NUMERO: 1984A - ANNO: 2016

A P P U N T I

STUDENTE: Venezia Angela

MATERIA: Elettrotecnica - Esercizi svolti tratti dal libro di testo + simulazioni - Prof. Chiampi.pdf

CAPITOLO 1

I.2

a) $A = \sqrt{\frac{1}{T}\int_{t_0}^{t_0+T} a^2(t)dt}$

$a(t) = \frac{\hat{A}_1}{t_1} t - \hat{A}_2$

$A = \sqrt{\frac{1}{T}\left[\int_0^{t_1}\left(\frac{\hat{A}_1}{t_1}t\right)^2 + \int_{t_1}^{t_2}(\hat{A}_2)^2\right]} = \sqrt{\frac{1}{T}\left[\frac{\hat{A}_1^2}{t_1^2}\frac{t^3}{3}\Big|_0^{t_1} + \hat{A}_2^2(t_2-t_1)\right]} =$

$= \sqrt{\frac{1}{T}\left[\frac{\hat{A}_1^2}{3}t_1 + \hat{A}_2^2(t_2-t_1)\right]}$

b) $A_m = \frac{1}{T}\int_{t_0}^{t_0+T} a(t)\,dt = \frac{1}{T}\left(\int_0^{t_1}\frac{\hat{A}_1}{t_1}t - \int_{t_1}^{t_2}\hat{A}_2\right) =$

$= \frac{1}{T}\left(\frac{\hat{A}_1}{t_1}\frac{t^2}{2}\Big|_0^{t_1} - \hat{A}_2(t_2-t_1)\right) = \frac{1}{T}\left(\frac{\hat{A}_1}{2}t_1 - \hat{A}_2(t_2-t_1)\right)$

c) $k_p = \frac{\hat{A}}{A}$

$k_p = \frac{10}{\sqrt{\frac{1}{20\cdot 10^{-3}}\left[\frac{10^2\cdot 10\cdot 10^{-3}}{3} + 6^2(16-10)\cdot 10^{-3}\right]}} = 1,91$

d) $A_m = \frac{1}{T}\left[\frac{\hat{A}_1}{2}t_1 - \hat{A}_2(t_2-t_1)\right]$

$\hat{A}_2(t_2-t_1) = \frac{\hat{A}_1}{2}t_1$

$t_2 = \left(\frac{\hat{A}_1}{2}t_1\right)\cdot\frac{1}{\hat{A}_2} + t_1 = \left(\frac{10}{2}\,10\cdot 10^{-3}\right)\cdot\frac{1}{6} + 10\cdot 10^{-3} =$

$= 18,33$ ms

e) $t_2 = \left(\frac{\hat{A}_1}{2}t_1\right)\cdot\frac{1}{\hat{A}_2} + t_1 = \left(\frac{10}{2}\,10\cdot 10^{-3}\right)\cdot\frac{1}{4} + 10\cdot 10^{-3} =$

$= 22,50$ ms $> T = 20$ ms quindi $\nexists$

$$V^2 = \frac{1}{T}\int_0^T \left(V_{DC} + \frac{\hat{V}_H - V_{DC}}{T} t\right)^2 dt$$

$$V^2 = \frac{1}{T}\int_0^T V_{DC}^2 + \frac{\hat{V}_H^2 - 2\hat{V}_H V_{DC} + V_{DC}^2}{T^2} t^2 + 2V_{DC}\frac{(\hat{V}_H - V_{DC})}{T} t \; dt$$

$$V^2 = V_{DC}^2 + \frac{1}{\cancel{T}} \cdot \frac{\hat{V}_H^2 - 2\hat{V}_H V_{DC} + V_{DC}^2}{\cancel{T^2}} \frac{\cancel{T^3}}{3} + \frac{1}{\cancel{T}} \cdot \frac{2V_{DC}(\hat{V}_H - V_{DC})}{\cancel{T}} \frac{\cancel{T^2}}{\cancel{2}}$$

$$V^2 = V_{DC}^2 + \frac{\hat{V}_H^2 - 2\hat{V}_H V_{DC} + V_{DC}^2}{3} + V_{DC}(\hat{V}_H - V_{DC})$$

$$3V^2 = \hat{V}_H^2 + \hat{V}_H V_{DC} + V_{DC}^2$$

$$\hat{V}_H = 9 - V_{DC}$$

$$3V^2 = 81 - 18V_{DC} + \cancel{V_{DC}^2} + 9V_{DC} - \cancel{V_{DC}^2} + V_{DC}^2$$

$$V_{DC}^2 - 9V_{DC} + 81 - 3 \cdot 4{,}65^2 = 0$$

V_{DC} < 6,5 V contraddice l'andamento → grafico

2,5 V

$$\hat{V}_H = 9 - 2{,}5 = 6{,}5\ V$$

I.6

1) $\bar{A} = 10 + 15j$

$A = \sqrt{10^2 + 15^2} = 18$ $\quad \varphi = \operatorname{arctg}\frac{15}{10} = 56{,}3°$ $\quad \bar{A} = 18e^{j56{,}3°}$

$\bar{B} = -3 + 4{,}5j \longrightarrow \bar{B} = 5{,}4\, e^{123{,}7°j}$

$\bar{C} = 7{,}8 - 16j \longrightarrow \bar{C} = 17{,}8\, e^{-64°j}$

$\bar{D} = 8{,}2 + 4j \longrightarrow \bar{D} = 9{,}1\, e^{26°j}$

$\bar{E} = 11 + 5{,}7j \longrightarrow \bar{E} = 12{,}4\, e^{27{,}4°j}$

$\bar{F} = 3{,}7 - 1{,}5j \longrightarrow \bar{F} = 4\, e^{-22{,}1°j}$

CAPITOLO 2

II.2

- $\bar{V}_{BA} + \bar{V}_{AE} + \bar{V}_{ED} + \bar{V}_{DB} = 0$

$\bar{V}_{EA} = \bar{V}_{BA} + \bar{V}_{ED} + \bar{V}_{DB}$

$= 120 + j20 - (10 - j50) - 60 - j20 = 50 + 50j$

- $\bar{V}_{CD} + \bar{V}_{DE} + \bar{V}_{EF} + \bar{V}_{FC} = 0$

$\bar{V}_{CD} = -\bar{V}_{DE} + \bar{V}_{FE} - \bar{V}_{FC}$

$= -(10 - 50j) + 50 + 50j - 20 - 100j = 20$

- $\bar{V}_{CD} + \bar{V}_{DE} + \bar{V}_{EC} = 0$

$\bar{V}_{CE} = \bar{V}_{CD} + \bar{V}_{DE}$

$= 20 + 10 - 50j = 30 - 50j$

- $\bar{V}_{BC} + \bar{V}_{CD} + \bar{V}_{DB} = 0$

$\bar{V}_{BC} = -\bar{V}_{CD} - \bar{V}_{DB} = -20 - (-60 - 20j) = 40 + 20j$

II.3

$\bar{I}_1 = 40 + 40j$

$\bar{I}_3 = 20 - 10j$

$\bar{I}_5 = 20 + j0$

NODO A $\quad \bar{I}_1 = \bar{I}_5 + \bar{I}_4 \rightarrow 40 + 40j = 20 + \bar{I}_4$

$\bar{I}_4 = 20 + j40$

NODO C $\quad \bar{I}_6 = \bar{I}_4 + \bar{I}_3 \rightarrow \bar{I}_6 = 20 + j40 + 20 - 10j$

$\bar{I}_6 = 40 + 30j \qquad i_6(t) = \sqrt{2} \cdot 50 \operatorname{sen}(\omega t + 37°)$

NODO B $\quad \bar{I}_2 = \bar{I}_6 + \bar{I}_5 \rightarrow \bar{I}_2 = 40 + j30 + 20$

$\bar{I}_2 = 60 + j30$

* Testo esercitazione 2

Supponendo che una corrente pari a $i(t) = \sqrt{2} \cdot 10 \cdot \mathrm{sen}(\omega t + \frac{\pi}{6})$ percorra tutti i bipoli compresi tra A e E,

b) calcolare i valori di cresta della potenza istantanea associata al bipolo BC e all'intero bipolo AE

- $S = VI = 20 \cdot 10 = 200\ VA$

  $P = VI\cos\varphi = 200\cos(90+30) = -100\ W$

  $P_{CP} = P + S = -100 + 200 = 100\ W$

  $P_{CN} = P - S = -100 - 200 = -300\ W$

- $S' = V'I = 50 \cdot 10 = 500\ VA$

  $P' = V'I\cos\varphi' = 500\cos(126{,}87 + 30) = -459{,}8\ W$

  $P'_{CP} = P' + S' = -459{,}8 + 500 = 40{,}2\ W$

  $P'_{CN} = P' - S' = -459{,}8 - 500 = -959{,}8\ W$

III.6

- $P = RI^2$ $\quad I = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{160}{10}} = 4\,A$ $\quad \bar{I} = 4\,A$
- $V_R = RI = 10 \cdot 4 = 40\,V$
- $\bar{V}_L = jX_L\bar{I} = j \cdot 2\pi f L \bar{I} = j \cdot 2000 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \cdot 4 = 80j\,V$
- $\bar{V} = V_L + V_R = 40 + 80j\,V$ $\quad (90\,e^{j63}\,V)$
- $Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{(90 \cdot 4)^2 - 160^2} = 322\,Var$

III.7 $\quad \bar{Z} = R + jX \quad Z = \frac{V}{I}$

Poiché l'impedenza aumenta all'aumentare di f escludo (2) e (4) perché c'è il condensatore.

Infatti: $X_C = \frac{1}{2\pi f C}$; f a denominatore: se f aumenta X_C diminuisce e diminuisce Z

Escludo anche (1) perché se ci fosse soltanto un induttore X_L raddoppia e I si dimezza

Infatti $X_L = 2\pi f L$; se f raddoppia X_L e Z raddoppiano

$Z' = \frac{V}{I'} \rightarrow I' = \frac{V}{2Z} = \frac{1}{2} I$

Quindi l'impedenza aumenta ma con legge non proporzionale a $f \rightarrow$ (3)

III.8

$P = VI\cos\varphi$

V costante, diminuisce $f \rightarrow$ diminuisce I

$Z = \frac{V}{I} \rightarrow$ se diminuisce I aumenta Z

Quindi se Z aumenta al diminuire di f, sarà costituita da un elemento reattivo che dipende in modo inverso da $f \rightarrow$ condensatore

Non può però essere costituita soltanto da un condensatore perché P sarebbe uguale a zero $\rightarrow$ (4)

II. 13

a) $T = \frac{1}{f} = 1\ ms$

$i(t)_c = C\frac{du}{dt}$

CONDENSATORE

$$\begin{cases} u = \alpha t = \frac{u_M}{\frac{T}{4}} t \\ u = -\alpha t + \beta \\ u = 0 \end{cases} \qquad \begin{cases} u = 400000\ t \\ u = -400000\ t + 200 \\ u = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} i(t) = C\alpha = 1 \cdot 10^{-6} \cdot 4 \cdot 10^{5} = 4 \cdot 10^{-1}\ A \\ i(t) = -C\alpha = -4 \cdot 10^{-1}\ A \\ i(t) = 0 \end{cases}$$

$$I = \sqrt{\frac{1}{T}\left[\int_0^{\frac{T}{4}} C^2\alpha^2 dt + \int_{\frac{T}{4}}^{\frac{T}{2}} (-C\alpha)^2 dt + \cancel{\int_{\frac{T}{2}}^{T} 0^2 dt}\right]} = 0{,}2828\ A$$

b)

RESISTORE $\qquad V = RI$

$$\begin{cases} i(t) = 0{,}4\ A \\ i(t) = -0{,}4\ A \\ i(t) = 0\ A \end{cases} \qquad \begin{cases} V = R \cdot 0{,}4 = 100\ V \\ V = -100\ V \\ V = 0\ V \end{cases}$$

CAPI BIPOLO (CONDENSATORE + RESISTORE)

$$\begin{cases} v(t) = 400000\ t + 100 & 0 < t < \frac{T}{4} \\ v(t) = 200 - 100 - 400000\ t & \frac{T}{4} < t < \frac{T}{2} \\ v(t) = 0 & \frac{T}{2} < t < T \end{cases}$$

$$V = \sqrt{1000\left[\int_0^{\frac{T}{4}} (400000t + 100)^2 dt + \int_{\frac{T}{4}}^{\frac{T}{2}} (-400000t + 100)^2 dt\right]} =$$

$$= 81{,}65\ V$$

wattmetro : $P = RI^2 = 250 \cdot 0{,}2828^2 = 20\ W$

Non posso usare $P = VI\cos\varphi$ perché non ho grandezza sinusoidale

III. 17

$\rho = 100\ \Omega m$ condizione peggiore

a)

$$R = \frac{\rho}{2\pi r_1}$$

$$r_1 = \frac{\rho}{2\pi R} = 3,18\ m$$

$$V_p = \frac{\rho I_g}{2\pi}\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_1+1}\right) = \frac{100 \cdot 100}{2\pi}\left(\frac{1}{3,18} - \frac{1}{4,18}\right) = 119 < 200$$

$\rightarrow r_1 = 3,18\ m$

Se invece considero $V_p = 200$ trovo $r_0 = 2,365\ m$ che sostituito nella formula di R mi dà $R = 6,75\ \Omega$ che è $> 5\ \Omega$; non viene cioè soddisfatta la seconda condizione

b) $V_p = \frac{\rho I_g}{2\pi}\left(\frac{1}{r_1+1} - \frac{1}{r_1+2}\right) = 73,5\ V$

c) $V_p = \frac{\rho I_g}{2\pi}\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_1+1}\right)$

$$I_g = \frac{V_p\, 2\pi}{\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_1+1}\right) \cdot \rho} = \frac{250 \cdot 2\pi}{\left(\frac{1}{3,18} - \frac{1}{4,18}\right) \cdot 100} = 208,8\ A$$

1) Due carichi assorbono rispettivamente una potenza attiva $P_1 = 50$ kW con $\cos\varphi_1 = 0.7$ e $P_2 = 80$ kW con $\cos\varphi_2 = 0.75$ (le potenze reattive sono positive in entrambi i casi). I due carichi sono sottoposti alla medesima tensione sinusoidale ($V = 500$ V, 50 Hz) e sono alimentati da una sola linea bifilare, lunga 100 m, comune a entrambi.

a) Calcolare la corrente che percorre la linea.

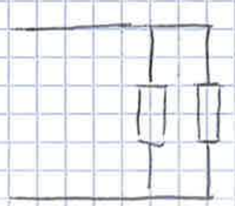
La linea opera in un ambiente la cui temperatura può variare da -20 °C a +45 °C. La linea è costituita da conduttori cilindrici in rame ($\rho = 18 \cdot 10^{-9}$ Ωm, supposta costante) con un coefficiente di trasmissione del calore $\alpha = 10$ W/(m²°C).

Le sezioni normalizzate dei conduttori sono: 50 mm², 80 mm², 100 mm², 125 mm², 160 mm², 200 mm², 315 mm².

b) Selezionare la sezione in modo da garantire che la temperatura del conduttore non superi mai il valore di 95 °C.

Risultati a) $I = 356A$ b) $A_n = 125mm^2$

a)



$P_{TOT} = P_1 + P_2 = 130000$ W

$Q_1 = P_1 \, tg(\cos^{-1} 0,7) = 51 \cdot 10^3$ Var

$Q_2 = P_2 \, tg(\cos^{-1} 0,75) = 71 \cdot 10^3$ Var

$Q_{TOT} = Q_1 + Q_2 = 122 \cdot 10^3$ Var

$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{(122 \cdot 10^3)^2 + (130 \cdot 10^3)^2} = 178,3 \cdot 10^3$ VA

$I = \frac{S}{V} = \frac{178,3 \cdot 10^3}{500} = 356$ A

b) $\theta_a = 45°C$ condizione peggiore

$\theta = \theta_c - \theta_a = 95° - 45° = 50°$

$\theta = \frac{\rho I^2}{\alpha A \ell_p} \longrightarrow \overbrace{A \ell_p}^{\pi x^2 \cdot 2\pi x} = \frac{\rho I^2}{\alpha \theta} \longrightarrow x = \sqrt[3]{\frac{\rho I^2}{\alpha \theta 2\pi^2}} =$

$= \sqrt{\frac{18 \cdot 10^{-9} \cdot 356^2}{500 \cdot 2 \cdot \pi^2}} = 6,14 \cdot 10^{-3}$ m

$A = \pi x^2 = \pi \cdot (6,14 \cdot 10^{-3})^2 = 118 \cdot 10^{-6} m^2 = 118 \, mm^2$

$\longrightarrow$ si sceglie la sezione normalizzata da 125 mm² b)

$P \longrightarrow P_1 = 700\ W$ ok

$\dot{P} \longrightarrow P_2 = 400\ W$ non va bene perché + piccola della potenza dissipata da R_0

$P_1 = 700\,W$

$V_1 = V$ perché imposto dal generatore

φ uguale a prima $\quad Q = P\,tg\varphi \rightarrow tg\varphi = \frac{Q}{P}$

$Q_1 = P_1\,tg\varphi = P_1 \frac{Q}{P} = 544{,}4\ Var$

$P_1' = P_1 - P_{r_0} = 700 - \frac{100^2}{20} = 200\ W$

$Q_1' = Q_1 - Q_{x_0} = 544{,}4 - \frac{100^2}{25} = 144{,}4\ Var$

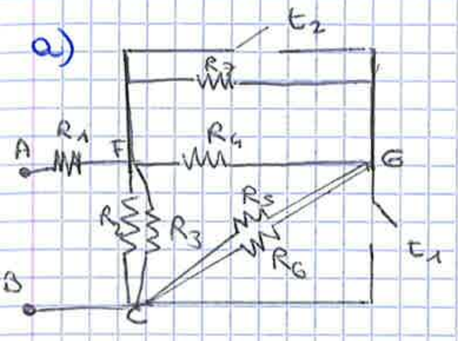
$S_1' = \sqrt{P_1'^2 - Q_1'^2} = \sqrt{200^2 - 144{,}4^2} = 246{,}6\ Va$

$I_1' = \frac{S_1'}{V'} = 2{,}46\ A$

$t = \sqrt{\frac{P_1'}{R_t\, I_1'^2}} = \sqrt{\frac{200}{4 \cdot 2{,}46^2}} = 2{,}87$

IV.3

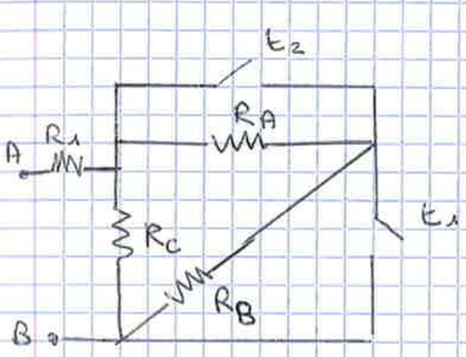
a)



$$R_A = \frac{R_4 R_7}{R_4+R_7} = 6{,}1\ \Omega$$

$$R_B = \frac{R_5 R_6}{R_5+R_6} = 2{,}18\ \Omega$$

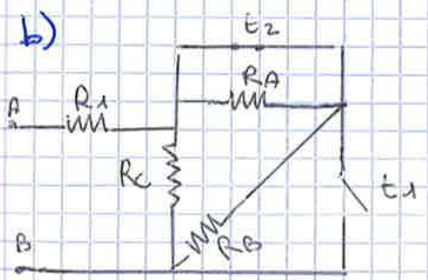
$$R_C = \frac{R_2 R_3}{R_2+R_3} = 5\ \Omega$$



$$R_{eq} = \frac{(R_A+R_B)\,R_C}{R_A+R_B+R_C} + R_1$$

$$R_{eq} = 13{,}16\ \Omega$$

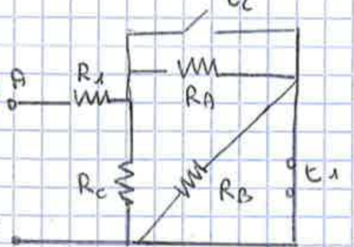
b)



$$R_{eq} = \frac{R_C R_B}{R_C+R_B} + R_1$$

$$R_{eq} = 11{,}52\ \Omega$$

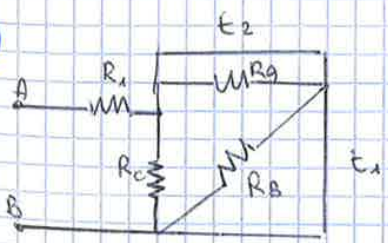
c)



$$R_{eq} = \frac{R_A R_C}{R_A+R_C} + R_1$$

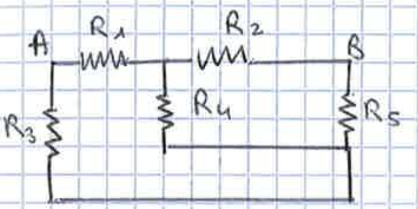
$$R_{eq} = 12{,}81\ \Omega$$

d)



$$R_{eq} = R_1 = 10\ \Omega$$

d)



Δ $R_2 R_4 R_5 \longrightarrow Y$

$$R_a = \frac{R_2 R_4}{R_2+R_4+R_5} = 5{,}14\ \Omega$$

$$R_b = \frac{R_2 R_5}{R_2+R_4+R_5} = 3{,}43\ \Omega$$

$$R_c = \frac{R_4 R_5}{R_2+R_4+R_5} = 2{,}74\ \Omega$$

$$R_A = R_1 + R_a = 15{,}14\ \Omega$$

$$R_B = R_3 + R_c = 17{,}74\ \Omega$$

$$R_D = \frac{R_A R_B}{R_A+R_B} = 8{,}13\ \Omega$$

$$R_{eq} = R_D + R_b = 8{,}13 + 3{,}43 = 11{,}56\ \Omega$$

IV.6

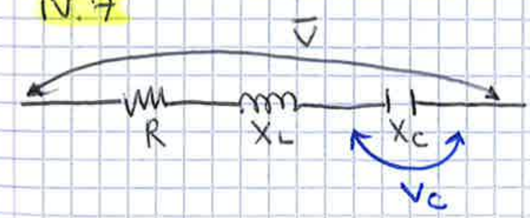
a) $R_{eq} = R_1+R_2+R_3 = 33\ \Omega$

b) $R_{eq} = R_1 = 10\ \Omega$

c) $R_{eq} = R_3 = 8\ \Omega$

d) $R_{eq} = R_1 /\!/ R_2 /\!/ R_3 = 3{,}42\ \Omega$

IV.7



$\bar{Z} = \frac{\bar{V}}{\bar{I}} = 10 + j8 \qquad \bar{I} = \frac{\bar{V}}{\bar{Z}}$

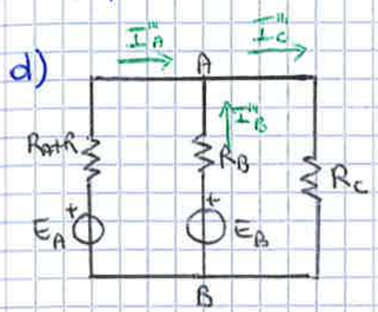
Se $\bar{Z}$ avesse soltanto la parte reale, $\bar{V}$ e $\bar{I}$ sarebbero in fase, se invece avesse soltanto parte immaginaria $\bar{I}$ avrebbe fase $-90°$. Quindi $\bar{I}$ ha fase compresa tra $0°$ e $-90°$. La tensione sul condensatore è in ritardo di $90°$ rispetto a $\bar{I}$, si troverà nel 3° quadrante $\longrightarrow$ V_C è in ritardo su V di un angolo compreso tra 0 e $\pi/2$

$$V_{AB} - E_A + (R_A + R)\, I''_A = 0$$

$$R_A + R = \frac{E_A - V_{AB}}{I''_A} \longrightarrow R = \frac{E_A - V_{AB}}{I''_A} - R_A = \frac{12-9}{\frac{9}{8,5}} - 0,5 =$$

$$= 2,33\ \Omega$$

d)



$$I''_A + I''_B = I''_C$$

$$I''_A = I''_B = \frac{I''_C}{2} = I$$

$$\begin{cases} E_A - (R + R_A)\, I = V_{AB} \\ E_B - R_B I = V_{AB} \\ 2 I R_C = V_{AB} \end{cases}$$

$$E_B - R_B I = 2 I R_C \qquad I = \frac{E_B}{R_B + 2R_C} = 0,51\ A$$

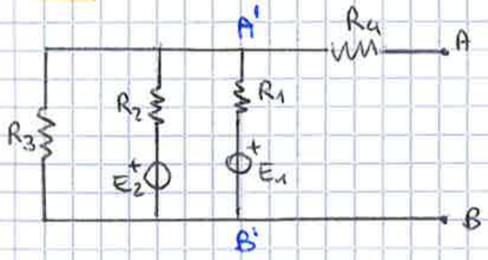
$$R + R_A = \frac{E_A - V_{AB}}{I} = \frac{E_A - 2IR_C}{I}$$

non approssimando il valore di I ottengo

$$R = \frac{E_A - 2IR_C}{I} - R_A = \frac{12 - 2 \cdot 0,51 \cdot 8,5}{0,51} - 0,5 = 5,83\ \Omega$$

$$P_C = R_C (2I)^2 = 9\ W$$

V.4



Millman

$$V_{A'B'} = E_{TH} = \frac{\frac{E_1}{R_1} + \frac{E_2}{R_2}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = \frac{\frac{100}{8} + \frac{40}{10}}{\frac{1}{8} + \frac{1}{10} + \frac{1}{20}} = 60\ V$$

$$R_{TH} = R_3 \,//\, R_2 \,//\, R_1 + R_4$$

$$R_3 \,//\, R_2 = R_A = \frac{R_3 R_2}{R_3 + R_2} = 6,6\ \Omega$$

$$R_A \,//\, R_1 = \frac{6,6 \cdot 8}{6,6 + 8} = 3,62\ \Omega$$

$$R_{TH} = 3,62 + 5 = 8,62\ \Omega$$

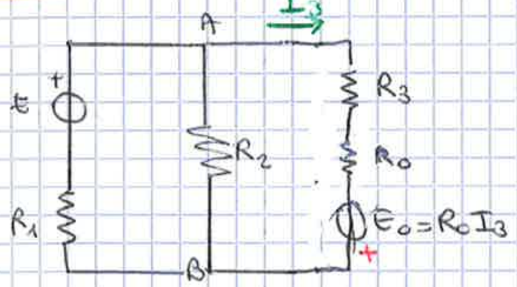
b) $\Delta t = \dfrac{\mathcal{E}}{E_A \cdot I'} = \dfrac{10 \cdot 10^3}{12 \cdot 10} = 83,3\ s$

$I' = \dfrac{E_B - E_A}{R_A + R_B + R_x}$

$R_A + R_B + R_x = \dfrac{E_B - E_A}{I'}$

$R_x = \dfrac{E_B - E_A}{I'} - (R_A + R_B) = \dfrac{12}{10} - (50 \cdot 10^{-3} + 0,1) = 1,05\ \Omega$

V.9

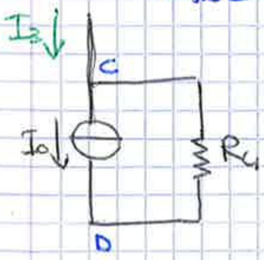


$R_4 = R_0$

$E_0 = R_0 I_3 = 30 \cdot 2 = 60\ V$

a) $V_{AB} + E_0 - (R_0 + R_3) I_3 = 0$

$V_{AB} = -E_0 + (R_0 + R_3) I_3 = 60\ V$



b) $I_0 = \dfrac{E_0}{R_0} = I_3 = 2\ A$

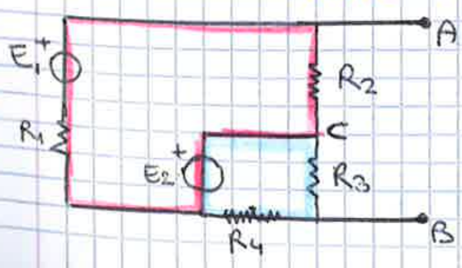
$V_{AB} = R_3 I_3 + V_{CD}$

$V_{CD} = 60 - 30 \cdot 2 = 0$

$P = 0$

V.10

a) $R_{TH} = \dfrac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + \dfrac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} = 6 + 2,4 = 8,4\ \Omega$



$E_{TH} = V_{AC} + V_{CB}$

$V_{CB} = E_2 \dfrac{R_3}{R_3 + R_4} = 36\ V$

$V_{AC} = (E_1 - E_2) \dfrac{R_2}{R_2 + R_1} = 36\ V$

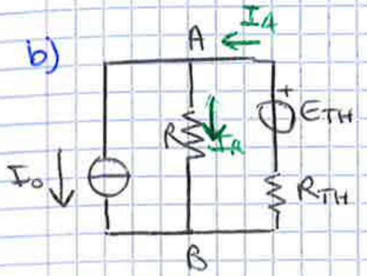
$\Big\} E_{TH} = 72\ V$

V. 11

a) $E_{TH} = V_{AB} = E_1 - E_2 = 400 - 80 = 320 \ V$

$R_{TH} = R_4 = 200 \ \Omega$

b)



Hillmam

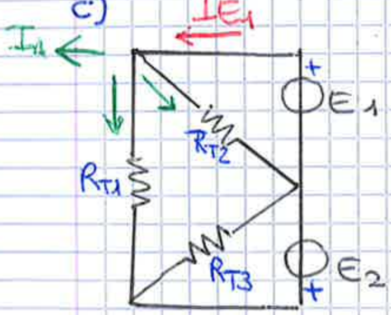
$$V_{AB} = \frac{-I_0 + \frac{E_{TH}}{R_{TH}}}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R_{TH}}} = 144 V$$

$V_{AB} - I_R R = 0$

$I_R = \frac{V_{AB}}{R} = 0{,}48 \ A$

$I_4 = I_R + I_0 = 0{,}88 \ A$

c)



$R_{T1} = R_1 + R_2 + \frac{R_1 \cdot R_2}{R_3} = 800 \ \Omega$

$R_{T2} = R_1 + R_3 + \frac{R_1 \cdot R_3}{R_2} = 800 \ \Omega$

$R_{T3} = R_2 + R_3 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1} = 533{,}3 \ \Omega$

$I_{RT_1} = \frac{(E_1 - E_2)}{R_{T1}} = 0{,}4 \ A$

$I_{RT_2} = \frac{E_1}{R_{T2}} = 0{,}5 \ A$

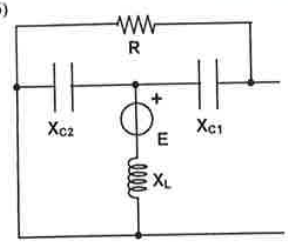
$I_{E_1} = I_4 + I_{RT_1} + I_{RT_2} = 0{,}88 + 0{,}4 + 0{,}5 = 1{,}78 \ A$

$P_{E_1} = I_{E_1} \cdot E_1 = 712 \ W$

$I_{R_1} = I_{E_1} - I_4 = 0{,}9 \ A$

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 29 di 82

6)



Il circuito opera in regime sinusoidale ($f = 50$Hz) e i suoi parametri sono:

$X_{C1} = 8\ \Omega$ $\quad X_{C2} = 4\ \Omega$

$R = 4\ \Omega$ $\quad X_L = 3\ \Omega$

$E = 60$ V

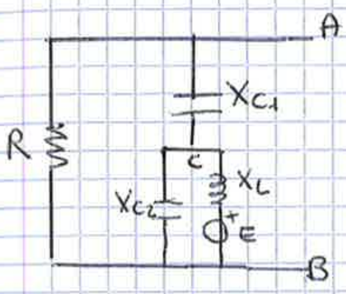
a) Calcolare i parametri del bipolo equivalente di Thevenin

b) Determinare la frequenza alla quale l'elemento passivo in serie al generatore ideale è costituito soltanto da una resistenza pura, calcolando il valore della resistenza stessa.

c) Determinare la frequenza alla quale l'elemento passivo in serie al generatore ideale è nullo.

Risultati:

a) $\overline{E}_T = 120 - j120$ $\quad \overline{Z}_T = 2 + j2$ $\quad$ b) $f_1 = 18.38Hz$ $\quad R = 4\ \Omega$ $\quad$ c).. $f_2 = 15.00Hz$



a)

$$\overline{Z}_A = \frac{-jX_{C2} \cdot jX_L}{j(X_L - X_{C2})} - jX_{C1} = 12j$$

$$\overline{Z}_{TH} = \frac{R\overline{Z}_A}{R + \overline{Z}_A} = 3{,}6 + 1{,}2j$$

$$V_{CB} = \frac{\frac{E}{jX_L}}{\frac{1}{jX_L} - \frac{1}{jX_{C2}} + \frac{1}{R - jX_{C1}}} = -120 - 360j$$

$$\overline{E}_{TH} = \overline{V}_{CB} \frac{R}{R - jX_{C1}} = 120 - 120j$$

b) impedenza $\overline{Z}_A \to \infty$ solo $R = 4\Omega$

$\overline{Z}_A = \frac{jX_L(-jX_{C2})}{j(X_L - X_{C2})} \to \infty$ se $X_L = X_C$ frequenza di antirisonanza $f_a = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_2}}$

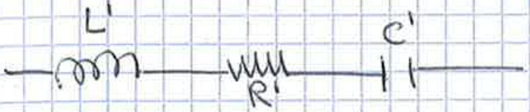
c) impedenza $\overline{Z}_A' = 0 \to$ numeratore $= 0$

$$\overline{Z}_A' = \frac{jX_L(-jX_{C2})}{j(X_L - X_C)} - jX_{C1} = 0 \qquad X_L X_{C2} + X_L X_{C1} - X_{C1} X_{C2} = 0$$

$$\frac{L}{C_2} + \frac{L}{C_1} - \frac{1}{4\pi^2 f^2 C_1 C_2}$$

f alla quale $\overline{Z}_A' = 0$

b) $Z'_e = \frac{-jX_c R'}{R'-jX_c} = (3{,}23 - j\,0{,}94)\ \Omega$



$X_{C'} = 0{,}94$
$X_{L'} = 0{,}94$
$\Big\}\ 0{,}94 = 2\pi f L \qquad L = \frac{0{,}94}{2\pi \cdot 50} = 2{,}99 \cdot 10^{-3}\ H$

$Z_e = R_e = 3{,}23\ \Omega$

V.13

a) $Z_A = Z_3 + Z_4 = (5{,}5 - 1{,}4j)\ \Omega$

$Z_e = Z_1 + \frac{Z_2 Z_A}{Z_2 + Z_A} = (11{,}08 - 2{,}55j)\ \Omega$

$I_1 = \frac{E}{Z_e} = (3{,}60 + 3{,}41j)\ A \longrightarrow 4{,}96 e^{43{,}45°}$

$I_2 = I_1 \frac{Z_A}{Z_A + Z_2} = (1{,}03 + 3{,}5j)\ A$

$I_3 = I_1 - I_2 = (2{,}57 - 0{,}1j)\ A$

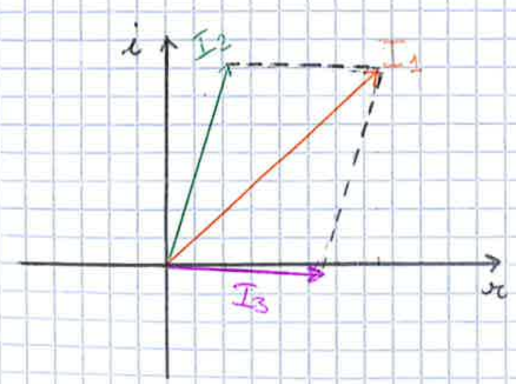
$V_{AB} = Z_A I_3 = 4{,}83 - 8{,}93j\ V$

b) $S_{Z_4} = V_{AB} I_3^* = (4{,}83 - 8{,}93j)(2{,}57 + 0{,}1j) = 13{,}22 - 22{,}48j\ VA$

$P_4 = 13{,}22\ W$

$Q_4 = -22{,}48\ VAR$

c)



© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 33 di 82

$\underbrace{\bar{A}R_2}_{E'} - (R_2+jX_2)\bar{I} = 0$

se $\bar{E}$ non deve erogare/assorbire potenza allora $\bar{I}_1 = 0$ e ai capi di A-B c'è $\bar{V}_{AB} = \bar{E}$

$\bar{V}_{AB} - jX_2\bar{I} = 0 \qquad \bar{I} = \frac{\bar{V}_{AB}}{jX_2} = \frac{\bar{E}}{jX_2} = -10j \text{ A}$

$\bar{A} = \frac{(R_2+jX_2)\bar{I}}{R_2} = \frac{(10+10j)(-10j)}{10} = 10-10j \text{ A}$

$\bar{S}_A = \bar{E}\cdot\bar{I}^* = 100\cdot(10+10j) = 1000+1000j$

V.18

a) $S_f = VI = 300 \cdot 2{,}50 = 750$ Va ← finale

$S = P + jQ$

siamo in risonanza, $Q = 0^{Var}$, $P = 750$ W
Tutta la potenza attiva è assorbita $P_{gin} = P_{in}$

b)

$\underset{\substack{\uparrow \\ \text{iniziale}}}{S_i} = VI = 300 \cdot 5 = 1500$ Va

$Q_{carico} = \sqrt{1500^2 - 750^2} = 1299$ Var

$C = \frac{|P\,tg(\cos^{-1}(0{,}9)) - Q_{carico}|}{2\pi f V^2} = \frac{|750\cdot tg(\cos^{-1}(0{,}9)) - 1299|}{2\pi\cdot 50\cdot 300^2} =$

$= \frac{1299-363}{2\cdot 50\pi\cdot 300^2} = 33\cdot 10^{-6} \text{ F} = 33\,\mu\text{F}$

V.19

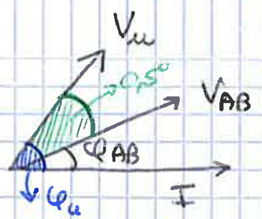
a) $\frac{V_1}{A_1} = Z_1 = \frac{400}{3} \qquad Z^2 = R^2 + X_L^2$

$\frac{V_2}{A_2} = Z_2 = 200$

$Z_1^2 = R^2 + X_L^2 \qquad R^2 = Z_1^2 - X_L^2 = \left(\frac{400}{3}\right)^2 - X_L^2$

$Z_2^2 = R^2 + (2X_L)^2$

$200^2 = \left(\frac{400}{3}\right)^2 - X_L^2 + 4X_L^2$



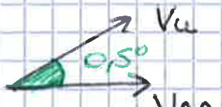
b) $\varphi_{AB} = \cos^{-1}(0{,}756) = 40{,}9°$

$\varphi_U = \cos^{-1}(0{,}75) = 41{,}4°$

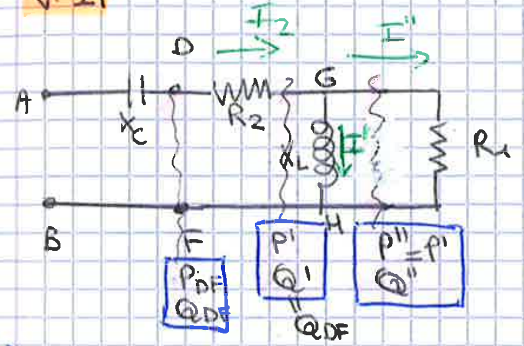
$\varphi_U - \varphi_{AB} = 0{,}5°$ V_U in anticipo di $0{,}5°$ su V_{AB}

assumendo nulla la fase di $v_{AB}(t)$

$v_u(t) = \sqrt{2} \cdot 635 \, \mathrm{sen}(\omega t + 0{,}5°)$



V. 21.



a)

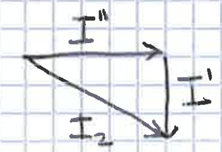
$P' = P_{DF} - R_2 I_2^2$

$Q' = Q_{DF} = 480$ VAR

$Q'' = Q' - X_L I'^2 = 0 \longrightarrow I' = \sqrt{\frac{480}{30}} = 4A$

Boucherot

$Q'' = \frac{V_{GH}^2}{X_L} \longrightarrow V_{GH} = 120$ V



$I'' = \sqrt{I_2^2 - I'^2} = \sqrt{5^2 - 4^2} = 3A$

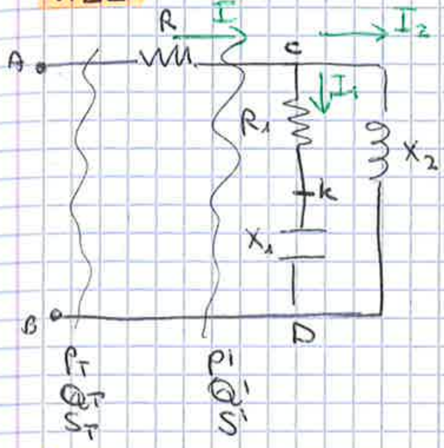
V_{GH} in fase con I''

$R_1 = \frac{V_{GH}}{I''} = \frac{120}{3} = 40 \, \Omega$

b) $P_{DF} - R_2 I_2^2 - R_1 I''^2 = 0$ $R_2 = \frac{P_{DF} - R_1 I''^2}{I_2^2} = 8 \, \Omega$

$R_2 = 8 \, \Omega$

V.22



$P_T = 100 \text{ W}$

$S_T = V_{AB} I = 228 \text{ VA}$

$Q_T = \sqrt{S_T^2 - P_T^2} = 205 \text{ VAr}$

Boucherot

$100 - RI^2 - R_1 I_1^2 = 0 \qquad I_1 = 1{,}54 \text{ A}$

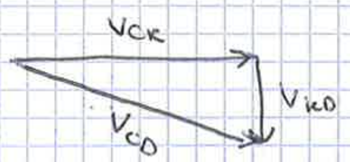
$Q_T + X_1 I_1^2 - X_2 I_2^2 = 0$

$P' = 100 - RI^2 = 48{,}016 \text{ W}$

$Q' = Q_T = 205 \text{ VAr}$

$S' = \sqrt{P' + Q'} = 210 \text{ VA}$

$V_{CD} = \frac{S'}{I} = \frac{210}{2{,}28} = 92{,}10 \text{ V}$



$V_{CK} = R_1 I_1 = 30{,}8 \text{ V}$

$V_{KD} = \sqrt{92{,}1^2 - 30{,}8^2} = 86{,}79 \text{ V}$

$Q_1 = \frac{V_{KD}^2}{X_C} = I_1^2 X_C \qquad X_C^2 = \frac{V_{KD}^2}{I_1^2} = \frac{86{,}79^2}{1{,}54^2} = 56{,}36 \ \Omega$

$Q_2 = Q_T + Q_1 = 338{,}6 \text{ VAr}$

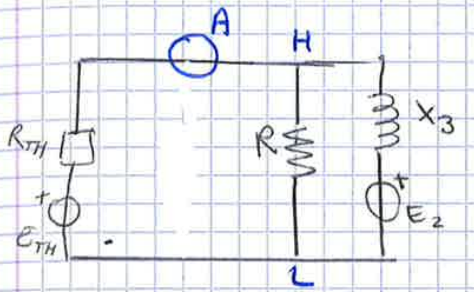
$X_2 = \frac{V_{CD}^2}{Q_2} = \frac{92{,}10^2}{338{,}6} = 25{,}05 \ \Omega$

$$S = VI^* = (300-200j)\cdot 2 = 600-400j$$

$$P_{MAX} = \overset{721,2}{|S|}\,(\cos(-33,7)+1) = 1321\ W$$

$$P_{MIN} = |S|\,(\cos(-33,7)-1) = -121\ W$$

V.24



$$E_{TH} = E_1 \cdot \frac{Z_2}{Z_2+Z_1} = 90j\ V$$

$$Z_{TH} = \frac{Z_1 Z_2}{Z_1+Z_2} + Z_C = -5,5j\ \Omega$$

se $A=0$ $\quad V_{HL} = E_{TH} = 90j\ V$

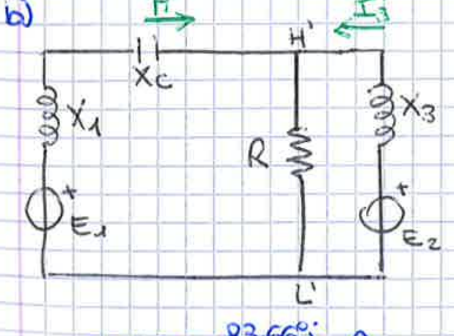
$$V_{HL} = \frac{\frac{E_{TH}}{Z_{TH}} + \frac{E_2}{Z_3}}{\frac{1}{Z_{TH}} + \frac{1}{Z_3} + \frac{1}{R}} = E_{TH} = 90j\ V$$

$$\bar{E}_2 = -90+90j \longrightarrow 127,3\,e^{j135°}\ V$$

$$\bar{I}_3 = \frac{\bar{E}_2 - \bar{V}_{HL}}{Z_3} = 10j = 10e^{90j}\ A \qquad \phi = 135° - 90° = 45°$$

$$\bar{S}_{E_2} = \bar{E}_2 \cdot \bar{I}_3^* = (-90+90j)(-10j) = \underset{P}{900} + \underset{Q}{900}j\ VA$$

b)



$$V_{H'L'} = \frac{\frac{\overset{120j}{\bar{E}_1}}{(6-10)j} + \frac{\overset{-90+90j}{\bar{E}_2}}{9j}}{\frac{1}{-4j} + \frac{1}{9j} + \frac{1}{9}} = -26+122,9j\ V$$

$$\bar{A}' = \frac{\bar{E}_1 - \bar{V}_{H'L'}}{-4j} = 0,73+6,5j =$$

$$= 6,625\,e^{83,66°j}\ A$$

$$I_3' = \frac{\bar{E}_2 - \bar{V}_{H'L'}}{Z_3} = -3,65+7,11j$$

$$S'_{E_2} = \bar{E}_2 \cdot I_3'^* = (-90+90j)(-3,65-7,11j) = \underset{P}{965,3} + \underset{Q}{307,2}j$$

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 41 di 82

V.29

a) $W_B = P_{R2} = 300\,W$

$W_A = P_{R2} + P_{R1} = 500\,W$

$P_{R1} = 500 - 300 = 200\,W$

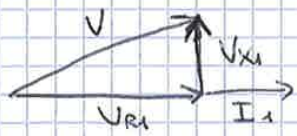
$S_A = VI = 700\,Va$

$Q_A = \sqrt{700^2 - 500^2} = 489{,}89\,Var$

$P_{R1} = R_1 I_1^2 \qquad I_1 = 6{,}325\,A$

$V_{R1} = R_1 I_1 = 31{,}685\,A$

$V_{X1} = \sqrt{V^2 - V_{R1}^2} = \sqrt{100^2 - 31{,}625^2} = 95\,V$



$X_1 = \frac{V_{X1}}{I_1} = \frac{95}{6{,}325} = 15\,\Omega$

$P_{R2} = 300\,W$

$Q_{X2} = Q_A - X_1 I_1^2 = 489{,}89 - 15 \cdot 6{,}325^2 = -110{,}19\,Var$

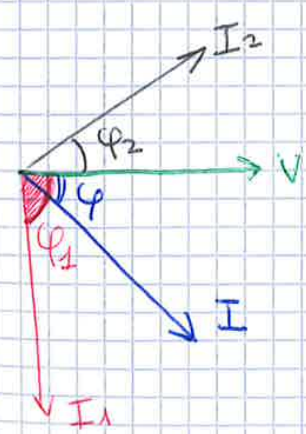
$S_2 = \sqrt{P_{R2}^2 + Q_{X_2}^2} = 319{,}6\,Va$

$S_2 = VI_2 \qquad I_2 = 3{,}19\,A$

$P_{R2} = R_2 I_2^2 \qquad R_2 = 29{,}48\,\Omega$

$Q_{X2} = -X_2 I_2^2 \qquad X_2 = 10{,}82\,\Omega$

b)



$\cos\varphi = \frac{P_A}{S_A} \qquad \varphi = 44°$ I in ritardo perché Q è >0

$\varphi_1 = arctg\left(\frac{X_1}{R_1}\right) = 71°$

$\varphi_2 = \cos^{-1}\frac{P_2}{S_2} = 20°$ I_2 in anticipo perché c'è il condensatore

$\bar{I} = 5 - 4{,}9j\ A$

$\bar{I}_1 = 2 - 6j\ A$

$\bar{I}_2 = 3 + 1{,}1j\ A$

V.34

a) $\bar{Z}_1 = \frac{R_1 jX_1}{R_1 + jX_1} = 9,86 + 26,3j \ \Omega$

$Q = XI^2 \qquad I = \sqrt{\frac{Q}{X}} = \sqrt{\frac{172,8}{26,3}} = 2,56\,A$

$P = (R_A + R)I^2 = (9,86 + 80) \cdot 2,56^2 = 589\,W$

$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{172,8^2 + 589^2} = 613,8\ Va$

$E = \frac{S}{I} = \frac{613,8}{2,56} = 240\ V$

b) $\bar{I}_1 = I_1 + j\emptyset$

$Q = \frac{V_1^2}{X_1} \qquad V_1 = \sqrt{Q X_1} = \sqrt{172,8 \cdot 30} = 72\ V$

$\bar{I}_1 = \frac{\overset{=V_1}{V_R}}{R_1} = 0,9\,A$

$\bar{I}_2 = \frac{V_1}{jX_1} = -2,4j\ A$

$\bar{I} = \bar{I}_1 + \bar{I}_2 = 0,9 - 2,4j\ A$

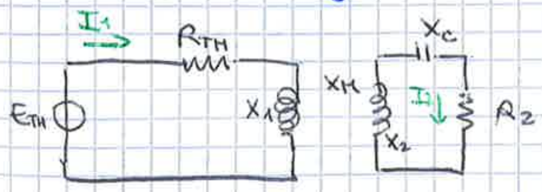
$\bar{E} = (R_A + \bar{Z}_1)\bar{I} = (80 + 9,86 + 26,3j)(0,9 - 2,4j) = 144 - 192j\ V$

$\longrightarrow 240\, e^{-53,13° j}$

$2\pi f = 50 \cdot 2\pi = 100\pi = \omega$

$e(t) = \sqrt{2} \cdot 240 \operatorname{sen}(\omega t - 53,13°)$

c) $\begin{cases} \bar{V}_1 = jX_1\bar{I}_1 + jX_M\bar{I}_2 \\ \bar{V}_2 = jX_M\bar{I}_1 + jX_2\bar{I}_2 \end{cases}$



$E_{TH} = E_1 \frac{R_1}{R_1 + R_A} = 150\ V$ a fase zero

$R_{TH} = \frac{R_A R_1}{R_A + R_1} = 40\ \Omega$

$\begin{cases} \bar{E}_{TH} = (R_{TH} + jX_1)\bar{I}_1 + jX_M\bar{I}_2 \\ 0 = (R_2 + jX_2 - jX_C)\bar{I}_2 + jX_M\bar{I}_1 \end{cases}$

V.35

a) $V_{AB} = \dfrac{I_0 + \frac{E_1}{R_3}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3}} = 150\ V$

$I_3 = \frac{1}{R_3}(E_1 - V_{AB}) = 2{,}5\ A$

$P_{E1} = -E_1 I_3 = -250\ W$

$V_{AB} = V_0 - R_2 I_0 \Rightarrow V_0 = 150 + 15 \cdot 5 = 225\ V$

$P_0 = V_0 I_0 = 1125\ W$

$I_u = \frac{E_2}{R_u} = \frac{100 \cdot 2{,}5}{20} = 12{,}5\ A$

$P_{E2} = E_2 I_u = 3125\ W$

$I_T = I_3 + I_u = 2{,}5 + 12{,}5 = 15\ A$

b) $V'_{AB} = \dfrac{I_0 + \frac{E_1 + kI'_3}{R_3 + R_u}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3 + R_u}} = 120 + 60 + 60 I'_3$

$V'_{AB} = E_2 + E_1 + (R_3 + R_u) I'_3$

$180 + 60 I'_3 = 100 + 100 I'_3 + 40 I'_3$

$80 I'_3 = 80 \qquad I'_3 = 1\ A$

$P'_{E_1} = -E_1 I'_3 = -100\ W$

$P'_{E2} = -E_2 I'_3 = -100\ W$

$V_{AB} = 180 + 60 = 240\ V$

$V'_0 = V_{AB} + R_2 I_0 = 315\ V \qquad P'_0 = V'_0 I_0 = 1575\ W$

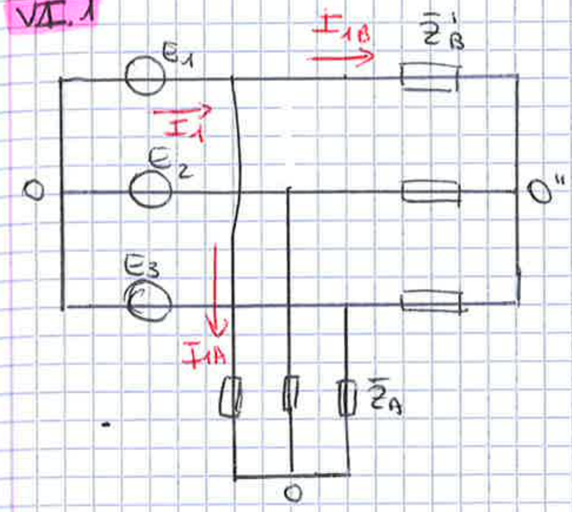
c) $I''_3 = 0$

$V''_{AB} = E_1 = 100\ V$ perché $E_2 = kI_3$ e non ci sono cadute di tensione su R_3, R_u

$V''_{AB} = I_0 R_1 \rightarrow I_0 = \frac{100}{60} = 1{,}667\ A$

CAPITOLO 6

VI.1



$\bar{Z}'_B = \frac{\bar{Z}_B}{3} = 10+10j \ \Omega$

$Z_{eq} = \frac{Z'_B Z_A}{Z'_B Z_A} = \frac{(10+5j)(10+10j)}{20+15j} =$

$= 5{,}2+3{,}6j \ \Omega$

simmetrico e equilibrato

$\bar{I}_1 = \frac{\bar{E}_1}{Z_{eq}} = 34{,}78\, e^{-34{,}69° j}$

$\bar{I}_2 = 34{,}78\, e^{(-34{,}69°-120°)j}$

$\bar{I}_3 = 34{,}78\, e^{(-34{,}69°+120°)j}$

$\bar{I}_{A1} = \frac{\bar{E}_1}{Z_A} = 19{,}68\, e^{-26{,}56° j}$

$\bar{I}_{A2} = 39{,}68\, e^{(-26{,}56°-120°)j}$

$\bar{I}_{A3} = 39{,}68\, e^{(-26{,}56°+120°)j}$

$\bar{I}'_{B1} = \bar{I}_{B1} = \frac{\bar{E}_1}{\bar{Z}'_B} = 15{,}56\, e^{-45° j}$

$\bar{I}_{B2} = 15{,}56\, e^{(-45°-120°)j}$

$\bar{I}_{B3} = 15{,}56\, e^{(-45°+120°)j}$

VI.2

a) $Z_{eq} = \frac{Z_A Z_B}{Z_A+Z_B} + Z_L = 11{,}12 - 0{,}39j$

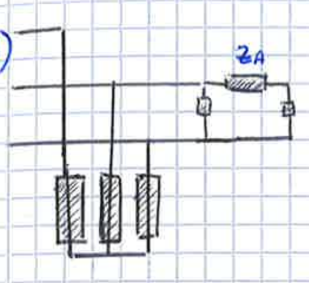
$\bar{I}_1 = \frac{\bar{E}_1}{Z_{eq}} = 19{,}8\, e^{2{,}05° j}$ $(-120° ; +120°)$

$\bar{I}_{A1} = \frac{\bar{E}_1 - \bar{Z}_L \bar{I}_1}{Z_A} = 6{,}9\, e^{-63{,}18° j}$ $(-120° ; +120°)$

$\bar{I}_{B1} = \frac{\bar{E}_1 - \bar{Z}_L \bar{I}_1}{Z_B} = 18\, e^{22{,}42° j}$ $(-120° ; +120°)$

b) $P_E = 3EI\cos\varphi = 3 \cdot 220 \cdot 19{,}8 \cos(2{,}05°) = 13059{,}63\,W$

$\bar{E} - \bar{Z}_L \bar{I}_1 = 220 - (1+0{,}7j)(19{,}78+0{,}7j) = 201{,}26\, e^{-4{,}14° j}$

c) 

$$Z_e = \frac{Z_a(2Z_a)}{3Z_a} = \frac{2}{3}Z_A = \underset{\substack{\downarrow \\ R_A}}{10} + 8j \ \Omega$$

$$I_{ZA} = \frac{V_{st}}{10+8j} = \frac{380\,e^{-90j}}{10+8j} = -18{,}54 - 23{,}17j = 29{,}67\,e^{-128{,}66j}\ A$$

$P_{ZA} = I_{ZA}^2 R_A = 29{,}67^2 \cdot 10 = 8803\ W$

$P_T = P_B + P_{ZA} = 33803\ W$

$W_1 = V_{rt} \cdot I_{rB}\ \cos \widehat{V_{rt}\, I_{rB}}$

perché uso V_{rt}

$\varphi I_B = 36{,}86 = -\varphi_B \qquad \varphi_{Vrt} = -30°$

$W_1 = 380 \cdot 47{,}48 \cdot \cos(-30+36{,}86) = 17913\ W$

$W_2 = 33803 - 17913 = 15890\ W$

manca I_2

VI.5

a) $P_{R1} = \frac{P_J}{3} = \frac{20 \cdot 10^3}{3}\ W$

$P_{R1} = R_1 I_1^2 \qquad I_1 = 577\ A$

$P_i = \sqrt{3}\, VI \cos\varphi_i = 296400\ W$

$W_1 + W_2 = 296400 - 20000 = 276400\ W$

$P_T - 3 R_u \left(\frac{I}{\sqrt{3}}\right)^2 = 0 \qquad R_u = 0{,}830\ \Omega$

$Q_i = Q_T = P_i\, tg(\cos^{-1} 0{,}78) = 23{,}779 \cdot 10^3\ Var$

$Q_T - 3X_u \left(\frac{I}{\sqrt{3}}\right)^2 = 0 \qquad X_u = 0{,}714\ \Omega$

$W_1 - W_2 = \frac{Q_T}{\sqrt{3}} = 137291\ W$

$W_1 = 206845\ W$

$W_2 = 69555\ W$

b) $Q_{TRIF} = 242487\ VAR$

$Q_{cond} = Q_{TRIF} - 3XI^2 = -236975\ VAR$

$\frac{Q_C}{3} = 78991,6\ VAR$

$X_C = -\frac{V^2}{\frac{Q_C}{3}} = 342\ \Omega \qquad C = \frac{1}{2\pi f X_C} = 9,30\ \mu F$

$\cos\varphi = \frac{P}{S} = \frac{540000}{\sqrt{540000^2 + 242487^2}} = 0,912$

c)

$C_S = \frac{P_T(tg\varphi - tg\varphi_0)}{2\pi f V^2_{\leftarrow \text{linea}}} \qquad C_T = \frac{C_S}{3}$

$C_T = \frac{540000(tg(\cos^{-1}(0,912)) - tg(\cos^{-1}(0,95)))}{2\pi f \cdot 5200^2} \cdot \frac{1}{3} = 2,56\ \mu F$

VI.10

a) $W_1 + W_2 = 300000\ W = P_{TRIF}$

$W_1 - W_2 = 180000\ W = \frac{Q_T}{\sqrt{3}}$

$Q_T = 311,8 \cdot 10^3\ VAR \qquad \eta = \frac{P_{ass}}{P_i} = 0,95$

$S_T = \sqrt{P_T^2 + Q_T^2} = 4,33 \cdot 10^3\ VA$

$I = \frac{S}{\sqrt{3}V} = 675,13\ A \qquad I_F = \frac{I}{\sqrt{3}}$

$\frac{P_T}{3} - R_U\left(\frac{I}{\sqrt{3}}\right)^2 = 0 \qquad R_U = \frac{P_T}{I^2} = 0,658\ \Omega$

$Q_T - 3X_U\left(\frac{I}{\sqrt{3}}\right)^2 = 0 \qquad X_U = \frac{Q_T}{I^2} = 0,684\ \Omega$

$P_T = 0,95\ P_i$

$P_i = 315789\ W$

$P_{persa} = P_i - P_T = 1578\ W \qquad P'_{persa} = \frac{P_{persa}}{3}$

$R_1 = \frac{P'_{persa}}{I^2} = \frac{1578}{3 \cdot 675,13^2} = 1,1 \cdot 10^{-3}\ \Omega$

$Q_i = Q_T \qquad P_i \qquad S_i = \sqrt{P_i^2 + Q_i^2} = \sqrt{3} V_i I \longrightarrow V_i = 379,5\ V$

VI.14

a) $V = XA_1 = 225\ V$

$Q_T = 3\frac{V^2}{X} = 5062{,}5\ Var$

$W_1 - W_2 = \frac{Q_T}{\sqrt{3}}$

$W_1 + W_2 = P_T$

$S_T = \sqrt{3}\,VA = 8963{,}36\ Va$

$P_T = \sqrt{S_T^2 - Q_T^2} = 7396{,}82\ W$

$W_1 + W_2 = P_T$

$W_1 = P_T - W_2 \qquad W_1 - W_2 = \frac{Q_T}{\sqrt{3}} \qquad P_T - 2W_2 = \frac{Q_T}{\sqrt{3}}$

$W_2 = \frac{P_T}{2} - \frac{Q_T}{2\sqrt{3}} = 2237\ W \qquad W_1 = P_T - W_2 = 5160\ W$

b) $P_T = \frac{3V^2}{R_T} \longrightarrow R_T = \frac{3V^2}{P_T} = 20{,}532\ \Omega$

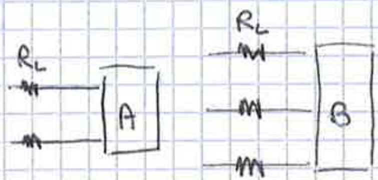
$R_S = \frac{R_T}{3} = 6{,}844\ \Omega$

$P_T = 3R_S I_R^2 \qquad I_R = \sqrt{\frac{P_T}{3R_S}} = 18{,}98\ A$

manca c)

VI.19

a) $\Theta_H = 95° - 40° = 55°\ C$



$S = \pi r^2 \longrightarrow r = \sqrt{\frac{S}{\pi}} = 3{,}6\ mm$

$I_H = \sqrt{\frac{\alpha S \ell \Theta}{\rho}} = 157{,}74\ A$

$P_A = V_A I_H \cos\varphi = 33{,}9\ kW$

$P_B = \sqrt{3}\, V_B I_H \cos\varphi = 58{,}75\ kW$

b) $R_L = \rho \frac{L}{S} = 50\ m\Omega$

potenze perse in Rinea $\begin{cases} P_{AL} = 2R_L I_H^2 = 2488{,}2\ W \\ P_{BL} = 3R_L I_H^2 = 3732{,}3\ W \end{cases}$

potenze di ingresso $P_{iA} = P_A + P_{AL} = 363882\ W$

$Q_{iA} = Q_A = P_A \operatorname{tg}\varphi = 16418{,}5\ Var$

$P_{iB} = P_B + P_{BL} = 62482{,}3\ W$

$Q_{iB} = Q_B = P_B \operatorname{tg}\varphi = 28453{,}9\ Var$

$S_{ia} = \sqrt{P_{ia}^2 + Q_{ia}^2} = V_{ia} I_H \longrightarrow V_{ia} = 254{,}2\ V$

$S_{iB} = \sqrt{P_{iB}^2 + Q_{iB}^2} = \sqrt{3}\, V_{iB} I_H \longrightarrow V_{iB} = 252{,}3\ V$

$\eta_{LA} = \frac{P_A}{P_{iA}} = 0{,}932$

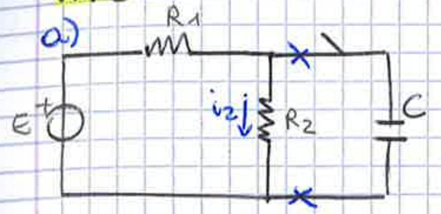
$\eta_{LB} = \frac{P_B}{P_{iB}} = 0{,}941$

$i(t) = 4 - e^{-120t}$

$u = L\frac{di}{dt'} = 50 \cdot 10^{-3} \cdot (120 e^{-120t'}) = 6e^{-120t'}$

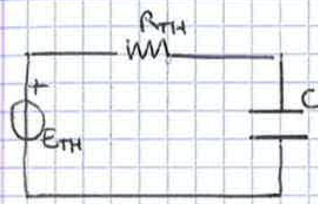
VII. 6

a)



$W = \frac{1}{2}CV^2 \longrightarrow V_c = 250 \text{ V}$

$E_{TH} = E\frac{R_2}{R_1+R_2} = 140 \text{ V}$ $\qquad R_{TH} = \frac{R_1 R_2}{R_1+R_2} = 105 \ \Omega$



$E_{TH} = R_{TH} \cdot i + v_c(t)$

$E_{TH} = R_{TH} \cdot C\frac{dv_c(t)}{dt} + v_c(t)$

$v_{cp} = E_{TH} = 140 \text{ V}$

$v_{cc} = k_1 e^{-\frac{t}{R_{TH}C}} = k_1 e^{-238{,}1\,t}$ $\qquad \tau = R_{TH}C = 4{,}2 \text{ ms}$

$250 = 140 + k_1 \longrightarrow k_1 = 110$

$v_c(t) = 140 + 110e^{-238{,}1t}$

$i_c = C\frac{dv_c}{dt} = -1{,}048\,e^{-238{,}1t}$

$i_E = i_c + i_2 = i_c + \frac{v_c}{R_2}$

$\frac{v_c}{R_2} = \frac{140+110e^{-238{,}1t}}{R_2} = 0{,}4 + 0{,}314\,e^{-238{,}1\,t}$

$i_E = 0{,}4 - 0{,}733\,e^{-238{,}1\,t}$

b) il generatore si comporta da utilizzatore quando la corrente è negativa

$i_E = 0{,}4 - 0{,}733e^{-238{,}1t} \leq 0$

$0{,}733e^{-238{,}1t} \geq 0{,}4 \qquad t \leq \frac{\ln(0{,}546)}{-238{,}1t} = 2{,}54 \text{ ms}$

Si comporta da utilizzatore per $0 \leq t \leq 2{,}54$ ms

b) $v_L = L \frac{di}{dt}$

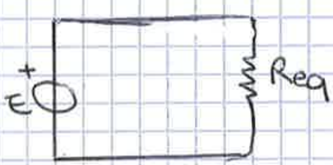
1° intervallo $-L\left(-\frac{R}{L}\right) I_0 e^{-\frac{R}{L}t} = R I_0 e^{-\frac{R}{L}t} = 50 e^{-2000t}$

2° intervallo $L\left(-\frac{R}{L}\right) I_0 e^{-\frac{R}{L}t'} = -R I_0 e^{-\frac{R}{L}t'} = -50 e^{-2000t'}$

VII.3

a)

t chiuso

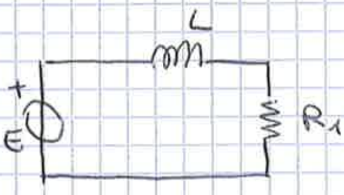


$R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 4\ \Omega$

$i = \frac{E}{R_{eq}} = 12\ A$

$E = 48 V$

t aperto



- $E = R_1 i_L + L \frac{di_L}{dt}$

$i_p = \frac{E}{R} = 9,6$

$i_L(t) = k_1 e^{-\frac{R}{L}t} = k_1 e^{-200t}$

continuità : $12 = 9,6 + k_1$ $k_1 = 2,4$

$i(t) = 9,6 + 2,4 e^{-200t}$

$v_{R_1}(t) = R_1 i(t) = 48 + 12 e^{-200t}$

- 

$0 = u + Ri = u + RC \frac{du}{dt}$

$u_c(t) = k_1 e^{-\frac{1}{RC}}$ $k_1 = 48$

$u_c(t) = 48 e^{-250}$

$v_{AB}(t) = R_1 i(t) - u(t) = 48 + 12 e^{-200t} - 48 e^{-250t}$

$\tau = \frac{L}{R_3} = 5 \cdot 10^{-3}\ s \qquad \Delta t = 5 \cdot \tau = 25\ ms$

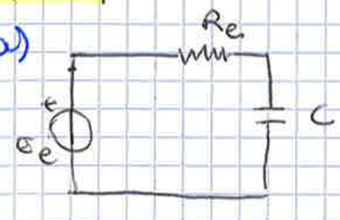
$\Delta W_L = \frac{1}{2} L \left(I_{FIN}^2 - I_{TOT}^2 \right) = \frac{1}{2} L \left((-1{,}2)^2 - (1{,}2)^2 \right) = 0$

c) $2{,}4 e^{-200t} = 1{,}2$

$t = \frac{\ln\left(\frac{1{,}2}{2{,}4}\right)}{200} = 3{,}47\ ms$

VII. 24

a)



$E_e(t) = e(t) \frac{R_2}{R_1+R_2} = 4000\ V$

$R_e = \frac{R_1 R_2}{R_1+R_2} = 800\ \Omega$

$E_e = v_c + R_e C$

$v_p = E_e \qquad v = E_e + k e^{-\frac{t}{R_e C}} \qquad k = -E_e$

$v_t(t) = E_e - E_e e^{-\frac{t}{R_e C}} = 4000 - 4000 e^{-25t}$

$i = C \frac{dv}{dt} = 5 e^{-25t} \qquad \tau = 40\ ms$

$\Delta t = 200\ ms$

b)

è come se fino a 25 ms l'interruttore è chiuso su b dove c'è la rampa, poi a 25ms si sposta su c dove c'è il generatore continuo

$e_r = kt = \frac{5000}{25 \cdot 10^{-3}} t = 200000\, t$

$e_{er} = kt \frac{R_2}{R_1+R_2} = 160000\, t$

Risposta a gradino $\left(E_e - E_e e^{-\frac{t}{R_e C}}\right) u(t)$

" unitaria $\left(1 - e^{-\frac{t}{R_e C}}\right) u(t)$

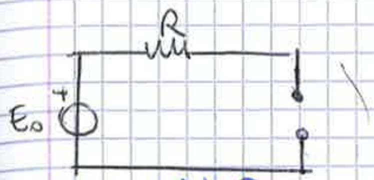
CAPITOLO 9

IX.4

a)

$$E = \sqrt{10^2 + \left(\frac{40}{\sqrt{2}}\right)^2} = 30\ V$$

in regime stazionario



$I_0 = 0\ A$

$V_{R0} = R I_0 = 0\ V$

$V_{L0} = 0\ V$

$V_{C0} = E_0 = 10\ V$

sinusoidale

$\bar{E}_1 = E_1 + j0 = \frac{40}{\sqrt{2}} + j0\ V$

$X_L = 1000\pi L = \omega L = 3{,}14\ \Omega$

$X_C = \frac{1}{\omega C} = 3{,}18\ \Omega$

$$I_1 = \frac{E}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}} = 2{,}83\ A$$

$V_{R1} = R I_1 = V_R = 28{,}3\ V$ } coincidono con valore efficace perché V_{R0} e $V_{L0} = 0$

$V_{L1} = X_L I_1 = 8{,}89\ V$

$V_{C1} = X_C I_1 = 9\ V$

$$V_C = \sqrt{E_0^2 + V_{C1}^2} = \sqrt{10^2 + 9^2} = 13{,}45\ V$$

b) $P = R I_1^2 = 10 \cdot 2{,}83^2 = 80{,}1\ W$

$S = E \cdot I_1 = 30 \cdot 2{,}83 = 84{,}9\ VA$

$\cos\varphi = \frac{P}{S} = 0{,}943$

c) $e(t) = 10 + 40\,\mathrm{sen}(1000\pi t) + 25\,\mathrm{sen}(3000\pi t)$

$E_3 = \frac{25}{\sqrt{2}} = 17{,}67\ V$

$X_{3L} = 3X_L = 9{,}42\ \Omega \qquad X_{3C} = \frac{X_C}{3} = 1{,}06\ \Omega$

$$I_3 = \frac{E_3}{\sqrt{R^2 + (X_{3L} - X_{3C})^2}} = 1{,}35\ A$$

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 63 di 82

CAPITOLO 10

X.1

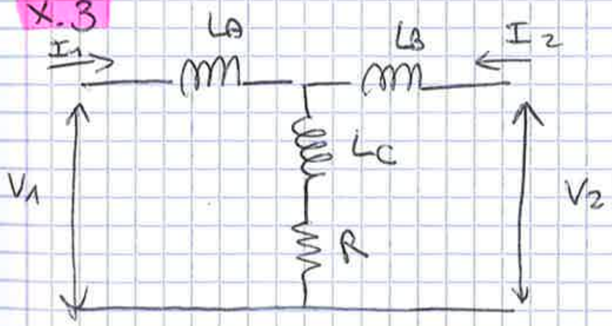
$z_{11} = \frac{V_1}{i_1}\Big|_{i_2=0}$ $z_{11} = \frac{V_1}{\frac{V_1}{10}+\frac{V_1}{15}} = 6$

$z_{21} = \frac{V_2}{i_1}\Big|_{i_2=0}$ $z_{21} = \frac{V_2}{\frac{V_1}{10}+\frac{V_1}{15}} = \frac{V_1 \cdot \frac{5}{15}}{\frac{V_1}{10}+\frac{V_1}{15}} = 2$

$z_{12} = \frac{V_1}{i_2}\Big|_{i_1=0}$ $z_{12} = \frac{V_1}{\frac{V_2}{5}+\frac{V_2}{20}} = \frac{V_2 \frac{10}{20}}{\frac{V_2}{5}+\frac{V_2}{20}} = 2$

$z_{22} = \frac{V_2}{i_2}\Big|_{i_1=0}$ $z_{22} = \frac{V_2}{\frac{V_2}{5}+\frac{V_2}{20}} = 4$

X.3



$L_{11} = \frac{X_1}{2\pi f} = \frac{5}{100\pi}$ H

$L_{22} = \frac{X_2}{2\pi f} = \frac{7}{100\pi}$ H

$L_M = \frac{X_M}{2\pi f} = \frac{6}{100\pi}$ H

$L_A = L_{11} - L_M = -\frac{1}{100\pi}$ H $\quad X_A = -1\ \Omega$

$L_B = L_{22} - L_M = \frac{1}{100\pi}$ H $\quad X_B = 1\ \Omega$

$L_C = L_M = \frac{6}{100\pi}$ H $\quad X_C = 6\ \Omega$

$z_{11} = \frac{V_1}{I_1}\Big|_{I_2=0}$ $z_{11} = \frac{V_1}{\frac{V_1}{j(X_A+X_C)+R}} = 18+5j$

$z_{21} = \frac{V_2}{I_1}\Big|_{i_2=0}$ $z_{21} = \frac{V_1 \frac{jX_C+R}{j(X_C+X_A)+R}}{\frac{V_1}{j(X_C+X_A)+R}} = 18+6j$

XI.4

a)

$$C = \frac{2\pi\varepsilon}{\ln\frac{R_2}{R_1}} L$$

$$C_1 = \frac{2\pi \cdot 2{,}5 \cdot \varepsilon_0}{\ln\left(\frac{2}{1}\right)} \cdot 2 = 4 \cdot 10^{-10}\ F$$

$$C_2 = \frac{2\pi\varepsilon_0}{\ln\left(\frac{3}{2}\right)} \cdot 2 = 2{,}74 \cdot 10^{-10}\ F$$

$$C_{TOT} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = 1{,}62 \cdot 10^{-10}\ F$$

b)

$$\int E\, n\, dS = \frac{q}{\varepsilon}$$

$$E \cdot 2\pi R L = \frac{q}{\varepsilon}$$

$$E = \frac{q}{2\pi R L \varepsilon} = \frac{C_{TOT} V}{2\pi R L \varepsilon} = \frac{1{,}62 \cdot 10^{-10} \cdot 3000}{2\pi R L \varepsilon} = \frac{4{,}86 \cdot 10^{-7}}{2\pi R L \varepsilon} =$$

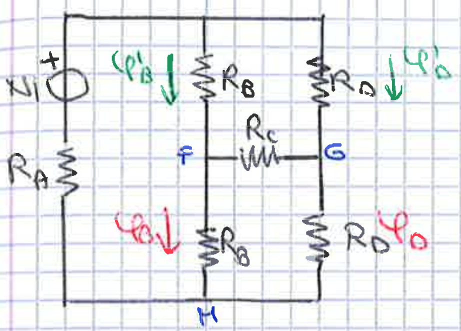
$= \begin{cases} R_i & E = 1{,}7 \cdot 10^6\ V/m \\ R_d & E = 2{,}2 \cdot 10^6\ V/m \end{cases}$

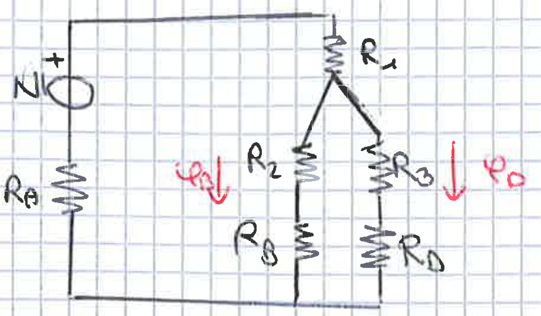
$$V = \frac{q}{C} = \frac{V C_{TOT}}{C_1} = 1215\ V$$

c) $C_g = \frac{2\pi\varepsilon_0 L}{\ln\left(\frac{R_e}{R_i}\right)}$ $\quad \mathcal{E}_{cg} = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C_g}$ $\quad \mathcal{E}_{c'} = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C_{TOT}}$

$$W_m = \mathcal{E}_{cg} - \mathcal{E}_{c'} = \frac{(4{,}86 \cdot 10^{-7})^2}{2}\left(\frac{1}{C_g} - \frac{1}{C_{TOT}}\right) = 4{,}37 \cdot 10^{-4}\ J$$

XIII. 5





$$R_A = \frac{l_A}{\mu_{rA}\mu_0 \; S_A} = \frac{30 \cdot 10^{-2}}{\mu_0 \cdot 2000 \cdot 100 \cdot 10^{-6}} = 1{,}19 \cdot 10^{6} \; H^{-1}$$

$$R_B = 1{,}27 \cdot 10^{6} \; H^{-1}$$

$$R_C = 4{,}77 \cdot 10^{5} \; H^{-1}$$

$$R_D = 1{,}49 \cdot 10^{6} \; H^{-1}$$

$$R_1 = \frac{R_B R_D}{R_B + R_D + R_C} = 5{,}85 \cdot 10^{5} \; H^{-1}$$

$$R_2 = \frac{R_B R_C}{R_B + R_D + R_C} = 1{,}87 \cdot 10^{5} \; H^{-1}$$

$$R_3 = \frac{R_D R_C}{R_B + R_C + R_D} = 2{,}19 \cdot 10^{5} \; H^{-1}$$

$$R' = R_2 + R_B = 1{,}46 \cdot 10^{6} \; H^{-1}$$

$$R'' = R_3 + R_D = 1{,}71 \cdot 10^{6} \; H^{-1}$$

$$R_e = R_A + R_1 + \frac{R' R''}{R' R''} = 2{,}56 \cdot 10^{6} \; H^{-1}$$

$$NI = R\varphi \qquad I = \frac{V}{R}$$

$$\varphi_A = \frac{NI}{R_e} = 5{,}33 \cdot 10^{-5} \; Wb$$

$$\varphi_B = \varphi_A \frac{R''}{R' + R''} = 2{,}87 \cdot 10^{-5} \; Wb$$

$$\varphi_D = \varphi_A - \varphi_B = 2{,}45 \cdot 10^{-5} \; Wb$$

$$\mathcal{F} = R\varphi \qquad \varphi_C = \frac{\overset{*}{\mathcal{F}_{FG}}}{R_C} = 0$$

$$^{*}\mathcal{F}_{FG} = \mathcal{F}_{FH} + \mathcal{F}_{HG} = R_B\varphi_B - R_D\varphi_D \simeq 0$$

$$L = \frac{N^2}{R_e} = 0,405\ H$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (2\pi f L)^2} = 150,3\ \Omega$$

b) $\varphi_L = \frac{\hat{B}}{\sqrt{2}} S = 4,24 \cdot 10^{-4}\ Wb$

$NI = R_e \varphi_L \longrightarrow I = 83,79 \cdot 10^{-2}\ A$

$V = ZI = 150,3 \cdot 83,79 \cdot 10^{-2} = 126.0\ V$

c)

$$\varphi_S = \varphi_L \frac{R_D}{R_D + R_S} = 1,24 \cdot 10^{-4}\ Wb$$

$$\varphi_H = \varphi_S \frac{2R_t + 2R_h}{2R_t + 2R_h + R_H} = 1,18 \cdot 10^{-4}\ Wb$$

$$\hat{B}_3 = \sqrt{2} \frac{\varphi_H}{S_1} = 0,111\ T$$

$$\varphi_D = \varphi_L - \varphi_S = 3 \cdot 10^{-4}\ Wb$$

$$\hat{B}_D = \sqrt{2} \cdot \frac{\varphi_D}{S} = \sqrt{2} \cdot \frac{3 \cdot 10^{-4}}{4 \cdot 10^{-4}} = 1,060\ T$$

d) $F = -\frac{1}{2} \varphi^2 \frac{\partial R_t}{\partial t}$

$$F = -\frac{1}{2} \varphi_S^2 \cdot \frac{\partial}{\partial t} \frac{2t}{\mu_0 S} = -\frac{1}{\cancel{2}} \varphi_S^2 \frac{\cancel{2}}{\mu_0 S} =$$

$$= -\frac{\varphi_S^2}{\mu_0 S} = -\frac{(1,24 \cdot 10^{-4})^2}{\mu_0 \cdot 4 \cdot 10^{-4}} = -30,59\ N$$

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 71 di 82

XIII. 4

a)

$L_{21} = \frac{\Phi_{21}}{I} = \frac{N_2 \varphi_{21}}{I}$

$\varphi_{21} = B h d$

$B = \mu_0 \mu_r H = \mu_0 \mu_r \frac{I}{2\pi r} = \mu_0 2000 \cdot \frac{200}{2\pi \cdot 10 \cdot 10^{-2}} = 0{,}8 T$

$\varphi_{21} = 0{,}8 \cdot 15 \cdot 10^{-2} \cdot 0{,}25 \cdot 10^{-2} = 3 \cdot 10^{-4}$ Wb

$\Phi_{21} = 2000 \cdot 3 \cdot 10^{-4} = 0{,}6$ Wb

$L_{21} = \frac{0{,}6}{200} = 3 \cdot 10^{-3}$ H

$V = 2\pi f L I \cdot N = 2\pi f \Phi = 2\pi 50 \cdot 0{,}6 = 188{,}5$ V

$\hat{V} = \sqrt{2} V = 266{,}6$ V $\rightarrow$ a vuoto: non interviene l'autoinduttanza

b) $\hat{B}' = 1 T$ $\quad B' = 0{,}71$ T

$I' = B' \cdot \frac{2\pi r}{\mu_0 \mu_r} = 0{,}71 \cdot \frac{2\pi \cdot 10 \cdot 10^{-2}}{\mu_0 \cdot 2000} = 176{,}8$ A

c) $\varphi_0 = \frac{\mu_0 \mu_r I_0}{2\pi r} S = \mu_0 2000 \frac{50}{2\pi \cdot 10 \cdot 10^{-2}} \cdot 15 \cdot 0{,}25 \cdot 10^{-4} =$

$= 7{,}5 \cdot 10^{-5}$ Wb

$\varphi_1 = \frac{\mu_0 \mu_r I_1}{2\pi r} S = \frac{\mu_0 \mu_r \cdot 150}{2\pi r} S = 2{,}25 \cdot 10^{-4}$ Wb

$\varphi_3 = \frac{\mu_0 \mu_r I_3}{2\pi r} S = \frac{\mu_0 \mu_r \cdot 50}{2\pi r} S = 7{,}5 \cdot 10^{-5}$ Wb

$\varphi_{TOT} = \sqrt{\varphi_0^2 + \varphi_1^2 + \varphi_3^2} = 2{,}487 \cdot 10^{-4}$ Wb

$V_0 = 0$ $\quad (I = cost)$

$V_1 = 2\pi f N \varphi_1 = 100\pi \cdot 2000 \cdot 2{,}25 \cdot 10^{-4} = 141{,}37$ V

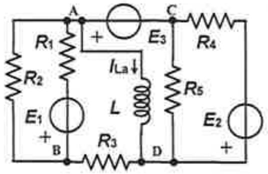
$V_3 = 2\pi f N \varphi_3 = 300\pi \cdot 2000 \cdot 7{,}5 \cdot 10^{-5} = 141{,}37$ V

$V_{TOT} = \sqrt{V_1^2 + V_3^2} = 200$ V

ELETTROTECNICA (01AUL) **23/06/2015**

COGNOME **NOME**

1)



I parametri del bipolo operante in regime stazionario sono:

$R_1 = 16\ \Omega$ $R_2 = 12\ \Omega$ $R_3 = 6\ \Omega$

$R_4 = 12\ \Omega$ $R_5 = 20\ \Omega$ $E_1 = 240$ V

$E_2 = 180$ V $E_3 = 300$ V $L = 100$ mH

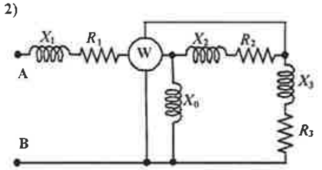
a) Calcolare l'energia immagazzinata nell'induttore e le potenze erogate da tutti i generatori.

b) Per quale valore di E_1 l'energia dell'induttore è nulla.

Il generatore ideale di tensione E_1 viene sostituito da un generatore ideale di corrente pilotato $I_0 = kI_{La}$ (verso della corrente da A a B) dove $k = 6$ e dove il verso di I_{La} è indicato in figura.

c) Calcolare i nuovi valori dell'energia immagazzinata nell'induttore e delle potenze erogate da tutti i generatori.

2)



La rete opera in regime sinusoidale alla frequenza di 50 Hz. Ai morsetti iniziali del sistema (morsetti A e B) si misura:

$I = 100$ A $V_{AB} = 240$ V $P_{AB} = 18.5$ kW

I valori dei parametri sono: $X_1 = 0.1\ \Omega$ $R_1 = 0.1\ \Omega$

$X_0 = 20\ \Omega$ $X_2 = 0.12\ \Omega$ $R_2 = 0.2\ \Omega$

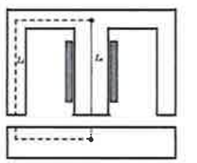
a) Determinare i valori dei parametri R_3 e X_3.

b) Calcolare l'indicazione del wattmetro

Mantenendo inalterata la tensione di alimentazione e la sua frequenza, viene inserita in serie all'impedenza R_1+jX_1 una capacità che annulla la potenza reattiva dell'intera rete.

c) Calcolare il valore della capacità e il nuovo valore della potenza attiva entrante.

3)



Il nucleo dell'elettromagnete schematizzato in figura è costituito da materiale ferromagnetico con permeabilità relativa $\mu_r = 800$ con le seguenti dimensioni:

Colonna e semigioghi di ciascun ramo laterale (inclusa parte mobile):

lunghezza totale $L_l = 25$ cm, sezione $S_l = 5$ cm^2;

Colonna centrale: lunghezza totale $L_c = 15$ cm, sezione $S_c = 8$ cm^2;

Spessore del traferro: $t = 1$ mm

La bobina alimentata in regime stazionario, è costituita da 1000 spire e ha una resistenza di 100 Ω.

Nei rami laterali l'induzione, distribuita uniformemente, vale 0.8 T.

a) Calcolare il valore della corrente nella bobina e la forza agente sull'equipaggio mobile.

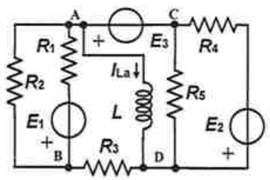
La bobina viene alimentata chiudendo un interruttore che la connette a un generatore di tensione di 250 V.

b) Calcolare il tempo necessario affinché l'induzione nei rami laterali raggiunga il valore di 0.8 T.

Il numero di spire della bobina viene dimezzato (e si dimezza anche il valore della resistenza), lasciando inalterata la tensione di alimentazione:

c) come si modifica l'intervallo di tempo necessario per ottenere un'induzione di 0.8 T nei rami laterali? (motivare la risposta)

1)



I parametri del bipolo operante in regime stazionario sono:

$R_1 = 16\ \Omega$ $R_2 = 12\ \Omega$ $R_3 = 6\ \Omega$

$R_4 = 12\ \Omega$ $R_5 = 20\ \Omega$ $E_1 = 240$ V

$E_2 = 180$ V $E_3 = 300$ V $L = 100$ mH

a) Calcolare l'energia immagazzinata nell'induttore e le potenze erogate da tutti i generatori.

b) Per quale valore di E_1 l'energia dell'induttore è nulla.

Il generatore ideale di tensione E_1 viene sostituito da un generatore ideale di corrente pilotato $I_0 = kI_{La}$ (verso della corrente da A a B) dove $k = 6$ e dove il verso di I_{La} è indicato in figura.

c) Calcolare i nuovi valori dell'energia immagazzinata nell'induttore e delle potenze erogate da tutti i generatori.

a) Poiché l'induttore si comporta da cortocircuito, le due reti alla destra e alla sinistra dell'induttore si possono trattare separatamente.

Nella rete di destra il generatore E_3 impone la sua tensione tra i morsetti D e C. Pertanto:

$I_5 = E_3/R_5 = 15A$ (da D a C) $\quad I_4 = (E_3 - E_2)/R_4 = 10A$ (da D a C) $\quad I'_L = I_5 + I_4 = 25A$ (da A a D)

Le potenze erogate sono allora: $P_2 = -E_2 I_4 = -1800W$ $\quad P_3 = E_3 I'_L = 7500W$

Nella rete di sinistra il resistore R_3 è in parallelo ad R_2 ed il parallelo è in serie a R_1. La resistenza equivalente vista dal generatore E_1, la corrente e la potenza da esso erogate e la corrente nell'induttore valgono:

$$R_e = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = 20\Omega \quad I_1 = E_1/R_e = 12A \quad P_1 = E_1 I_1 = 2880W \quad I''_L = I_1 \frac{R_2}{R_2 + R_3} = 8A \text{ (da D a A)}$$

Pertanto l'energia immagazzinata nell'induttore è: $W_L = \frac{1}{2}L(I'_L - I''_L)^2 = 14.45J$

b) Nella rete di destra tutto rimane invariato. Pertanto affinché la corrente (e quindi l'energia) nell'induttore sia nulla, il generatore di tensione deve far circolare una corrente uguale e opposta alla corrente $I'_L = 25A$.

Imponendo questo valore, si ha: $V'_{BA} = R_3 I'_L = 150V \quad I'_1 = I'_L \frac{R_2 + R_3}{R_2} = 37.5A$

La tensione del generatore deve essere perciò: $E'_1 = V'_{BA} + R_1 I'_1 = 750V$

c) Di nuovo nella rete di destra tutto resta invariato e dunque resta invariato il contributo di corrente nell'induttore. Per quanto riguarda la rete di sinistra in contributo di corrente in L si ottiene con il partitore di corrente. Pertanto l'equazione del pilota diviene: $I_{La} = I'_L - kI_{La}\frac{R_2}{R_2 + R_3} \quad \Rightarrow \quad I_{La} = 5A$

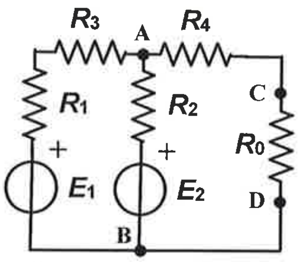
L'energia nell'induttore è: $W_{La} = \frac{1}{2}LI_{La}^2 = 1.25J$

Ne segue: $I_0 = 30A \quad I_{3a} = I_0 \frac{R_2}{R_2 + R_3} = 20A \quad V_0 = R_3 I_{3a} + R_1 I_0 = 600V \quad P_0 = V_0 I_0 = 18000W$

Le potenze degli altri generatori restano invariate.

3

1)



Il bipolo opera in regime stazionario e i suoi parametri sono:

$R_1 = 10\ \text{m}\Omega \qquad R_2 = 20\ \text{m}\Omega \qquad R_3 = 30\ \text{m}\Omega$

$R_4 = 80\ \text{m}\Omega \qquad R_0 = 1\ \Omega \qquad E_2 = 1640\ \text{V}$

Il carico R_0 tra i morsetti C e D assorbe una potenza $P_0 = 2250$ kW

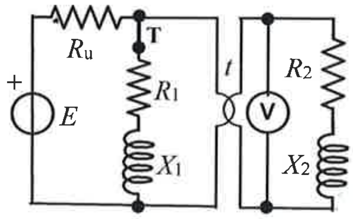
a) Determinare il valore della tensione del generatore E₁.

b) Quale resistenza tra i morsetti C e D massimizza la potenza erogata dal bipolo?

La potenza assorbita dal carico $R_0 = 1\ \Omega$ viene mantenuta inalterata ($= P_0$).

c) Determinare per quale coppia di valori di tensione dei due generatori ideali il generatore ideale E_2 (E_2 # 0) non eroga né assorbe potenza.

2)



Il circuito funziona in regime sinusoidale alla frequenza: di 50 Hz.
I parametri del circuito sono:

$R_1 = R_2 = 135\ \Omega \qquad X_1 = X_2 = 180\ \Omega \qquad R_u = 84\ \Omega \qquad t = 2$

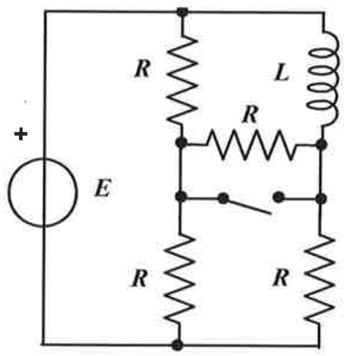
Il voltmetro misura una tensione di 135 V.

a) Calcolare la tensione e le potenze erogate dal generatore.

b) E' possibile ridurre la corrente erogata dal generatore modificando il solo rapporto di trasformazione? Motivare la risposta.

c) Calcolare le potenze erogate dal generatore e la corrente che circola nel carico a secondario (in regime sinusoidale) quando l'interruttore T viene aperto.

3)



Nella rete in figura, operante in regime stazionario, i parametri hanno i seguenti valori:

$E = 18\ \text{V} \qquad R = 60\ \Omega \qquad L = 30\ \text{mH}$

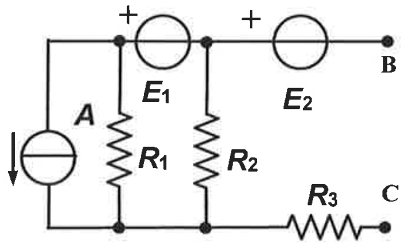
L'interruttore è chiuso all'istante $t = 0$.

a) Determinare l'andamento della corrente nell'induttore durante il transitorio.

b) Determinare l'andamento della potenza erogata dal generatore durante il transitorio.

L'induttore è costituito da una bobina di 150 spire avvolta su un circuito (lunghezza totale $D = 0.6$ m, sezione $S = 5\ \text{cm}^2$) costituito di materiale ferromagnetico lineare.

c) Calcolare la permeabilità relativa del materiale ferromagnetico.



Il circuito opera in regime stazionario e i suoi parametri sono:

$R_1 = 60\ \Omega \quad R_2 = 120\ \Omega \quad R_3 = 40\ \Omega$

$A = 5\text{A} \quad E_1 = 60\ \text{V} \quad E_2 = 120\ \text{V}$

a) Calcolare i parametri del bipolo equivalente di Norton e la massima potenza erogabile dai morsetti B e C.

b) Calcolare la potenza erogata dal generatore di corrente A, quando i morsetti B e C sono connessi in cortocircuito

c) Per quale valore della tensione E_1 il generatore del bipolo equivalente di Thevenin ha valore nullo?

a) La resistenza equivalente di Norton (o Thevenin) è: $R_e = \dfrac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3 = 80\Omega$

Per calcolare il generatore di Norton conviene sostituire il generatore reale di corrente con un generatore reale di tensione formato dalla serie di $E_A = R_1 A = 300V$ (+ in basso) e $R_A = R_1 = 60\Omega$.

Applicando il teorema di Millman tra i morsetti di R_2, dopo aver connesso in cortocircuito B e C, si ottiene:

$$V_{2cc} = \frac{-\dfrac{E_A + E_1}{R_1} + \dfrac{E_2}{R_3}}{\dfrac{1}{R_1} + \dfrac{1}{R_2} + \dfrac{1}{R_3}} = -60V \text{ (+ in alto)} \qquad I_N = I_{3cc} = \frac{V_{2cc} - E_2}{R_3} = -4.5A \text{ (da B verso C)}$$

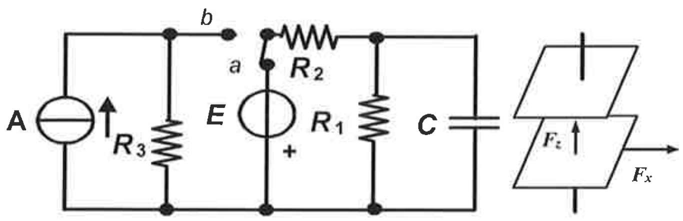
La massima potenza erogabile dal bipolo, ottenuta quando la resistenza esterna è pari a quella interna (R_e), vale (partitore di corrente): $P_{Max} = R_e \dfrac{I_N^2}{4} = 405W$

b) La tensione ai morsetti del generatore di corrente (morsetto + in basso) è:

$$V_A = -V_{cc2} - E_1 = 0 \qquad \Rightarrow \qquad P_A = 0$$

c) Affinché la tensione di Thevenin sia nulla, quando i morsetti tra B e C sono aperti, la tensione ai capi di R_2 (V'_2 con morsetto + in alto) deve essere uguale alla tensione del generatore E_2. Pertanto nella resistenza R_2 dovrà fluire una corrente $I'_2 = E_2/R_2 = 1A$ diretta verso il basso. La medesima corrente (ma diretta verso l'alto) percorre il ramo di sinistra costituito da E'_1 (incognito), R_A e E_A. Pertanto:

$$E_2 = -E'_1 - R_A I'_2 - E_A \qquad \Rightarrow \qquad E'_1 = -E_2 - R_A I'_2 - E_A = -480V$$



Nel circuito si ha: $E_1 = 3000$ V $A = 4$A $R_1 = 800\ \Omega$ $R_2 = 1200\ \Omega$ $R_3 = 2000\ \Omega$
Il condensatore a facce piane parallele ha una superficie affacciata: $l_x \times l_y = (2\times2.5)$ m^2.
Il dielettrico interposto ha caratteristiche: $\varepsilon_r = 16$ rigidità dielettrica $K_v = 10$ kV/mm
Con il commutatore in posizione a, il circuito opera in regime stazionario e l'energia immagazzinata in C è $W = 2$ J.
All'istante $t = 0$, il commutatore è portato in b.

a) Determinare l'andamento della tensione ai morsetti del condensatore, le ampiezze massima e minima della forza agente F_z sulle armature e gli istanti in cui essi vengono raggiunti.

Al termine del transitorio una delle due armature viene spostata lungo la direzione x.

b) Calcolare il valore della forza F_x necessaria per effettuare questo movimento.

c) Determinare il massimo valore della corrente del generatore di corrente che garantisca l'integrità del condensatore.

a) Con il commutatore in a, la tensione sul condensatore (morsetto positivo in alto) e la sua capacità sono:

$$V_{C0} = -E\frac{R_1}{R_1+R_2} = -1200V \qquad C = \frac{2W}{V_{C0}^2} = 2.78\mu F$$

La distanza tra le armature è: $d = \varepsilon_r \varepsilon_0 l_x l_y / C = 0.255mm$

Con il commutatore in b, sostituendo il generatore reale di corrente con un generatore reale di tensione $(E_0 = R_3 A = 8000V)$, il bipolo equivalente di Thevenin ai morsetti di C diviene:

$$E_{Th} = E_0\frac{R_1}{R_1+R_2+R_3} = 1600V \qquad R_{Th} = \frac{R_1(R_2+R_3)}{R_1+R_2+R_3} = 640\Omega$$

La tensione ai morsetti del condensatore (morsetto positivo in alto) è somma dell'integrale particolare ($v_p(t) = E_{Th} = 1600V$) e quello dell'omogenea associata ($v_t(t) = k\cdot e^{-\frac{t}{R_{Th}C}} = ke^{-562t}$).

Imponendo la condizioni di continuità $(-1200 = 1600 + k)$, si ottiene: $v(t) = 1600 - 2800e^{-562t}$

La forza $F_z = -\frac{1}{2}v^2\frac{\varepsilon_r\varepsilon_0 l_x l_y}{d^2} = -\frac{1}{2}\frac{C^2 v^2}{\varepsilon_r \varepsilon_0 l_x l_y}$ ha ampiezze:

minima $F_{z\min} = 0$ quando il valore di v è nullo, cioè all'istante $t_m = \ln(2800/1600)/562 = 0.996ms$

massima $F_{zM} = -\frac{1}{2}E_{Th}^2\frac{\varepsilon_r\varepsilon_0 l_x l_y}{d^2} = 13950N$ al termine del transitorio cioè dopo il tempo $t_M \cong 5/562 = 8.90ms$

b) Muovendosi di una lunghezza x nella direzione della forza, la superficie affacciata diviene $S = l_y(l_x - x)$

La forza che si oppone al moto è dunque: $F_x = \frac{1}{2}E_{Th}^2\frac{\varepsilon_r\varepsilon_0}{d}\frac{dS}{dx} = -\frac{1}{2}E_{Th}^2\frac{\varepsilon_r\varepsilon_0 l_y}{d} = 1.778N$

Perciò la forza da applicare dovrà avere almeno questo valore.

c) La massima tensione ammissibile ai morsetti del condensatore è: $V_M = k_v d = 2550V$.

La massima tensione, in modulo, raggiunge al termine del transitorio e vale E_{Th}.

Sfruttando la linearità del sistema si ottiene: $A_M = A\frac{V_M}{E_{Th}} = 6.375A$