

Compito di Applicazioni Industriali Elettriche
per Ingegneria Meccanica, a.a. 2022-23
11 luglio 2023
TRACCIA SOLUZIONE

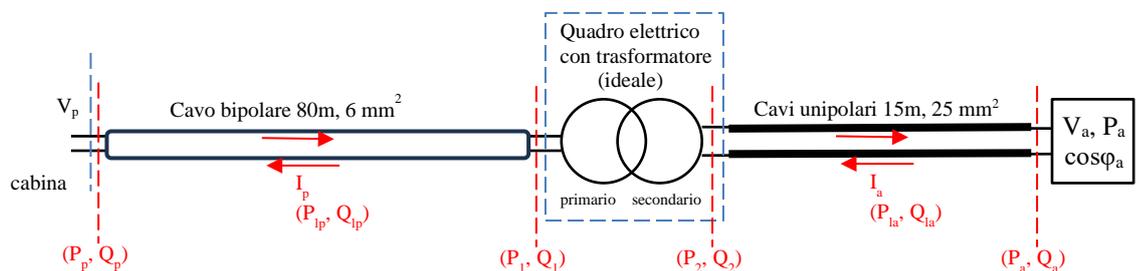


ESERCIZIO 1 (max punti 14) – Un'apparecchiatura industriale avente tensione nominale di $V_a = 48\text{ V}$ alla frequenza $f = 50\text{ Hz}$ assorbe una potenza attiva $P_a = 2000\text{ W}$ con $\cos\phi_a = 0.7$ (induttivo) ed è alimentata dal secondario di un trasformatore con una coppia di cavi unipolari in rame lunghi $l_a = 15\text{ m}$, aventi la sezione di $S_a = 25\text{ mm}^2$ e induttanza per unità di lunghezza $L_{xa} = 0.9\text{ }\mu\text{H/m}$.

Il trasformatore avente rapporto di trasformazione $t=4.6$ è a sua volta alimentato da una cabina con un cavo bipolare in rame lungo $l_p = 80\text{ m}$, della sezione $S_p = 6\text{ mm}^2$ e un'induttanza per unità di lunghezza $L_{xp} = 0.65\text{ }\mu\text{H/m}$ (**vedi figura**)

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

- La tensione V_p che si dovrebbe applicare alla partenza del cavo in cabina per avere sull'apparecchiatura la sua tensione nominale di $V_a = 48\text{ V}$.
- Le potenze attiva P_p , reattiva Q_p e il fattore di potenza $\cos\phi_p$ ai morsetti di partenza dei cavi in cabina.
- L'energia elettrica consumata E_p che si misurerebbe ai morsetti di partenza dei cavi in cabina in 6 ore di funzionamento.



- (domanda addizionale) Calcolare il condensatore di rifasamento C da installare fra i morsetti dell'apparecchiatura per avere un rifasamento della stessa a $\cos\phi_a' = 0.95$.

Indipendentemente dalla procedura seguita, si svolgono queste valutazioni preliminari:

- Calcolare la corrente dell'apparecchiatura = corrente dei cavi unipolari = corrente di secondario $I_a = P_a / (V_a \cos\phi_a)$
- Calcolare $\sin\phi_a$
- Calcolare potenza reattiva dell'apparecchiatura $Q_a = P_a \sin\phi_a / \cos\phi_a$
- Calcolare la corrente del primario = corrente del cavo bipolare $I_p = I_a / t$
- Calcolare la resistenza R_{la} e la reattanza X_{la} di ciascun conduttore dei cavi unipolari
- Calcolare la resistenza R_{lp} e la reattanza X_{lp} di ciascun conduttore del cavo bipolare

1^ METODO: riporto tutto a primario moltiplicando R_{la} e X_{la} per t^2 , mentre per il carico V_a diventa $V_{a1} = V_a * t$, e le potenze, $\cos\phi_a$, $\sin\phi_a$ non cambiano.

Il problema allora diventa: trovare V_p per avere sul carico la tensione V_{a1} con una linea che ha $R_{l,tot} = R_{lp} + R_{la} * t^2$, $X_{l,tot} = X_{lp} + X_{la} * t^2$ percorsa dalla corrente I_p già calcolata. Si può usare il metodo delle potenze (comunque da calcolare per la seconda domanda del problema) o applicare la formula di Kapp.

Con le potenze

$$P_p = P_a + 2 I_p^2 * R_{l,tot}$$

$$Q_p = Q_a + 2 I_p^2 * X_{l,tot}$$

$S_p = \sqrt{(P_p^2 + Q_p^2)} = V_p * I_p$ da cui V_p (si ricorda che per la potenza apparente non vale il principio di conservazione delle potenze).

Poi

$$\cos\phi_p = P_p / S_p$$

$$E_p = P_p * 6\text{ ore}$$

Con la formula di Kapp

$$V_p = V_{a1} + \Delta V$$

$$\Delta V = 2 I_p (R_{l,tot} * \cos\phi_a + X_{l,tot} * \sin\phi_a)$$

Poi si calcolano le potenze richieste e il resto come prima

2^ METODO: risolvo una linea alla volta

1^ passo : calcolo la tensione di secondario V_2 (alla partenza dei cavi unipolari) per avere sul carico la tensione V_a . Si risolve con le potenze o la formula di Kapp come prima), ma con la resistenza R_{la} e la reattanza X_{la} e la corrente I_a ; $\cos\phi$ e $\sin\phi$ nella formula di Kapp sono quelli del carico (quelli all'arrivo dei cavi).

2^ passo: calcolo la tensione di primario $V_1 = V_2 * t$, con V_2 calcolata nel primo passo.

3^ passo: calcolo la tensione V_p (alla partenza del cavo bipolare) per avere sul primario (alla fine del cavo bipolare) la tensione V_1 (calcolata nel secondo passo).

Si risolve ancora con le potenze o con la formula di Kapp, con la resistenza R_{lp} e la reattanza X_{lp} e la corrente I_p . I valori di $\cos\phi$ e $\sin\phi$ nella formula di Kapp sono quelli all'arrivo del cavo bipolare e quindi del circuito comprensivo di carico e linea al secondario (cioè quelli delle potenze ai morsetti del primario=arrivo del cavo).

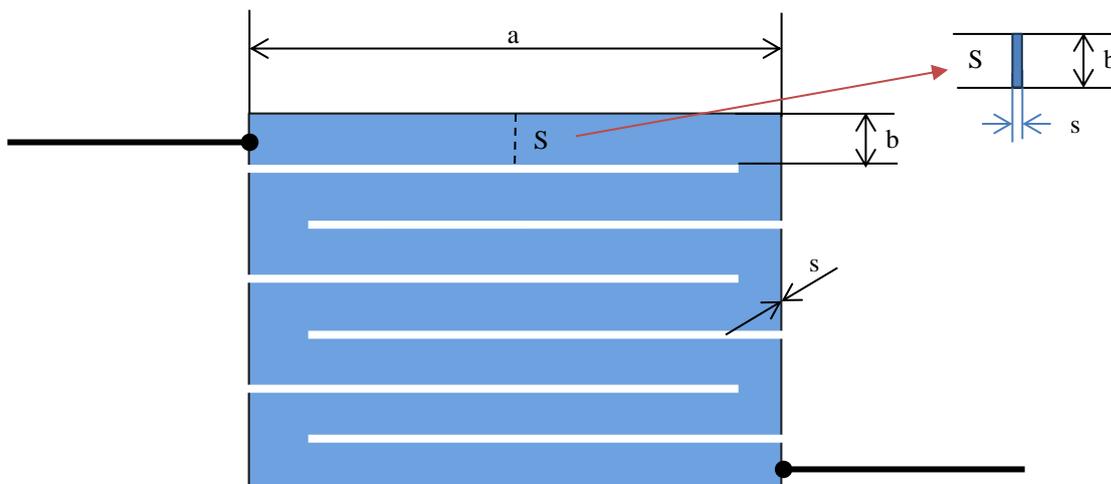
Il resto come per il 1^ Metodo.

Per il rifasamento

$$Q_c = P_a (\tan\phi_a - \tan\phi_a') = \omega C V_a^2 \text{ da cui } C.$$

ESERCIZIO 2 (max punti 12) – Al fine di realizzare una superficie scaldante, un foglio di Ferro-Silicio ($\rho_{Fe-Si,20} = 0.55 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$, $\alpha_{20} = 0.0015 \text{ }^\circ\text{K}^{-1}$) avente spessore $s = 0.3 \text{ mm}$ viene tagliato come in figura con le dimensioni $a = 800 \text{ mm}$ e $b = 60 \text{ mm}$. Il resistore così ottenuto è alimentato in corrente continua con una tensione $V = 18 \text{ V}$. Assumendo una temperatura nominale di funzionamento pari a $240 \text{ }^\circ\text{C}$, si chiede di determinare, a quella temperatura:

- (max punti 12) Il valore della resistenza R ;
- (max punti 12) Il valore della densità di corrente δ nella sezione S di figura;
- (max punti 12) Il valore della potenza P dissipata per effetto Joule.



- (domanda addizionale): Supponendo che il resistore sia appeso in aria libera su entrambe le facce a 20°C e che il coefficiente di scambio termico con l'aria sia $h = 10 \text{ W/m}^2/^\circ\text{C}$ (potenza scambiata fra superficie e aria con un salto termico di 1°C e una superficie di 1 m^2), calcolare la temperatura di funzionamento del foglio di Fe-Si (resistore) con la potenza calcolata nel punto c).

Per i materiali si dà, salvo avviso contrario, la resistività e il coefficiente di temperatura a 20°C, Occorre quindi riportare la resistività ai 240 °C presunti di lavoro.

- Calcolare la resistività ρ_{240} a 240 °C
- Calcolare la resistenza $R = \rho_{240} \cdot l / S$ con $l = 7 \cdot a$ e $S = b \cdot s$
- Calcolare la corrente $I = V / R$
- Calcolare la densità di corrente I / S
- Calcolare la potenza $P = VI = RI^2$

Per la verifica della temperatura:

$P = (\text{superficie disperdente}) \cdot h \cdot \Delta T$ con ΔT salto termico fra aria e superficie disperdente; quindi

$\Delta T = P / ((\text{superficie disperdente}) \cdot h)$ con

$(\text{superficie disperdente}) = 2 \cdot a \cdot (7b)$ (il 2 è perché le facce del foglio sono 2);

infine $T = \Delta T + 20 \text{ °C}$