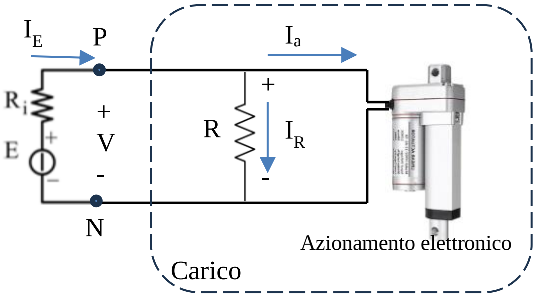
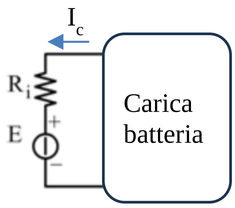
Compito di Applicazioni Industriali Elettriche
per Ingegneria Meccanica, a.a. 2022-23
28 giugno 2023

ESERCIZIO 1 (max punti 12) **–** Una batteria al Piombo-acido avente una f.e.m. E=49.2 V e una resistenza interna R_i = 0.15 Ω alimenta un carico costituito da un resistore R = 10 Ω e da un azionamento elettronico capace di funzionare regolarmente con tensione compresa fra 45 e 50 V, assorbendo comunque la corrente I_a = 6 A, come mostrato nella figura schematica di sinistra. Determinare:

a) (max 5 punti) La tensione V fra i morsetti P e N della batteria.
b) (max 4 punti) Le potenze assorbite P_R dal resistore e P_a dall’azionamento e la potenza P_E erogata dalla f.e.m. E della batteria.
c) (max 3 punti) L’energia En complessivamente assorbita dal carico in 2 ore di funzionamento e quella En_E erogata dalla f.e.m.

d) (domanda addizionale) Dopo 2 ore di funzionamento la batteria viene scollegata dal carico e ricaricata con un caricabatterie, figura a destra, che eroga una corrente di carica I_c = 16 A costante durante la carica. Trovare il tempo di ricarica per far assorbire alla f.e.m. la stessa energia En_E erogata nel punto c).





1^ metodo: principi di Kirchhoff alle maglie e ai nodi, più equazioni ai componenti

L’equazione della maglia (anello) di sinistra è: $E - R_i{*}I_E = V = R{*}I_R$
L’equazione a uno dei nodi (per l’altro è la stessa) : $I_E = I_R + I_a$
L’equazione all’altro anello di destra è banale: $V = V_R = V_a$ e si può ignorare, ricordandola a mente se serve.

Siccome E ed I_a sono note, le due equazioni formano un sistema di due equazioni in due incognite: I_E e I_R dalle quali poi si può ricavare, riprendendo la 1^ equazione, la tensione V.

Poi per le potenze assorbite
$P_R = R{*}I_R^2 = V{*}I_R = V^2/R$ (una delle tre)
$P_a = V{*}I_a$
$P_E = E{*}I_E$ (questa è erogata perché la convenzione di segno è quella dei generatori)
$P_{Ri} = R_i{*}I_E^2$ (non era richiesta)
$P_{carico} = P_R + P_a$
Verifica $P_E = P_{Ri} + P_R + P_a$

Poi per le energie
$En_{carico} = P_{carico}{*}\Delta t$ (assorbita)
$En_E = P_E * \Delta t$ che sarà maggiore della precedente perché parte è dissipata su R_i.

Durante la ricarica, la potenza ASSORBITA dalla fem vale $P_{Eass} = E * I_c$ (la convenzione di segno è quella degli utilizzatori)
L’energia assorbita è allora $En_{Eass} = P_{Eass} * \Delta t_{carica}$ che deve essere pari alla En_E prima calcolata, da cui Δt_{carica}.

1^ metodo: sovrapposizione degli effetti

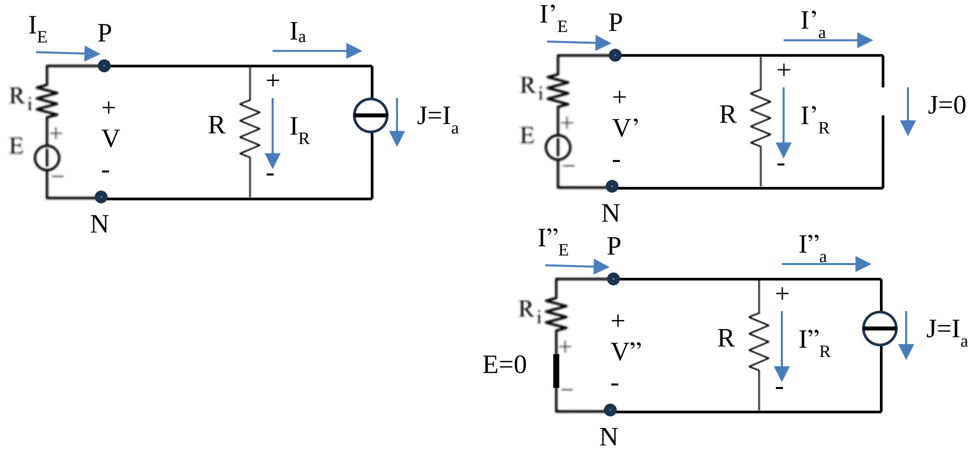
Il testo dice che il bipolo “azionamento” assorbe sempre la stessa corrente I_a quale che sia la tensione ai suoi capi (il testo dice quando la tensione è compresa fra 45 e 50 V, ma si può assumere che valga sempre visto che presumibilmente la tensione finale sarà poi fra 45 e 50 V). Un bipolo che ha sempre la stessa corrente per ogni tensione è un generatore ideale di corrente. Il circuito allora può essere ridisegnato come sotto.

Applicando la sola fem (a destra in alto) si ha:
$I'_E = I'_R = E/(R_i+R)$ (c’è una sola maglia)
$I'_a = 0$

Applicando il solo generatore di corrente (la sola corrente I_a):

$I''_E = I_a * R/(R_i+R)$ (partitore di corrente)
$I''_R = - I_a * R_i /(R_i+R)$ (partitore di corrente)
$I''_a = I_a$

Sommando si ottengono le correnti risultanti e poi si prosegue come prima.



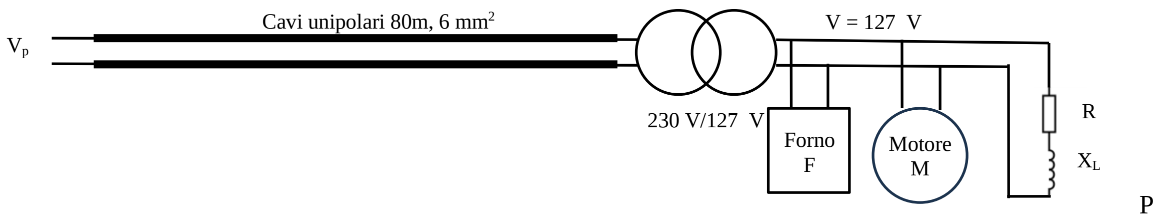
ESERCIZIO 2 (max punti 14) – Una vecchia utenza domestica alla tensione (storica) di 127 V, f=50 Hz, viene allacciata alla rete pubblica (attuale) di alimentazione a 230 V (nominali), 50 Hz, mediante un trasformatore con tensioni nominali 230 V/127 V (=n, rapporto di trasformazione) e una coppia di cavi unipolari in rame come in figura.

L'utenza è costituita da: 1 forno elettrico F da 1500 W; 1 motore M da 1850 VA con cosφ =0.75, induttivo; altri carichi che si possono rappresentare complessivamente con un circuito RL serie con parametri R=15 1Ω e X_L = 20 Ω.

I cavi hanno la lunghezza l=80 m e la sezione S_{Cu}= 6 mm² e un'induttanza per unità di lunghezza L_x=0.9 μH/m.

Assumendo il trasformatore ideale con il rapporto di trasformazione sopra dato, calcolare:

a) (max 6 punti) La tensione V_p da applicare alla partenza dei cavi per avere sul carico la sua tensione nominale di 127 V.
b) (max 5 punti) Le potenze attiva P_p, reattiva Q_p e il fattore di potenza $\cos\varphi_p$ ai morsetti di partenza dei cavi.
c) (max 3 punti) L'energia elettrica consumata En_p che si misura ai morsetti di partenza dei cavi in 8 ore di funzionamento.



d) (domanda addizionale) Calcolare il condensatore di rifasamento C da installare ai morsetti di partenza dei cavi per avere un rifasamento dell'intero sistema a $\cos\varphi_p'$ =1.0.

Al secondario del trasformatore si hanno le seguenti potenze (in blu i dati):

Forno: P_F=1500 W, Q_F= 0 var, S_F= 1500 VA
Motore $P_M = S_M \cos fi_M$ = 1850* 0.75, $Q_M = \sqrt{(S_M^2 - P_M^2)}$, S_M= 1850 VA
Carico RL $Z_{RL} = \sqrt{(R^2 + X_L^2)}$, $I_{RL}=V/Z_{RL}$, $P=R*I_{RL}^2$, $Q=X_L*I_{RL}^2$, $S=VI_{RL}$ (NO $P= V^2/R$ e $Q= V^2/ X_L$ perché su R e X_L non cade la tensione V: sono in serie)

Complessivamente $P_{utenza}= \Sigma P$, $Q_{utenza}= \Sigma Q$, $S_{utenza}= \sqrt{(P_{utenza}^2 + Q_{utenza}^2)}$ <u>che è diversa da Σ S (che non si può applicare)</u>!!

$\cos fi_{utenza}= P_{utenza}/S_{utenza}$, $\sin fi=Q_{utenza}/S_{utenza}$, $I_{utenza}=S_{utenza}/V=S_{utenza}/127$

All'arrivo della linea (morsetti di primario) essendo il trasformatore ideale si hanno le stesse P, Q, S e quindi anche cosfi e sinfi dell'utenza!
La corrente I_{linea} è quella di secondario riportata a primario e vale pertanto $S_{utenza}/(127*n) =S_{utenza}/230$.
La tensione in arrivo alla linea (primario) è 230 V che corrisponde ad avere 127 V sul secondario.
La tensioni in partenza della linea si ottiene sommando la caduta di tensione calcolata per esempio con la formula di Kapp

$\Delta V_{linea} = 2\, I_{linea}(R_{linea} \cos fi_{utenza}+ X_{linea} \sin fi_{utenza})$ (R_{linea} e X_{linea} si ricavano dai dati del problema, usando la lunghezza di sola andata o solo ritorno (80m) perché nella formula di Kapp c'è già il 2 per tener conto che c'è un'andata e un ritorno).

$V_p = 230 + \Delta V_{linea}$

Le potenze attiva e reattiva in partenza si ottengono sommando a quelle in arrivo (quelle dell'utenza) le potenze attiva e reattiva impegnate dalla linea:
$P_{linea} = 2\ I^2_{linea} R_{linea}$
$Q_{linea} = 2\ I^2_{linea} X_{linea}$

Quindi $S_p = \sqrt{(P_p^2 + Q_p^2)}$ che, per verifica, deve essere $S_p = V_p\ I_{linea}$. Alternativamente quest'ultima equazione si poteva usare per calcolare V_p senza ricorrere alla formula di Kapp (metodo delle potenze, vedi dispense).
Infine:
$\cos fi_p = P_p / S_p$

Per rifasare alla partenza a fattore di potenza unitario, il condensatore deve essere tale da assorbire una potenza reattiva capacitiva Q_C pari a quella reattiva induttiva alla partenza Q_p, così da avere potenza reattiva totale nulla:

$Q_C = \omega C V_p^2 = Q_p$ da cui il valore di C