

$$I_{s_lin} = \sqrt{(P_{ass_lin}^2 + Q_{ass_lin}^2)} / (\sqrt{3} \cdot V_n) = 217.6869 \text{ A}$$

$$\text{rend}_{lin} = C_r^2 \cdot \omega_{m_lin} / (P_{ass_lin}) = 0.9096$$

]

ESERCIZIO 3 (10 Punti)

Sia dato un generatore in corrente continua a eccitazione indipendente caratterizzato dai seguenti dati:

$$P_n_{gen} = 80 \text{ kW}$$

$$V_n_{gen} = 350 \text{ V}$$

$$R_a\%_{gen} = 3\%$$

$$N_n_{gen} = 1400 \text{ giri/min (velocità nominale)}$$

$$V_{eccn_gen} = 200 \text{ V}$$

$$I_{eccn_gen} = 3 \text{ A}$$

$$T_{att} = B \cdot \omega_r \text{ con } B = 0.020 \text{ Nms}$$

Il generatore alimenta un carico caratterizzato dai seguenti dati:

$$R_l = 2.5 \Omega \text{ ad una tensione pari a } V_l = 300 \text{ V.}$$

Si determinino la coppia che il motore primo deve fornire, la velocità di rotazione e il rendimento del generatore, ipotizzando le condizioni di eccitazione del generatore nominali.

[Si calcolano i parametri del generatore:

$$I_{an} = P_n / V_n = 228.5714 \text{ A}$$

$$R_a = r_a \cdot V_n / I_{an} = 0.0459 \Omega$$

$$\text{La corrente assorbita dal carico è pari a } I_l = V_l / R_l = 120 \text{ A}$$

$$\text{La f.e.m. è data da } E = V_l + R_a \cdot I_l = 305.5125 \text{ V}$$

Si calcola il k dalle condizioni nominali di funzionamento da cui segue la velocità:

$$\omega_{m_n} = N_n \cdot 2 \cdot \pi / 60 = 146.6077 \text{ rad/s}$$



$$k = (V_{an} + R_a \cdot I_{an}) / \omega_{m_n}$$

$$\omega_m = E/k = 124.2454 \text{ rad/s}$$

La coppia e il rendimento sono dati da:

$$T = k \cdot I_1 = 295.0733 \text{ Nm}$$

$$\text{rend} = R_1 \cdot I_1^2 / (V_{e\text{ccn}} \cdot I_{e\text{ccn}} + T \cdot \omega_m + B \cdot \omega_m^2) = 0.9582 \%$$

]