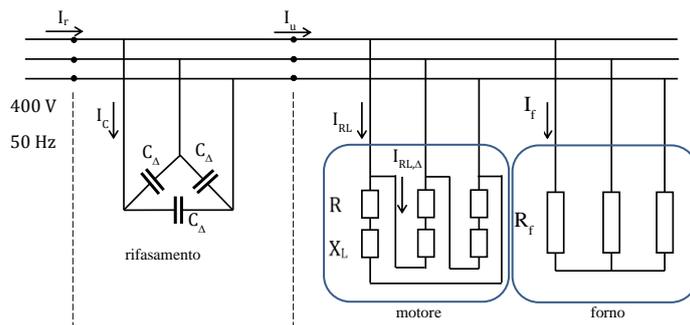


Compito di Applicazioni Industriali Elettriche
 per Ingegneria Meccanica, a.a. 2021-22
14 luglio 2022
VALIDITA' DEL VOTO FINO A TUTTO Settembre 2022

Traccia della soluzione (i dati sono quelli del compito A, ma il procedimento è uguale per tutti). Non tutte le grandezze sotto calcolate erano richieste dai problemi. Alcune sono usate seguendo percorsi risolutivi diversi.

ESERCIZIO 1 (max punti 13) – È dato l'impianto elettrico di figura alla frequenza di 50 Hz costituito da: (i) un forno elettrico, (ii) un motore elettrico trifase, (iii) un banco di condensatori di rifasamento. Sono noti i seguenti dati:

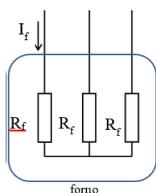
- Tensione di esercizio $V_a = 400$ V
- Forno elettrico di potenza trifase $P_f = 6$ kW realizzato con tre resistori R_f connessi a stella.
- Motore trifase rappresentato da un circuito R-X a triangolo con $I_{RL} = 30$ A (vedi figura); la resistenza R misurata con un ohmetro vale $R = 10$ Ω .
- Banco di condensatori di rifasamento collegato a triangolo.



Si chiede di:

- Calcolare i parametri R_f (del forno) e X_L (del motore) mostrati in figura (max 3 punti)
- Calcolare la corrente efficace I_n dei conduttori che alimentano l'utenza motore + forno. (max 3 punti)
- Calcolare le capacità C_Δ dei condensatori del banco di rifasamento per avere un carico complessivo visto dalla rete trifase avente $\cos\phi' = 0.98$ (max 3 punti)
- Calcolare la corrente I_r (vedi figura) dei conduttori di rete che alimenta l'intero impianto (max 3 punti)

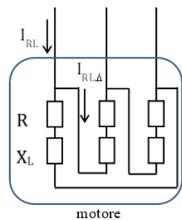
FORNO



È un carico puramente resistivo; non impegna potenza reattiva; $\cos\phi_f = 1$, $\sin\phi_f = 0$. Su ogni R_f (data) cade la tensione $E = V/\sqrt{3} = 230$ V.

$P_f = 3 E^2/R_f$; da cui R_f ; $Q_f = 0$; $S_f = P_f$; $I_f = E/R_f$

MOTORE



Carico resistivo-induttivo a triangolo con $\cos\phi_m = 0.7$; $\sin\phi_m = +0.714$

$I_{RL\Delta} = I_{RL}/\sqrt{3}$;

La potenza attiva P_m è assorbita dalle 3 R percorse dalla corrente $I_{RL\Delta}$: $P_m = 3 R (I_{RL\Delta})^2$

$S_m = \sqrt{3} V I_{RL}$

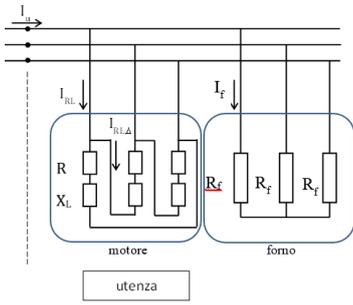
$Q_m = \sqrt{(S_m^2 - P_m^2)}$;

La potenza reattiva Q_m è assorbita dalle 3 X_L percorse dalla corrente $I_{RL\Delta}$.

$Q_m = 3 X_L (I_{RL\Delta})^2$ da cui $X_L = Q_m/3 (I_{RL\Delta})^2$

$\cos\phi_m = P_m/S_m$; $\sin\phi_m = Q_m/S_m$; $\tan\phi_m = Q_m/P_m$

UTENZA

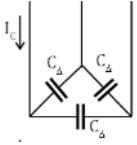


$$P_u = P_m + P_f; \quad Q_u = Q_m + Q_f; \quad S_u = \sqrt{P_u^2 + Q_u^2}; \quad \text{NON } S_u = S_m + S_f \text{ !!!!}$$

$$I_u = S_u / (\sqrt{3} V); \quad \text{NON } I_u = I_{RL} + I_f \text{ !!!!}$$

$$\cos \varphi_u = P_u / S_u; \quad \sin \varphi_u = Q_u / S_u; \quad \tan \varphi_u = Q_u / P_u$$

RIFASAMENTO



$Q_C = P_u(\tan \varphi_u - \tan \varphi')$ ove $\tan \varphi'$ si ricava da $\cos \varphi' = 0.98$ (dato). NB $\cos \varphi'$ è pari a $\cos \varphi_r$ di tutto l'impianto (rifasamento compreso) visto dalla rete.

È un carico puramente capacitivo; non impegna potenza attiva $P_C = 0$; $\cos \varphi_C = 0$, $\sin \varphi_C = -1$ (negativo!). Su ogni C_Δ cade la tensione $V = 400$ V.

Vale $Q_C = \sqrt{3} V I_C \sin \varphi_C = -\sqrt{3} V I_C$ [var] (negativa) da cui I_C (se uno vuole)

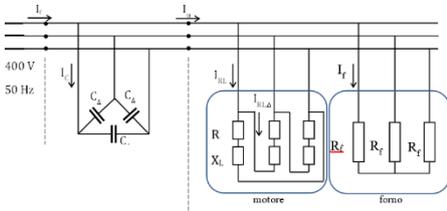
Oppure, cambiando unità di misura, $Q_C = \sqrt{3} V I_C$ [VAC] (positiva)

$$S_C = |Q_C| = \sqrt{3} V I_C$$

Da cui ancora $I_C = S_C / (\sqrt{3} V)$

Per una configurazione a triangolo: $I_{C,\Delta} = I_C / \sqrt{3} = (2\pi f) C_\Delta V$ da cui C_Δ . Oppure Q_C [VAC] = $3 (2\pi f) C_\Delta V^2$ da cui C_Δ .

INTERO CARICO VISTO DALLA LINEA (RETE)



$$P_r = P_C + P_u = P_u; \quad Q_{r[\text{var}]} = Q_C[\text{var}] + Q_{u[\text{var}]} = -Q_C[\text{VAC}] + Q_{u[\text{var}]};$$

$$S_r = \sqrt{P_r^2 + Q_r^2}; \quad \text{NON } S_r = S_C + S_u \text{ !!!!}$$

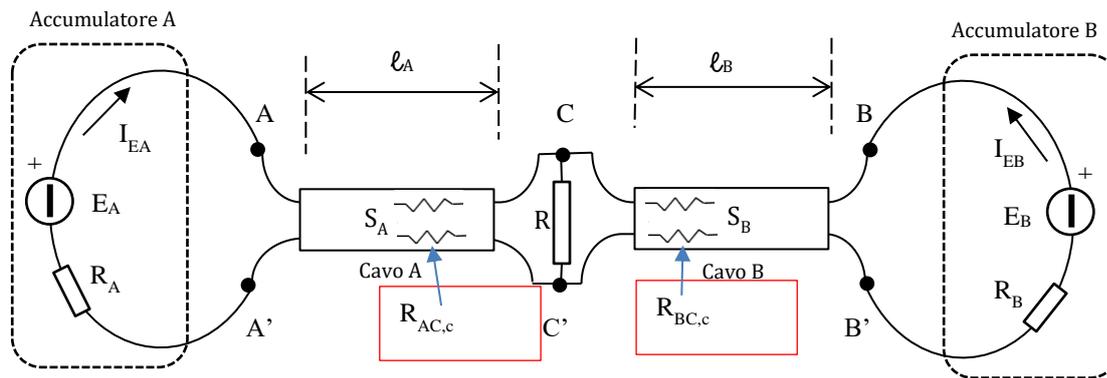
$$I_r = S_r / (\sqrt{3} V); \quad \text{NON } I_r = I_C + I_u \text{ !!!!}$$

Oppure essendo dato $\cos \varphi_r = \cos \varphi'$ e quindi $\sin \varphi_r$

$$S_r = P_r / \cos \varphi_r; \quad I_r = S_r / (\sqrt{3} V)$$

NB: $Q_r = S_r \sin \varphi_r$ (poteva servire per calcolare Q_C per differenza con Q_u per progettare il rifasamento)

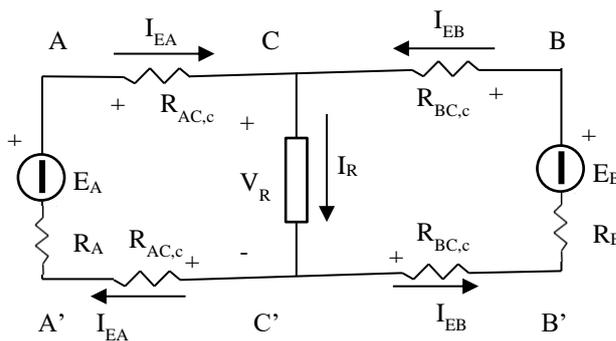
ESERCIZIO 2 (max punti 13) – Due accumulatori A e B, aventi forze elettromotrici (tensioni a vuoto) $E_A = 96$ V ed $E_B = 98$ V e resistenze interne $R_A = 80$ m Ω e $R_B = 120$ m Ω rispettivamente, alimentano un comune carico $R = 2$ Ω attraverso due cavi bipolari in rame ($\rho_{Cu} = 0.02$ Ω mm²/m) come in figura. Il cavo A ha una lunghezza $\ell_A = 20$ m e una sezione dei conduttori $S_A = 6$ mm²; il cavo B ha una lunghezza $\ell_B = 30$ m e una sezione dei conduttori $S_B = 6$ mm².



Calcolare:

- La tensione V_R ai capi del carico (fra i nodi C - C'). (max 5 punti)
- Le correnti I_{EA} e I_{EB} erogate dai due accumulatori (correnti dei cavi). (max 3 punti)
- Le tensioni V_A e V_B ai morsetti degli accumulatori (fra i nodi A - A' e B - B'). (max 2 punti)
- Le potenze erogate dai generatori ideali E_A ed E_B e quelle assorbite dai vari elementi resistivi del circuito verificando il principio di conservazione delle potenze. (max 3 punti)

a) e b) Lo schema elettrico è (vedi ance traccia soluzione 22 giugno e 8 luglio):



$$R_{AC,c} = \rho_{Cu} \ell_A / S_{Cu}; \quad R_{BC,c} = \rho_{Cu} \ell_B / S_{Cu};$$

Le equazioni del circuito sono:

$$\begin{aligned} I_{EA} + I_{EB} &= I_R && (1^a \text{ K al nodo}) \\ 2R_{AC,c} I_{EA} + R I_R + R_A I_{EA} &= E_A && (2^a \text{ K maglia di sinistra}) \\ 2R_{BC,c} I_{EB} + R I_R + R_B I_{EB} &= E_B && (2^a \text{ K maglia di destra}) \end{aligned}$$

che è un sistema di tre equazioni in tre incognite I_{EA} , I_{EB} , I_R . Per la risoluzione conviene sostituire i dati numerici e non cercare la soluzione letterale.

Poi $V_R = R I_R$.

$$c) \quad V_A = V_{AA'} = E_A - R_A I_{EA}; \quad V_B = V_{BB'} = E_B - R_B I_{EB};$$

d) Le potenze assorbite (dissipate) sono le perdite Joule ($R I^2$) delle 6 resistenze del circuito, con le rispettive correnti. Le potenze erogate (generate) dai generatori sono:

$$P_{EA} = E_A I_{EA}; \quad P_{EB} = E_B I_{EB};$$