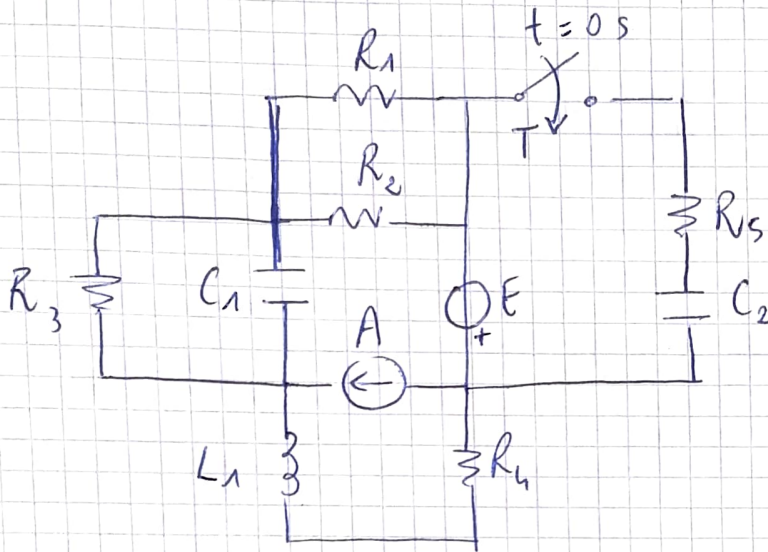


## ESERCIZIO 1



Dati:

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = 1 \Omega$$

$$C_1 = 2 F$$

$$C_2 = 3 F$$

$$L_1 = 2 H$$

$$A = 3 A$$

$$E = 2 V$$

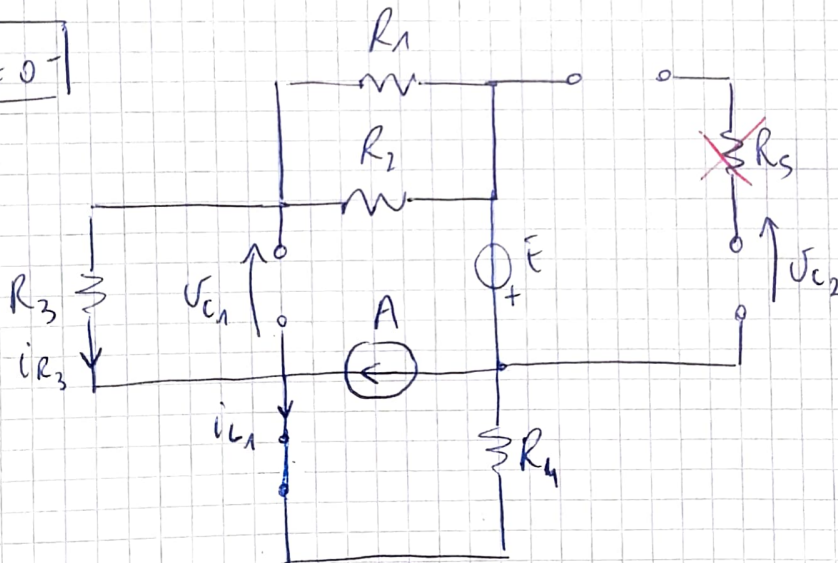
$$V_{C_2}(t=0^-) = 1 V = V_{C_2 0}$$

Trova:  $t=0^-$ :  $W_{C_1}, W_{C_2}, W_{L_1}$

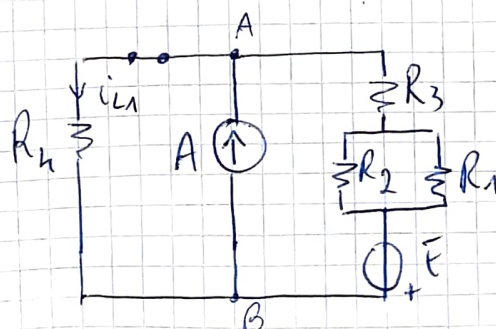
$t=0^+$ :  $\frac{di_{L_1}}{dt}(0^+)$

$t=\infty$ :  $W_{C_1}, W_{C_2}, W_{L_1}, P_E$

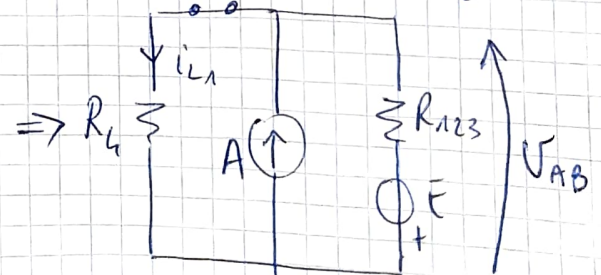
$t=0^-$



Semplifico il circuito:



$$R_{123} = R_3 + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 1.5 \Omega$$



Millman  $\rightarrow V_{AB} = \frac{A - \frac{E}{R_{123}}}{\frac{1}{R_h} + \frac{1}{R_{123}}} = 1 \text{ V}$

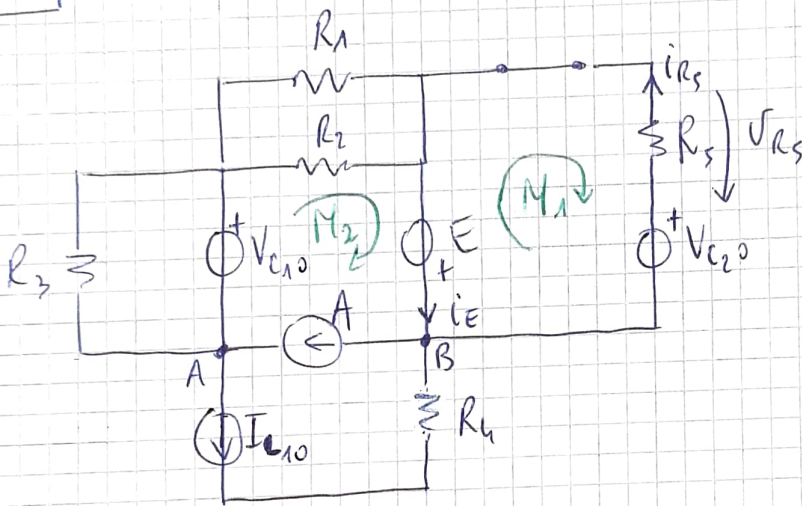
$I_{L10} = i_{L1} = \frac{V_{AB}}{R_h} = 1 \text{ A} \Rightarrow i_{R3} = i_{L1} - A = -2 \text{ A} \Rightarrow V_{C1} = R_3 i_{R3} = -2 \text{ V}$   
 $= V_{C10}$

$W_{C1}(0^-) = \frac{1}{2} C_1 V_{C10}^2 = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 4 = 4 \text{ J}$

$W_{C2}(0^-) = \frac{1}{2} C_2 V_{C20}^2 = \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 1 = 1.5 \text{ J}$

$W_{L1}(0^-) = \frac{1}{2} L_1 I_{L10}^2 = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 1 = 1 \text{ J}$

$t = 0^+$



LKT ( $M_1$ ):

$V_{R5} = V_{C20} + E = 1 + 2 = 3 \text{ V} \Rightarrow i_{R5} = \frac{V_{R5}}{R_5} = 3 \text{ A}$

LKC (B):

$i_E = A - I_{L10} + i_{R5} = 3 - 1 + 3 = 5 \text{ A}$

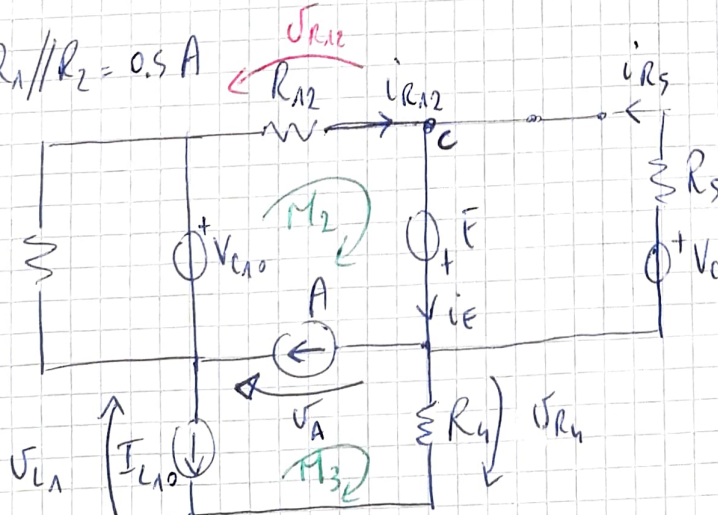
$R_{12} = R_1 // R_2 = 0.5 \text{ A}$

LKC (C):  $i_{R12} = i_E - i_{R5} = 2 \text{ A}$

$\Rightarrow V_{R12} = i_{R12} R_{12} = 1 \text{ V}$

LKT ( $M_2$ ):

$V_A = V_{R12} - E - V_{C10} = 1 \text{ V}$

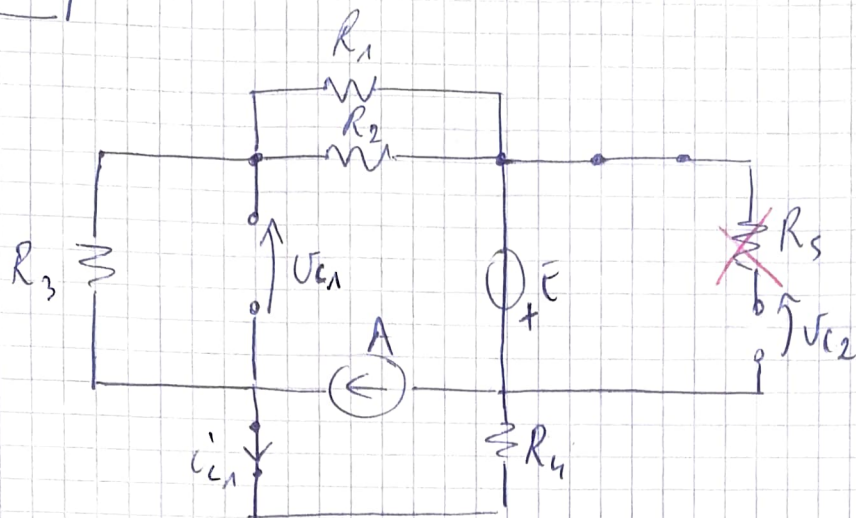


$V_{R_h} = R_h I_{L10} = 1 \text{ V}$

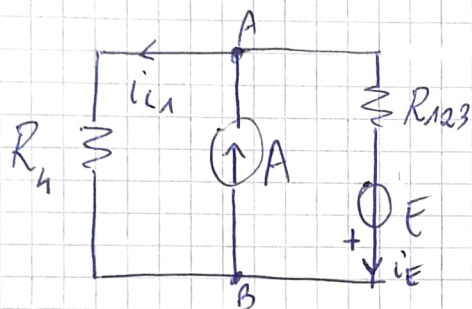
LKT ( $M_3$ ):  $V_{L1} = V_A - V_{R_h} = 0 \text{ V} \Rightarrow \frac{d i_{L1}}{dt}(0^+) = \frac{V_{L1}}{L_1} = 0 \text{ A/s}$



$$t = \infty$$



Semplifico il circuito:



Millman:  $V'_{AB} = 1 \text{ V} = V_{AB}$

$$i_{L1}(\infty) = \frac{V_{AB}}{R_1} = 1 \text{ A} \Rightarrow V_{C1}(\infty) = [i_{L1}(\infty) - A] \cdot R_3 = -2 \text{ V}$$

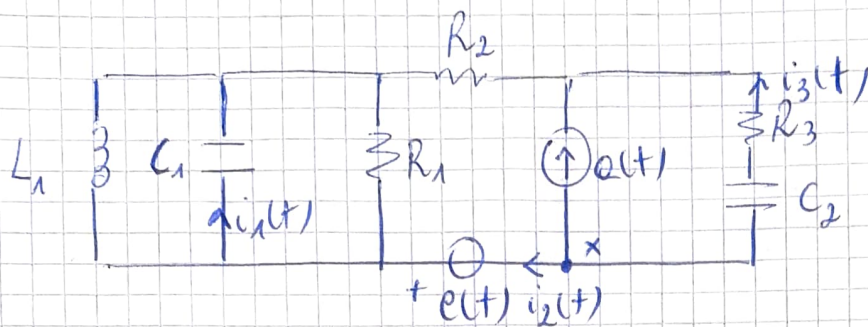
$$V_{C2}(\infty) = -E = -2 \text{ V}$$

$$\Rightarrow W_{L1}(\infty) = 1 \text{ J} ; W_{C1}(\infty) = 4 \text{ J} ; W_{C2}(\infty) = \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 2^2 = 6 \text{ J}$$

$$LKC(A) : i_E = A - i_{L1} = 3 - 1 = 2 \text{ A}$$

$$\Rightarrow P_E = E \cdot i_E = 2 \cdot 2 = 4 \text{ W}$$

# ESERCIZIO 2



Dati:

$$e(t) = 3 \sin(2t + 120^\circ) [A] \Rightarrow q(t) = 3 \cos(2t + 30^\circ)$$

$$e(t) = 3 \cos(2t + 120^\circ) [V]$$

$$L_1 = 3H, C_1 = 1F, C_2 = 2F, R_1 = 1\Omega, R_2 = 3\Omega, R_3 = 2\Omega$$

Risoluzione:

$$\underline{A} = 2.12 \angle 30^\circ A, \quad \underline{E} = 2.12 \angle 120^\circ V$$

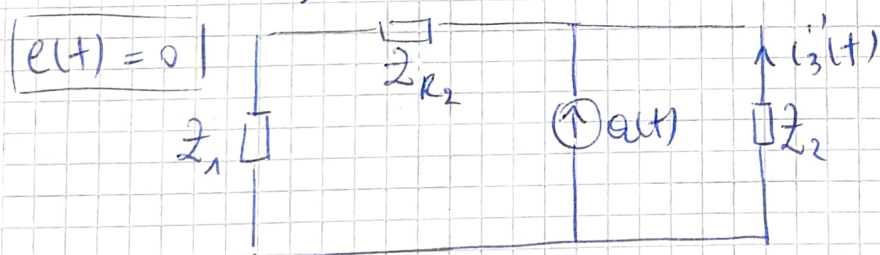
$$\underline{Z}_{R_1} = 1\Omega, \quad \underline{Z}_{R_2} = 3\Omega, \quad \underline{Z}_{R_3} = 2\Omega$$

$$\underline{Z}_{L_1} = 6j\Omega, \quad \underline{Z}_{C_1} = -\frac{j}{2}\Omega, \quad \underline{Z}_{C_2} = -\frac{j}{4}\Omega$$

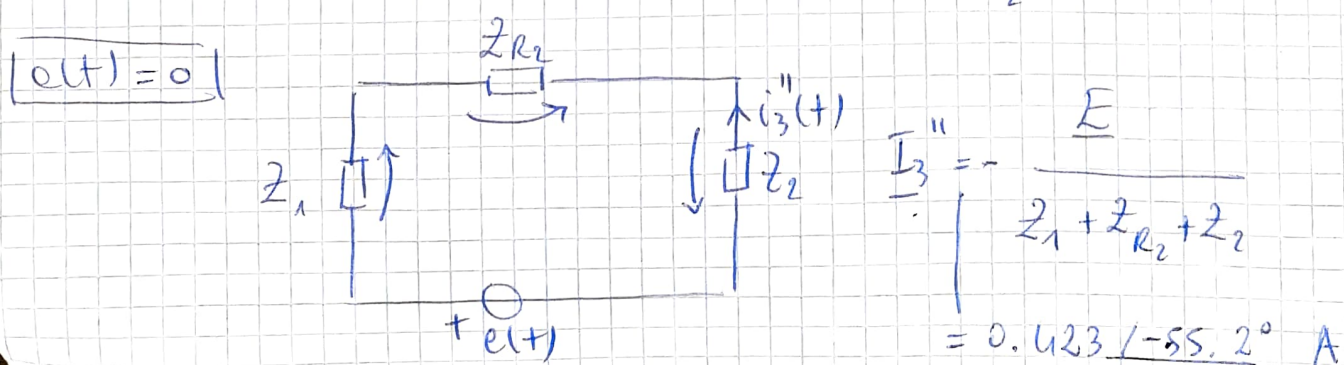
Applicare sovrapposizione degli effetti per trovare  $i_3(t)$ :

$$\underline{Z}_1 = \underline{Z}_{L_1} // \underline{Z}_{C_1} // \underline{Z}_{R_1} = \left( \frac{1}{\underline{Z}_{L_1}} + \frac{1}{\underline{Z}_{C_1}} + \frac{1}{\underline{Z}_{R_1}} \right)^{-1} = 0.171 \angle -90^\circ \Omega$$

$$\underline{Z}_2 = \underline{Z}_{R_3} + \underline{Z}_{C_2} = 2 - \frac{j}{4} \Omega$$



Partitore di corrente:  $\underline{I}_3' = - \frac{\underline{Z}_1 + \underline{Z}_{R_2}}{\underline{Z}_1 + \underline{Z}_{R_2} + \underline{Z}_2} \underline{A} = 1.271 \angle -148^\circ A$



$$\underline{I}_3'' = - \frac{\underline{E}}{\underline{Z}_1 + \underline{Z}_{R_2} + \underline{Z}_2} = 0.423 \angle -55.2^\circ A$$



$$\underline{I}_3 = \underline{I}_3' + \underline{I}_3'' = 1.32 \angle -129^\circ \text{ A}$$

Trova  $\underline{I}_2$  :

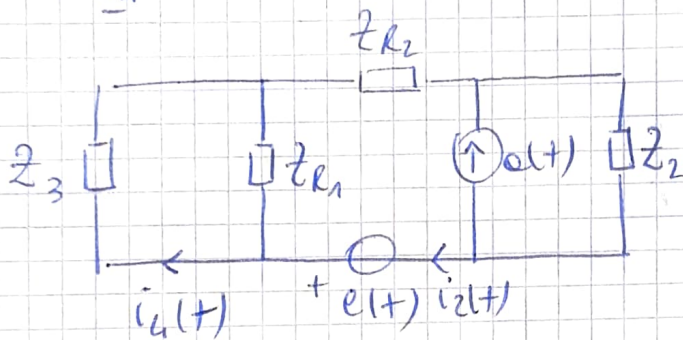
$$\text{LKC (nodo x)} : \underline{I}_2 = -\underline{I}_3 - \underline{A} = 1.01 \angle -178^\circ \text{ A}$$

Potenza complessa erogata da  $e(t)$  :

$$\underline{S}_E = \underline{E} \cdot \underline{I}_2^* = P_E + jQ_E = 1.01 - j1.89$$

$$\Rightarrow P_E = 1.01 \text{ W}, \quad Q_E = -1.89 \text{ W}$$

Trova  $\underline{I}_1$  :

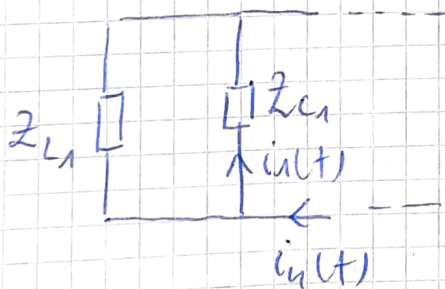


$$Z_3 = Z_{L1} \parallel Z_{C1} = -\frac{6}{11} j \Omega$$

Partizione di corrente :

$$\underline{I}_4 = \underline{I}_2 \frac{Z_{R1}}{Z_3 + Z_{R1}} = 0.88667 \angle -149.39^\circ \text{ A}$$

Partizione di corrente :



$$\underline{I}_1 = \underline{I}_4 \frac{Z_{L1}}{Z_{L1} + Z_{C1}} = 0.967 \angle -149^\circ \text{ A}$$

$$i_1(t) = 1.37 \cos(2t - 149^\circ) \text{ A}$$

# DOMANDE A RISPOSTA CHIUSA

## • Circuito magnetico

Dati:  $S = 178 \text{ cm}^2$ ,  $L = 6 \text{ cm}$ ,  $d(\text{traferro}) = 2 \text{ mm}$   
 $\mu_0 = 1.256 \cdot 10^{-6} \text{ H/m}$ ,  $\mu_r = 1500$ ,  $N = 2000$ ,  $I = 5 \text{ A}$

Determinare la riluttanza del ferro, del traferro e le forze elettromotriche:

$$\mathcal{R}_{Fe} = \frac{L}{\mu_0 \mu_r S} = 1820 \text{ H}^{-1} \quad \mathcal{R}_{tra} = \frac{d}{\mu_0 S} = 90992 \text{ H}^{-1}$$

$$f.m.m. = I \cdot N = 10000 \text{ As}$$

## • Risoluzione di un circuito

6 lati, 3 maglie, 4 nodi

$$\rightarrow \text{Relazioni costitutive} = 6 \text{ lati} = 6$$

$$\rightarrow LKT = 6 \text{ lati} - 4 \text{ nodi} + 1 = 3$$

$$\rightarrow LKC = 4 \text{ nodi} - 1 = 3$$

Si consideri un circuito magnetico in ferro avente sezione  $S = 175 \text{ cm}^2$ , lunghezza  $L = 6 \text{ cm}$ , traferro di lunghezza  $\delta = 2 \text{ mm}$ , permeabilità magnetica relativa  $\mu_r = 1500$  e  $N = 2000$  avvolgimenti di filo conduttore percorso da corrente  $I = 5 \text{ A}$ . Sapendo che la permeabilità magnetica del vuoto è  $\mu_0 = 1,256 \text{ }\mu\text{H/m}$ , selezionare la terna corretta dei valori assunti dalla riluttanza del ferro  $R_{Fe}$ , dalla riluttanza del traferro  $R_t$  e dalla forza magnetomotrice  $f_{mm}$ :

Scegli un'alternativa:

- ☐ a.  $R_{Fe} = 1820 \text{ H}^{-1}$      $R_t = 90992 \text{ H}^{-1}$      $f_{mm} = 1000 \text{ Asp}$
- ☐ b.  $R_{Fe} = 90992 \text{ H}^{-1}$      $R_t = 1820 \text{ H}^{-1}$      $f_{mm} = 10000 \text{ Asp}$
- ☐ c.  $R_{Fe} = 1820 \text{ H}^{-1}$      $R_t = 909920 \text{ H}^{-1}$      $f_{mm} = 10000 \text{ Asp}$
- ☐ d.  $R_{Fe} = 1920 \text{ H}^{-1}$      $R_t = 90992 \text{ H}^{-1}$      $f_{mm} = 1000 \text{ Asp}$
- ☐ e. nessuna risposta.
- ☒ f.  $R_{Fe} = 1820 \text{ H}^{-1}$      $R_t = 90992 \text{ H}^{-1}$      $f_{mm} = 10000 \text{ Asp}$

Risposta corretta.

La risposta corretta è:

$R_{Fe} = 1820 \text{ H}^{-1}$      $R_t = 90992 \text{ H}^{-1}$      $f_{mm} = 10000 \text{ Asp}$

Un sistema trifase a quattro conduttori permette di...

Scegli un'alternativa:

- ☐ a. avere un carico sbilanciato.
- ☐ b. nessuna risposta.
- ☒ c. avere le tensioni bilanciate sul carico.
- ☐ d. avere un carico bilanciato.
- ☐ e. avere una corrente sul neutro sempre nulla.
- ☐ f. avere una corrente di fase nulla.

Risposta corretta.

Le risposte corrette sono:

avere le tensioni bilanciate sul carico.

Quale delle seguenti informazioni relative al rifasamento è vera?

Scegli un'alternativa:

- ☐ a. si rifasa al fine di ridurre la potenza assorbita dal carico.
- ☒ b. la potenza apparente del generatore viene ridotta.
- ☐ c. la potenza attiva erogata dal generatore viene ridotta per ridurre le perdite lungo la linea.
- ☐ d. per ridurre lo sfasamento è possibile introdurre un condensatore in serie al carico.
- ☐ e. la corrente di linea può essere ridotta diminuendo la tensione sul carico.
- ☐ f. nessuna risposta.

Risposta corretta.

La risposta corretta è:

la potenza apparente del generatore viene ridotta.

Dato un circuito con 6 lati, 3 maglie e 4 nodi, individuare la terna corretta di valori corrispondenti al numero delle relazioni costitutive ( $RC$ ), alle leggi di Kirchhoff delle tensioni ( $LKT$ ) ed alle leggi di Kirchhoff delle correnti ( $LKC$ ):

Scegli un'alternativa:

- ☐ a.  $RC = 4, LKT = 6, LKC = 2.$
- ☒ b.  $RC = 6, LKT = 3, LKC = 3.$
- ☐ c.  $RC = 3, LKT = 3, LKC = 6.$
- ☐ d. nessuna risposta.
- ☐ e.  $RC = 6, LKT = 4, LKC = 2.$
- ☐ f.  $RC = 12, LKT = 6, LKC = 6.$

Risposta corretta.

La risposta corretta è:

$RC = 6, LKT = 3, LKC = 3.$

È possibile ridurre le perdite nel ferro presenti nel trasformatore effettuando il seguente accorgimento:

Scegli un'alternativa:

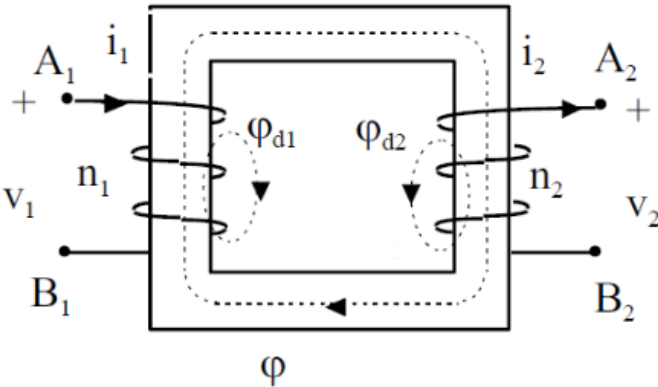
- ☒ a. assemblare il nucleo del trasformatore con lamierini.
- ☐ b. diminuire la resistenza del materiale ferromagnetico di cui è composto il nucleo.
- ☐ c. nessuna risposta.
- ☐ d. aumentare la conducibilità del materiale ferromagnetico.
- ☐ e. introdurre un nucleo del trasformatore avente sezione maggiore.
- ☐ f. utilizzare un materiale ferromagnetico duro.

Risposta corretta.

La risposta corretta è:

assemblare il nucleo del trasformatore con lamierini.

Completare la seguente dimostrazione (Tot. 6 punti).  
Si consideri il disegno riportato in figura.



Risposta corretta.

La risposta corretta è:

includere nelle parti mancanti una equazione (a), (b), (c), ... o una parola/frase scelta tra quelle elencate a fondo pagina.

Il trasformatore

Il trasformatore è costituito da un nucleo di materiale ferromagnetico su cui sono avvolti [due avvolgimenti]: il "primario", costituito da  $n_1$  spire ed il "secondario", costituito da  $n_2$  spire. Quando il primario è alimentato con una tensione  $v_1$  ("tensione primaria"), [alternata], ai capi dell'avvolgimento secondario si manifesta una tensione  $v_2$  ("tensione secondaria"), [isofrequenziale con la tensione primaria]. La tensione  $v_2$  è generata da una fem (trasformatrice). Se il secondario è chiuso su di un carico elettrico, il primario [eroga] la corrente  $i_1$  ("corrente primaria"), ed il secondario [assorbe] la corrente  $i_2$  ("corrente secondaria"), entrambe le correnti sono [alternate, isofrequenziali] con le tensioni. Mediante il trasformatore è quindi possibile trasferire potenza elettrica dall'avvolgimento primario a quello secondario, senza fare ricorso ad alcun collegamento [elettrico] tra i due avvolgimenti; il trasferimento di potenza avviene invece attraverso il campo magnetico, che è presente principalmente nel nucleo del trasformatore e che è in grado di scambiare energia con entrambi i circuiti. Secondo riferimento ai versi positivi per le correnti e per i flussi mostrati nella figura di sopra, il flusso totale concatenato con l'avvolgimento 1 ( $\varphi_{d1}$ ) ed il flusso totale concatenato con l'avvolgimento 2 ( $\varphi_{d2}$ ) risultano rispettivamente [a], [b], dove  $\varphi$  è il flusso "principale", mentre  $\varphi_{d1}$  e  $\varphi_{d2}$  sono i flussi "dispersi" concatenati rispettivamente con l'intero avvolgimento 1 e con l'intero avvolgimento 2. Tenendo in considerazione la caduta di tensione ohmica sugli avvolgimenti, si ha che la tensione ai capi del primario e quella ai capi del secondario sono rispettivamente pari a: [c], [d].

- (a)  $\varphi_{d1} = n_1 \varphi + \varphi_{d1}$  (b)  $\varphi_{d1} = -n_1 \varphi + \varphi_{d1}$  (c)  $\varphi_{d2} = +n_2 \varphi + \varphi_{d2}$  (d)  $\varphi_{d2} = -n_2 \varphi + \varphi_{d2}$  (e)  $\varphi_{d1} = n_1 \varphi - \varphi_{d1}$  (f)  $\varphi_{d1} = -n_1 \varphi - \varphi_{d1}$  (g)  $v_1(t) = -\frac{d\varphi_{d1}}{dt} - R_1 i_1 = n_1 \frac{d\varphi}{dt} - \frac{d\varphi_{d1}}{dt} - R_1 i_1$
- (h)  $v_1(t) = \frac{d\varphi_{d1}}{dt} + R_1 i_1 = n_1 \frac{d\varphi}{dt} - \varphi_{d1} + R_1 i_1$  (i)  $v_2(t) = \frac{d\varphi_{d2}}{dt} - R_2 i_2 = -n_2 \frac{d\varphi}{dt} + \frac{d\varphi_{d2}}{dt} + R_2 i_2$  (j)  $v_1(t) = \varphi_{d1} + R_1 i_1 = n_1 \varphi + \varphi_{d1} + R_1 i_1$  (k)  $v_1(t) = \frac{d\varphi_{d1}}{dt} + R_1 i_1 = n_1 \frac{d\varphi}{dt} + \frac{d\varphi_{d1}}{dt} + R_1 i_1$
- (l)  $v_2(t) = \varphi_{d2} - R_2 i_2 = -n_2 \varphi + \varphi_{d2} - R_2 i_2$