NUMERO: 498

DATA: 10/04/2013

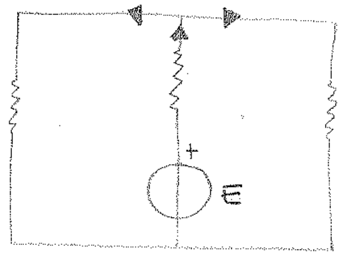
A P P U N T I

STUDENTE: Bagaini

MATERIA: Sistemi Elettrici Industriali + Temi d'esame
Prof. Piglione

8 Marzo 2012

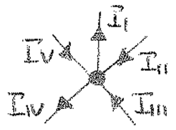
Esempio:



E generata potenza elettrica che viene dissipata dai resistori.
La corrente esce dal morsetto positivo del generatore.

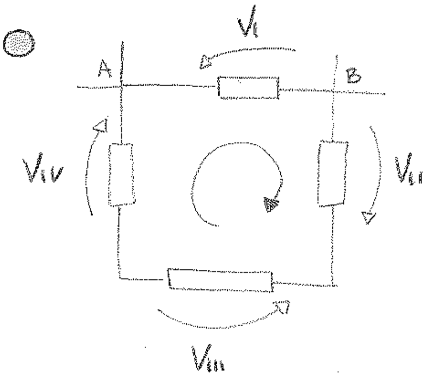
PRINCIPI DI KIRCHOFF

Vale solo in regime stazionario!

- 

$$\boxed{\sum_i I_i = 0}$$ LEGGE DEI NODI

$$-I_I + I_{II} + I_{III} - I_{IV} + I_V = \emptyset$$

- 

$$\boxed{\sum_i V_i = 0}$$ LEGGE DELLE MAGLIE

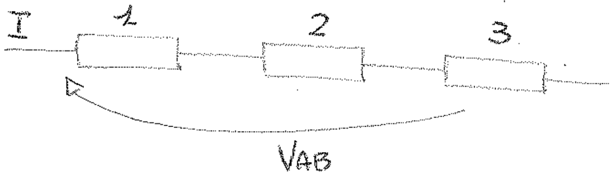
Segno + quando entro da + oppure quando incontro la punta della freccia.

$$V_I - V_{II} + V_{III} - V_{IV} = \emptyset$$

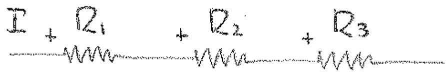
Se $V_I = V_{AB} \rightsquigarrow V_{AB} = V_{II} - V_{III} + V_{IV}$

- SERIE DI BIPOLI

Sono collegati in modo da poter essere attraversati dalla stessa corrente.



- SERIE DI RESISTORI



$$R_I I + R_{II} \cdot I + R_{III} \cdot I - V_{AB} = \emptyset$$

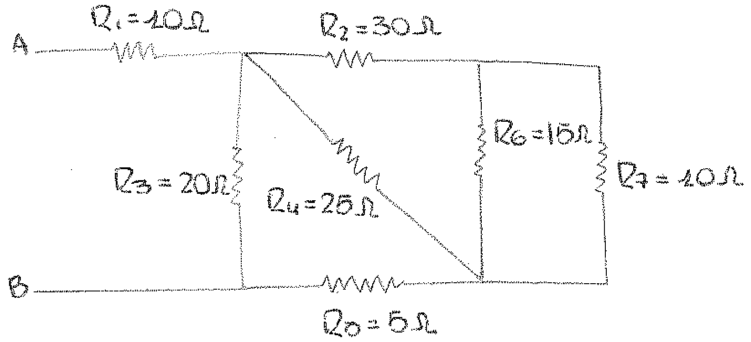
$$V_{AB} = R_I I + R_{II} I + R_{III} I$$

$$V_{AB} = I(R_I + R_{II} + R_{III}) = I \cdot Req_s$$

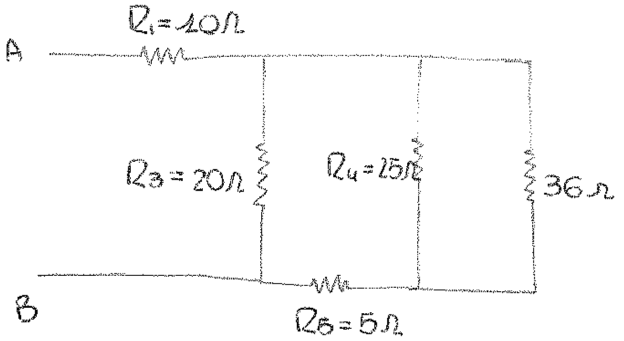
$$\boxed{Req_s = \sum_i R_i}$$

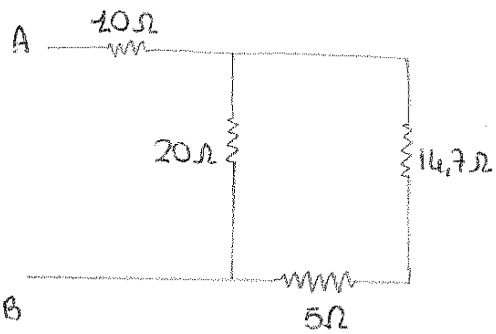
ESERCIZIO

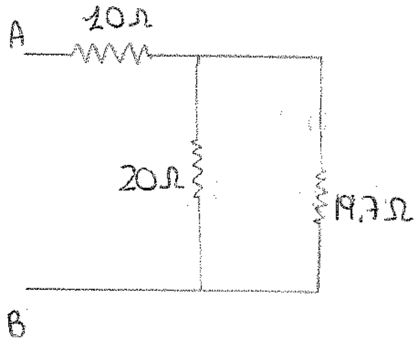
8 Marzo 2012

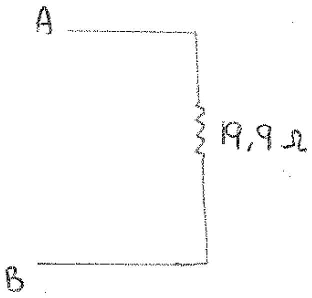


$R_6 // R_7 = 6\,\Omega$ $\qquad R_6 // R_7 + R_2 = 36\,\Omega$



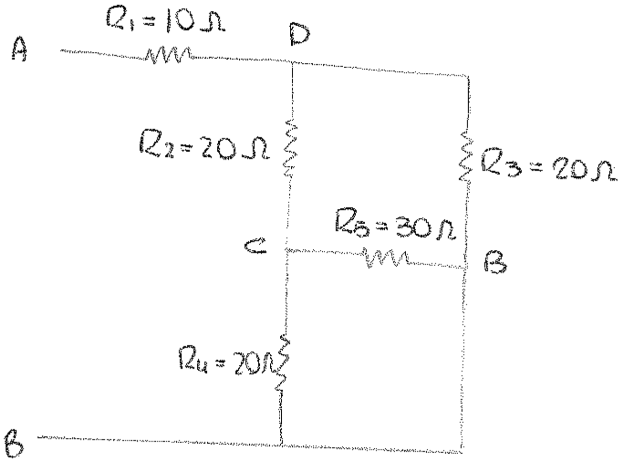






ESERCIZIO DC.1.1

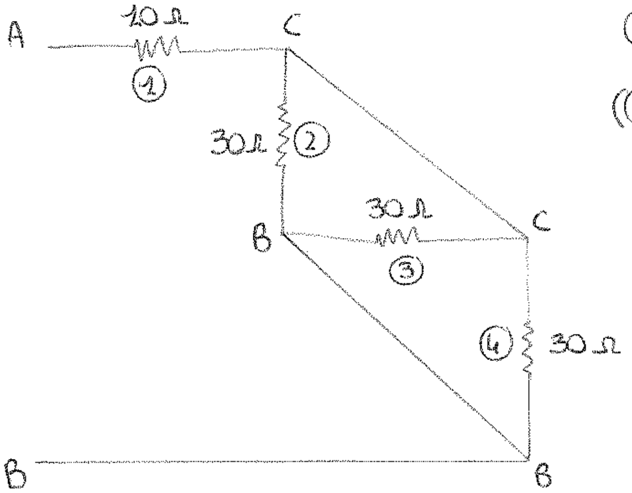
• Determinare la resistenza equivalente tra i punti A e B



$R_4 // R_5 = 12\,\Omega$

8 Marzo 2012

Esercizio DC.1.3

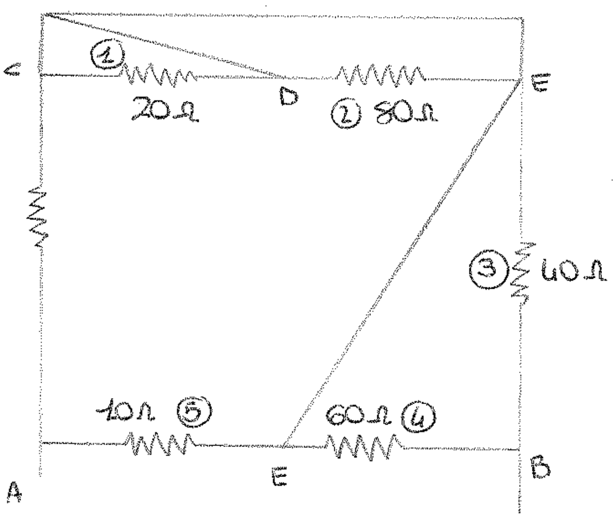


$3 \parallel 4 = 15\,\Omega$

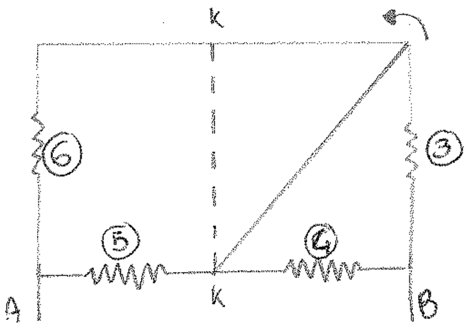
$(3 \parallel 4) \parallel 2 = 10\,\Omega$

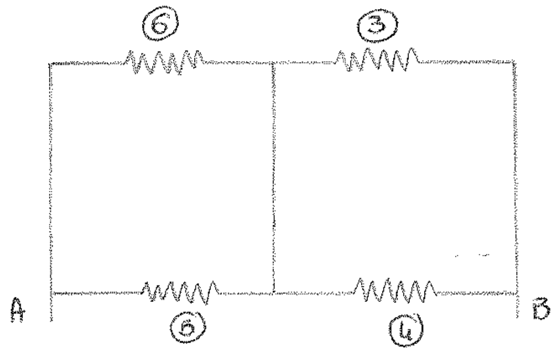
$10\,\Omega + 1 = 20\,\Omega$

Esercizio DC.1.4



Un resistore in parallelo ad un cortocircuito da un cortocircuito.





$3 \parallel 4 = 24\,\Omega$

$5 \parallel 6 = 7{,}5\,\Omega$

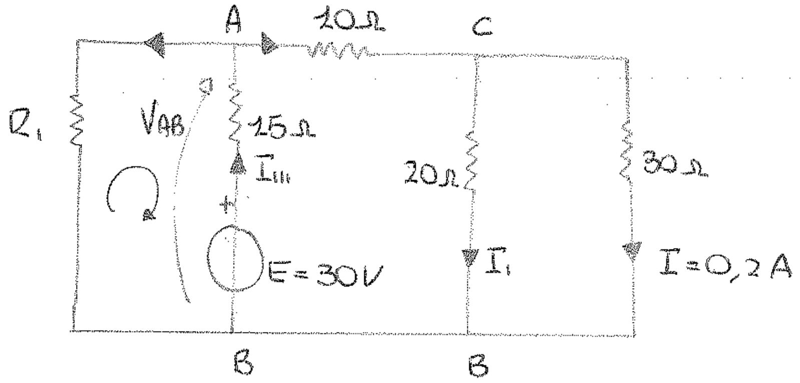
$24 + 7{,}5 = 31{,}5\,\Omega$

- con equazione di maglia   8 Marzo 2012

$$50 - 2I - 1{,}66I = \emptyset \qquad I = \frac{50}{3{,}66} = 13{,}66$$

ESERCIZIO DC.2.5

- Determinare il valore della resistenza R_1



$$V_{CB} = 6\,V \; (= \overset{R_5 \cdot I}{30 \cdot 0{,}2})$$

$$I_1 = 0{,}3\ A \quad \left(I = \frac{V_{CB}}{R_2} = \frac{6}{20} = 0{,}3\,A\right)$$

$$I_{11} = 0{,}3 + 0{,}2 = 0{,}5\ A$$

$$V_{AB} = V_{AC} + V_{CB} = (10)(0{,}5) + 6 = 11\,V$$

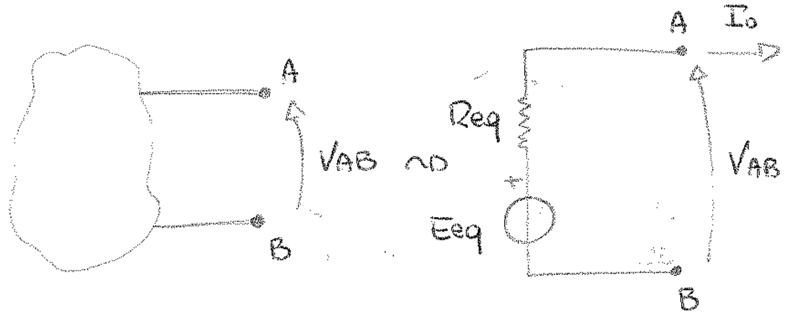
$$V_{AB} = -15 \cdot I_{111} + 30 = 11 \;\rightsquigarrow\; I_{111} = 1{,}27\ A$$

$$-I_R + I_{111} - I_{11} = \emptyset \qquad -I_R = I_{11} - I_{111} \;\rightsquigarrow\; I_R = 0{,}77\ A$$

$$V_{AB} = R_1 \cdot I_R \;\rightsquigarrow\; R_1 = 14{,}28\ \Omega$$

13 Marzo 2012

• BIPOLO DI THEVENIN



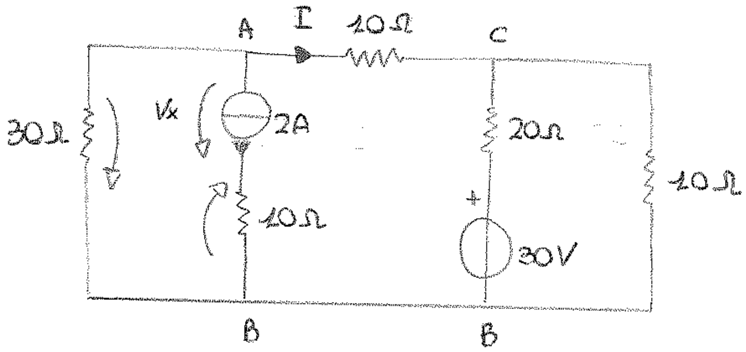
I_0 è $\emptyset$ perché i due morsetti sono aperti.

$V_{AB} = R_{eq} \cdot \emptyset + E_{eq} \rightsquigarrow V_{AB} = R_{eq}$

$\boxed{R_{eq}}$ ⇝ sostituiamo i generatori di tensione con cortocircuiti e i generatori di corrente con dei circuiti aperti.

$\boxed{E_{eq}}$ ⇝ $E_{eq} = \sum_i K_i \cdot E_i + \sum_j r_j I_{Aj}$

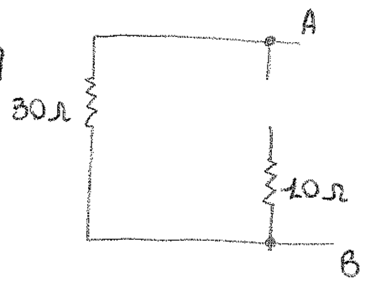
ESERCIZIO DC.2.4



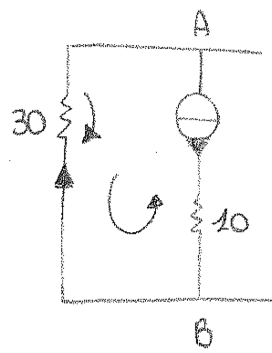
quando i generatori sono da soli, si comportano da generatori.

Thevenin sinistra

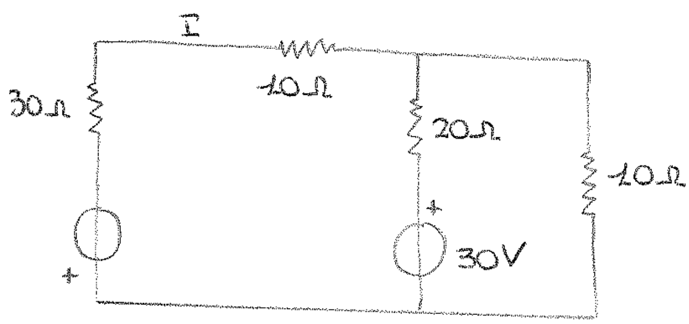
• Req



$R_{eq} = 30\,\Omega$



• Eeq $\quad V_{AB} = -30\,\Omega \cdot 2\,A = -60\,V$



passo da sinistra perché non conosco V_x. Per usare il ramo di destra devo scrivere l'equazione di maglia:

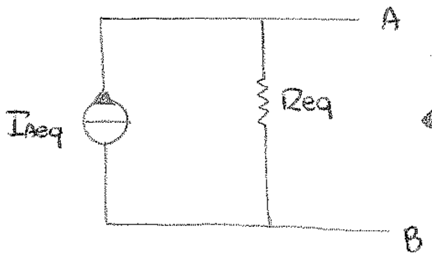
$-V_x + (2)(10) + (2)(30) = \emptyset$

$V_x = 80\,V \qquad V_{AB} = -80 + 20 = -60\,V$

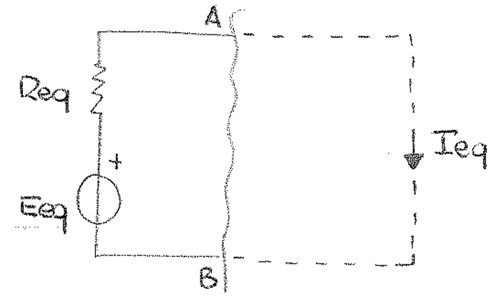
②

15 Marzo 2012

Teorema di Norton



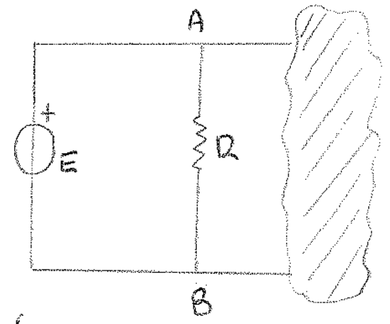
\- NORTON -



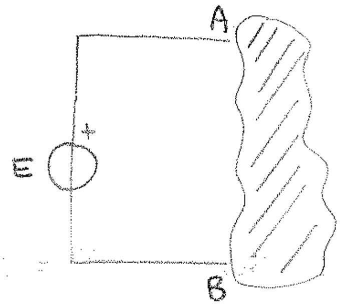
\- THEVENIN -

$$I_{Aeq} = \frac{E_{eq}}{R_{eq}}$$

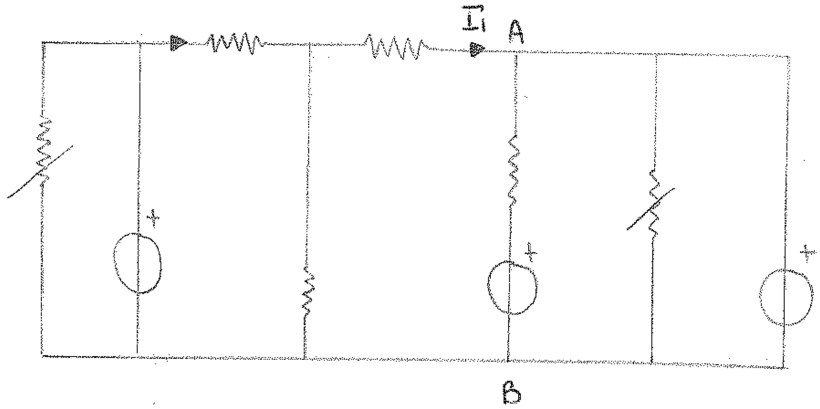
Esempio:

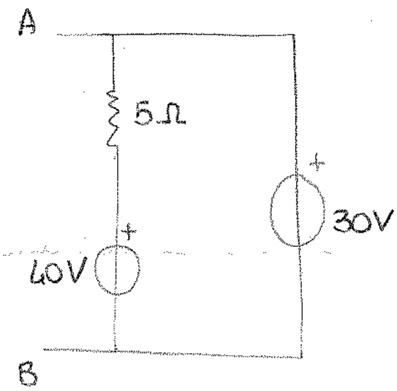


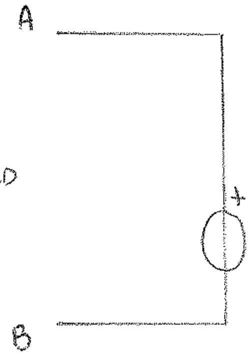
E impone la sua tensione, agli effetti esterni appare solo E e non la resistenza R.



esame 12 Febbraio 2010, si possono eliminare alcune resistenze.



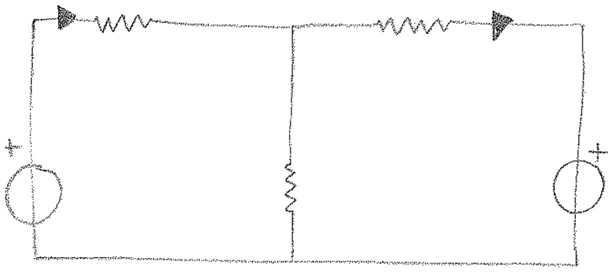




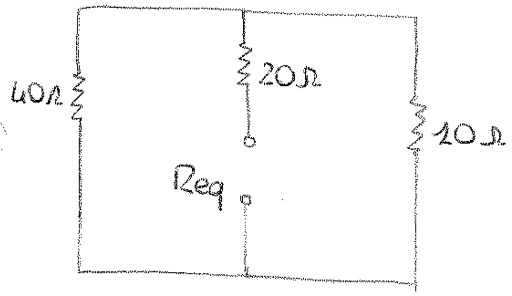
30V (imposta dal generatore)

$R_{eq} = \emptyset$

Quindi il circuito diventa:

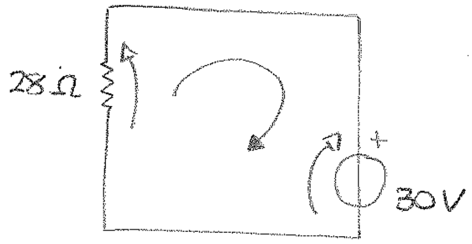


15 Marzo 2012



$40 // 10 = 8\ \Omega$

$8 + 20 = 28\ \Omega$

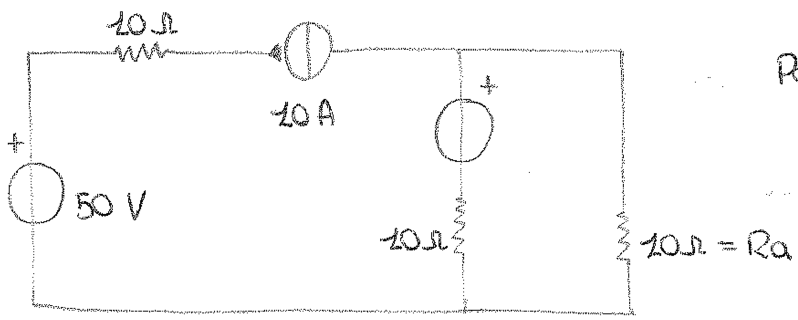


$I = \frac{30}{28} = 1,07\ A$

$30 - 28I \rightsquigarrow I = 1,07\ A$

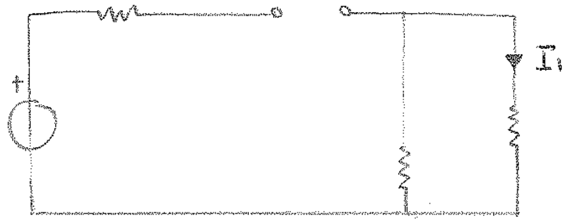
$\rightsquigarrow I_{TOT} = -1,28 + (-0,21) = -1,5\ A$

ESAME DEL 4 SETTEMBRE 2007



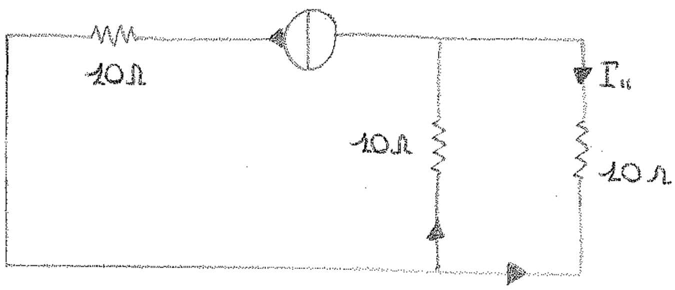
Potenza assorbita da Ra = ?

- PRIMO EFFETTO 50V



$I_1 = \phi$

- SECONDO EFFETTO 10 A

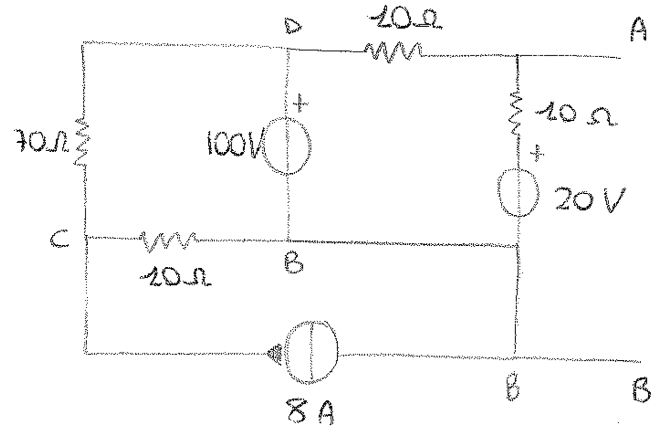


$I'' = -5\ A$

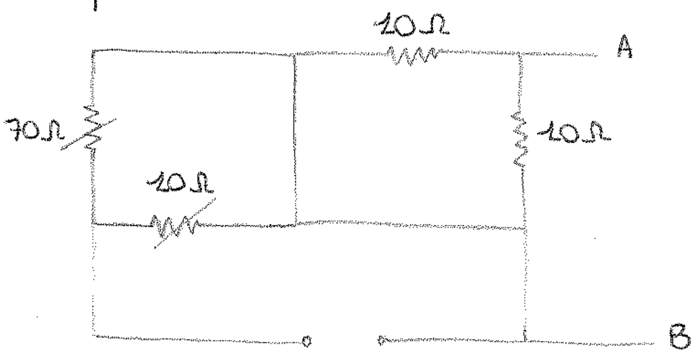
la corrente si divide a metà

15 Marzo 2012

ESERCIZIO DC.2.7

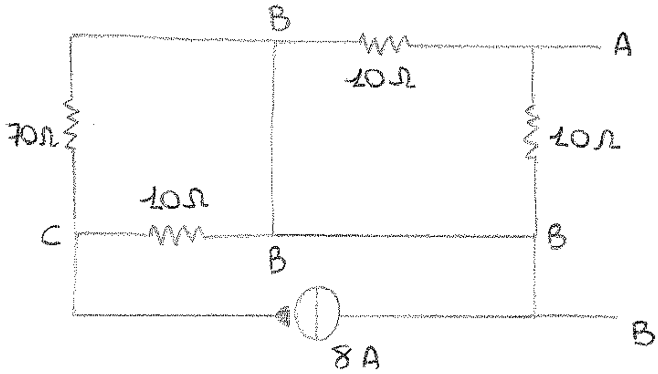


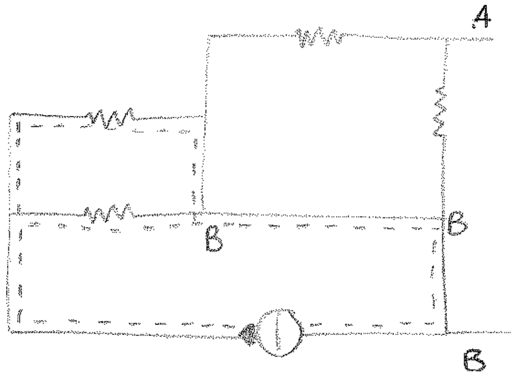
- Req



Req = 5 Ω

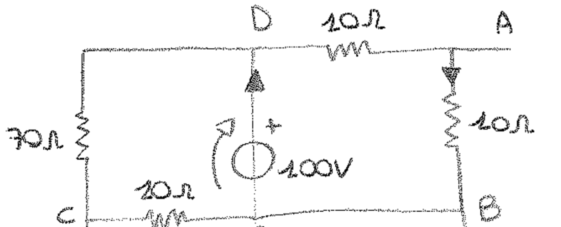
- Eeq sovrapposizione degli effetti
  - primo effetto 8 A





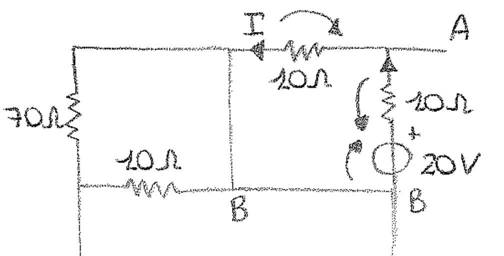
il generatore di corrente non influisce su V_{AB}

- secondo effetto



$$V_{AB}'' = 100 \cdot \frac{10}{20} = 50V$$

- terzo effetto



$$I = \frac{20}{20} = 1 \ A$$

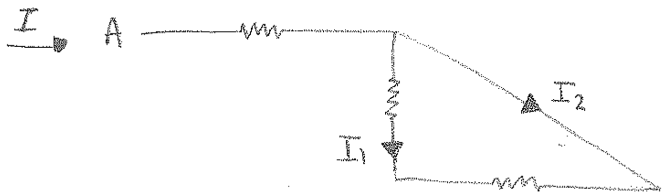
$$V_{AB}'' = 10V$$

$$V_{AB} = 60V$$

(3) Calcolo I_2 con l'equazione al nodo C

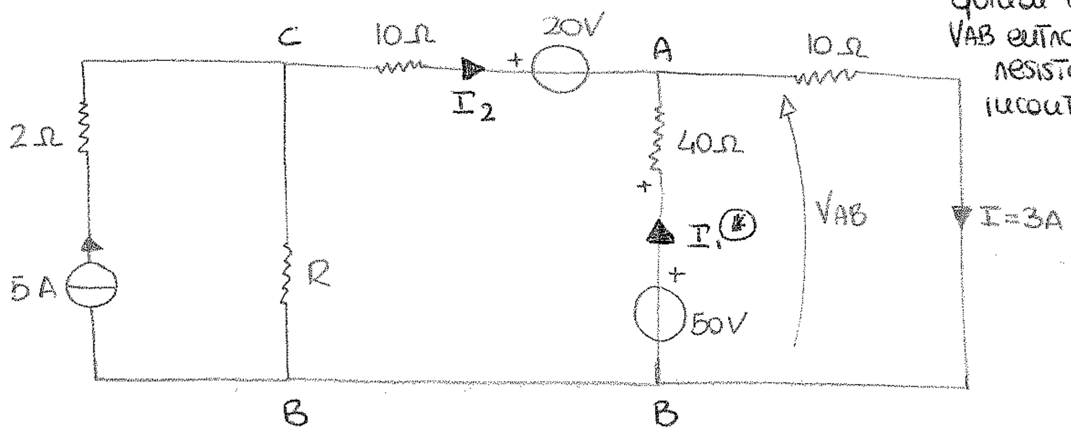
$I - I_2 - I_1 = \emptyset$

I entrante (+)
I_1 e I_2 uscenti (−)



$\Rightarrow I_2 = I - I_1 = 3 - 1 = 2\,A$

ES. 2 (4/09/2009) Calcolare la resistenza R e la potenza erogata dal generatore di corrente.



(*) I_1 impone il + sotto, quindi quando calcolo V_{AB} entrando dal resistore di $40\,\Omega$ incontro prima il −!!!

(1) Avendo la corrente I, calcolo la tensione V_{AB} muovendomi da A verso B.

$$V_{AB} = (10)(3) = 30\,V$$

(2) Calcolo la corrente sul ramo col generatore da 50 V.
Scelgo arbitrariamente il verso della corrente I_1 e calcolo la differenza di potenziale tra due punti:

$$V_{AB} = -40^{(*)}(I_1) + 50 = 30 \quad \Rightarrow I_1 = \frac{50-30}{40} = 0.5\,A$$

(3) Scelgo arbitrariamente il verso della corrente I_2.
Calcolo l'equazione al nodo A per ricavare la corrente I_2.

$$I_1 + I_2 - I = \emptyset \quad \Rightarrow I_2 = -I_1 + I = -0.5 + 3 = 2.5\,A$$

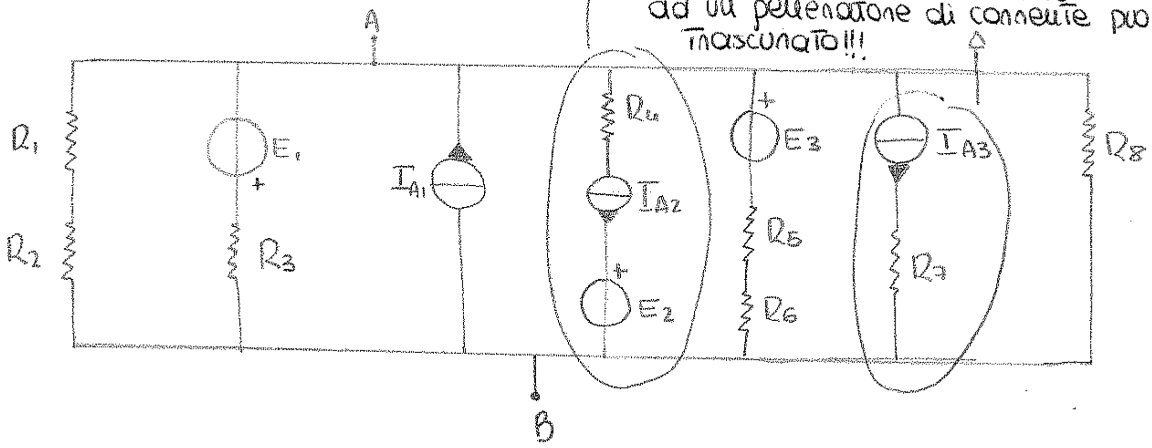
(4) Per trovare R ho bisogno di sapere V_{CB} e la calcolo con la differenza di potenziale tra due punti:

TEOREMA DI MILLMAN

20 Marzo 2012

E' applicabile SOLO in circuiti che hanno più nodi in parallelo!!! Inoltre devono esserci SOLO 2 nodi!!!

Tutto ciò che si trova in serie ad un generatore di corrente può essere trascurato!!!



$$V_{AB} = \frac{\sum_i \frac{E_i}{R_i} + \sum_j I_{Aj}}{\sum_i \frac{1}{R_i} + \underbrace{\sum_k \frac{1}{R_k}}_{\text{Resistenze dei rami in cui ci sono semplici resistenze senza generatori}}} \; [V] \qquad \left(\frac{[A]}{[\Omega^2]} = [A][\Omega] = [V] \right)$$

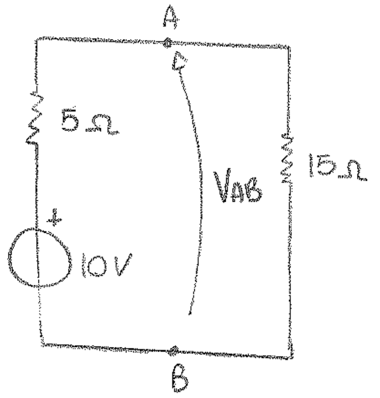
Applicandolo al disegno diventa:

$$V_{AB} = \frac{-\frac{E_1}{R_3} + I_{A1} - I_{A2} + \frac{E_3}{R_5+R_6} - I_{A3}}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_5+R_6} + \frac{1}{R_8} + \frac{1}{R_1+R_2}}$$

Un CORTOCIRCUITO impone una tensione nulla tra i morsetti!!!

Tutto ciò che si viene a trovare in parallelo ad un generatore ideale di tensione può essere trascurato!!!

- Calcolare la tensione V_{AB}



1° METODO

Eq. di maglia:

$$-10 + 5(I) + 15(I) = \emptyset \Rightarrow I = \frac{10}{20} = 0.5\,A$$

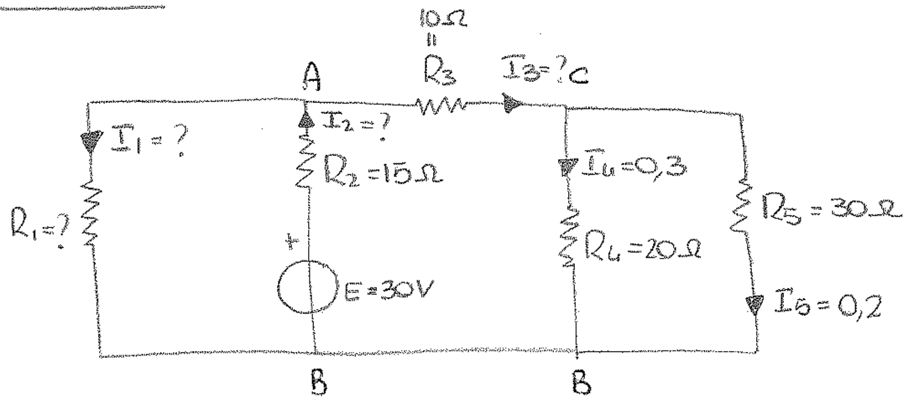
$$\Rightarrow V_{AB} = (15)(I) = 7.5\,V$$

2° METODO

Teorema di Millman:

$$V_{AB} = \frac{\frac{10}{5}}{\frac{1}{5} + \frac{1}{15}} = 7.5\,V$$

ES. DC. 2.5 Calcolare R_1 — 20 Marzo 2012



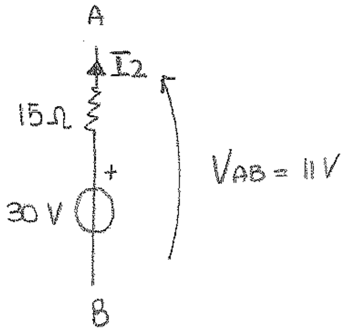
$V_{CB}=R_5\cdot I_5=30\cdot 0{,}2=6\ V$

$$I_4=\frac{V_{CB}}{R_4}=\frac{6}{20}=0{,}3\ A$$

$I_3=I_4+I_5=0{,}3+0{,}2=0{,}5\ A$

$V_{AB}=R_3\cdot I_3+V_{CB}=(10)(0{,}5)+6=5+6=11\ V$

Isolo un ramo:



$$I_2=\frac{30-11}{15}=1{,}27\ A$$

Eq. al nodo A:

$-I_1+I_2-I_3=\phi \Rightarrow I_1=I_2-I_3=1{,}27-0{,}5=0{,}77\ A$

Eq. al nodo B:

$I_1-I_2+I_4+I_5=\phi$

Calcolo il valore di R_1:

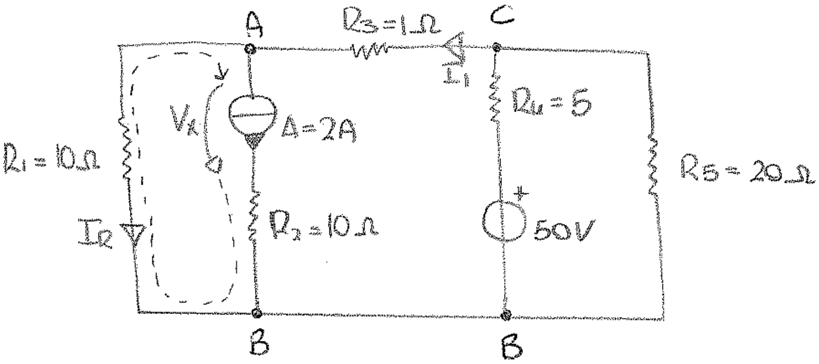
$$R_1=\frac{V_{AB}}{I_1}=\frac{11}{0{,}77}=14{,}28\ \Omega$$

- Calcolo della potenza dissipata da R_1

20 itanto

$$V_{CB} = (11) I_1 - 20 \Rightarrow I_1 = \frac{20+24}{11} = 4 \text{ A}$$

Ricostruisco il circuito com'era all'inizio



Il partitore di tensione si può applicare SOLO tra resistori, quindi no-
per ricavare la potenza devo calcolare:

Eq. al nodo A:

$$-I_R - I_A + I_1 = \emptyset \Rightarrow I_R = I_1 - 2 = 4 - 2 = 2 \text{ A}$$

La potenza dissipata da R_1 è:

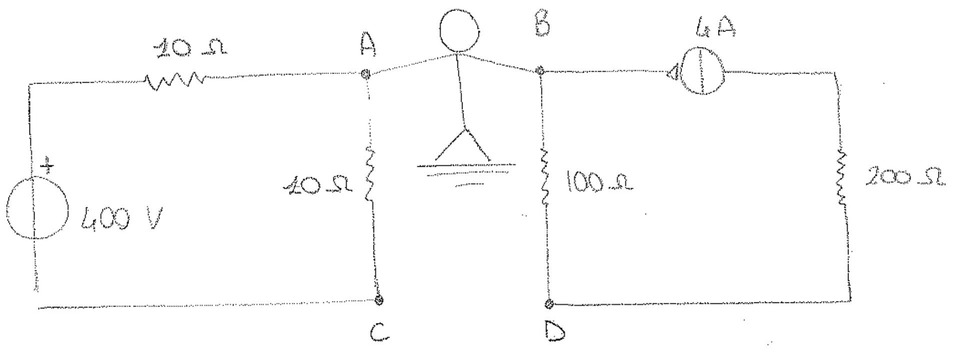
$$P_{R_1} = (10)(I_R^2) = (10)(4) = 40 \text{ W}$$

- Calcolo della potenza erogata da A

$$V_x = (10)(2) - (10)(I_R) = 20 - 20 = \emptyset$$

22 Marzo 2012

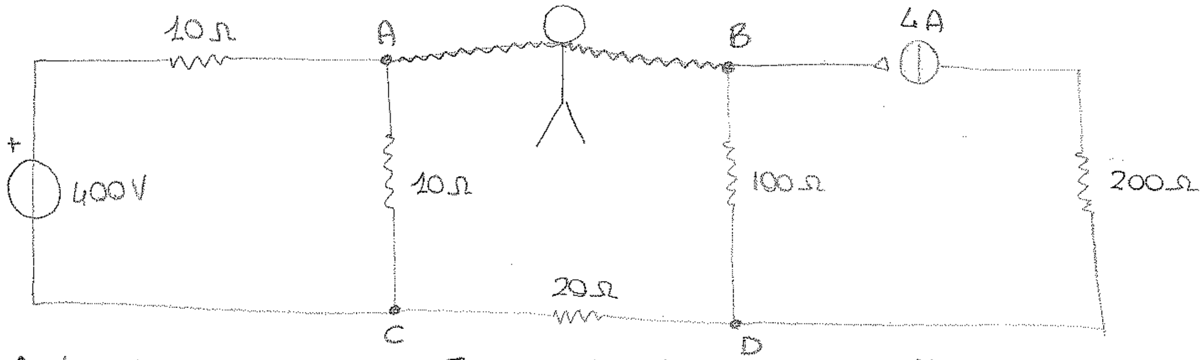
ESERCIZIO



$$V_{AC} = \frac{400}{2} = 200V$$

$$V_{BD} = (100)(4) = 400V$$

In un mondo ideale tra A e B non c'è differenza di potenziale



Anche se non passa corrente si può calcolare una diff. di potenziale pari a:

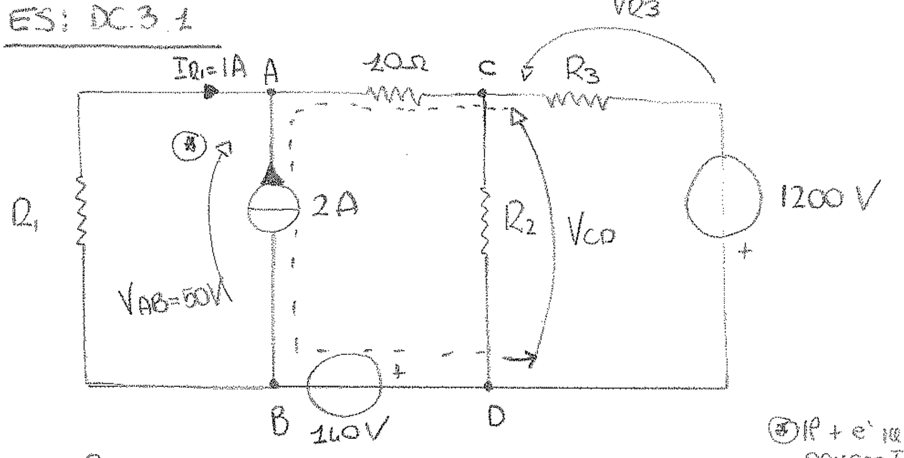
$$V_{AB} = V_{AC} + V_{CD} + V_{DB} = 200 + \varnothing - 400 = -200V$$

⇒ L'omino viene fulminato perché tra i due circuiti è presente una differenza di potenziale!!!

POTENZE

In un circuito elettrico la somma delle potenze è identicamente nulla! (Potenze generate → positive; Potenze dissipate → negative): $\sum_i P_i = 0$

ES: DC.3.1



- $P_{GI} = +100\ W$ (Poiché la potenza è generata, sappiamo che si tratta di un generatore)
- $P_{R_1} = +50\ W$
- $P_{R_2} = 1000\ W$

(*) il + è in alto perché fa il generatore!!!

$$V_{AB} = \frac{P_{GI}}{I_A} = \frac{100\ W}{2A} = 50\ V$$

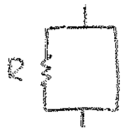
1

CORRENTE CONTINUA

PARALLELO

PARALLELO DI 2 RESISTORI $R_{eq} = \dfrac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$

PARALLELO DI PIU' RESISTORI $R_{eq} = \dfrac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$

PARALLELO CON CORTOCIRCUITO  $R_{eq} = \dfrac{R \cdot 0}{R + 0} = \emptyset$

PARTITORE

PARTITORE DI TENSIONE $V_x = \dfrac{R_x}{\sum_i R_i} \cdot V_{AB}$

PARTITORE DI CORRENTE $I_i = \dfrac{\frac{1}{R_i}}{\sum \frac{1}{R_k}} I$ — Resistore sul ramo in cui mi interessa calcolare la corrente

MILLMAN

- Tutto ciò che si trova in serie ad un generatore di corrente può essere trascurato!!! (sia ulteriori generatori, che resistenze)

POTENZE

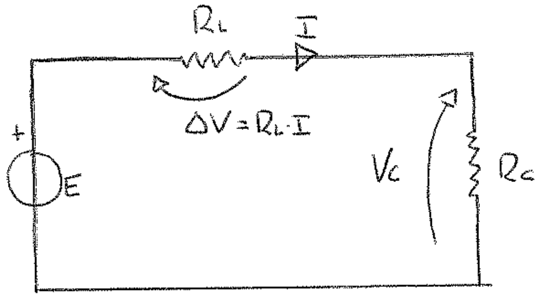
$P = VI$

POTENZA SU GENERATORE DI TENSIONE $P = E \cdot I$ $P = VI$

POTENZA SU RESISTORE $P = RI^2 = \dfrac{V^2}{R}$

27 Marzo 2012

CORRENTE ALTERNATA



$V_c \cong E$

Tensione sul carico — Tensione del generatore

$$P_c = \frac{V_c^2}{R_c}$$

CARICO = POTENZA ASSORBITA

R_L crea una caduta di tensione, ma crea anche delle perdite di potenza: $P_L = R_L \cdot I^2$

Il carico assorbe una potenza pari a: $P_c = V_c \cdot I \rightsquigarrow I = \frac{P_c}{V_c}$

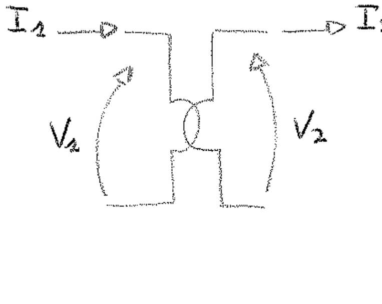
Da $P_L = R_L \cdot I^2$ otteniamo che $P_L = R_L \cdot I^2 = R_L \cdot \frac{P_c^2}{V_c^2} \cong R_L \cdot \frac{P_c^2}{E^2}$

Le perdite in linea sono inversamente proporzionali al quadrato della tensione di trasmissione.

$$\Delta V = R_L \cdot I = R_L \frac{P_c}{V_c} \cong R_L \cdot \frac{P_c}{E} \qquad \text{(CADUTA DI TENSIONE)}$$

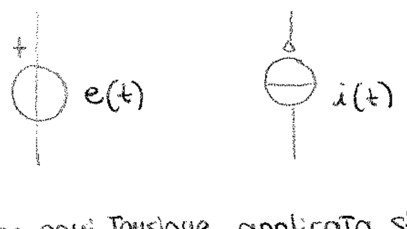
$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta V}{E} \rightsquigarrow \frac{\Delta V}{V} = R_L \cdot \frac{P_c}{E^2} \qquad \text{(CADUTA DI TENSIONE RELATIVA)}$$

TRASFORMATORE ELETTRICO = Permette di cambiare il valore della tensione o della corrente mantenendo invariato il risultato finale.

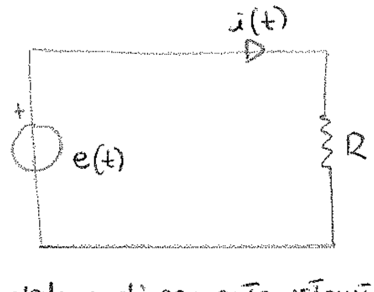


$P = V_1 I_1 = V_2 I_2$

Necessita della corrente alternata

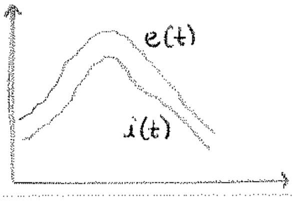


$v = R \cdot i$



Per ogni tensione applicata si otterrà un certo valore di corrente, istantaneamente.

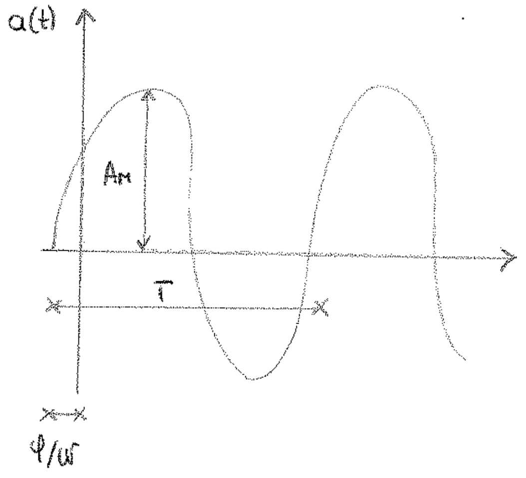
$$i(t) = \frac{e(t)}{R}$$



1

29 Marzo 2012

METODO DEI FASORI



a(t) = Funzione sinusoidale

$$a(t) = A_M \sin(\omega t + \varphi)$$

$$\frac{\varphi}{\omega} = \text{sfasamento}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \;(= \text{pulsazione})$$

A_M = Ampiezza

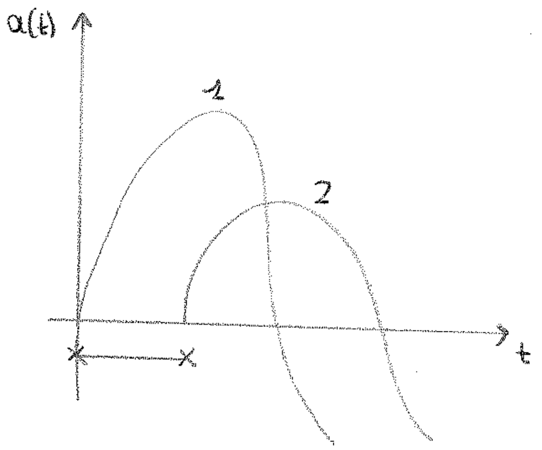
E' un caso particolare di funzione periodica e alternata (il suo valore medio e' nullo) ~> SINUSOIDE.

Una sinusoide a 50-60 Hz si dice lentamente variabile, $\lambda = \frac{v}{f}$

Esempio:

luce $\lambda = \frac{c}{50\,Hz} = 6000\,Km$ radio $\lambda = \frac{c}{10^3\,Hz} = 30\,Km$

φ = FASE. Preso un tempo (campolo) φ e' lo sfasamento rispetto ad esso.



Se si sceglie la corrente alternata quale valore bisognera' dare alla sinusoide?

$$p(t) = \frac{v(t)^2}{R} \qquad v(t) \rightsquigarrow \text{sinusoide}$$

Il valore efficace da l'equivalenza energetica

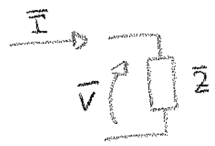
$$a(t) = A_M \sin(\omega t + \varphi)$$

$$A = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T a^2(t)\,dt} \quad \text{VALORE EFFICACE}$$

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 33 di 207

IMPEDENZA = Esprime il rapporto tra fasore tensione e fasore corrente

$\bar{Z} = \frac{\bar{V}}{\bar{I}}$



$$\bar{Z} = \frac{\bar{V}}{\bar{I}} = \frac{V e^{j\varphi_V}}{I e^{j\varphi_I}} = \frac{V}{I} e^{j(\varphi_V - \varphi_I)} = Z e^{j\varphi_Z}$$

$$\bar{Z} = R \pm jX = Z e^{j\varphi_Z} \qquad Z = \sqrt{R^2 + X^2} \qquad \varphi_Z = \arctan\left(\frac{X}{R}\right)$$

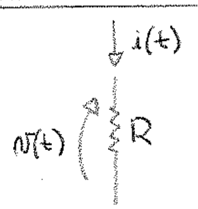
R: Resistenza che rappresenta la parte reale

X: Reattanza che rappresenta la parte immaginaria

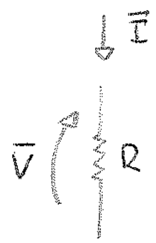
$$\bar{A} = a + jb = A e^{j\varphi_A} \qquad A = \sqrt{a^2 + b^2} \qquad \varphi_A = \arctan\left(\frac{b}{a}\right)$$

- CASO 1: RESISTENZA

$v = Ri$

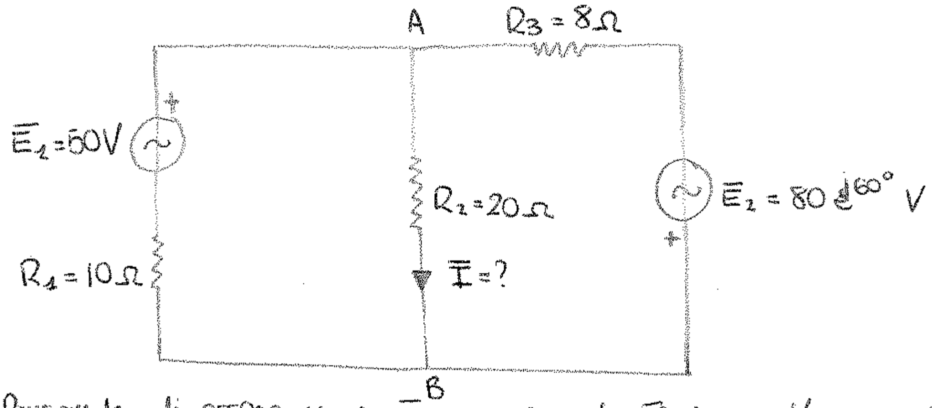


Rappresentato coi fasori diventa →



$\boxed{\bar{V} = R\bar{I}}$

ESERCIZIO



Pensando di essere in continua, cerco la tensione V_{AB} con Millman:

$$\bar{V}_{AB} = \frac{\frac{50}{10} - \frac{80e^{j60°}}{8}}{\frac{1}{10} + \frac{1}{20} + \frac{1}{8}} = \frac{5 - 10e^{j60°}}{0,275} = \frac{5 - 10(\cos 60°) + j(\operatorname{sen} 60°)}{0,275} = \frac{5 - 10(0,5 + j0,866)}{0,275}$$

$$= \frac{5 - 5 - j8,66}{0,275} = \frac{-j8,66}{0,275} = -j31,49 \text{ V}$$

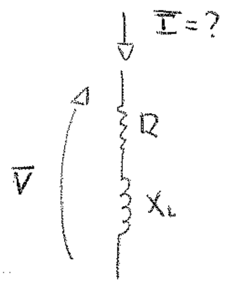
Calcolo il fasore $\bar{I}$:

$$\bar{I} = \frac{\bar{V}_{AB}}{R_2} = \frac{-j31,49}{20} = -j1,57 \text{ A}$$

In coordinate polari è → $\bar{I} = 1,57 e^{-j\frac{\pi}{2}}$

In forma di sinusoide è → $i(t) = \sqrt{2}(1,57)\operatorname{sen}\left(w(t) - \frac{\pi}{2}\right)$ A

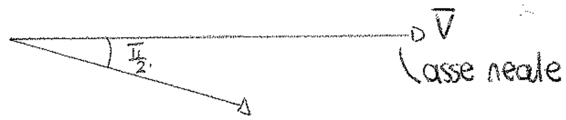
Esempio: Sapendo che $\bar{V} = \bar{Z}\bar{I}$ — la Tensione ha fase nulla



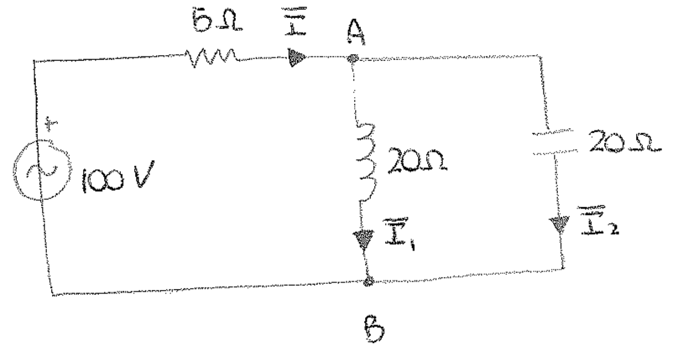
$$\bar{I} = \frac{\bar{V}}{\bar{Z}} = \frac{V e^{j\phi}}{Z e^{j\varphi_z}} = \frac{V}{Z} e^{-j\varphi_z}$$

$$\bar{Z} = R + jX_L = Z e^{j\varphi_z} = \arctan\left(\frac{X_L}{R}\right)$$

DIAGRAMMA FASORIALE



ESERCIZIO



Si potrebbe applicare Millman, ma è meglio il partitore di corrente:

$$\overline{Z}_{//} = \frac{(j20)(-j20)}{j20 - j20} = \frac{-400}{\emptyset}$$

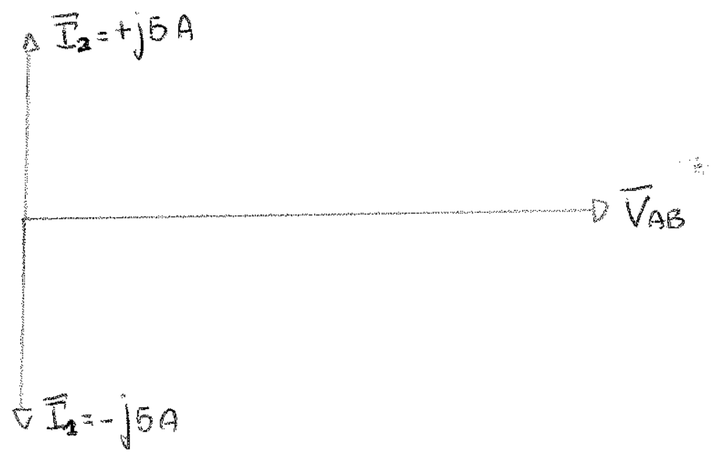
È un caso particolare in cui l'impedenza tende ad ∞ quindi è come se fosse un circuito aperto $\rightsquigarrow$ non può passare corrente.

La corrente $\overline{I} = \emptyset$

Ma negli altri due rami la corrente è $\neq 0$.

$$\overline{V}_{AB} = (-5)(0) + 100 = 100\ V \quad \rightsquigarrow \overline{I}_1 = \frac{\overline{V}_{AB}}{j20} = \frac{100}{j20} = -j5\ A$$

$$\rightsquigarrow \overline{I}_2 = \frac{100}{-j20} = +j5\ A$$



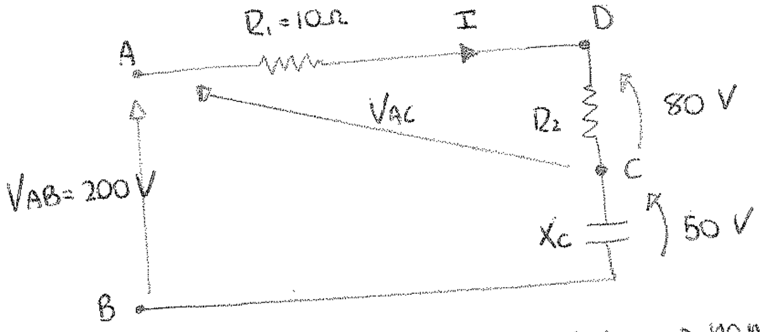
È un circuito in cui le reattanze in parallelo creano un circuito aperto.
Viene detto circuito RISONANTE.

Facendo Millman si ottiene (ES: AC.2.3)

$\bar{V}_{CD} = 48,74 - j15,84$

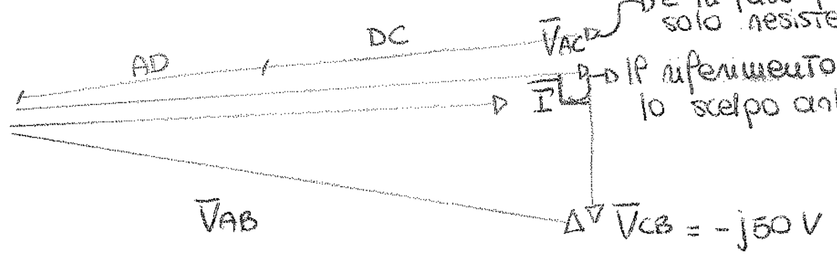
$\bar{V}_{AB} = 48,33 e^{j75°}$ V

ESERCIZIO AC.2.5



Calcolare I in valore efficace e la resistenza R_2 (col diagramma fasoriale).

I dati sono dati tutti in modulo → non posso usare un'equazione di maglia!



$|\bar{V}_{CB}| = 50$

$|\bar{V}_{AB}| = 200$

$|\bar{V}_{AC}| = ?$

$$|\bar{V}_{AC}| = \sqrt{200^2 - 50^2} \cong 193,65 \text{ V}$$

$V_{DC} = R_2 \cdot I = 80$ V

$V_{AD} = (10) \cdot I$

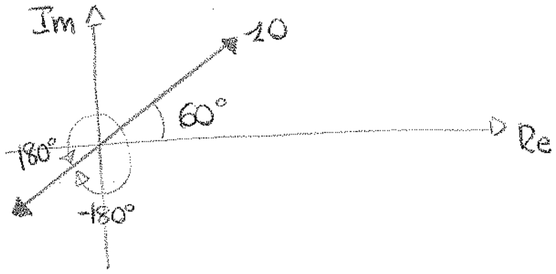
$$\to |\bar{V}_{AD}| = V_{AC} - V_{DC} = 193,65 - 80 = 113,65 \text{ V}$$

$$\to I = \frac{V_{AD}}{R_1} = \frac{113,65}{10} = 11,36 \text{ A}$$

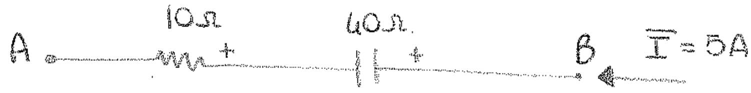
$$\to R_2 = \frac{V_{DC}}{I} = \frac{80}{11,36} = 7,04\ \Omega$$

SIGNIFICATO DEI SEGNI NEI FASORI

$$-10e^{j60°} = 10e^{j180°}e^{j60°} = 10e^{-j180°}e^{j60°}$$ ⇝ il − davanti indica uno sfasamento di + o − 180°



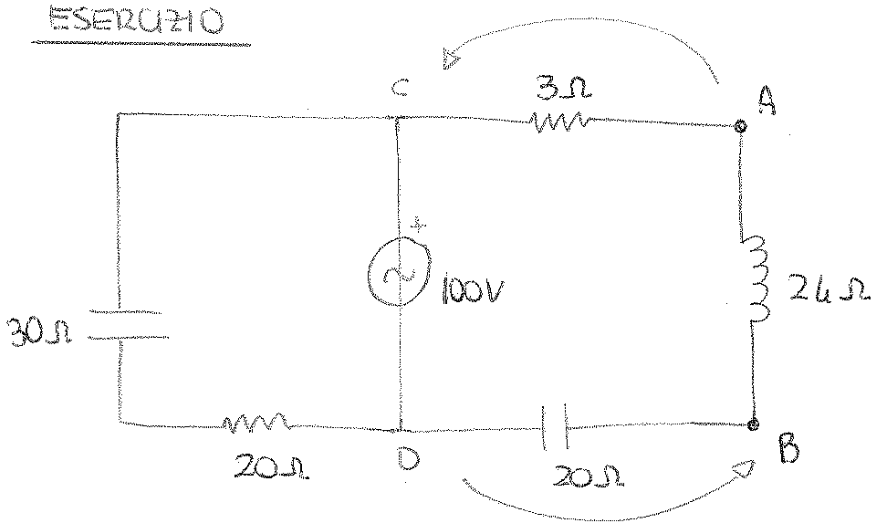
Esempio:



$\bar{Z} = 10 - j40\ \Omega$

$$\bar{V}_{AB} = -10(5) - (-j40) = -50 + j200\ V$$

ESERCIZIO



$\bar{E}$ viene preso come riferimento di fase

$\bar{V}_{AB} = ?$

A e B non sono due nodi!

Millman non e' da applicare perche' il generatore di tensione da solo mi impone gia' la tensione sul resto del circuito!!!

Il ramo di sinistra lo posso ignorare.

Applico il partitore di tensione sul lato destro:

$$\bar{V}_{AB} = 100 \cdot \frac{j24}{3+j24-j20} = 100 \cdot \frac{j24}{3+j4} = 100 \cdot \frac{j24(3-j4)}{25} = 4(96+j72) =$$

$$= 384 + j288\ V$$

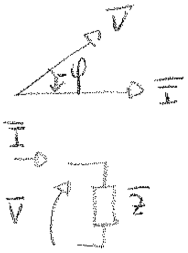
1

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 43 di 207

3 Aprile 2012

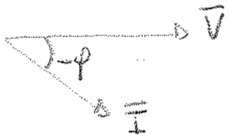
IMPEDENZA OHMICO INDUTTIVA

$$\overline{Z} = \frac{\overline{V}}{\overline{I}} = R + jX = Ze^{j\varphi}$$

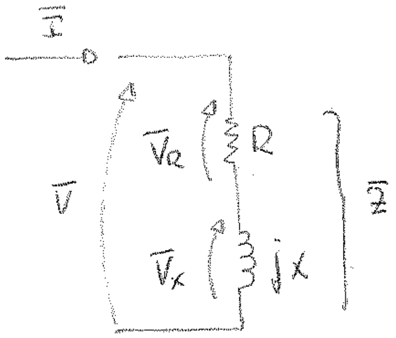


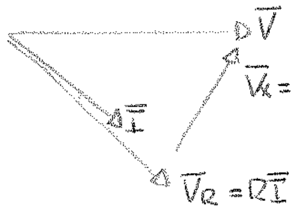
$$\overline{I} = \frac{\overline{V}}{\overline{Z}} = \frac{V}{Ze^{j\varphi}} = \frac{V}{Z}e^{-j\varphi} = Ie^{-j\varphi}$$

Avendo fase nulla non è più un fasore



$$\overline{V} = R\overline{I} = (R + jX)\overline{I} = \underbrace{R\overline{I}}_{\overline{V}_R} + \underbrace{jX\overline{I}}_{\overline{V}_X}$$

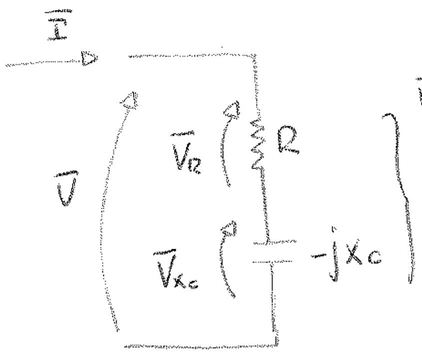




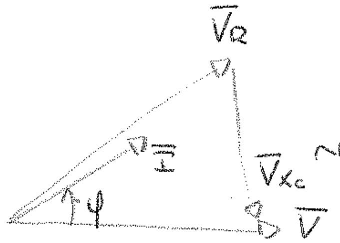
$\overline{V}_X = jX\overline{I}$ ⟶ è sfasata in anticipo

IMPEDENZA OHMICO CAPACITIVA

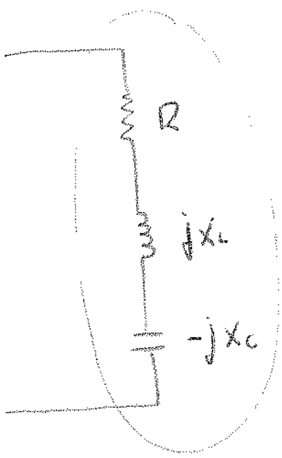
$$\overline{Z} = Ze^{-j\varphi}$$



$$\overline{V} = \overbrace{R\overline{I}}^{\overline{V}_R} - \overbrace{jX_C\overline{I}}^{\overline{V}_{X_C}}$$



$\overline{V}_{X_C}$ ⟶ è sfasata in ritardo



$\xrightarrow{Z_{eq}}$ $Z_{eq} = R \pm jX$

$\downarrow$

$+jX_L$ o $-jX_C$

$p(t) = VI\cos\varphi\left(1-\cos(2\omega t)\right) + VI\sin\varphi(2\omega t)$ con frequenza 2ω

$\varphi = \frac{\omega L}{R}$

Ha valore medio $= VI\cos\varphi = P$ POTENZA ATTIVA ($\cos\varphi$ = Fattore di potenza) [W]

POTENZA REATTIVA $Q = VI\sin\varphi$ [VAR]

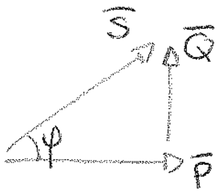
Con un impedenza puramente resistiva $\rightsquigarrow \cos\varphi = 1$ e $\sin\varphi = \emptyset$

$\Rightarrow$ In un bipolo puramente resistivo, non esiste potenza reattiva!

POTENZA APPARENTE $S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{V^2I^2\cos^2\varphi + V^2I^2\sin^2\varphi} = VI$ [VA]

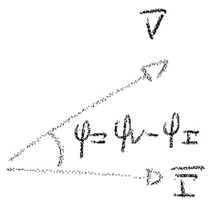
(nel libro vecchio corrisponde alla A)

$$\boxed{S = \sqrt{P^2+Q^2} = VI}$$



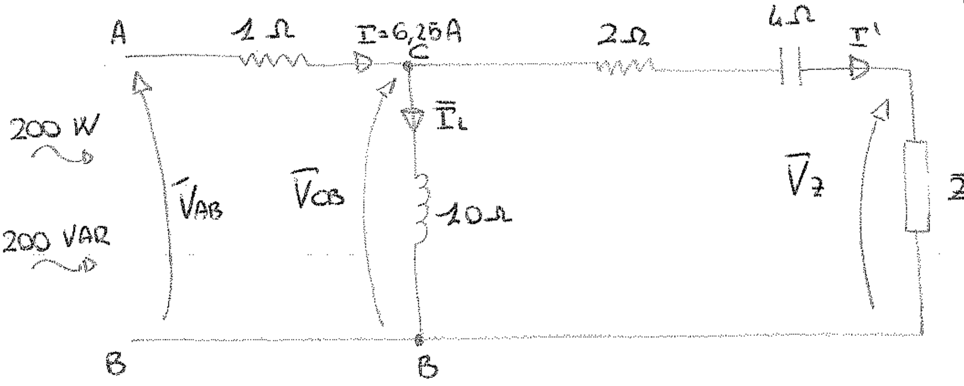
$$\overline{S} = P + jQ = VI\cos\varphi + jVI\sin\varphi =$$
$$= VI(\cos\varphi + j\sin\varphi) = VIe^{j\varphi} =$$
$$= VIe^{j(\varphi_V - \varphi_I)} = Ve^{j\varphi_V}\cdot Ie^{j\varphi_I} =$$
$$= \overline{V}\overline{I}^*$$

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{Q}{P} = \frac{X}{R}$$



L'argomento dell'impedenza che assorbe una data potenza è uguale all'argomento della potenza complessa assorbita da quella

ESERCIZIO NUMERI COMPLESSI



Poiché P e Q entrambe sono entrambe attive, l'impedenza totale sarà ohmico-induttiva:

$\overline{Z}_{TOT} = Z_{TOT}\, e^{j\varphi_{TOT}}$

$\Downarrow$

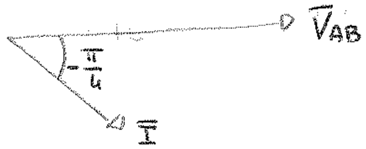
$\overline{I} = \frac{V_{AB}}{Z_{TOT}} e^{-j\varphi_{TOT}}$

Bisogna scegliere un riferimento di fase e mantenerlo fino alla fine

$V_{AB} = 45,25\ V \longrightarrow \overline{V}_{AB}$

Con resistenza ed induttanza in serie, la corrente sarà sfasata in ritardo rispetto alla tensione.

$\varphi = \operatorname{arctg}\left(\frac{Q}{P}\right) = \frac{\pi}{4}$



$\overline{I} = 6,25\left(\frac{\sqrt{2}}{2} - j\frac{\sqrt{2}}{2}\right) = 4,42 - j\,4,42$

Eq. di maglia:

$\overline{V}_{CB} = -\overline{I}\cdot 1 + \overline{V}_{AB} = -(4,42 - j\,4,42) + 45,25 = -4,42 + j\,4,42 + 45,25 = 40,83 + j\,4,42\ V$

$V_{CB} = \sqrt{40,83^2 + 4,42^2} = 41,07\ V$

$\overline{I}_L = \frac{\overline{V}_{CB}}{j10} = \frac{40,83 + j\,4,42}{j10} = 0,442 - j\,4,083\ A$

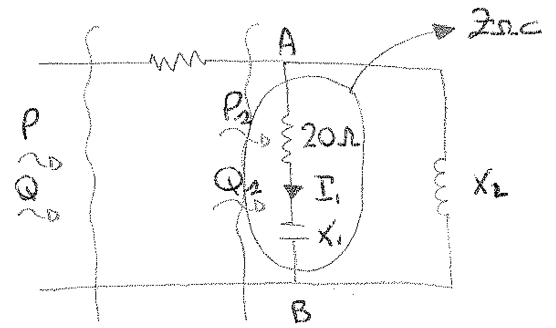
Eq. di nodo:

$\overline{I} = \overline{I}_L + \overline{I}' \rightarrow \overline{I}' = \overline{I} - \overline{I}_L = 4,42 - j\,4,42 - (0,442 - j\,4,083) = 3,978 - j\,0,337\ A$

$I = 4\ A$

$\overline{V}_Z = -\overline{I}'(2 - j4) + \overline{I}_L(j10) = -6,61 + j16,686 + 40,83 + j4,42 = 34,22 + j21,006\ V$

$\overline{Z} = \frac{\overline{V}_Z}{\overline{I}'} = \frac{34,22 + j21,006}{3,978 - j0,337} = 8,097 + j5,97 \Rightarrow 10,06$



I 148 W di P_1 finiscono nella resistenza da 20Ω, quindi posso scrivere che:

$$P_1 = RI_1^2 = 20 I_1^2 \rightsquigarrow I_1 = \sqrt{\frac{149}{20}} = 2{,}73 \text{ A}$$

$$Z_{\Omega C} = \frac{V_{AB}}{I_1}$$

Per poterla calcolare devo prima trovare V_{AB}

$$V_{AB} = \frac{\sqrt{P_1^2 + Q_1^2}}{I} = \frac{\sqrt{149^2 + 109{,}5^2}}{2{,}28} = 81 \text{ V}$$

$$\rightsquigarrow Z_{\Omega C} = \frac{81}{2{,}72} = 29{,}79 \ \Omega$$

$$X_1 = \sqrt{Z_{\Omega C}^2 - 20^2} \cong 22 \ \Omega$$

reattanza capacitiva

La potenza reattiva assorbita dal condensatore X_1 sarà:

$$Q_C = -X_1 I_1^2 = (-22)(2{,}73)^2 \cong -162 \text{ VAR}$$

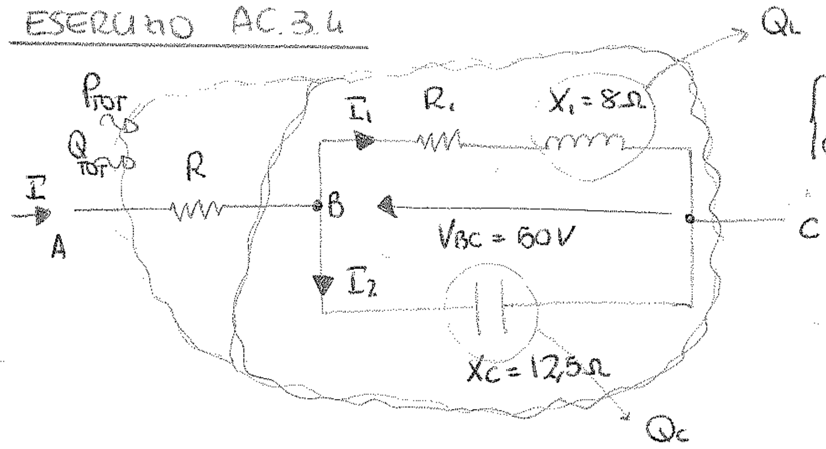
Riapplico BOUCHEROT

$$Q_1 = Q_C + Q_L \rightsquigarrow Q_L = Q_1 - Q_C = 109{,}5 + 162 = 271{,}5 \text{ VAR}$$

$\rightsquigarrow$ la potenza reattiva è aumentata proprio grazie al condensatore

$$Q_L = \frac{V_{AB}^2}{X_L} \rightsquigarrow X_L = \frac{V_{AB}^2}{Q_L} = \frac{81}{271{,}5} = 23{,}98 \ \Omega$$

ESERCIZIO AC.3.4



$\begin{cases} P_{TOT} = 200 \text{ W} \\ Q_{TOT} = 20 \text{ VAR (induttiva)} \end{cases}$

- Calcolare R e R_1

$$I_2 = \frac{50}{12{,}5} = 4 A$$

$$Q_C = \frac{V_{BC}^2}{X_C} = -\frac{50^2}{12{,}5} = -200 \text{ VAR}$$

Applico BOUCHEROT

$$Q_{TOT} = Q_C + Q_L \rightsquigarrow Q_L = Q_{TOT} - Q_C = 20 - (-200) = 220 \text{ VAR}$$

Calcolo la corrente sul ramo superiore:

$$Q_L = I_1^2 \cdot X_L \rightsquigarrow I_1 = \sqrt{\frac{Q_L}{X_L}} = \sqrt{\frac{220}{8}} = 5{,}24 \text{ A}$$

$$Z_1 = \frac{V_{BC}}{I_1} = \frac{50}{5{,}24} = 9{,}54 \ \Omega$$

Ora posso ricavare R_1:

$$R_1 = \sqrt{Z_1^2 - X_1^2} = \sqrt{9{,}54^2 - 5{,}24^2} = 5{,}2 \ \Omega$$

Nota R_1 possiamo conoscere la potenza assorbita da R

$$P_{R_1} = I_1^2 \cdot R_1 = 5{,}24^2 \cdot 5{,}2 = 143 \text{ W} \qquad P_R = 200 - 143 = 57 \text{ W}$$

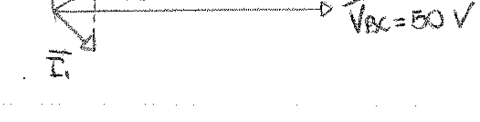
Per poter trovare R ho bisogno di trovare il valore di I e posso calcolarla sfruttando queste informazioni.

$$S_{//} = \sqrt{P_{R_1}^2 + Q_{TOT}^2} = \sqrt{143^2 + 20^2} = 144{,}4 \text{ VA}$$

È l'unica potenza attiva all'interno del parallelo

$$S_{//} = V_{BC} \cdot I \rightsquigarrow I = \frac{S_{//}}{V_{BC}} = \frac{144{,}4}{50} = 2{,}9 \text{ A}$$

Notiamo che la corrente quando si divide tra i due rami aumenta e questo succede perche' non siamo più in corrente continua.



$P_L = I^2 \cdot R_L = (23)^2 \cdot (0{,}5) = 264 \text{ W}$

$Q_L = I^2 \cdot X_L = (23)^2 \cdot (0{,}1) = 53 \text{ VAR}$

$$\begin{cases} P_P = P_L + P_C = 264 + 4232 = 4496 \text{ W} \\ Q_P = Q_L + Q_C = 53 + 3174 = 3227 \text{ VAR} \end{cases}$$

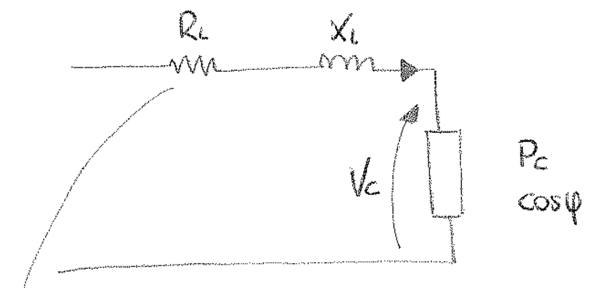
Ora posso calcolare V_P. Ricavo la potenza apparente alla partenza:

$S_P = V_P I \quad \rightsquigarrow \quad V_P = \dfrac{S_P}{I} = \dfrac{\sqrt{P_P^2 + Q_P^2}}{I} = 241 \text{ V}$

Per calcolare la caduta di tensione devo usare la formula: $\Delta V = |\bar{V}_P| + |\bar{V}_C|$

Esempio:

$P = VI\cos\varphi$



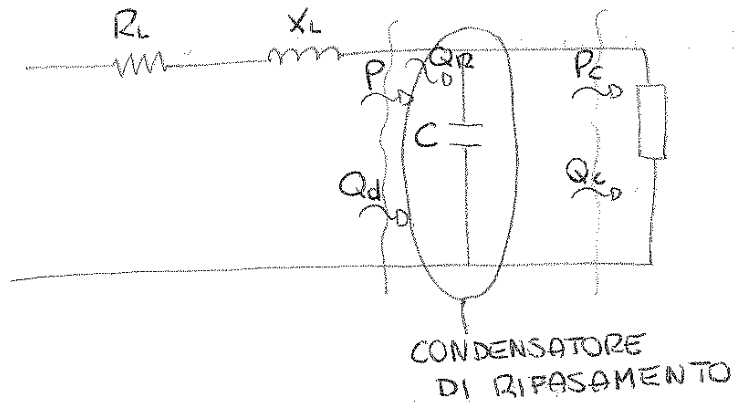
$$P_L = R_L I^2 = R_L \frac{P^2}{V^2\cos^2\varphi}$$

⤳ Al crescere della potenza reattiva, la corrente aumenta nella linea ed aumentano anche le perdite in linea.

⤳ Le perdite in linea sono inversamente proporzionali al quadrato della tensione

La potenza reattiva può essere anche fornita localmente in modo che non viaggi in linea ⤳ RIFASAMENTO

Esempio:



Q_d = potenza reattiva che voglio passi, quindi è decisa da me

$Q_d < Q_c \qquad I_d < I_c$

$\downarrow$

È l'obiettivo del rifasamento

$$\begin{cases} P = P_c \\ Q_d = Q_R + Q_c \rightsquigarrow Q_R = (Q_d - Q_c) < \phi \end{cases}$$

$$Q = P\tan\varphi \rightsquigarrow \begin{cases} Q_d = P\tan\varphi_d \\ Q_c = P\tan\varphi_c \end{cases} \qquad \cos\varphi \leq 0{,}9$$

$$Q_R = P_c(\tan\varphi_d - \tan\varphi_c) < \phi$$

$$\mathrm{Tg}\,\varphi = \frac{Q}{P} = \frac{Q\text{media }(Q_m)}{P\text{media }(P_m)} \leq 0{,}5 \quad \text{SEMPRE!!!}$$

La potenza reattiva non deve superare la metà del valore di quella attiva.

$$Q_R = \frac{V^2}{X_C} = V^2\omega C$$

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 57 di 207

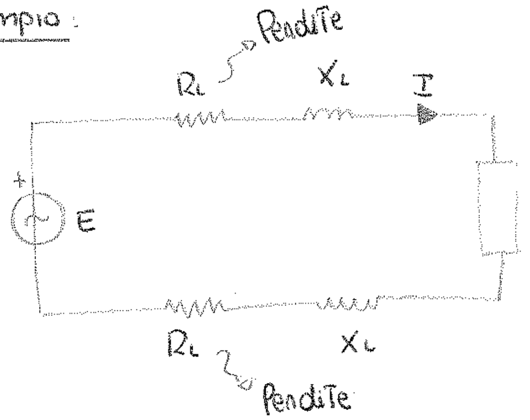
19 Aprile 2012

Trifase

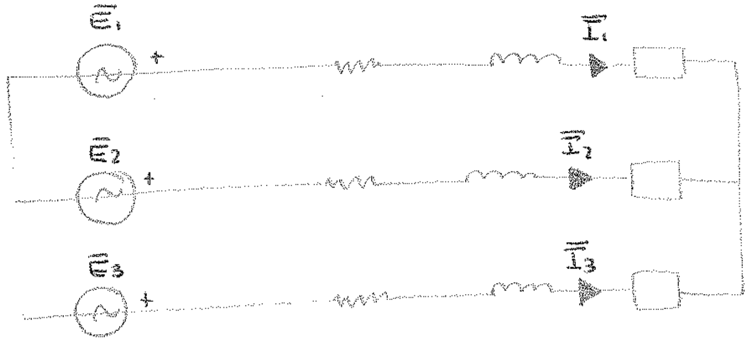
→ Permette di produrre dei campi rotanti

E' un caso particolare di sistema polifase (i generatori sono sfasati tra loro)

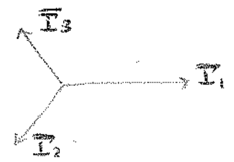
Esempio:



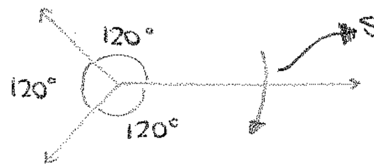
• la corrente ha un ritorno.



• la corrente viene sommata a zero nel nodo, quindi non ha ritorno.

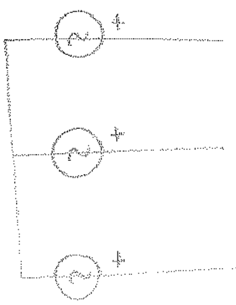


TERNA PURA DI FASORI = Terna di fasori uguali sfasati tra loro, ma di somma nulla.

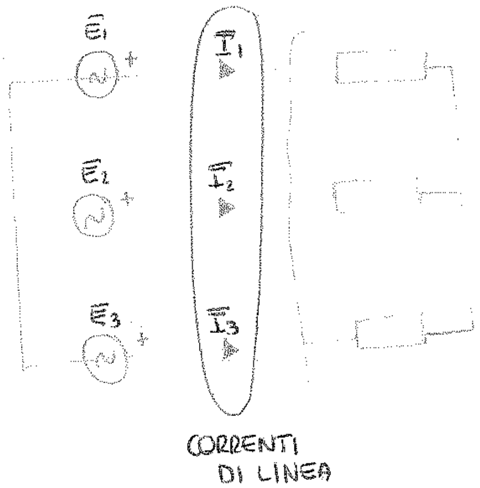


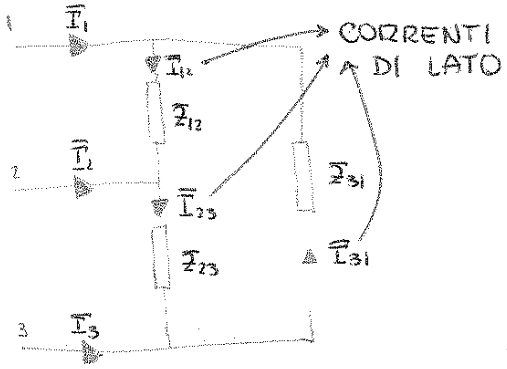
→ Se il senso è orario viene detta DIRETTA

I tre fasori rappresentano tre sinusoidi.



Ogni generatore è sfasato di $\frac{2\pi}{m}$ (principalmente $m = 3$)

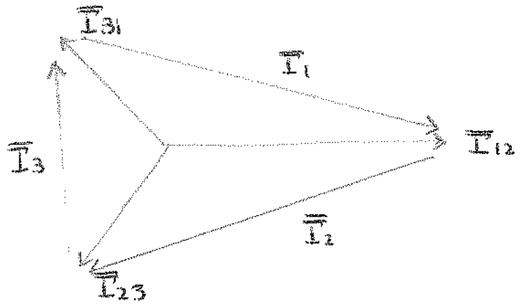




Esempio: $\bar{I}_1 - \bar{I}_{12} + \bar{I}_{31} = 0$

$$\begin{cases} \bar{I}_1 = \bar{I}_{12} - \bar{I}_{31} \\ \bar{I}_2 = \bar{I}_{23} - \bar{I}_{12} \\ \bar{I}_3 = \bar{I}_{31} - \bar{I}_{23} \end{cases}$$

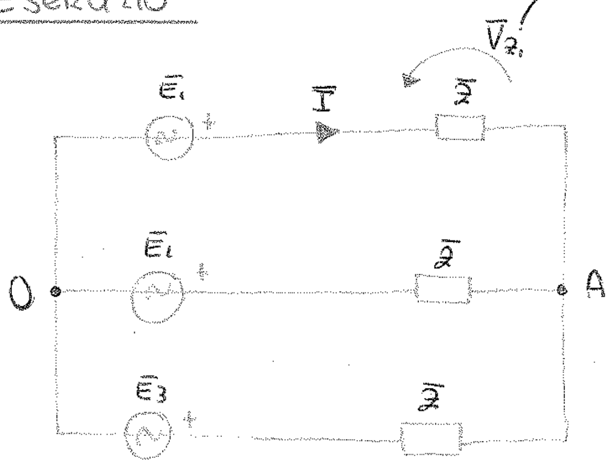
Le terne simmetriche possono essere di tensioni o correnti.
Il carico può essere detto equilibrato.



Le correnti di linea sono $\sqrt{3}$ volte più grandi di quelle di lato

$$\boxed{I = \sqrt{3}\, I_\Delta}$$

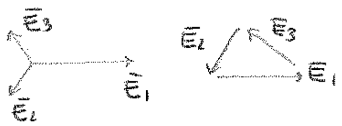
ESERCIZIO



* E' la tensione sull'impedenza di carico e non quella concatenata!

- Calcolare il valore di $\bar{V}_{Z_1}$

$\bar{E}_1 + \bar{E}_2 + \bar{E}_3 = \varnothing$ (e' una terna pura!)

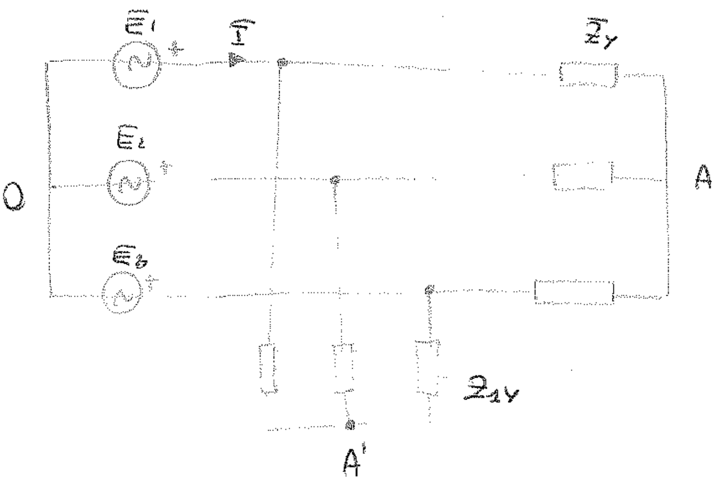


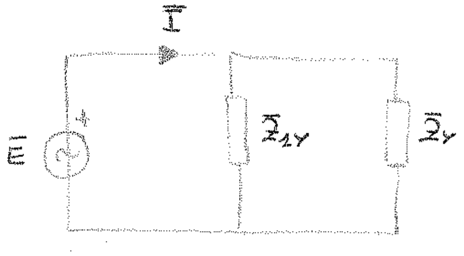
Posso applicare Millman

$$\bar{V}_{AO} = \frac{\frac{\bar{E}_1}{\bar{Z}} + \frac{\bar{E}_2}{\bar{Z}} + \frac{\bar{E}_3}{\bar{Z}}}{\frac{1}{\bar{Z}} + \frac{1}{\bar{Z}} + \frac{1}{\bar{Z}}} = \frac{\frac{\bar{E}_1 + \bar{E}_2 + \bar{E}_3}{\cancel{\bar{Z}}}}{\frac{3}{\cancel{\bar{Z}}}} = \varnothing \Rightarrow$$

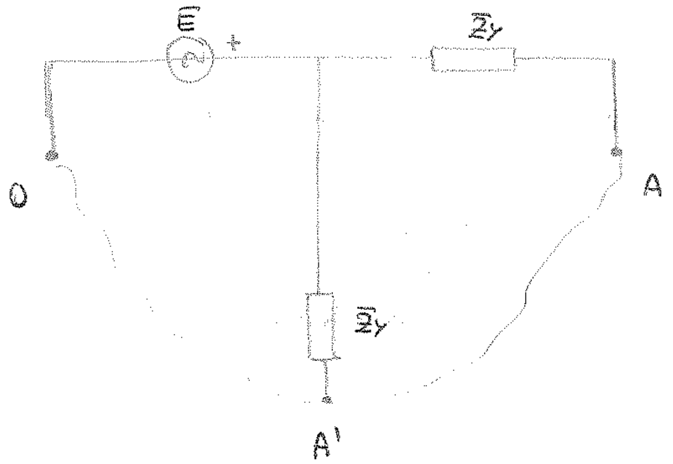
NON c'e' differenza di potenziale tra A e O

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 61 di 207



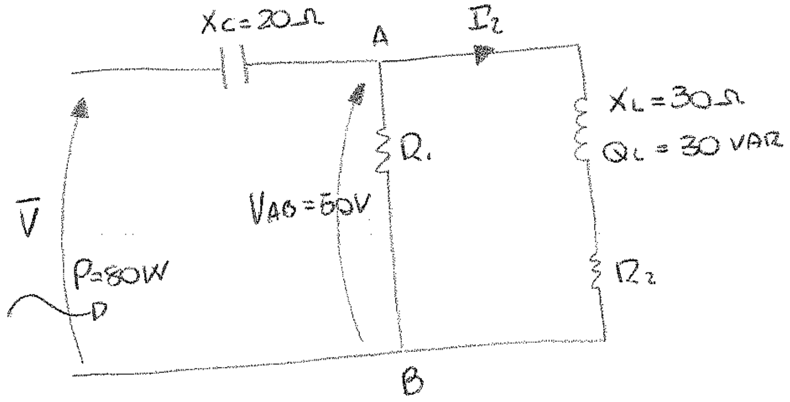


Il circuito equivalente diventa:



23 Aprile 2012

Es: AC.3.5



• Determinare R_2, R_1 e $\bar{V}$.

Si assume che V_{AB} funga da riferimento di fase.

Calcolo la corrente sul ramo R_2

$$Q_L = X_L I_2^2 \leadsto I_2 = \sqrt{\frac{Q_L}{X_L}} = 1\ A$$

Conoscendo V_{AB}, posso calcolare l'impedenza Z

$$Z_2 = \frac{V_{AB}}{I_2} = \frac{50}{1} = 50\ \Omega$$

Ora posso ricavare R_2:

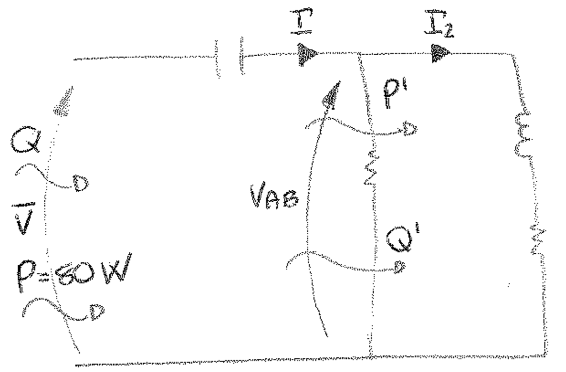
$$R_2 = \sqrt{Z_2^2 - X_L^2} = 40\ \Omega$$

Per calcolare R_1 posso sfruttare le informazioni sulla potenza:

$$P = P_{R1} + P_{R2}$$

$$P_{R1} = 80 - (40)(1)^2 = 40\ W$$

$$P_{R1} = \frac{V_{AB}^2}{R_1} = \frac{50^2}{R_1} \leadsto R_1 = \frac{50^2}{40} = 62{,}5\ \Omega$$



$$\begin{cases} P' = P = 80W\ (= P_{R1} + P_{R2}) \\ Q' = 30\ VAR \end{cases}$$

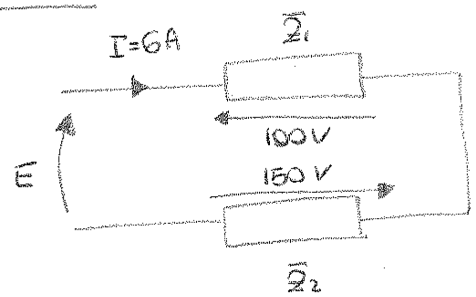
$$I = \frac{A^2}{V_{AB}} = \frac{\sqrt{80^2 + 30^2}}{50} = 1{,}7\ A$$

NON bisogna fare l'equazione di maglia perchè I è stata calcolata in modulo!!!

(1)

23 Aprile 2012

ES: AC.2.6



$\bar{Z}_1$ ($R_1 = 8\,\Omega$)

$\bar{Z}_2$ ($X_2 = 10\,\Omega$)

- Calcolare l'ampiezza della tensione E (sapendo che il sistema e' ohmico-induttivo)

$$Z_1 = \frac{100}{6} = 16{,}67\,\Omega$$

$$Z_2 = \frac{150}{6} = 25\,\Omega$$

(!) ma non posso sommarle perche' I non e' data coi numeri complessi.

$$X_1 = \sqrt{Z_1^2 - R_1^2} = \sqrt{16{,}67^2 - 8^2} = 14{,}6\,\Omega$$ (positiva, proprio perche' il sistema e' ohmico-induttivo)

$$\Rightarrow \bar{Z}_1 = 8 + j14{,}6\,\Omega$$

$$R_2 = \sqrt{Z_2^2 - X_2^2} = \sqrt{25^2 - 10^2} = 23\,\Omega$$

$$\Rightarrow \bar{Z}_2 = 23 + j10\,\Omega$$

$$\bar{Z}_{TOT} = \bar{Z}_1 + \bar{Z}_2 = 31 + j24{,}6$$

$$|\bar{Z}_{TOT}| = 39{,}6\,\Omega$$

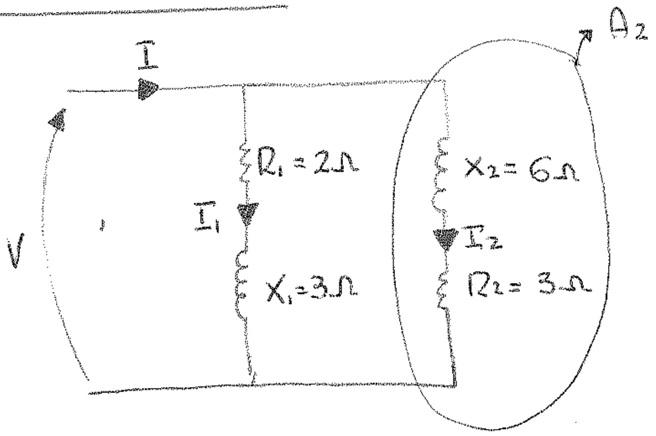
$$\Rightarrow E = I \cdot Z_{TOT} = (6)(39{,}6) = 237{,}5\,V$$

23 Aprile 2012

$$\rightsquigarrow \begin{cases} P' = (10)I'^2 + P_G \rightsquigarrow P_G = P' - (10)(3.53)^2 = -125\ W \\ Q' = Q_C + Q_G \rightsquigarrow Q_G = Q' - Q_C = 250 - (-10)(3.53)^2 = 250 + 124 = 374\ VAR \end{cases}$$

I segni sono opposti a prima perche' noi abbiamo calcolato tutte potenze entranti, mentre quelle richieste sono erogate.

ESERCIZIO: AC.P.5



- Calcolare la corrente I in valore efficace, sapendo che $A_2 = 1490$

$$A_2 = VI_2 = \frac{V^2}{Z_2}$$

$$A_2 = VI_2 = \frac{V^2}{Z_2} \rightsquigarrow I_2 = \frac{V}{\sqrt{R_2^2 + X_2^2}} = \frac{V}{\sqrt{3^2+6^2}} = \frac{V}{6,7}$$

$$V = \sqrt{A_2 \cdot Z_2} = \sqrt{(1490)(6,7)} = 100$$

I_1 posso calcolarla come:

$$I_1 = \frac{V}{Z_1} = \frac{100}{\sqrt{2^2+3^2}} = 27,8\ A$$

$$\begin{cases} P_1 = R_1 I_1^2 = (2)(27,8)^2 = 1546\ W \\ Q_1 = X_1 I_1^2 = (3)(27,8)^2 = 2318\ VAR \end{cases}$$

I_2 posso calcolarla come:

$$\varphi_2 = \arctg\left(\frac{6}{3}\right) = 63,43°$$

conoscendo la potenza apparente ricavo P_2

$$\begin{cases} P_2 = A_2 \cos\varphi_2 = (1490)\cos(63,43°) = 666\ W \\ Q_2 = A_2 \sin\varphi_2 = 1332,6\ VAR \end{cases}$$

Applico Boucherot:

$$\begin{cases} P_{TOT} = P_1 + P_2 = 2212\ W \\ Q_{TOT} = Q_1 + Q_2 = 3650\ VAR \end{cases} \rightsquigarrow A_{TOT} = \sqrt{P_{TOT}^2 + Q_{TOT}^2} = 4268\ VA$$

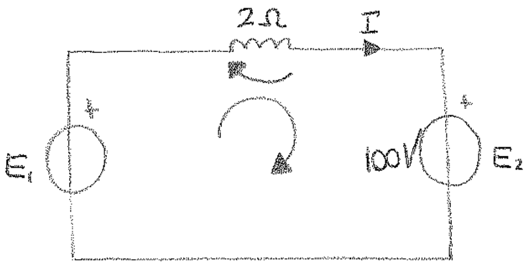
La corrente I e':

$$I = \frac{A_{TOT}}{V} = \frac{4268}{100} = 42,7\ A$$

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 69 di 207

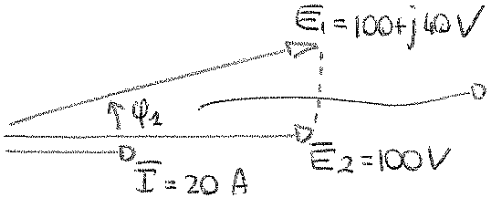
23 Aprile 2012

TEMA D'ESAME: 23/09/2011



E_2 assorbe: $P_2 = 2kW$
inoltre e' preso come riferimento di fase

- Calcolare il valore efficace di I e della tensione E_1 e l'angolo di sfasamento tra E_1 e E_2.



$$A_2 = E_2 \cdot I \rightarrow I = \frac{A_2}{E_2} = \frac{2000}{100} = 20\ A$$ → E' in fase con la tensione

$$\bar{E}_1 = j2(I) + \bar{E}_2 = j2(20) + 100 = 100 + j40\ V$$

$$E_1 = \sqrt{100^2 + 40^2} = 108\ V$$

$$\varphi_1 = \arctan\left(\frac{40}{100}\right) = 21{,}8°$$

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 71 di 207

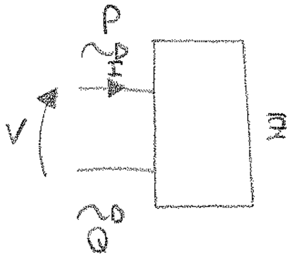
26 Aprile 2012

- MACCHINA ELETTRICA ROTANTE

$$C = \frac{\Gamma}{\Omega} \quad \text{coppia}$$

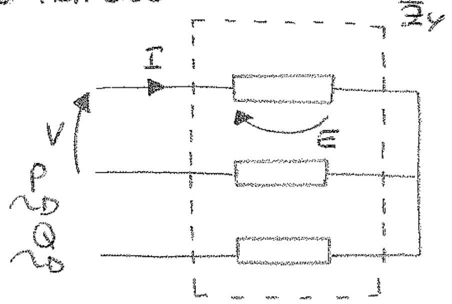
CORRENTE ALTERNATA

- monofase



$$Z = \frac{V}{I} = \frac{V^2}{VI} = \frac{V^2}{A} \qquad \varphi_Z = \operatorname{arctg}\left(\frac{Q}{P}\right)$$

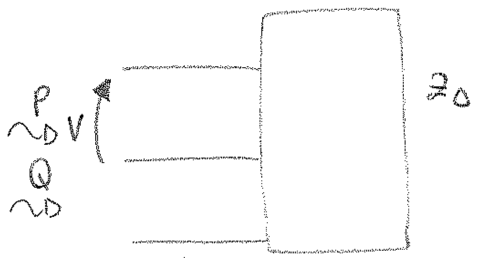
- trifase



$$Z_Y = \frac{E}{I} = \frac{EE}{IE} = \frac{3E^2}{3EI} = \frac{V^2}{A}$$ Tensione concatenata, potenza trifase

$$\varphi_Z = \operatorname{arctg}\left(\frac{Q}{P}\right)$$

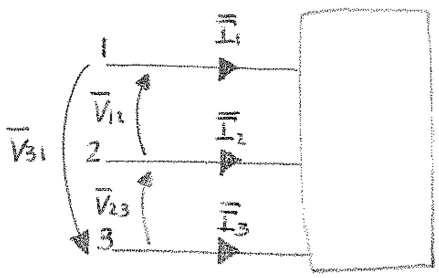
Esempio



$$Z_Y = \frac{V^2}{A} = \frac{V^2}{\sqrt{P^2+Q^2}} \rightsquigarrow Z_\Delta = 3Z_Y$$

$$\varphi_{Z_Y} = \operatorname{arctg}\left(\frac{Q}{P}\right) \rightsquigarrow \varphi_{Z_\Delta} = \varphi_{Z_Y}$$

- SISTEMI DISSIMMETRICI

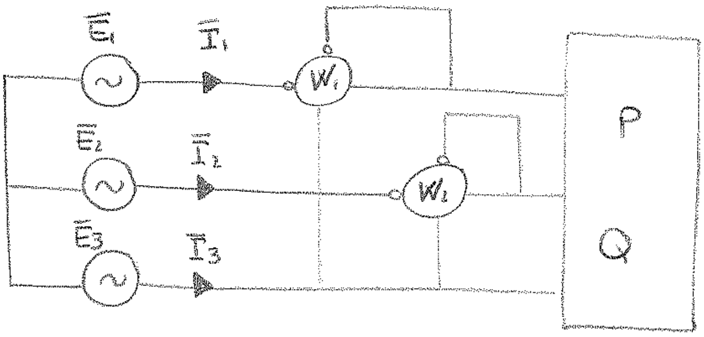


$\bar{I}_1 + \bar{I}_2 + \bar{I}_3 = \emptyset$ solo 2 sono linearmente indipendenti

$\bar{V}_{12} + \bar{V}_{23} + \bar{V}_{31} = \emptyset$ solo 2 sono lin. indipendenti

$$\bar{A} = \bar{V}_{13}\bar{I}_1^* + \bar{V}_{23}\bar{I}_2^* = P + jQ$$

ESERCIZIO 3F.2.1



simmetrico equilibrato

$P = 3\ KW$

$Q = 1{,}732\ KVAR$

$P_{W_1} = 2\ KW$

$V = 400\ V$

Fattore di potenza $= 0{,}92$ (rifasamento)

Determinare:

a) la corrente assorbita dal carico (in modulo)

b) l'indicazione del wattmetro W_2

c) la potenza reattiva della batteria di condensatori per il rifasamento

d) la capacita' dei condensatori, nell'inserzione a triangolo

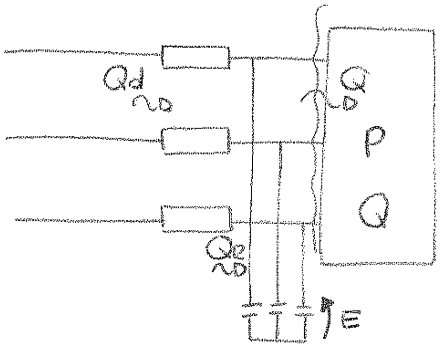
a) $$I = \frac{A}{\sqrt{3}V} = \frac{\sqrt{P^2+Q^2}}{\sqrt{3}\,V} = \frac{\sqrt{9+3}\cdot 10^3}{\sqrt{3}\cdot 400} = 5\ A$$

b) $$\begin{cases} P+Q = P_{W_1} + \sqrt{3}P_{W_1} + P_{W_2} - \sqrt{3}P_{W_2} \\ P-Q = P_{W_1} - \sqrt{3}P_{W_1} + P_{W_2} + \sqrt{3}P_{W_2} \end{cases}$$

$$\cancel{2}P = \cancel{2}P_{W_1} + \cancel{2}P_{W_2}$$

$$\begin{cases} P = P_{W_1} + P_{W_2} \\ Q = \sqrt{3}(P_{W_1} - P_{W_2}) \end{cases} \quad \begin{cases} P = P_{W_1} + P_{W_2} \\ \frac{Q}{\sqrt{3}} = P_{W_1} - P_{W_2} \end{cases} \quad \begin{cases} 2P_{W_1} = P + \frac{Q}{\sqrt{3}} \\ 2P_{W_2} = P - \frac{Q}{\sqrt{3}} \end{cases} \quad \begin{cases} P_{W_1} = \frac{1}{2}\left(P + \frac{Q}{\sqrt{3}}\right) = 2kW \\ P_{W_2} = \frac{1}{2}\left(P - \frac{Q}{\sqrt{3}}\right) = 1\ kW \end{cases}$$

c)



$Q_d = Q_R + Q \rightsquigarrow Q_R = Q_d - Q < 0$

$Q_R = P(\text{Tg}\varphi_d - \text{Tg}\varphi)$

STELLA: $Q_R = 3\frac{E^2}{X_{CY}} = \frac{V^2}{X_{CY}}$

TRIANGOLO: $Q_R = 3\frac{V^2}{X_{C\Delta}}$

$$\frac{V^2}{X_{CY}} = 3\frac{V^2}{X_{C\Delta}} \rightsquigarrow X_{C\Delta} = 3X_{CY} \rightsquigarrow \frac{1}{\omega C_Y} = 3\frac{1}{\omega C_\Delta} \rightsquigarrow C_Y = 3C_\Delta$$

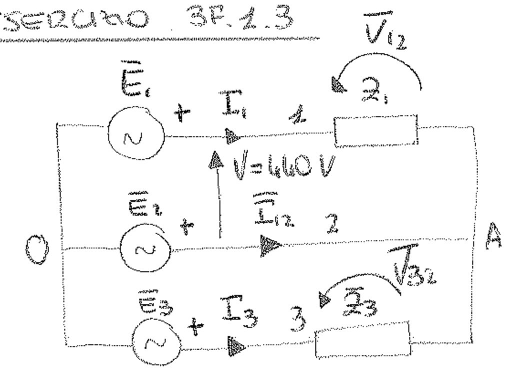
$\rightsquigarrow \text{Tg}\varphi = \frac{Q}{P} = \frac{\sqrt{3}}{3} = 0{,}58$ Poiche' il valore massimo e' 0,5 e' da rifasare ($\cos\varphi < 0{,}9$)

$\text{Tg}\varphi_d = \text{Tg}(\arccos(0{,}92)) = 0{,}43$

$Q_R = 3(0{,}43 - 0{,}58) = -0{,}45 \rightsquigarrow -450\ VAR$ il segno negativo conta solo se uso Boucherot

2 Maggio 2012

ESERCIZIO 3F.1.3

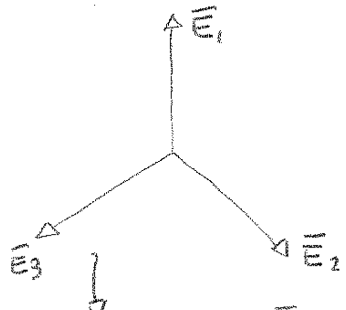


$Z_1 = Z_3 = 10 + j5\ \Omega$

440 V concatenata

Terna simmetrica di tensioni

- Determinare la corrente I_{12}

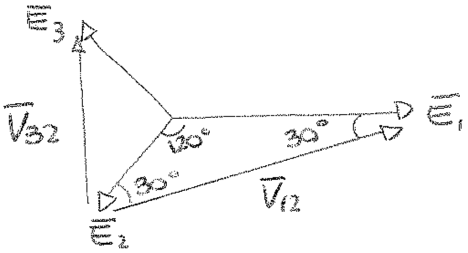


Ma e' una scrittura molto scomoda!

La tensione di fase e':

$E = \frac{440}{\sqrt{3}} = 254\ V \leadsto \overline{E}_1 = j\frac{440}{\sqrt{3}} = j254\ V$

Anziche' sull'asse immaginario, mettiamo $\overline{E}_1$ sull'asse reale. Cioe', ruotiamo tutto di 90°



Z_1 e' sottoposta alla tensione : $\overline{E}_1 - \overline{V}_{12} \leadsto \overline{V}_{12} = \overline{E}_1 - \overline{E}_2$

$\overline{V}_{12} = 440e^{j30°}$ $\quad |\overline{Z}| = 11,2e^{j26,56°}$

La corrente $\overline{I}_1 = \frac{\overline{V}_{12}}{\overline{Z}_1} = \frac{440e^{j30°}}{10+j5} = \frac{440e^{j30°}}{11,2} = \frac{440e^{j30°}}{11,2e^{j26,56°}} = \underbrace{39,28}_{\frac{440}{11,2}} e^{j\underbrace{3,44°}_{30-26,56}}$

In coordinate cartesiane diventa: $39,28(\cos(3,44)) = 39,21$
$39,28(\sin(3,44)) = j2,36$
$= 39,21 + j2,36\ A$

Faccio la stessa cosa per $\overline{E}_3$

$\overline{I}_3 = \frac{\overline{V}_{32}}{\overline{Z}_3} = \frac{j440}{10+j5} = 17,6 + 35,2j\ A$

Con l'equazione al nodo A calcolo $\overline{I}_{12}$

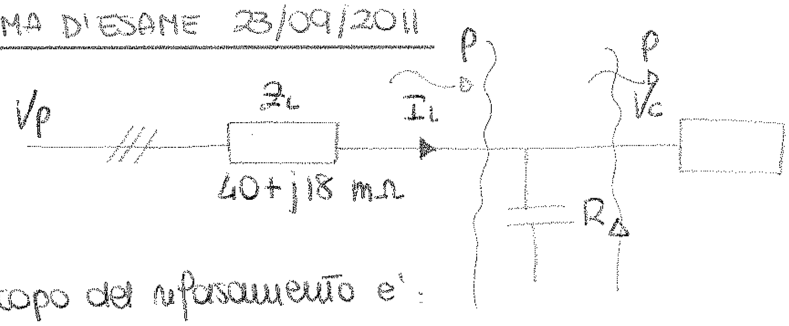
$\overline{I}_1 + \overline{I}_2 + \overline{I}_3 = \phi \leadsto \overline{I}_2 = -(\overline{I}_1 + \overline{I}_3) = -(56,81 + j37,56) = -56,81 - j37,56\ A$

$|\overline{I}_2| = 68,1\ A$

$\varphi = \arctg\left(\frac{37,56}{56,81}\right) = 33,47$ Ma in realta' noi stiamo cercando quello che sia a $-180° \leadsto 33,47 - 180 = -146,53°$

TEMA D'ESAME 23/09/2011

2 Maggio 2012



$V_c = 395\ V$ (Tensione concatenata)

frequenza = 50 Hz

$P_c = 60\ kW$ (assorbita)

$\cos\varphi = 0{,}78$

↳ Non si può scendere al di sotto di 0,9

Lo scopo del rifasamento e':

$tg\,\varphi = 0{,}5$

- Calcolare la capacità di rifasamento, la corrente I_L e V_p

$\boxed{C_{R\Delta}}$ $Q_R = P(tg\,\varphi_d - tg\,\varphi_c) = 60(0{,}5 - 0{,}8) = -18\ KVAR$

$tg(\arccos(0{,}78)) = 0{,}8$

Q_R per una batteria disposta a triangolo vale

$$Q_R = \frac{V_c^2}{X_{C\Delta}} \cdot 3 \Rightarrow X_{C\Delta} = \frac{395^2}{18'000} \cdot 3 = 26\ \Omega$$

$$X_{C\Delta} = \frac{1}{\omega C_\Delta} \rightsquigarrow C_\Delta = \frac{1}{\omega X_{C\Delta}} = \frac{1}{(314)(26)} = 0{,}000122 = 0{,}122\ mF$$

A monte del rifasamento si ha che:

$$\begin{cases} P = 60\ kW \\ Q = P\,tg\,\varphi_d = 30\ KVAR \end{cases}$$

$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = 67{,}1\ KVA$

Ora posso calcolare la corrente da $S = \sqrt{3}VI \rightsquigarrow I = \frac{S}{\sqrt{3}V_c}$

$$I_L = \frac{67{,}100}{\sqrt{3}(395)} = 98\ A$$

Uso la formula della caduta di tensione industriale

$$\Delta V = \sqrt{3}(R_L \cos\varphi_c + X_L \sin\varphi_c)I \quad \text{oppure} \quad \Delta V = \frac{PR_L + QX_L}{V}$$

$$\Delta V = \frac{\overset{kW\ m\Omega}{(60)(40)} + \overset{KVAR\ m\Omega}{(30)(18)}}{395} = 7{,}44$$

$\Delta V = V_p - V_c \rightsquigarrow V_p = \Delta V + V_c = 7{,}44 + 395 = 402{,}44\ V$

2 Maggio 2012

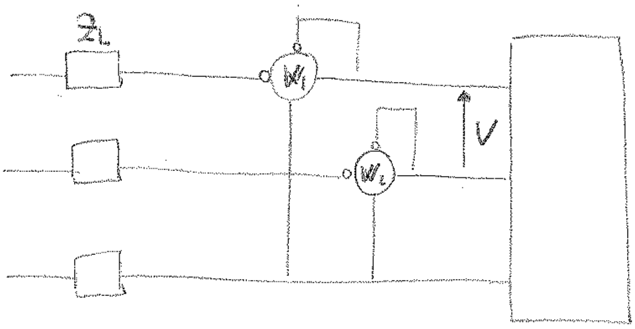
Per il Fattore di potenza applico Boucherot.

$$\begin{cases} P_Z = 18\ KW \\ Q_Z = Q_{ZR} = 30,3\ KVAR \quad \text{(perche' nel carico non va nulla)} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \cos\varphi_Z = \cos\left(\operatorname{arctg}\left(\frac{30,3}{18}\right)\right) = 0,51$$

Riduce la potenza reattiva, in modo da ridurre la potenza apparente, quindi anche la corrente

TEMA D'ESAME 9/09/2008 • RIFASAMENTO



Carico Trifase equilibrato

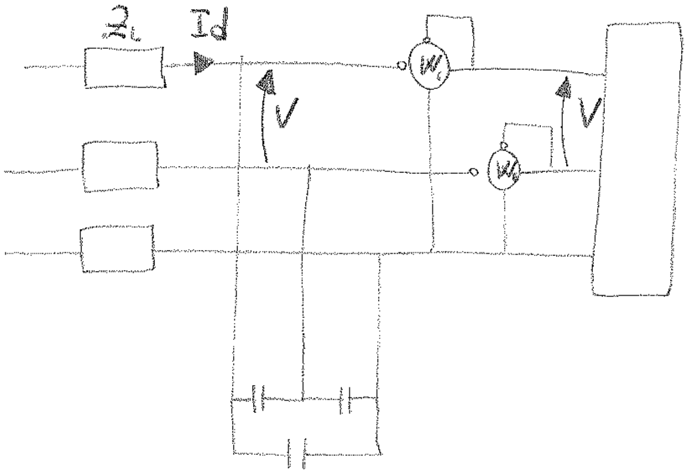
$V = 400\ V$ concatenata

$\bar{Z}_L = 0,2 + j0,01\ \Omega$

$$\begin{cases} P_{W_1} = 10\ KW \\ P_{W_2} = 4\ KW \end{cases}$$

- Decidere dove collocare la batteria di rifasamento nel caso in cui si vogliano min le PERDITE in linea.

Poiche' il rifasamento riduce la potenza reattiva a monte del punto di inserimento della batteria, questa va inserita a valle in modo da poter minimizzare le perdite in linea!



- Calcolare le perdite in linea ed il rendimento della linea

Calcolo le potenze attiva e reattiva:

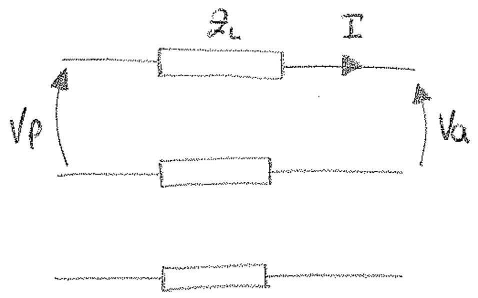
$$\begin{cases} P = 10 + 4 = 14\ KW \\ Q = \sqrt{3}(10-4) = 10,4\ KVAR \end{cases}$$

Tuttavia Q non mi serve!!! Mi serve solo Qd

$$Q_d = P(\operatorname{tg}\varphi_d) = P\left(\operatorname{tg}\left(\arccos(0,9)\right)\right) = (14)(0,48) = 6,68\ KVAR$$

$$I_d = \frac{S_d}{\sqrt{3}V} = \frac{\sqrt{14^2 + 6,78^2}}{\sqrt{3}\cdot 400} = 0,02245\ KA = 22,45\ A$$

3 Maggio 2012

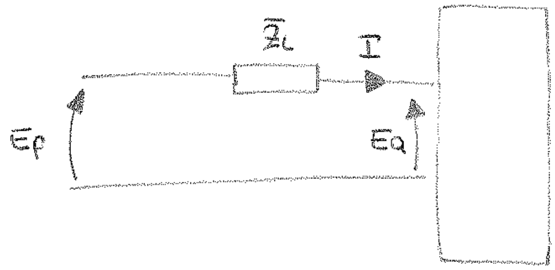


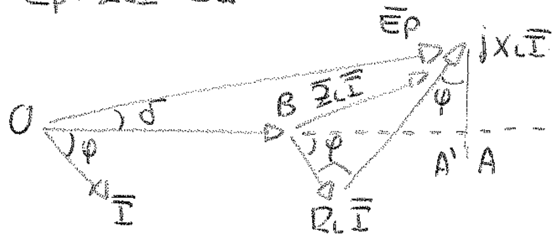
Sistema simmetrico

$\Delta V = V_p - V_a$

E = tensione stellata $\qquad \bar{Z}_L = R_L + jX_L$

$\bar{E}_p = \bar{Z}_L \bar{I} + \bar{E}_a$





$$\Delta V = \sqrt{3}(E_p - E_a) = \sqrt{3}(AO - BO) \simeq \sqrt{3}(A'O - BO) = \sqrt{3}(A'B) = \sqrt{3}(R_L I \cos\varphi + X_L I \sin\varphi) =$$

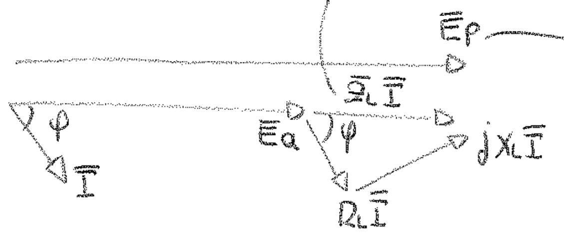
$$= \sqrt{3}(R_L \cos\varphi + X_L \sin\varphi) I$$

Relativi al carico

Relativi alla linea

Esempio:

L'impedenza di linea ha la stessa fase della tensione complessa



la tensione alla partenza corrisponde alla somma dei due segmenti

$$\boxed{\Delta V = V_p - V_a}$$

- 1° METODO

  $V_p = V_a + \Delta V$ (da' una buona approssimazione)

- 2° METODO

  $V_a = V_p - \Delta V$ (meno preciso, ma accettabile)

3 Maggio 2012

- TRASFORMATORE = Trasforma la corrente elettrica in energia elettrica, mantenendo la stessa potenza

- MACCHINE ELETTRICHE

$\overline{B}$ [T]

$\overline{H}$ [Am^{-1}]

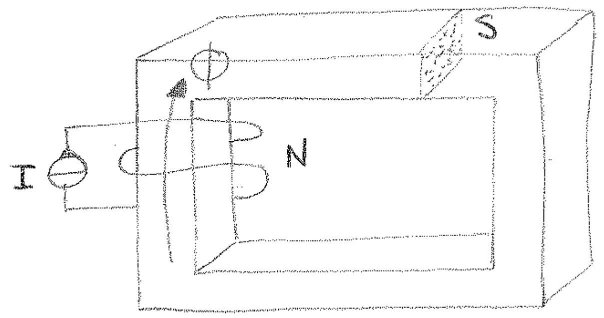
$\overline{B} = \mu \overline{H}$

$\mu \left[\frac{H}{m}\right]$

- materiali amagnetici: $\mu = 4\pi 10^{-7} = \mu_0$
- materiali magnetici: $\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0} = 10^3 \div 10^6$

$\phi = \int_S \overline{B}\, d\overline{S} \sim \boxed{\phi = BS}$

CIRCUITO MAGNETICO



Il flusso magnetico si muove in senso orario:

$NI = \mathcal{R}\phi$

Flusso magnetico

Riluttanza

Num. di spire

Corrente impressa

$\phi = \frac{NI}{\mathcal{R}}$

$\mathcal{R} = \frac{\ell}{S\mu}$

Lunghezza del circuito magnetico

$\mu : 0 \longrightarrow \infty$

non è magnetico

è molto magnetico

$\mathcal{R} : \infty \longrightarrow 0$

$NI = \mathcal{R}\phi$ ha un'analogia con la legge di Ohm: $E = RI$

forza magneto motrice (f.m.m.)

forza elettro motrice (f.e.m.)

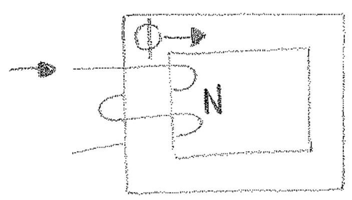
Il flusso magnetico non ha bisogno di energia per poter funzionare!!!

INDUZIONE ELETTROMAGNETICA: $e = \pm \frac{d\varphi(t)}{dt}$ (+: conv. utilizzatori; −: conv. generatori)

$$e = \pm N \frac{d\varphi}{dt}$$

E' rappresentabile coi fasori: $\overline{E} = \pm j\omega N \overline{\Phi} = \pm j\omega \overline{\Phi}_c$

- INDUTTANZA



$L = \frac{\Phi_c}{I}$

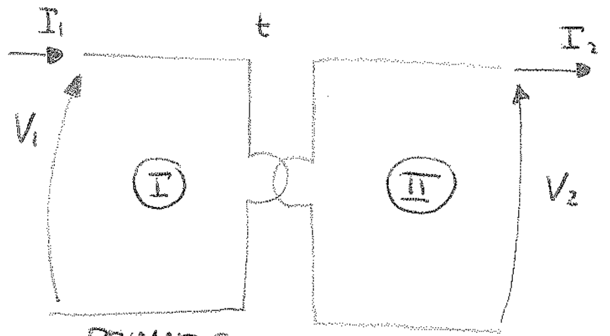
Flusso concatenato

$L : 0 \longrightarrow \infty$

2

TRASFORMATORE IDEALE

3 Maggio 2012



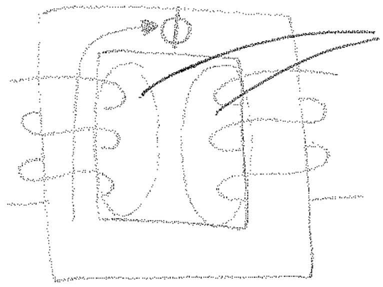
PRIMARIO (conv. degli utilizz.)

SECONDARIO (conv. dei generatori)

$$\bar{S} = P + jQ = \bar{V}_1 \bar{I}_1^* = \bar{V}_2 \bar{I}_2^*$$

$$\frac{\bar{V}_1}{\bar{V}_2} = \frac{\bar{I}_2^*}{\bar{I}_1^*} = t \rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} = t$$

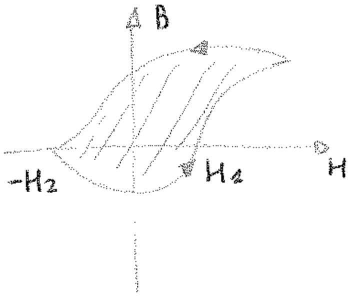
- **FLUSSI DISPERSI**



FLUSSI DISPERSI Φ_d

(Domanda di Teoria)

- **CICLO DI ISTERESI**



$$P_{IST} = K W B^2 H$$

- **CORRENTI PARASSITE**

Vengono limitate tramite l'inserimento di lamierini

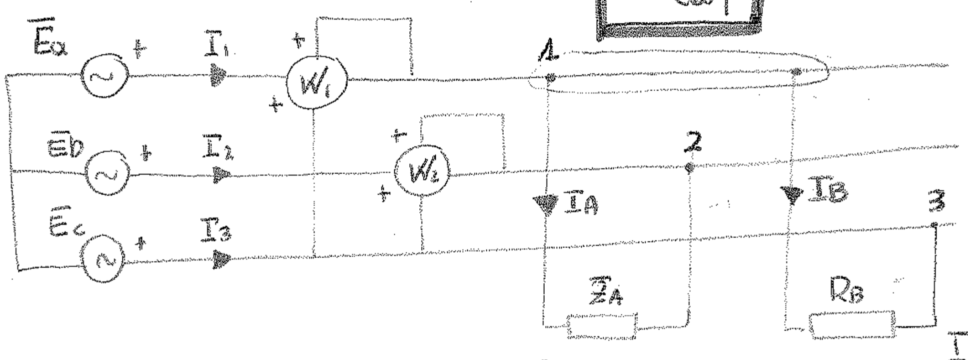
13

ES. 3F.2.4

$$\boxed{S = \frac{P}{\cos\varphi}}$$

7 Maggio 2012

$V_c = 380\ V$

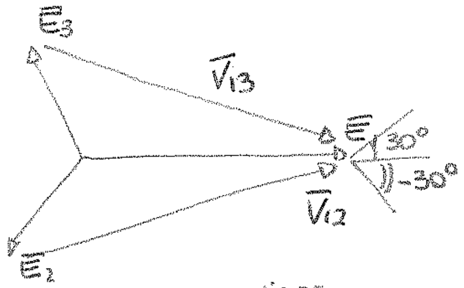


- Calcolare le correnti di linea e le potenze misurate dai wattmetri.

$I_B = 15A$

$P_A = 6kW$

$\cos\varphi_A = 0{,}65$ induttivo



$$Z_A = \frac{V^2}{S_A} = \frac{380^2}{6000} \cdot 0{,}65 = 15{,}66$$

oppure

$$Z_A = \frac{V^2}{P_A^2 + [P_A(Tg(\arccos(0{,}65)))]^2} = 15{,}66$$

$$\overline{Z}_A = \underbrace{10.14}_{(15{,}66)(0{,}65)} + j\underbrace{11{,}85}_{15{,}66 \times \sin(\arccos(0{,}65))}$$

$$\overline{I}_A = \frac{\overline{V}_{12}}{\overline{Z}_A} = \frac{380e^{j30°}}{15{,}6\, e^{j49{,}46°}} = \underbrace{25{,}3}_{380/15} e^{\underbrace{-j19{,}46°}_{30-49{,}46}}$$

$$= 23 - j\,8{,}11\ A$$

$$\overline{I}_B = 15e^{-j30°} = 15\cos(30) - j\,15\sin(-30) = 13 - j7{,}5\ A$$

Scrivo le equazioni ai nodi 1, 2 e 3:

(1) $\overline{I}_1 = \overline{I}_A + \overline{I}_B = 36 - j\,15{,}61\ A = 39{,}2^{-j23{,}44°}$

(2) $\overline{I}_2 = -\overline{I}_A = -23 + j8{,}11 = 24{,}36e^{j180-19{,}46} = 24{,}36e^{j160{,}54°}$

(3) $\overline{I}_3 = -\overline{I}_B = -13 + j7{,}5 = 15e^{j180-30} = 15e^{j150°}$

Calcolo le potenze dei wattmetri:

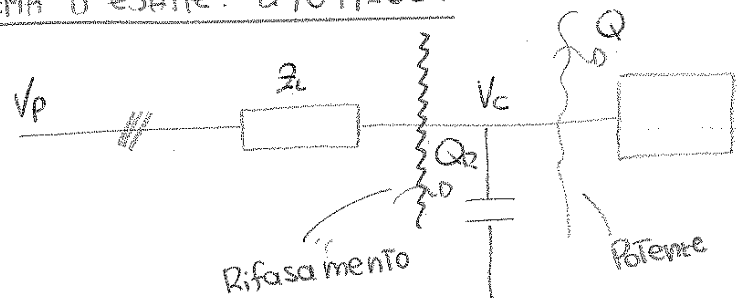
$$P_{W_1} = Re\left[\overline{V}_{13}\overline{I}_1^*\right] = Re\left[380\,e^{-j30°} \cdot 39{,}2^{j23.44}\right] = \left[14896\,e^{-j6{,}6}\right]Re =$$

$$= 14896 \times \cos(6.6) = 14797{,}3\ W$$

2

7 Maggio 2012

TEMA D'ESAME: 4/09/2007



$V_c = 390\ V$ (concatenata)

Potenza assorbita dal carico $= 50\ KW$

$\cos\varphi = 0{,}85$

$Z_L = 40 + j18\ m\Omega$

carico rifasato da una batteria equivalente a tre condensatori da $419\ \mu F$ collegati a stella.

- Calcolare la tensione concatenata Vp alla partenza della linea.

tensione concatenata

$$Q_R = \frac{V^2}{X_c} = \frac{V^2}{1/\omega C} = V^2 \omega C = (390)^2(314)(419)(10^{-6}) = 20011 = 20{,}011\ KVAR$$

perche' ho 3 condensatori

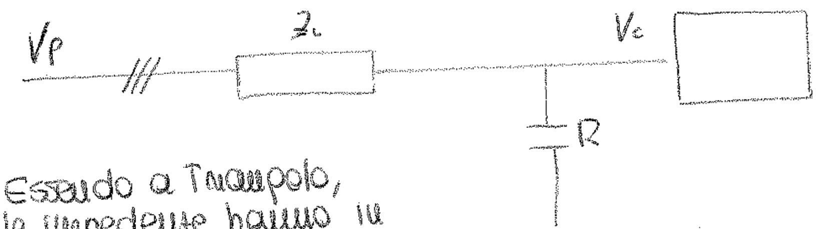
$$\begin{cases} Q_d = Q_R + Q = (-20) + 50\left(\mathrm{Tg}\left(\arccos(0{,}85)\right)\right) = 10{,}98 = 11\ KVAR \\ P_d = P_c = 50\ KW \end{cases}$$

Con la caduta di tensione ricavo Vp:

$$\Delta V = \frac{P \cdot R_L + Q \cdot X_L}{V_c} = \frac{(50)(40) + (11)(18)}{390} = 5{,}64\ V$$

$$\to V_p = V_c + \Delta V = 390 + 5.64 = 395{,}64 \simeq 396\ V$$

TEMA D'ESAME: 12/06/2009



$V_c = 400\ V$ (concatenata)

$Z_c = 6 + j9\ \Omega$ (Triangolo)

batteria di rifasamento R a $\mathrm{Tg}\varphi = 0{,}2$

$Z_L = 300 + j60\ m\Omega$

- Calcolare la tensione Vp alla partenza della linea ed il rendimento della linea.

Essendo a triangolo, le impedenze hanno in comune la corrente e <u>non</u> la tensione!!!

$6 + j9 / 3 = 2 + j3\ \Omega$

1) $Z_Y = 2 + j3\ \Omega$

$$S_Y = \frac{V^2}{Z_Y} \to P_Y + jQ_Y$$

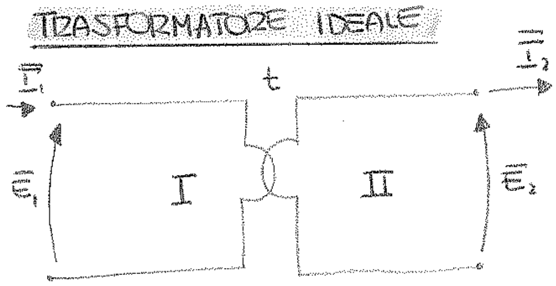
$$S_Y = \frac{400^2}{2 + j3} = 24{,}61 - j36{,}92\ \Omega$$

2) $I_\Delta = \dfrac{V}{|Z_\Delta|} \to \begin{cases} P_\Delta = 3 R_\Delta I_\Delta^2 \\ Q_\Delta = 3 X_\Delta I_\Delta^2 \end{cases}$

61

8 Maggio 2012

TRASFORMATORE IDEALE



t = Rapporto di Trasformazione

$$t = \frac{\bar{E}_1}{\bar{E}_2}$$

(Domanda di Teoria)

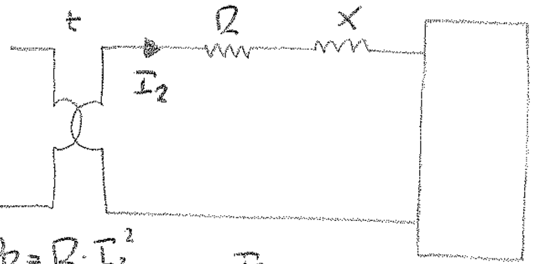
convenzione degli utilizzatori

convenzione dei generatori

$$\bar{S} = P + jQ = \bar{E}_1 \bar{I}_1^* = \bar{E}_2 \bar{I}_2^* \rightsquigarrow \frac{\bar{E}_1}{\bar{E}_2} = \frac{\bar{I}_2^*}{\bar{I}_1^*} = t$$

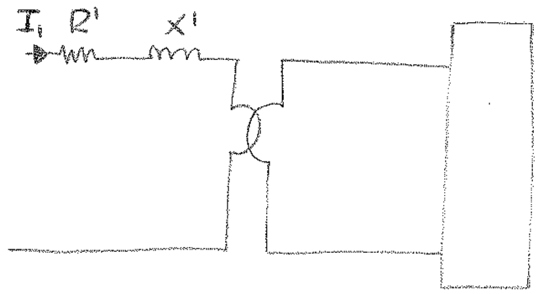
PROPRIETA'

TRASFERIMENTO DI IMPEDENZE

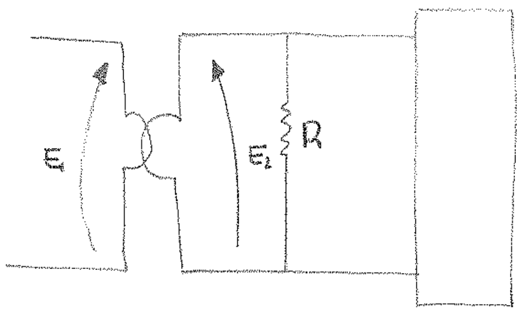


$$P_R = R \cdot I_2^2$$
$$Q_X = X \cdot I_2^2 \qquad \frac{I_2}{I_1} = t$$

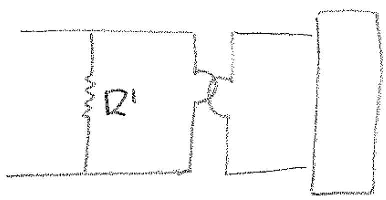
$$P_R = R I_2^2 = R I_1^2 t^2 = R t^2 I_1^2 \rightsquigarrow \text{è come se fosse} \rightsquigarrow$$



$$\Rightarrow \begin{cases} P_R = R' I_1^2 \\ Q_X = X' I_1^2 \end{cases}$$

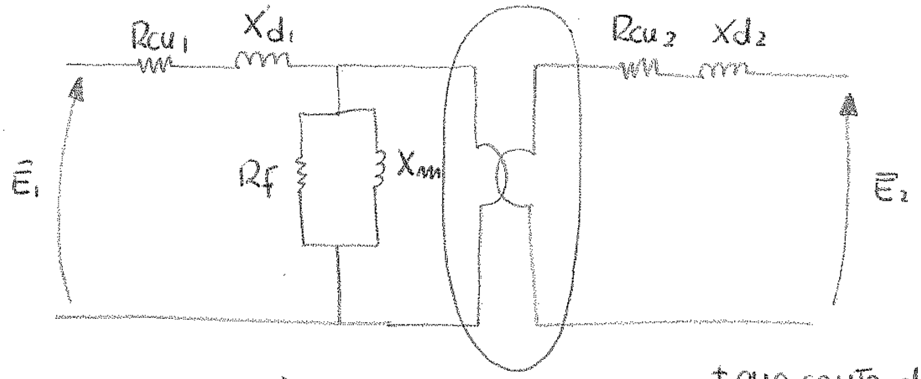


$$P = \frac{E_2^2}{R} = \frac{E_1^2}{t^2} \cdot \frac{1}{R} = \frac{E_1^2}{t^2 R} = \frac{E_1^2}{R'} \rightsquigarrow$$

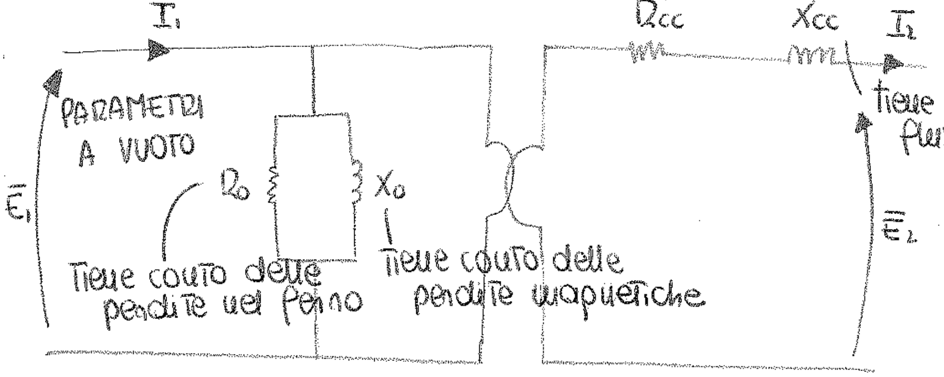


8 Maggio 2012

Esempio:



Esempio: (pratico)



(Domanda di Teoria)

TRASFORMATORE REALE

(Domanda di Teoria)

TENSIONI NOMINALI = Sono le tensioni nominali del trasformatore. Queste dipendono dall'isolamento del trasformatore.

E_1, E_2

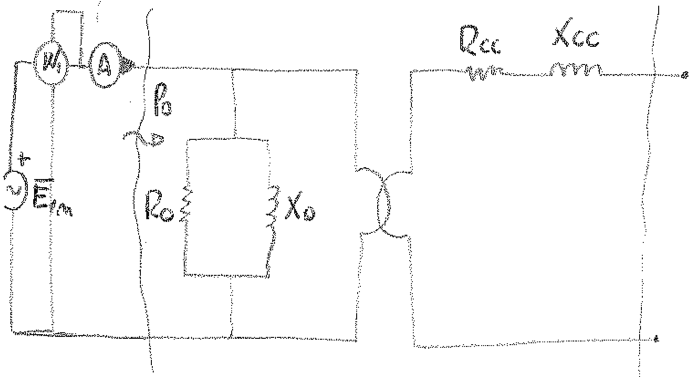
CORRENTI NOMINALI = I trasformatori non lavorano quasi mai alla corrente nominale. Stabilisce un limite sulla corrente massima applicabile continuamente dal trasformatore. (prima che si scaldi e stacchi l'isolamento).

I_1, I_2

POTENZA NOMINALE = Non viene quasi mai raggiunta. E' una potenza apparente.

$S_n = E_{1n} I_{1n} = E_{2n} I_{2n}$

PROVA A VUOTO



1) Misura R_0 e X_0
2) Verifica il funzionamento alla tensione nominale

Si fa alla tensione nominale

P_0 = Potenza assorbita nella prova a vuoto

$P_0 = \frac{E_{1n}^2}{R_0} \rightarrow R_0$ $\quad I_0$

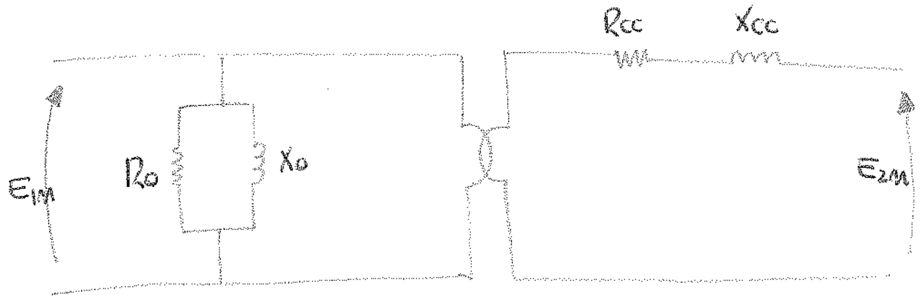
$S_0 = E_{1n} I_{0}$

$Q_0 = \sqrt{S_0^2 - P_0^2}$

$Q_0 = \frac{E_{1n}^2}{X_0} \rightarrow X_0$

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 95 di 207

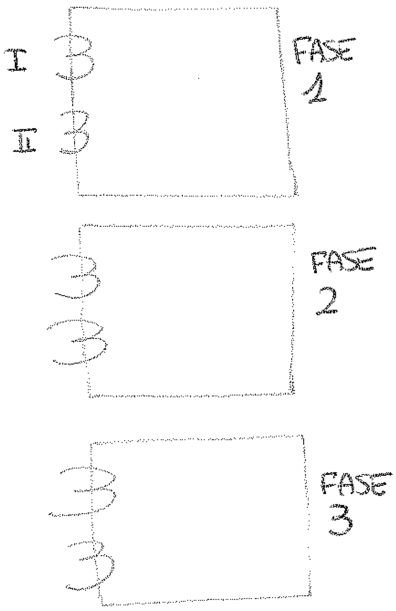
10 Maggio 2012



E_M, E_{2M}

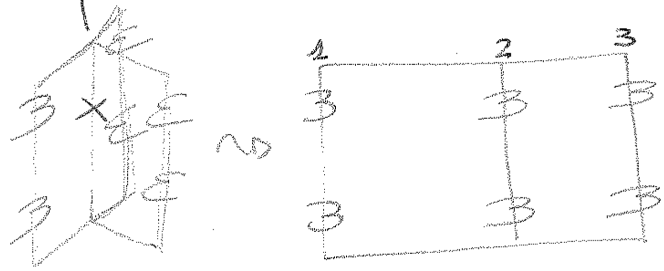
$S_M = E_1 I_{1M} = E_{M2} I_{2M}$

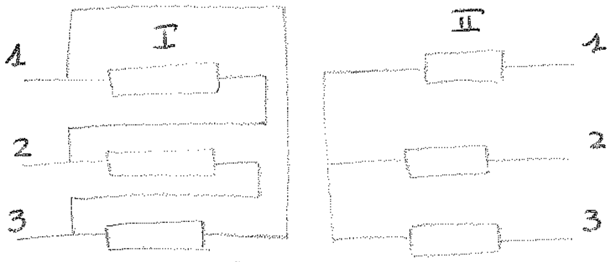
TRASFORMATORI MONOFASE



le correnti formano una terna simmetrica

il nucleo centrale **non** è percorso da flusso magnetico





PRIMARIO: collegato a triangolo

SECONDARIO: collegato a stella

$$\text{GRUPPO} = \frac{\varphi_{E1I} - \varphi_{E1II}}{30°}$$

⇒ Sono possibili 12 sfasamenti diversi, cioè 12 gruppi

Esempio: gruppo 11 ⇒ 330°