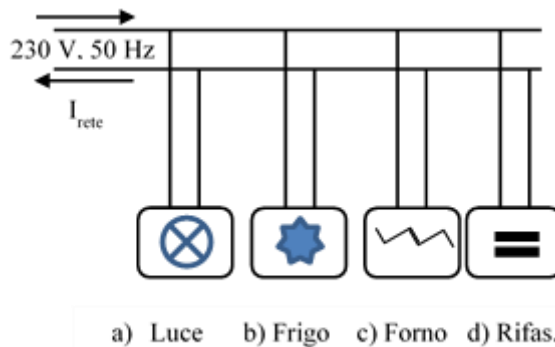


### AUTOVALUTAZIONE 3 Maggio 2021

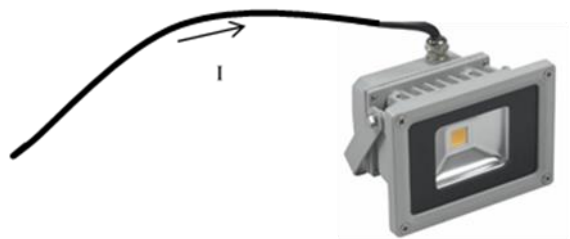
**ESERCIZIO 1** - L'impianto elettrico di un piccolo negozio prevede a) un linea luce che alimenta l'impianto di illuminazione con lampade a fluorescenza avente complessivamente 300 W con  $\cos\phi=0.9$ , b) una linea per il motore del banco frigo che assorbe un potenza apparente di 500 VA e una potenza attiva di 400W, c) una linea che alimenta la resistenza di un forno elettrico che assorbe una corrente di 8 A e, infine, d) un banco di condensatori di rifasamento avente una capacità equivalente complessiva pari a  $22\mu\text{F}$ , (vedi figura). Trovare:

- la corrente efficace  $I_{\text{rete}}$  dell'intero impianto (cioè quella vista dalla rete a 230V, vedi figura), senza e con i condensatori di rifasamento inseriti.
- la potenza attiva  $P_{\text{rete}}$  e reattiva  $Q_{\text{rete}}$  dell'intero impianto, senza e con i condensatori di rifasamento inseriti.
- il fattore di potenza  $\cos\phi_{\text{rete}}$  dell'intero impianto, senza e con i condensatori di rifasamento inseriti.
- il diagramma vettoriale delle correnti e il diagramma delle potenze.



**ESERCIZIO 2** - Un faro di illuminazione a fluorescenza di una palestra riporta i seguenti dati di targa (dati nominali)

- tensione  $V = 230 \text{ V}$  (monofase)
- frequenza  $f = 50 \text{ Hz}$
- potenza  $P = 600 \text{ W}$
- fattore di potenza  $\cos\phi = 0.9$



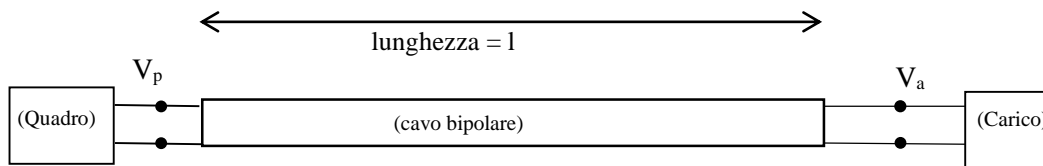
Supponendo che sia alimentato alla tensione e frequenza nominali, calcolare:

- il valore efficace  $I$  della corrente che percorre ciascun conduttore del cavo bipolare di alimentazione (vedi figura);
- il valore della densità di corrente  $\delta$  nei conduttori del cavo supponendo che essi abbiano sezione  $A_{\text{Cu}}$  di  $2,5 \text{ mm}^2$ ;
- la potenza reattiva  $Q$  e apparente  $S$  assorbite dal faro;
- il costo settimanale dell'energia elettrica consumata dal faro per un intervallo di servizio giornaliero di 12 ore per ognuno dei 7 giorni, assumendo che il prezzo dell'energia elettrica sia di  $P_z = 0.25 \text{ €/kWh}$ .

**ESERCIZIO 3** – Un quadro elettrico alimenta il carico monofase di figura attraverso un cavo bipolare di lunghezza  $l=40\text{m}$ . I conduttori del cavo sono in rame con sezione  $S_{Cu}$  di  $4\text{ mm}^2$  e ciascuno di essi presenta una induttanza per unità di lunghezza pari a  $L_x=0.3\text{ }\mu\text{H/m}$ . Nel funzionamento in condizioni nominali il carico è alimentato con una tensione efficace  $V_a=230\text{V}$ , alla frequenza di  $f=50\text{ Hz}$  e assorbe una potenza di  $P=6\text{kW}$  con  $\cos\varphi=0.9$  (induttivo).

Determinare nelle condizioni nominali suddette:

- la corrente efficace  $I$  che percorre ciascuno dei conduttori del cavo
- il valore efficace della tensione  $V_p$  in partenza al cavo (ai morsetti del quadro). Usare tutti e tre i metodi proposti nel Modulo 18.
- le potenza attiva  $P_p$ , reattiva  $Q_p$ , apparente  $S_p$ , alla partenza del cavo (ai morsetti del quadro)

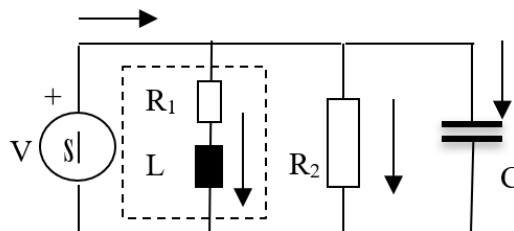


**ESERCIZIO 4**– Un impianto in corrente alternata sinusoidale alla frequenza angolare  $\omega = 400\text{ rad/s}$  è alimentato con la tensione  $V=200\text{ V}$  (efficaci). L'impianto è costituito da:

- un carico  $R_1 - L$  che assorbe la potenza attiva  $P=800\text{ W}$  e reattiva  $Q=600\text{ var}$ ;
- un resistore di resistenza  $R_2 = 20\text{ }\Omega$ ;
- un condensatore di capacità  $C= 50\text{ }\mu\text{F}$ .

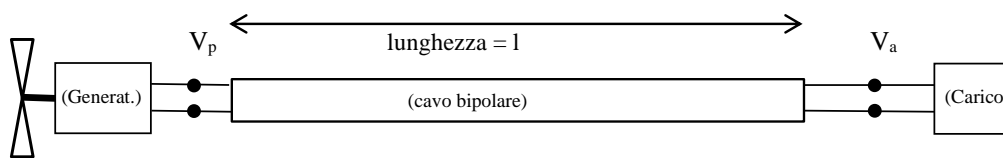
Trovare:

- i valori efficaci delle correnti  $I_{RL}$ ,  $I_{R2}$ ,  $I_C$  e  $I_{tot}$  rispettivamente nel carico  $RL$ , nel resistore  $R_2$ , nel condensatore  $C$  e totale dell'impianto;
- i valori della potenza attiva  $P$ , reattiva  $Q$  e apparente  $S$  erogati dal generatore ideale di tensione  $V$ ;
- fare diagramma vettoriale delle correnti e diagramma delle potenze.



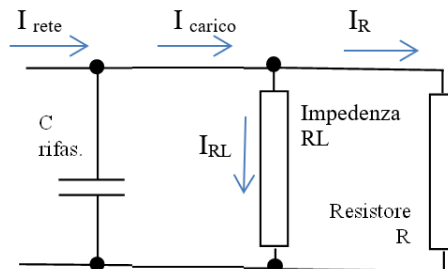
**ESERCIZIO 5** – Un piccolo generatore eolico domestico alimenta il carico monofase di figura attraverso un cavo bipolare di lunghezza  $l=50\text{m}$ . I conduttori del cavo sono in rame, con diametro  $d=2.6\text{ mm}$  e ciascuno di essi presenta una induttanza per unità di lunghezza pari a  $L_x=0.5\ \mu\text{H/m}$ . Nel funzionamento in condizioni nominali il carico è alimentato con una tensione efficace  $V_a = 230\text{ V}$ , alla frequenza di  $f = 50\text{ Hz}$  e assorbe una potenza apparente di  $10\text{ kVA}$  con  $\cos\varphi = 0.6$  (induttivo). Determinare nelle condizioni nominali suddette:

- la tensione efficace  $V_p$  alla partenza del cavo (ai morsetti del generatore)
- la corrente efficace  $I$  che percorre i conduttori del cavo
- la potenza attiva  $P_p$  alla partenza del cavo (ai morsetti del generatore)
- l'energia generata ai morsetti del generatore in un periodo di 4 ore di funzionamento in condizioni nominali.



**ESERCIZIO 6** – Il carico di un'utenza a  $V=230\text{ V}$ ,  $f=50\text{ Hz}$  è costituito da un'impedenza  $RL$  che assorbe la potenza di  $P_{RL}=1200\text{ W}$  con una corrente efficace di  $I_{RL}= 8\text{ A}$  e da un puro resistore  $R$  da  $80\ \Omega$ , disposti in parallelo come in figura. Trovare:

- la corrente efficace  $I_{\text{carico}}$  totale del carico (vedi figura);
- la capacità  $C_{\text{rifas}}$  da inserire per ottenere il rifasamento dell'intero impianto a  $\cos\varphi=1$ ;
- la corrente efficace  $I_{\text{rete}}$  dell'intero impianto (cioè quella vista dalla rete a  $230\text{V}$ ) dopo aver attivato il rifasamento;
- le potenze attiva, reattiva ed apparente dell'intero impianto (cioè quelle erogate dalla rete a  $230\text{V}$ ) dopo aver attivato il rifasamento;
- il diagramma vettoriale delle correnti e diagramma delle potenze.



**ESERCIZIO 7**– Un motore elettrico monofase in alternata ha i seguenti dati nominali di targa:  $V=230\text{ V}$ ,  $f=50\text{ Hz}$ ,  $P= 800\text{ W}$  (potenza utile all'albero),  $\cos\phi= 0.7$ , rendimento  $\eta=0.85$ .

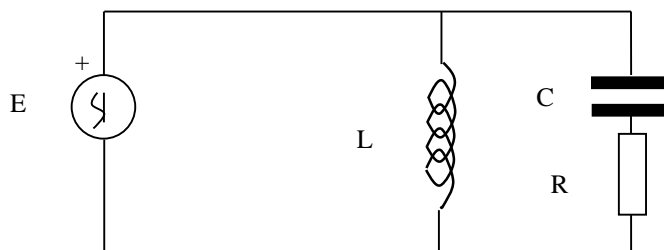
- Calcolare, nel funzionamento in condizioni nominali le potenze elettriche assorbite attiva  $P_{\text{ass}}$ , reattiva  $Q_{\text{ass}}$ , apparente  $S_{\text{ass}}$  e la corrente  $I_{\text{ass}}$ .
- Calcolare quindi la capacità di rifasamento  $C_r$  necessaria per ottenere un fattore di potenza globale  $\cos\phi'=1$  e mostrare lo schema di connessione.
- Con il rifasamento inserito ricalcolare le potenze elettriche assorbite attiva  $P'_{\text{ass}}$ , reattiva  $Q'_{\text{ass}}$ , apparente  $S'_{\text{ass}}$  e la corrente  $I'_{\text{ass}}$  dell'insieme motore più rifasamento.

**ESERCIZIO 8** – È dato il circuito in regime sinusoidale alla frequenza di  $f = 100\text{ Hz}$  di figura con  $e(t) = 300 \sin(\omega t)$ ,  $R = 100\ \Omega$ ,  $C = 15,9\ \mu\text{F}$ .

Sapendo che la potenza reattiva erogata dal generatore è nulla, calcolare:

- a) il valore della potenza attiva  $P_E$  erogata dallo stesso generatore,
- b) il valore di  $L$ ,
- c) i valori efficaci delle correnti  $I_L$ ,  $I_R$ ,  $I_E$  nell'induttore, nel resistore e nel generatore.

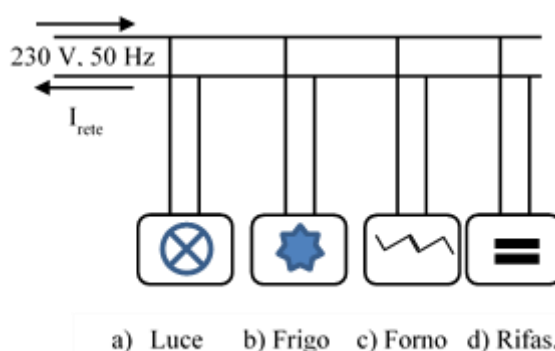
Tracciare infine il diagramma vettoriale delle tensioni e delle correnti.



### AUTOVALUTAZIONE 3 Maggio 2021 - Traccia delle soluzioni

**ESERCIZIO 1** - L'impianto elettrico di un piccolo negozio prevede a) un linea luce che alimenta l'impianto di illuminazione con lampade a fluorescenza avente complessivamente 300 W con  $\cos\varphi=0.9$ , b) una linea per il motore del banco frigo che assorbe un potenza apparente di 500 VA e una potenza attiva di 400W, c) una linea che alimenta la resistenza di un forno elettrico che assorbe una corrente di 8 A e, infine, d) un banco di condensatori di rifasamento avente una capacità equivalente complessiva pari a  $22\mu\text{F}$ , (vedi figura). Trovare:

- e) la corrente efficace  $I_{\text{rete}}$  dell'intero impianto (cioè quella vista dalla rete a 230V, vedi figura), senza e con i condensatori di rifasamento inseriti.
- f) la potenza attiva  $P_{\text{rete}}$  e reattiva  $Q_{\text{rete}}$  dell'intero impianto, senza e con i condensatori di rifasamento inseriti.
- g) il fattore di potenza  $\cos\varphi_{\text{rete}}$  dell'intero impianto, senza e con i condensatori di rifasamento inseriti.
- h) il diagramma vettoriale delle correnti e il diagramma delle potenze.



*L'esercizio si risolve agevolmente con il bilancio delle potenze  $P$  e  $Q$ , calcolate per ciascuna linea di carico:*

a) linea luce:  $Q_{\text{luce}} = P_{\text{luce}} \tan\varphi$       ( $P_{\text{luce}}$  e  $\cos\varphi$  dati)

b) linea frigo:  $Q_{\text{frigo}} = \sqrt{S_{\text{frigo}}^2 - P_{\text{frigo}}^2}$       ( $P_{\text{frigo}}$  e  $S_{\text{frigo}}$  dati)

c) linea forno:  $Q_{\text{forno}}=0$ ;  $P_{\text{forno}}=VI \cos\varphi = VI$       (per una resistenza  $\cos\varphi=1$ ;  $\sin\varphi=0$ )

d) linea rifas.:  $Q_{\text{rifas}} = -\omega CV^2$  [var];  $P_{\text{rifas}}=0$       (per una capacità  $\cos\varphi=0$ ;  $\sin\varphi=-1$ )

*Quindi, includendo (con rifasamento) o escludendo (senza rifasamento)  $P_{\text{rifas}}$  e  $Q_{\text{rifas}}$  si calcola:*

$$P_{\text{rete}} = P_{\text{luce}} + P_{\text{frigo}} + P_{\text{forno}} + P_{\text{rifas}}$$

$$Q_{\text{rete}} = Q_{\text{luce}} + Q_{\text{frigo}} + Q_{\text{forno}} + Q_{\text{rifas}} \quad (\text{somma algebrica, ogni addendo con il suo segno (tutti espressi in var)!!!})$$

$$S_{\text{rete}} = \sqrt{P_{\text{rete}}^2 + Q_{\text{rete}}^2} \quad (\text{che NON è la somma delle } S \text{ delle singole linee di carico!!!})$$

$$I_{\text{rete}} = S_{\text{rete}}/V \quad (\text{che NON è la somma delle } I \text{ (efficaci) delle singole linee di carico!!!})$$

$$\cos\varphi_{\text{rete}} = P_{\text{rete}} / S_{\text{rete}} ; \quad \sin\varphi_{\text{rete}} = Q_{\text{rete}} / S_{\text{rete}} .$$

NB: si può risolvere anche con il 1° princ. di K. calcolando la corrente di rete come somma delle 4 correnti dei singoli carichi, ma NON con i valori efficaci, bensì calcolando le rappresentazioni simboliche (complesse) di ciascuna corrente, ponendo per esempio  $\bar{V}=230 + j0$ .

$$a) \quad I_{luce} = P_{luce} / (V \cos \varphi_{luce}) \quad \Rightarrow \quad \bar{I}_{luce} = I_{luce} (\cos \varphi_{luce} - j \sin \varphi_{luce})$$

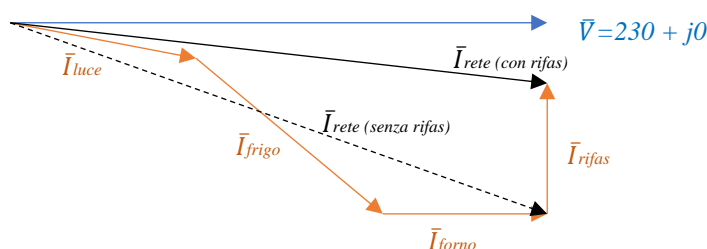
$$b) \quad I_{frigo} = S_{frigo} / V; \quad \cos \varphi_{frigo} = P_{frigo} / S_{frigo} \quad \Rightarrow \quad \bar{I}_{frigo} = I_{frigo} (\cos \varphi_{frigo} - j \sin \varphi_{frigo})$$

$$c) \quad \bar{I}_{forno} = 8 + j0 \quad (\text{modulo dato e in fase con la tensione})$$

$$d) \quad \bar{I}_{rifas} = 0 + j\omega CV \quad (\text{in anticipo di } 90^\circ \text{ sulla tensione})$$

$$\text{Infine} \quad \bar{I}_{rete} = \bar{I}_{luce} + \bar{I}_{frigo} + \bar{I}_{forno} + \bar{I}_{rifas} \quad \Rightarrow \quad I_{rete} = |\bar{I}_{rete}|$$

Questa seconda procedura è più complicata (ma non di molto). Provare a svolgerla e confrontare i risultati. Qualitativamente il diagramma vettoriale risulta come sotto (disegnarlo in scala visti i valori delle rappresentazioni simboliche delle correnti).

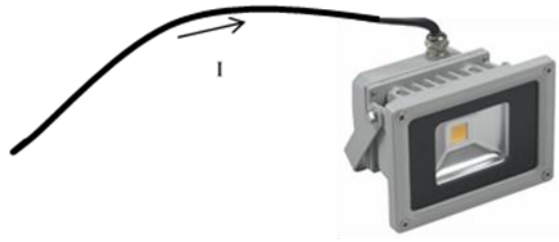


**ESERCIZIO 2** – Un faro di illuminazione a fluorescenza di una palestra riporta i seguenti dati di targa (dati nominali)

- tensione  $V = 230 \text{ V}$  (monofase)
- frequenza  $f = 50 \text{ Hz}$
- potenza  $P = 600 \text{ W}$
- fattore di potenza  $\cos \varphi = 0.9$

Supponendo che sia alimentato alla tensione e frequenza nominali, calcolare:

- il valore efficace  $I$  della corrente che percorre ciascun conduttore del cavo bipolare di alimentazione (vedi figura);
- il valore della densità di corrente  $\delta$  nei conduttori del cavo supponendo che essi abbiano sezione  $A_{Cu}$  di  $2,5 \text{ mm}^2$ ;
- la potenza reattiva  $Q$  e apparente  $S$  assorbite dal faro;
- il costo settimanale dell'energia elettrica consumata dal faro per un intervallo di servizio giornaliero di 12 ore per ognuno dei 7 giorni, assumendo che il prezzo dell'energia elettrica sia di  $P_z = 0.25 \text{ €/kWh}$ .

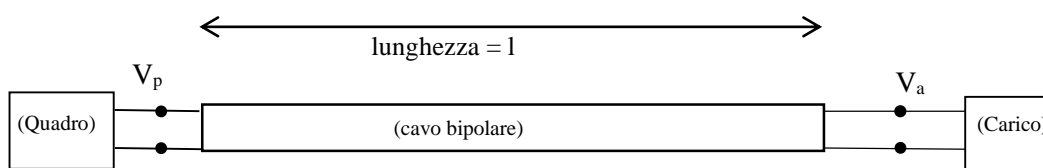


- a)  $I = P / (V \cos \varphi)$
- b)  $\delta = I / A_{Cu} [\text{mm}^2] \quad [A/\text{mm}^2]$
- c)  $S = P / \cos \varphi \quad Q = \sqrt{(S^2 - P^2)} \quad \text{oppure} \quad Q = S \sin \varphi \quad \text{oppure} \quad Q = P \tan \varphi$
- d)  $En = (P_{[kW]} \cdot \Delta t_{[h]}) \cdot Pz_{[\epsilon/kWh]}$

**ESERCIZIO 3** – Un quadro elettrico alimenta il carico monofase di figura attraverso un cavo bipolare di lunghezza  $l=40\text{m}$ . I conduttori del cavo sono in rame con sezione  $S_{Cu}$  di  $4 \text{ mm}^2$  e ciascuno di essi presenta una induttanza per unità di lunghezza pari a  $L_x=0.3 \mu\text{H/m}$ . Nel funzionamento in condizioni nominali il carico è alimentato con una tensione efficace  $V_a=230\text{V}$ , alla frequenza di  $f=50 \text{ Hz}$  e assorbe una potenza di  $P=6\text{kW}$  con  $\cos \varphi=0.9$  (induttivo).

Determinare nelle condizioni nominali suddette:

- d. la corrente efficace  $I$  che percorre ciascuno dei conduttori del cavo
- e. il valore efficace della tensione  $V_p$  in partenza al cavo (ai morsetti del quadro). Usare tutti e tre i metodi proposti nel Modulo 18.
- f. le potenza attiva  $P_p$ , reattiva  $Q_p$ , apparente  $S_p$ , alla partenza del cavo (ai morsetti del quadro)



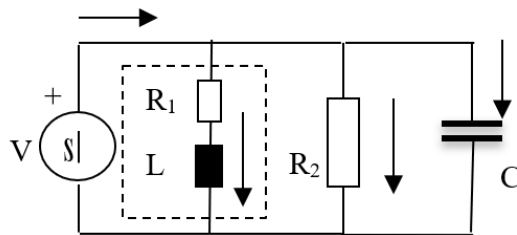
- a)  $I = P / (V_a \cos \varphi)$
- b)  $R_{conduttore} = \rho l / S_{Cu} \quad X_{conduttore} = \omega L_x l \quad (\text{parametri dei conduttori di linea})$
- $P_{linea} = 2 R_{conduttore} \cdot I^2 \quad Q_{linea} = 2 X_{conduttore} \cdot I^2 \quad (\text{perdite di linea e potenza reattiva di linea})$
- $P_p = P + P_{linea} \quad Q_p = Q + Q_{linea} = P \tan \varphi + Q_{linea}$
- $S_p = \sqrt{(P_p^2 + Q_p^2)} \quad V_p = S_p / I \quad \cos \varphi_p = P_p / S_p ; \quad \sin \varphi_p = Q_p / S_p$

*NB: risolvere anche con la formula di Kapp.*

**ESERCIZIO 4**– Un impianto in corrente alternata sinusoidale alla frequenza angolare  $\omega = 400 \text{ rad/s}$  è alimentato con la tensione  $V=200 \text{ V}$  (efficaci). L'impianto è costituito da:  
 -- un carico  $R_1 - L$  che assorbe la potenza attiva  $P=800 \text{ W}$  e reattiva  $Q=600 \text{ var}$ ;  
 -- un resistore di resistenza  $R_2 = 20 \Omega$ ;  
 -- un condensatore di capacità  $C= 50 \mu\text{F}$ .

Trovare:

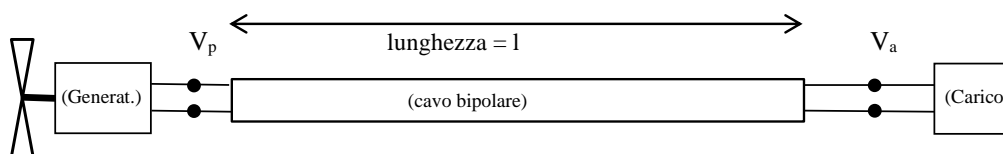
- valori efficaci delle correnti  $I_{RL}$ ,  $I_{R2}$ ,  $I_C$  e  $I_{tot}$  rispettivamente nel carico  $RL$ , nel resistore  $R_2$ , nel condensatore  $C$  e totale dell'impianto;
- valori della potenza attiva  $P$ , reattiva  $Q$  e apparente  $S$  erogati dal generatore ideale di tensione  $V$ ;
- fare diagramma vettoriale delle correnti e diagramma delle potenze.



*E' un'altra versione dell'esercizio 1.*

**ESERCIZIO 5** – Un piccolo generatore eolico domestico alimenta il carico monofase di figura attraverso un cavo bipolare di lunghezza  $l=50\text{m}$ . I conduttori del cavo sono in rame, con diametro  $d=2.6 \text{ mm}$  e ciascuno di essi presenta una induttanza per unità di lunghezza pari a  $L_x=0.5 \mu\text{H/m}$ . Nel funzionamento in condizioni nominali il carico è alimentato con una tensione efficace  $V_a = 230 \text{ V}$ , alla frequenza di  $f = 50 \text{ Hz}$  e assorbe una potenza apparente di  $10 \text{ kVA}$  con  $\cos\phi = 0.6$  (induttivo). Determinare nelle condizioni nominali suddette:

- la tensione efficace  $V_p$  alla partenza del cavo (ai morsetti del generatore)
- la corrente efficace  $I$  che percorre i conduttori del cavo
- la potenza attiva  $P_p$  alla partenza del cavo (ai morsetti del generatore)
- l'energia generata ai morsetti del generatore in un periodo di 4 ore di funzionamento in condizioni nominali.

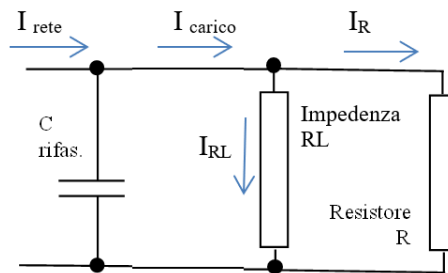


*E' un'altra versione dell'esercizio 3.*



**ESERCIZIO 6** – Il carico di un’utenza a  $V=230\text{ V}$ ,  $f=50\text{ Hz}$  è costituito da un’impedenza RL che assorbe la potenza di  $P_{RL}=1200\text{ W}$  con una corrente efficace di  $I_{RL}=8\text{ A}$  e da un puro resistore R da  $80\ \Omega$ , disposti in parallelo come in figura. Trovare:

- la corrente efficace  $I_{\text{carico}}$  totale del carico (vedi figura);
- la capacità  $C_{\text{rifas}}$  da inserire per ottenere il rifasamento dell’intero impianto a  $\cos\phi=1$ ;
- la corrente efficace  $I_{\text{rete}}$  dell’intero impianto (cioè quella vista dalla rete a 230V) dopo aver attivato il rifasamento;
- le potenze attiva, reattiva ed apparente dell’intero impianto (cioè quelle erogate dalla rete a 230V) dopo aver attivato il rifasamento;
- il diagramma vettoriale delle correnti e diagramma delle potenze.



*E' un'altra versione dell'esercizio 3 o 4*

**ESERCIZIO 7**– Un motore elettrico monofase in alternata ha i seguenti dati nominali di targa:  $V=230\text{ V}$ ,  $f=50\text{ Hz}$ ,  $P=800\text{ W}$  (potenza utile all’albero),  $\cos\phi=0.7$ , rendimento  $\eta=0.85$ .

- Calcolare, nel funzionamento in condizioni nominali le potenze elettriche assorbite attiva  $P_{\text{ass}}$ , reattiva  $Q_{\text{ass}}$ , apparente  $S_{\text{ass}}$  e la corrente  $I_{\text{ass}}$ .
- Calcolare quindi la capacità di rifasamento  $C_r$  necessaria per ottenere un fattore di potenza globale  $\cos\phi'=1$  e mostrare lo schema di connessione.
- Con il rifasamento inserito ricalcolare le potenze elettriche assorbite attiva  $P'_{\text{ass}}$ , reattiva  $Q'_{\text{ass}}$ , apparente  $S'_{\text{ass}}$  e la corrente  $I'_{\text{ass}}$  dell’insieme motore più rifasamento.

$$P_{\text{ass}}=P/\eta \quad (\text{il rendimento di un motore per definizione è il rapporto } P_{\text{(resa)}}/P_{\text{assorbita}})$$

$$S_{\text{ass}}=P_{\text{ass}}/\cos\phi$$

$$Q_{\text{ass}}=S_{\text{ass}} \cdot \sin\phi$$

$$I_{\text{ass}}=P_{\text{ass}}/(V\cos\phi)$$

$$Q_{\text{rif}}=P_{\text{ass}}(\tan\phi - \tan\phi')=P_{\text{ass}}(\tan\phi - 0)=Q_{\text{ass}} \quad [\text{VAC}]$$

$$C=Q_{\text{rif}}/(\omega V^2) \quad (\text{collegato fra i morsetti del motore, cioè in parallelo al motore})$$

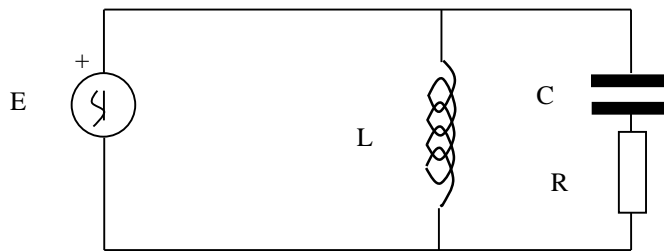
$$P'_{\text{ass}}=P_{\text{ass}} \quad Q'_{\text{ass}}=0 \quad S'_{\text{ass}}=P_{\text{ass}} \quad I'_{\text{ass}}=S'_{\text{ass}}/V$$

**ESERCIZIO 8** – È dato il circuito in regime sinusoidale alla frequenza di  $f = 100$  Hz di figura con  $e(t) = 300 \sin(\omega t)$ ,  $R = 100 \Omega$ ,  $C = 15,9 \mu\text{F}$ .

Sapendo che la potenza reattiva erogata dal generatore è nulla, calcolare:

- d) il valore della potenza attiva  $P_E$  erogata dallo stesso generatore,
- e) il valore di  $L$ ,
- f) i valori efficaci delle correnti  $I_L$ ,  $I_R$ ,  $I_E$  nell'induttore, nel resistore e nel generatore.

Tracciare infine il diagramma vettoriale delle tensioni e delle correnti.



$R = 100 \Omega$  (modificato il dato rispetto all'originale dell'esercizio per renderlo più significativo, ma il procedimento non cambia)

$$X_C = 1/(\omega C) = 1/(2\pi \cdot 100 \cdot 15,9 \cdot 10^{-6}) = 100 \Omega$$

$$Z_{RC} = \sqrt{R^2 + X_C^2} = \sqrt{2 \cdot 100} \quad \Omega$$

$$I_R = I_C = E/Z_{RC} = (E_{\max}/\sqrt{2})/Z_{RC} = (300/\sqrt{2})/(\sqrt{2} \cdot 100) = 1,5 \text{ A}$$

$$P_R = R I^2$$

$$Q_C = -X_C I^2$$

$$Q_E = 0 = Q_L + Q_C \quad \Rightarrow \quad Q_L = -Q_C \quad \text{ma } Q_L = E^2/(\omega L) \text{ allora}$$

$$L = E^2/(\omega Q_L) \quad (\text{NB non risulta } X_L = X_C \text{ perché non è un circuito RLC parallelo in risonanza!})$$

$$I_L = E/(\omega L)$$

$$I_E = S_E/E = P_E/E = P_R/E$$