

**ISIS NAUTICO
“TOMASO DI SAVOIA DUCA DI GENOVA”
TRIESTE**

Anno scolastico 2009/2010

**LEZIONI DI
ELETTROTECNICA – ELETTRONICA**

**CLASSI QUINTE
CAPITANI E MACCHINISTI**

Prof. A. Pascutti

**A cura di Alessio Glavina
classe 5°A**

**ISIS NAUTICO
“TOMASO DI SAVOIA DUCA DI GENOVA”
TRIESTE**

**LEZIONI DI
ELETTROTECNICA ed ELETTRONICA**

**CLASSI QUINTE
CAPITANI E MACCHINISTI**

Prof. A. Pascutti

**A cura di Alessio Glavina,
classe 5°A a.s. 2009/10**

I QUADRIMESTRE

INDICE:

- I. Le sinusoidi**
- II. Corrispondenza biunivoca tra un vettore e una senoide**
- III. Vettori e numeri complessi**
- IV. Notazione binomia e polare**
- V. Operazioni con i numeri complessi**
- VI. Impedenze in serie e in parallelo**
- VII. Fattore di potenza**
- VIII. Rifasamento**
- IX. Parallelo di due impedenze**
- X. Linee elettriche**
- XI. Dimensionamento di una linea**

CAPITOLO I

LE SINUSOIDI

► **RETI IN REGIME ALTERNATO:** la maggior parte dei circuiti elettrici di potenza è in regime alternato sinusoidale, ovvero:

1. REGIME ALTERNATO SINUSOIDALE MONOFASE
2. REGIME ALTERNATO SINUSOIDALE TRIFASE

Nel monofase la tensione nominale è $V=220\text{ V}$ mentre nel trifase è $V=380\text{ V}$.

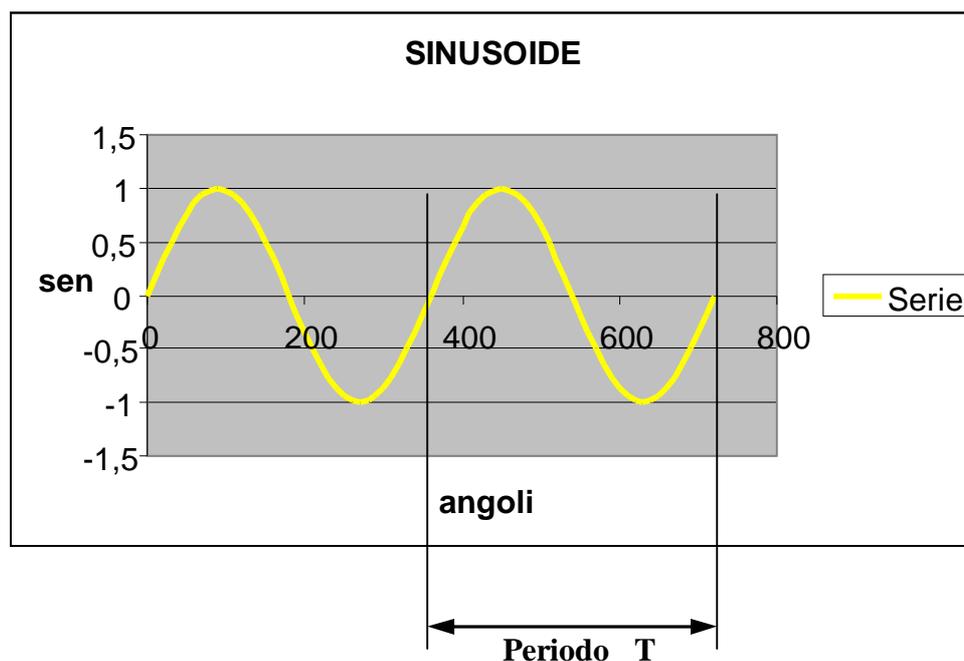
La normativa (norme CEI) definisce **basse tensioni** quelle da 25 V a 1000 V , **medie tensioni** da 1001 V a 20.000 V ed **alte tensioni** da 20.001 V a 380.000 V . Esistono inoltre le **tensioni bassissime** che vanno da 0 V a 24 V .

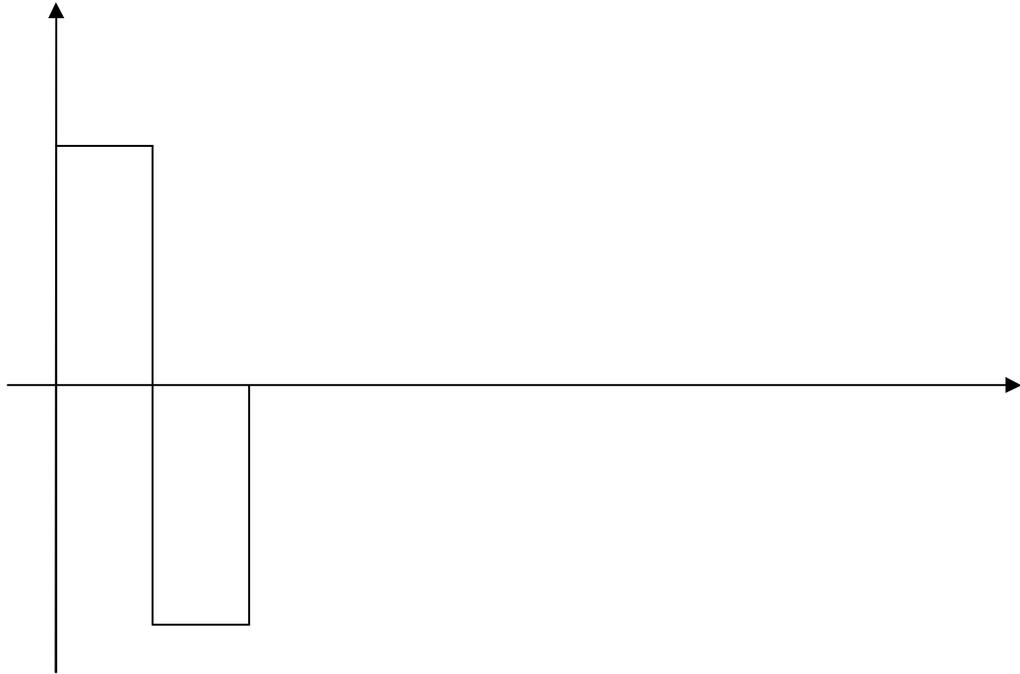
Le basse, medie e alte servono per trasmettere energia elettrica mentre le **bassissime** sono usate per trasmettere segnali elettrici.

I circuiti di trasmissioni dell'energia funzionano con sinusoidi da 50 o 60 Hz .

Mentre i segnali di bassissima tensione possono avere più valori di frequenza, ad esempio: il segnale di clock (del computer) ha una frequenza di $2,64\text{ GHz}$ con una tensione di $\pm 5\text{ V}$ o $2,46\text{ V}$.

► **DEFINIZIONE DI FREQUENZA:** la frequenza indica quante volte una certa “cosa” si ripete in un secondo.





Questo grafico rappresenta la frequenza del clock del computer, che è a 2,4GHz in questo tipo di sinusoide!!!

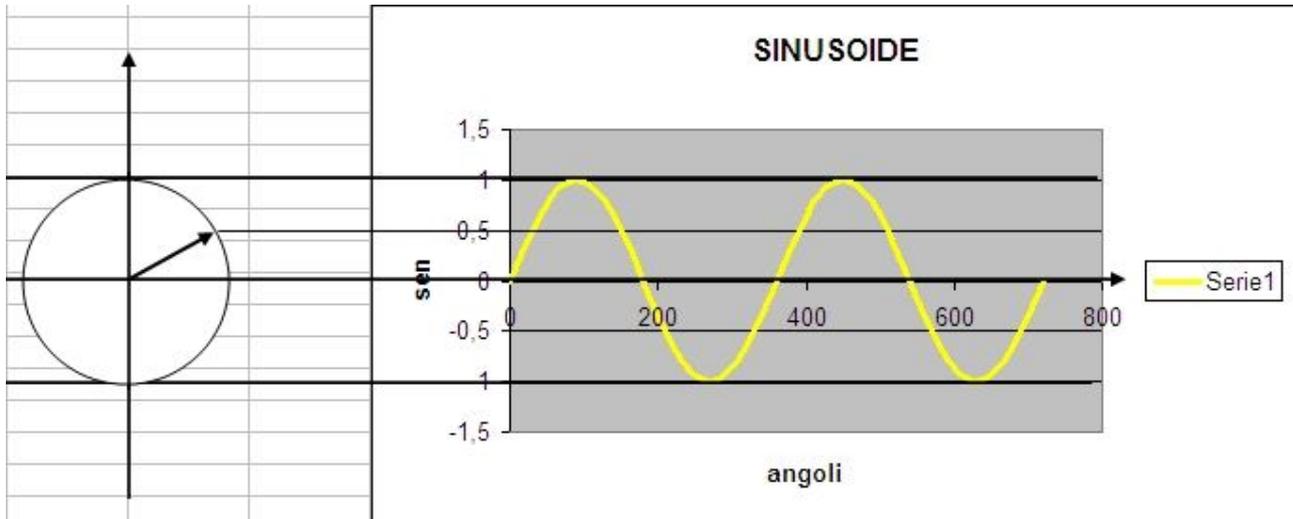
PERIODO (T) = ossia il tempo impiegato per sviluppare un ciclo.

$50 * T = 1 \text{sec}$	$2,4 * 10^9 * T = 1 \text{sec}$
$T = \left(\frac{1}{50} \right)$	$T = \left[\frac{1}{2,4 * 10^9} \right]$

$$f * T = 1$$

$$T = \left(\frac{1}{f} \right) = f^{-1}$$

La sinusoide è legata al moto circolare uniforme perciò...



Dal grafico si osserva che il moto circolare uniforme è associato a una sinusoide. Nel moto circolare uniforme si definisce la velocità angolare:

<u>MOTO LINEARE</u>	<u>MOTO CIRCOLARE</u>
$v = \left(\frac{s}{t}\right)$	$\omega = \left(\frac{\alpha}{t}\right)$
$\left[\frac{m}{s}\right]$	$\left[\frac{rad}{s}\right]$
$\left[\frac{km}{h}\right]$	$\left[\frac{deg}{s}\right]$

$$\omega = \left(\frac{\alpha}{t}\right) \quad \text{Se } \alpha = \text{angolo giro} = 2\pi$$

$\alpha = \omega * t$ t = tempo impiegato per un ciclo = periodo(T)

$$\left(\frac{1}{T}\right) = f$$

$$\omega = \left(\frac{2\pi}{T}\right) = 2\pi * \left(\frac{1}{T}\right) = 2\pi f$$

Di conseguenza la velocità angolare è legata alla frequenza dell'onda:

Frequenza	$\omega=2\pi f$
50	$2*\pi*50=100*3,14=314 \left[\frac{rad}{s} \right]$
60	$2*\pi*60=120*3,14=377 \left[\frac{rad}{s} \right]$

NUMERO DI GIRI E FREQUENZA:

Il numero di giri, ad esempio di un albero motore, indica quanti giri fa il corpo in un minuto. Per trasformarlo in frequenza andiamo a trovare quanti giri fa in un secondo.

$$n = \left(\frac{\text{num.giri}}{1 \text{ min.}} \right) \longrightarrow \left(\frac{n}{60s} \right) \longrightarrow \left(\frac{n}{60} \right) = f$$

Nei motori elettrici e negli alternatori il numero di giri dipende anche dal numero di poli magnetici P.

$$n = \left(\frac{60 * f}{P} \right)$$

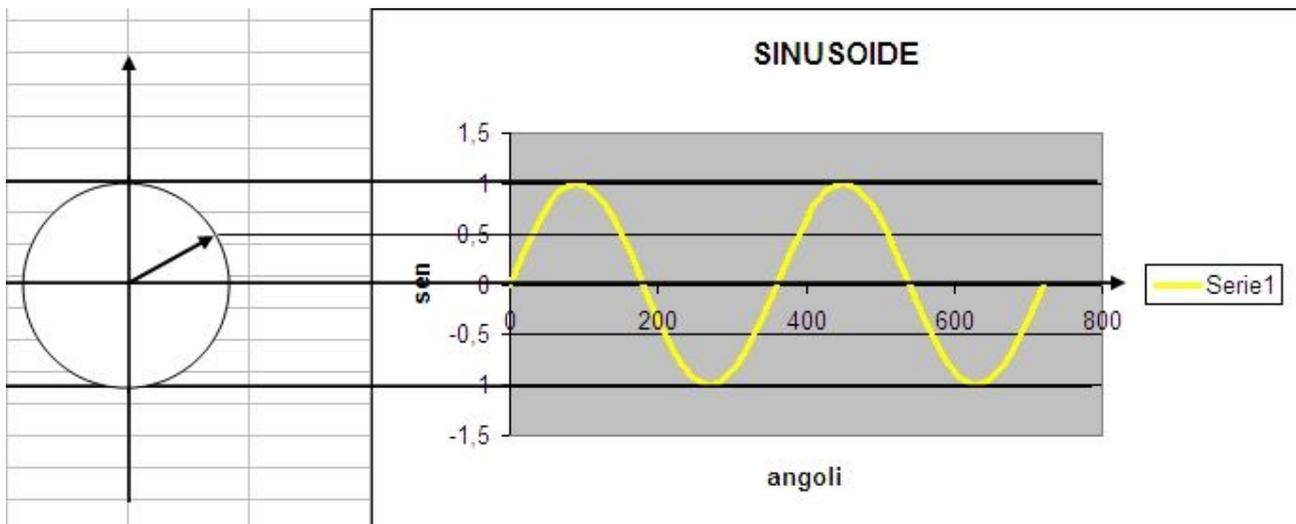
CAPITOLO II

CORRISPONDENZA BIUNIVOCA FRA VETTORE E SINUSOIDE

VETTORE CHE RUOTA



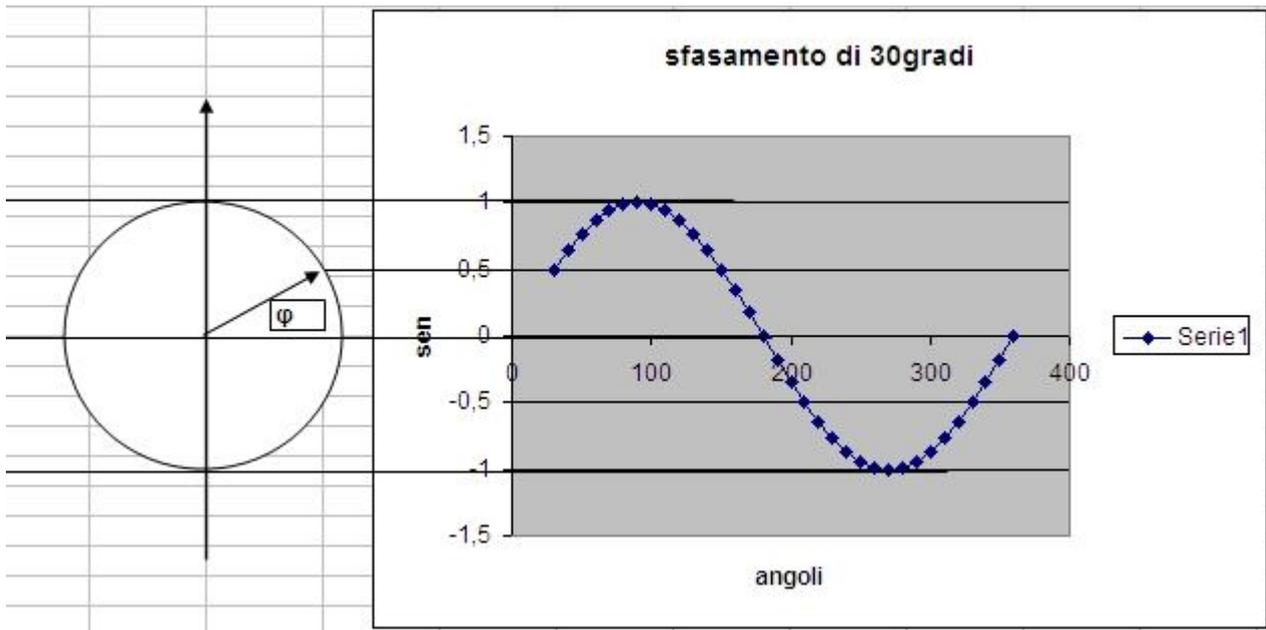
SINUSOIDE



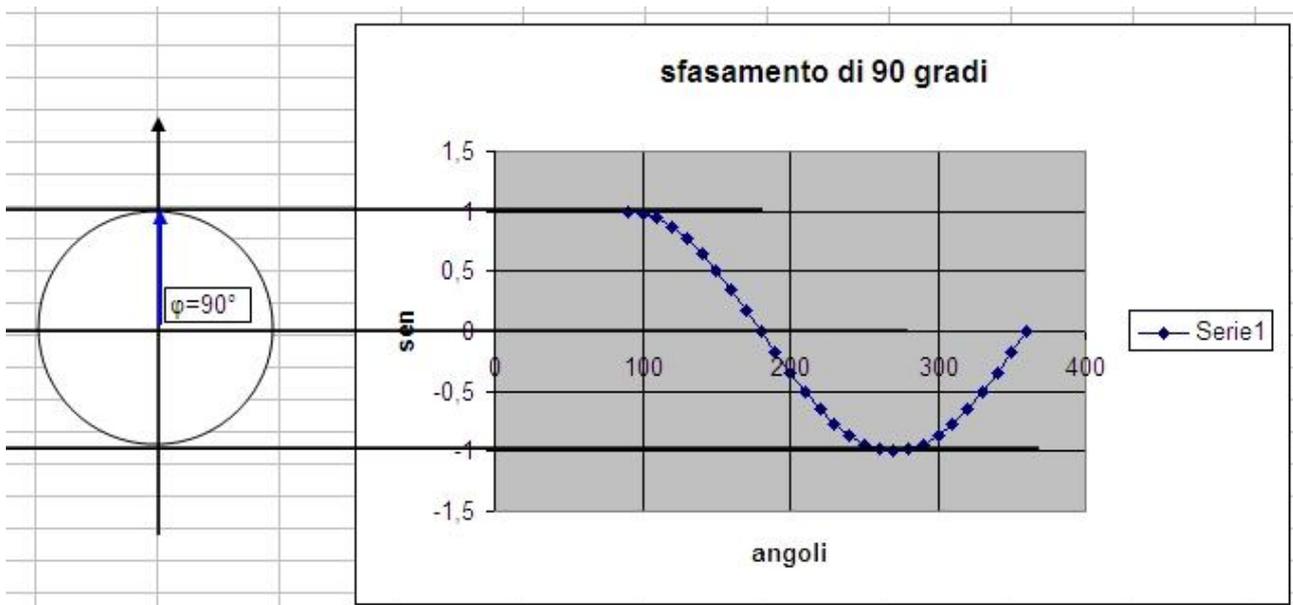
Da quest'ultimo grafico si scopre che esiste una corrispondenza biunivoca tra un vettore che ruota con velocità angolare ω e una sinusoide. In altre parole, se è noto il vettore posso costruire la sinusoide e viceversa.

Di solito si usa "fotografare" il vettore all'istante $t=0$ s

Sen $(\omega t + 30^\circ)$... $\rightarrow \varphi = 30^\circ$



$\text{Sen}(\omega t + 90^\circ) \dots \rightarrow \varphi = 90^\circ$



Il valore di A si chiama **modulo**, l'angolo φ si chiama **fase o sfasamento**.

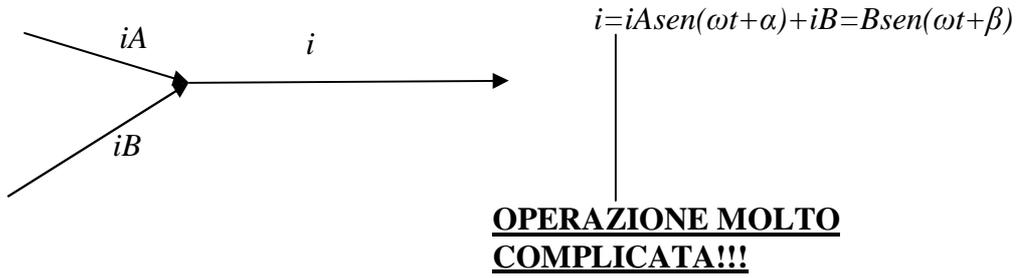
La corrispondenza biunivoca indica che le due entità sono legate assieme; nel senso che conoscendo una entità posso ricavarne l'altra e viceversa.

Questa proprietà ci permette di studiare le grandezze sinusoidali con il metodo vettoriale. È più semplice studiare le correnti alternate sinusoidali con i vettori, perchè le sinusoidi comportano operazioni trigonometriche molto complesse che con i vettori sono facilmente eseguibili.

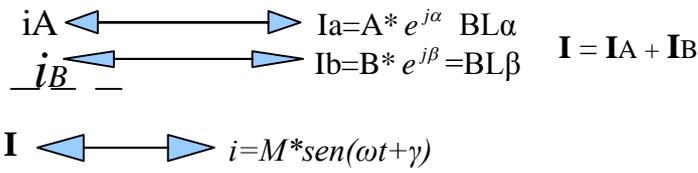
Ad esempio se dobbiamo sommare due correnti:

$$\dot{i}_A = A \sin(\omega t + \alpha)$$

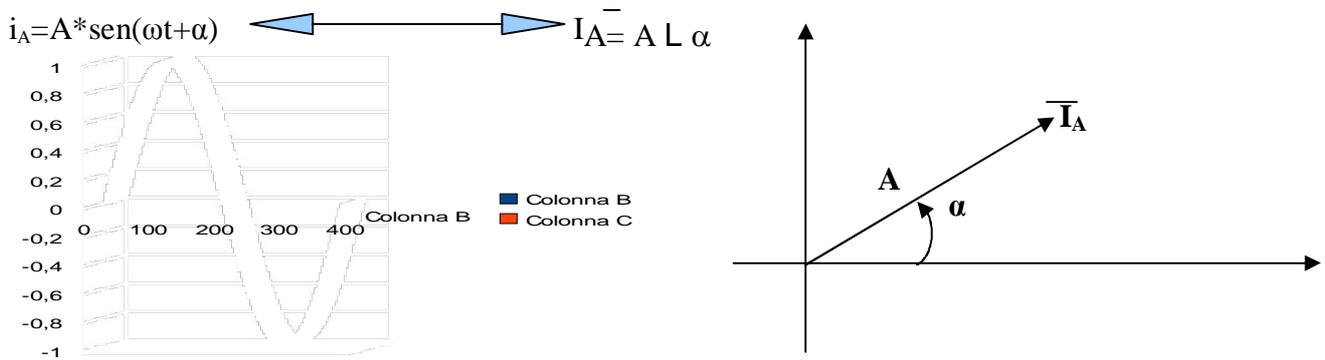
$$\dot{i}_B = B \sin(\omega t + \beta)$$



CON I VETTORI:



Nello studio delle reti elettriche in regime alternato, per semplicità di calcolo si "trasformano" le sinusoidi in vettori, si fanno i calcoli nel campo vettoriale e alla fine si trasformano i vettori calcolati in sinusoidi.



CAPITOLO III

VETTORI E NUMERI COMPLESSI:

Un vettore è agevolmente trattato con l'uso dei numeri complessi. I numeri complessi nascono dall'estrazione della radice quadrata di un numero negativo, l'operazione è la seguente:

$$\sqrt{(-1)} = j \quad j * j = j^2$$

$$ax^2 + bx + c = 0 \quad \mathbf{X}_{12} = \frac{b}{2a} + -\sqrt{\left[\frac{b^2}{4a^2} - \frac{c}{a}\right]}$$

↓

$$-\Delta \longrightarrow [\sqrt{-1}] * |\Delta|$$

$$x_{12} = \left(\frac{b}{2a}\right) + j\sqrt{|\Delta|}$$

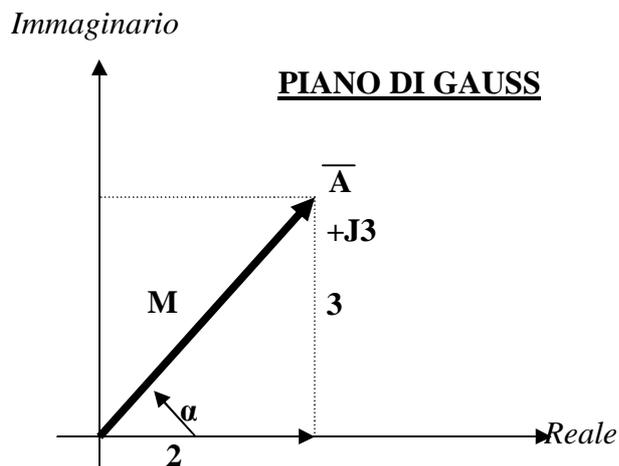
↙ ↘
reale immaginario

La porta d'ingresso ai numeri complessi è la risoluzione dell'equazione di 2° grado. Un numero complesso è formato da una parte reale più un'altra immaginaria.

$$\overline{A} = \boxed{X} + j\boxed{y}$$

↗ ↘
Parte immaginaria
Parte reale

$A = 2 + j3$



Si osserva dal disegno che un numero complesso non è altro che un vettore, per questo motivo viene anche chiamato vettore complesso. Il numero complesso è dotato di modulo e fase, che sono calcolabili con le seguenti formule.

$$M = \sqrt{[x^2 + y^2]} \text{ Applico il teorema di Pitagora !!!}$$

$$M = \sqrt{[3^2 + 2^2]} = 3,61$$

$$\varphi = \arctan\left(\frac{y}{x}\right) = 1,5$$

CAPITOLO IV

NOTAZIONE BINOMIA E NOTAZIONE POLARE

Un numero complesso può essere indicato in due modi, secondo la convenienza:

FORMA BINOMIA

O

RETTANGOLARE:

FORMA POLARE

O ESPONENZIALE

$$\bar{A}=a+jb$$

$$\bar{A}=ML\alpha=M* e^{j\alpha}$$

Dalla forma rettangolare si può passare alla forma polare e viceversa.

$$M = \sqrt{a^2 + b^2} \quad ; \quad \varphi = \arctg \left[\frac{b}{a} \right]$$

$$\bar{A}=a+jb$$

$$A=ML\alpha$$

$$a = M * \cos \alpha \quad ; \quad b = M * \sin \alpha$$

esempio:

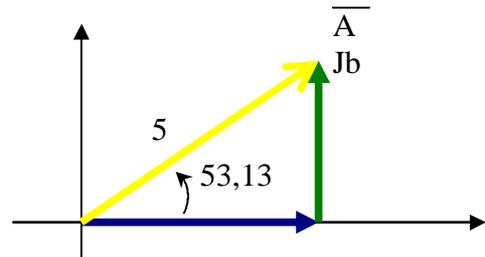
$$A=5L53,13^\circ$$

$$a=M*\cos\alpha=5*\cos(53,13^\circ)=3$$

$$b=M*\sin\alpha=5*\sin(53,15^\circ)=4$$

$$\bar{A}=3+J4$$

a



CAPITOLO V

OPERAZIONI CON I NUMERI COMPLESSI

Con i numeri complessi si possono fare tutte le operazioni matematiche esistenti. Quindi, oltre alle quattro operazioni elementari (+, -, *, /) si possono fare l'elevamento a potenza, le radici quadrate, sen, cos, tan, log, limiti, derivate, integrali, esponenziale, sen e cos iperbolici (si chiamano iperbolici perché evidentemente riguardano un' iperbole, e più precisamente alla curva definita da una catenaria, cioè da una catena appesa).

OPERAZIONI ELEMENTARI CON I NUMERI COMPLESSI

SOMMA:

La somma si esegue usando la forma rettangolare. Per la somma non è possibile usare la forma polare.

$$\bar{A} = a + j b = M \angle \alpha$$

$$\bar{B} = c + j d = M \angle \beta$$

$$\bar{S} = \bar{A} + \bar{B}$$

$$S = a + j b +$$

$$\frac{c + j d}{}$$

$$(a+c) + j(b+d)$$

esempio numerico

$$A = 3 + j4 = 5 \angle 53,13^\circ$$

$$\varphi = \arctan \left[\frac{4}{3} \right]$$

$$M = \sqrt{3^2 + 4^2}$$

$$B = 7 + j6 = 9,22 \angle 40,6^\circ$$

$$S = A + B = 3 + j4$$

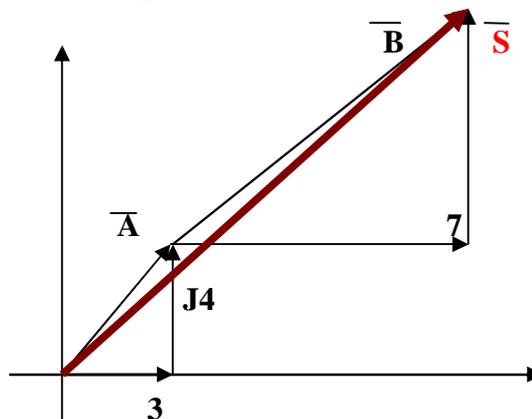
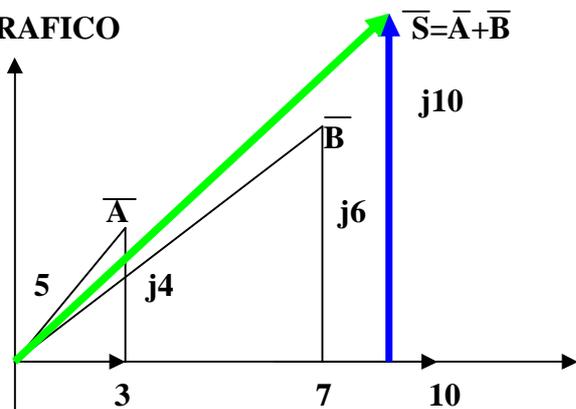
$$\frac{7 + j6}{10 + j10} = 14,1 \angle 45^\circ$$

$$A + B = 5 \angle 53,13^\circ + \frac{9,22 \angle 40,66^\circ}{14,22 \angle 93,79^\circ}$$

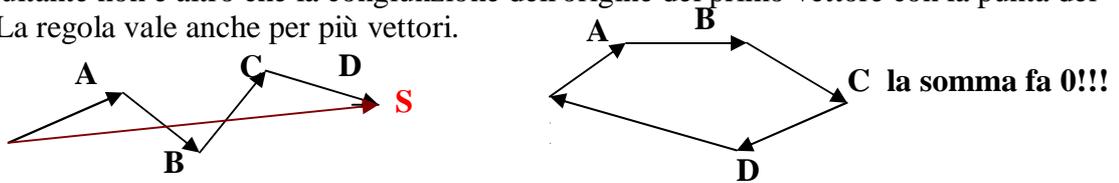


IL MODULO DELLA SOMMA NON E' UGUALE ALLA SOMMA DEI MODULI !!!!!

GRAFICO



La somma di due vettori A e B si esegue graficamente disegnando i vettori uno dietro l'altro e il vettore risultante non è altro che la congiunzione dell'origine del primo vettore con la punta del secondo. La regola vale anche per più vettori.



DIFFERENZA TRA 2 VETTORI

Anche la differenza può essere fatta solo con la forma rettangolare (non si può usare la forma polare).

$$\overline{A} = a + jb = M \angle \alpha \qquad \overline{B} = c + jd = M \angle \beta \qquad \beta = \arctan\left[\frac{d}{c}\right]$$

$$M = \sqrt{c^2 + d^2} = \text{PITAGORA}$$

$$\overline{D} = \overline{A} - \overline{B}$$

$$D = a + jb - c + jd =$$

$(a-c) + j(b-d)$
 esempio numerico:

$$\overline{A} = 3 + j4 = 5 \angle 53,13^\circ \qquad \overline{B} = 7 + j6 = 9,22 \angle 40,60^\circ$$

$$\overline{D} = \overline{A} - \overline{B} \qquad \overline{A} = 3 + j4 - \overline{B} = 7 + j6 =$$

$$-4 + j(-2) = 4,47 \angle 153,43^\circ$$

POLARE ←

Se si ha una calcolatrice: **casio S.V.P.A.M fx-82MS.**

La sequenza per eseguire quest'operazione è la seguente:

- 1) Pol(7,6)
- 2) =
- 3) 9,22
- 4) ALPHA-F
- 5) =
- 6) 40,60
- 7) ALPHA-E
- 8) =
- 9) 9,22

OPPURE, UTILIZZANDO SEMPRE UNA CALCOLATRICE: Casio S.V.P.A.M fx-82MS.

RettangolarE ←

1) Rec(5,53,13)

2) =

3) 3

4) ALPHA-F

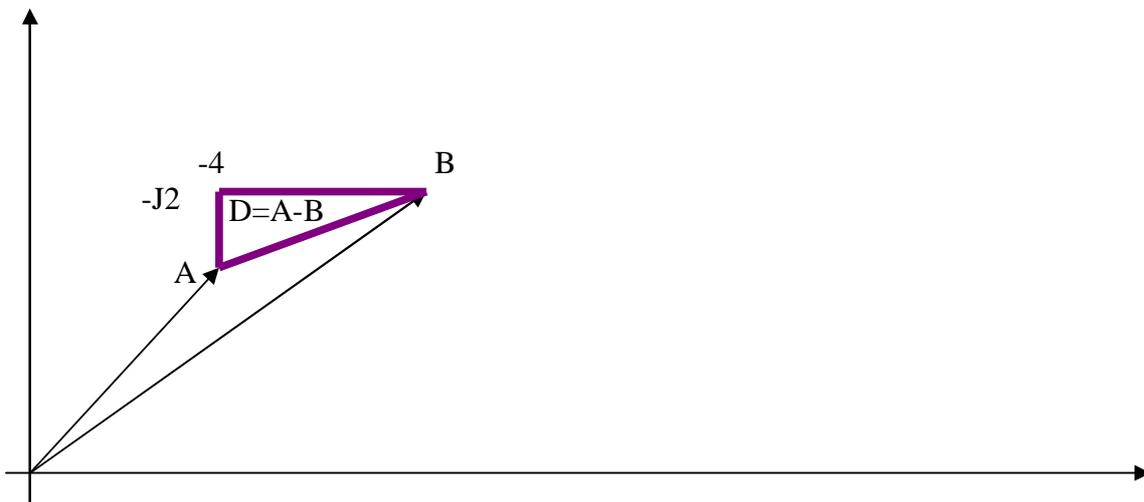
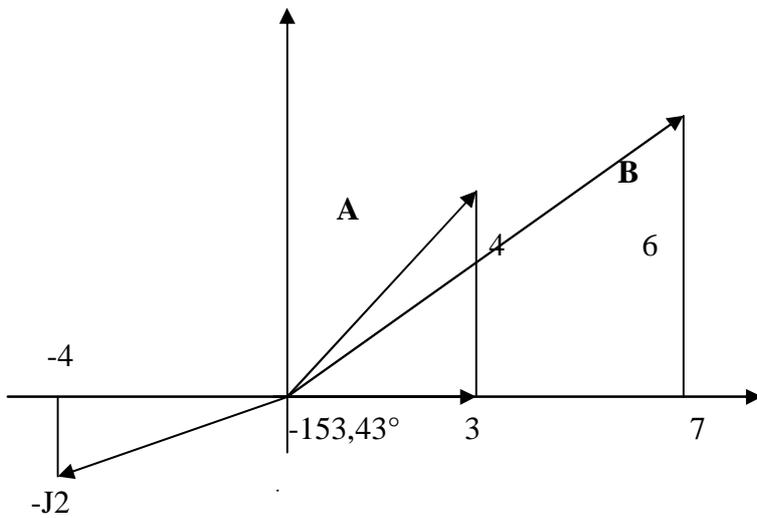
5) =

6) 4

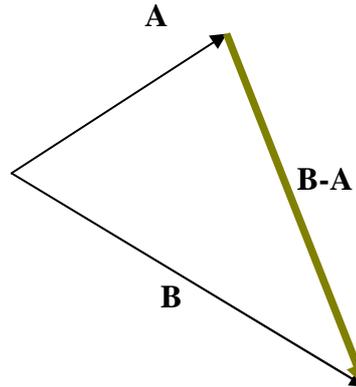
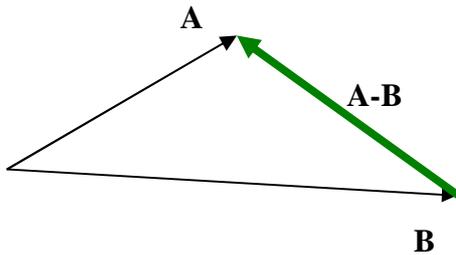
7) ALPHA-E

8) =

9) 3



La differenza tra due vettori è quel vettore che unisce le punte dei due vettori (aventi la stessa origine) e che mostra il primo vettore considerato nella differenza.



PRODOTTO TRA DUE VETTORI:

Il prodotto di due numeri complessi può essere eseguito sia in forma binomia sia in forma polare. Vedremo che, operativamente, è più veloce la forma polare. Pertanto ogni qual volta che dobbiamo eseguire il prodotto useremo la forma polare.

1) **PRODOTTO IN FORMA BINOMIA POLARE**

$$\begin{aligned}
 A &= a+jb = MA \angle \alpha \\
 B &= c+jd = MB \angle \beta \\
 P &= A * B \\
 &= (a+Jb) * (c+jd) \\
 &= a*c + J ad + J bc + j^2 bd \\
 &= a*c + j(ad+bd) - bd \\
 &= (a*c - b*d) + j(ad+bc)
 \end{aligned}$$

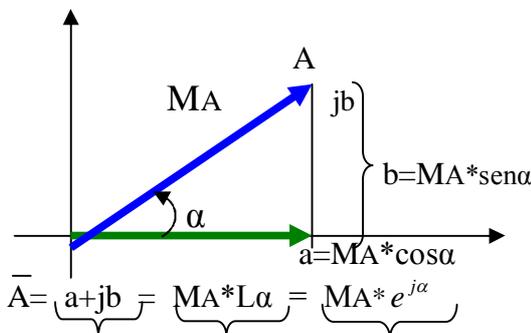
2) **PRODOTTO IN FORMA POLARE CON EULERO**

Per eseguire il prodotto con la forma polare bisogna prima conoscere la formula di Eulero.

$$\begin{aligned}
 \cos\alpha + j\sin\alpha &= e^{j\alpha} \\
 \cos\pi + j\sin\pi &= e^{j\pi} \\
 \underbrace{\cos\pi}_{-1} + \underbrace{j\sin\pi}_0 &= e^{j\pi} \\
 -1 &= e^{j\pi}
 \end{aligned}$$

La formula di Eulero si estende nella trasformazione da rettangolare a polare come segue:

$$A = a+jb = MA * \cos\alpha + jMA * \sin\alpha = MA * (\cos\alpha + j\sin\alpha) = MA * e^{j\alpha} \quad \longrightarrow \quad A = MA * e^{j\alpha}$$



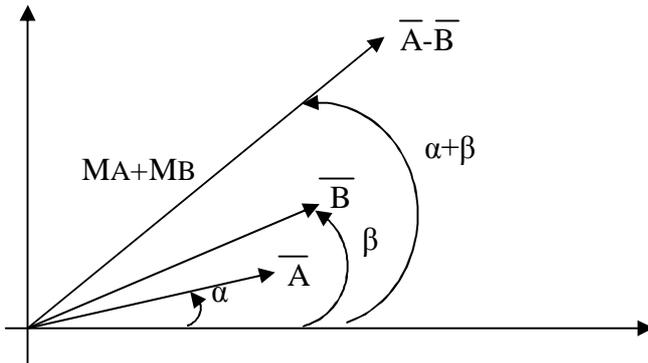
$\underbrace{A = a+jb}_{\text{forma binomia o rettangolare}} = \underbrace{MA * L\alpha}_{\text{forma polare}} = \underbrace{MA * e^{j\alpha}}_{\text{forma esponenziale o polare}}$

Ora possiamo eseguire il prodotto di due numeri complessi in forma polare.

$$\begin{aligned} \overline{A} &= MA * e^{j\alpha} \\ \overline{B} &= MB * e^{j\beta} \end{aligned} \quad \longrightarrow \quad \begin{aligned} \overline{P} &= \overline{A} * \overline{B} \\ &= [(MA * e^{j\alpha}) * (MB * e^{j\beta})] \text{ (Proprietà delle potenze...somma degli} \\ &= (MA * MB) * e^{j(\alpha+\beta)} \text{ esponenti)} \end{aligned}$$

REGOLA DEL PRODOTTO:

Il prodotto si trova in forma polare, moltiplicando i moduli e sommando gli angoli.



QUOZIENTE DI DUE NUMERI COMPLESSI:

Anche la divisione si esegue più facilmente in forma polare ma può essere fatta anche in forma rettangolare.

$$A = MA * e^{j\alpha} = a + jb$$

$$B = MB * e^{j\beta} = c + jd$$

$$\overline{Q} = \frac{\overline{A}}{\overline{B}} = \left[\frac{MA * e^{j\alpha}}{MB * e^{j\beta}} \right] = \left[\frac{MA}{MB} \right] * e^{j(\alpha-\beta)}$$

Da questi passaggi si ricavano anche le regole della divisione.

Per dividere due numeri complessi basta eseguire la divisione dei moduli e la sottrazione degli angoli. In elettrotecnica e in controlli è molto usata la **legge di Ohm**.

$$\overline{Z} = \overline{V/I} \quad \left. \begin{array}{l} v = V * \text{sen}(\omega t + \alpha) \\ i = I * \text{sen}(\omega t + \beta) \end{array} \right\} v/i = (V * \text{sen}(\omega t + \alpha)) / (I * \text{sen}(\omega t + \beta))$$

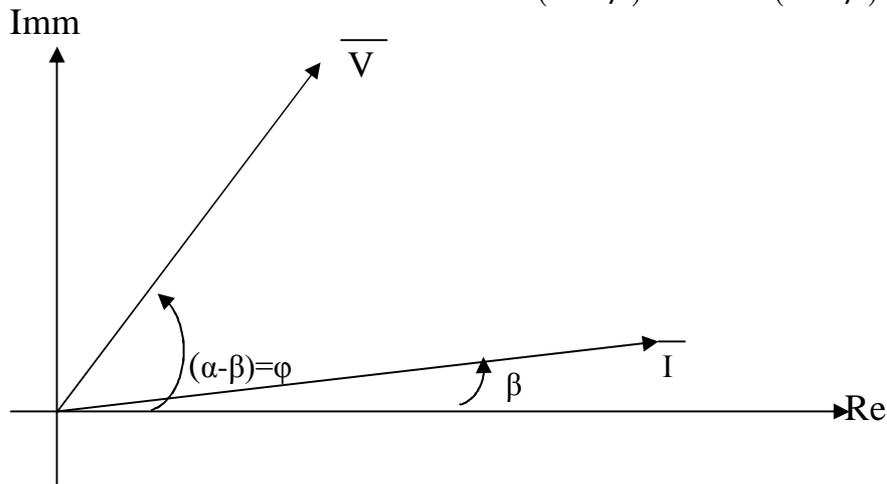
$$Z = \left(\frac{V}{I} \right) = \left(\frac{V * e^{j\alpha}}{I * e^{j\beta}} \right) = \left[\frac{V}{I} * e^{j(\alpha-\beta)} \right] = Z * e^{j\varphi}$$

OSSERVAZIONE: la legge di Ohm dal campo vettoriale si estende dal campo dei moduli.

$$\overline{Z} = \overline{V/I} \text{ Legge di Ohm dei moduli (sono i valori massimi delle sinusoidi)}$$

Per quanto riguarda l'angolo dell'impedenza è evidente che esso è lo sfasamento fra tensione e corrente:

$$\frac{V}{I} = \frac{V * \text{sen}(\omega t + \alpha)}{I * \text{sen}(\omega t + \beta)} = Z * \frac{\text{sen}(\omega t + \alpha)}{\text{sen}(\omega t + \beta)}$$



Quoziente eseguito in forma binomia: il quoziente può essere calcolato anche in forma binomia ma i calcoli sono molto più lunghi.

$$A = a + jb$$

$$B = a + jd$$

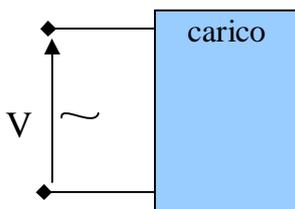
$$Q = A/B = (a + jb)/(a + jd) = \frac{[(a + jb) * (c - jd)]}{[(c + jd) * (c - jd)]}$$

$$= \frac{ac + bd}{Mb^2} + j \frac{bc - ad}{Mb^2}$$

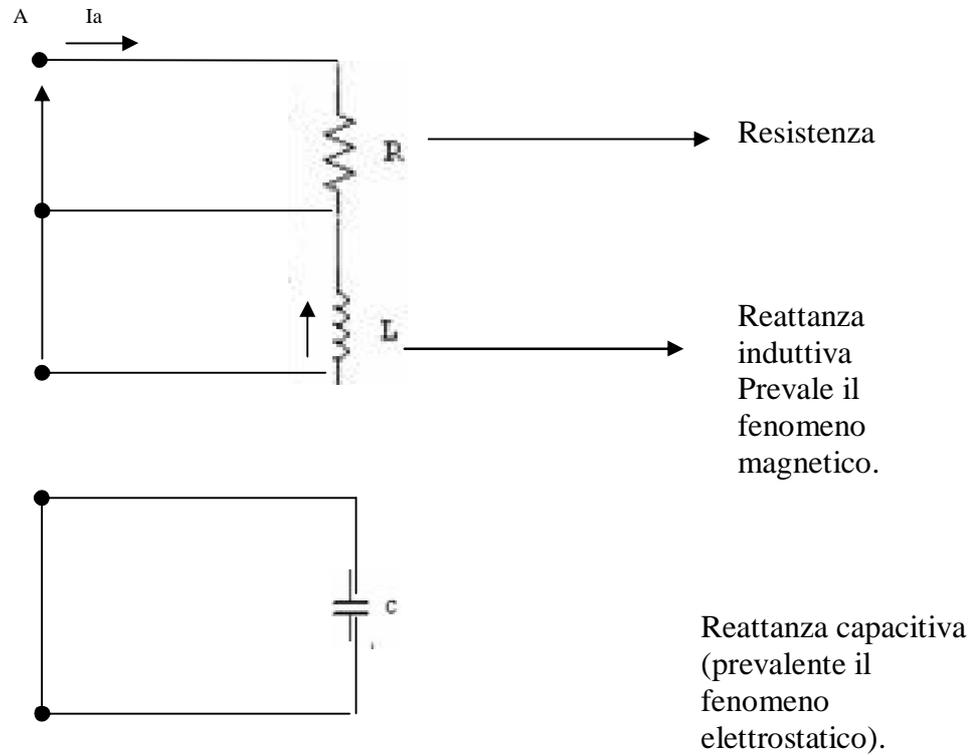
Reti elettriche monofase

IMPEDENZE IN SERIE E IN PARALLELO:

In corrente alternata i carichi, oltre ad offrire una parte resistiva, mostrano una parte reattiva dovuta a fenomeni di natura elettromagnetica che avvengono all'interno del carico.



CIRCUITO EQUIVALENTE:



La reattanza (sia induttiva che capacitiva) si misura in Ohm come la resistenza. Valgono le seguenti formule:

$$Xl = \omega * L \qquad x_c = \frac{1}{\omega c} = \frac{1}{2\pi f c}$$

Si dimostra matematicamente (noi non possiamo farlo) che l'impedenza si ricava con la seguente formula:

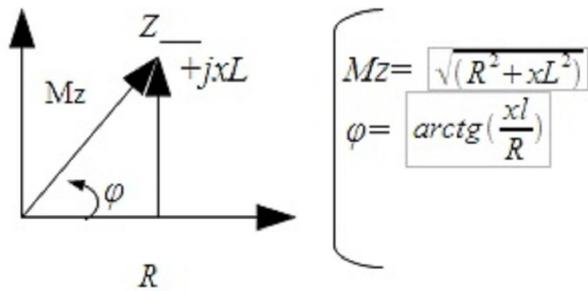
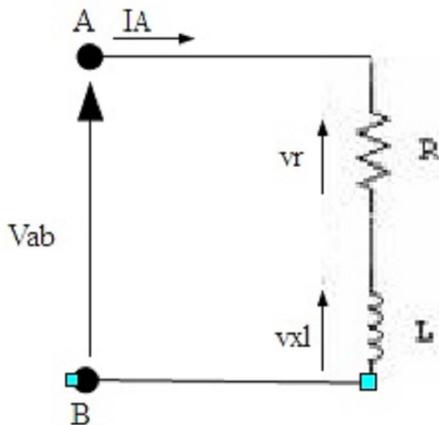
$$z = R + jxL \qquad z = R - jxC$$

INDUTTIVA

CAPACITIVA

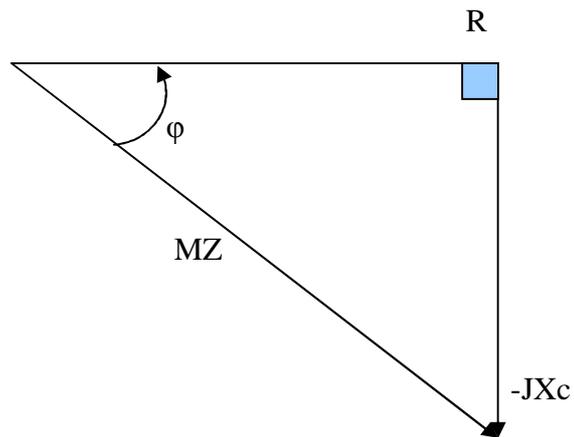
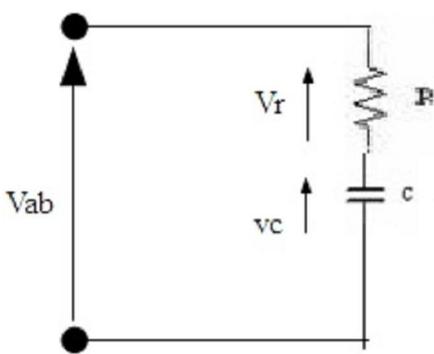
Cioè l'impedenza è un numero complesso.

DEFINIZIONE DI IMPEDENZA



$$\bar{Z} = R + jxL = (Mz * e^{j\varphi}) = Mz \angle \varphi$$

TRIANGOLO DELL'IMPEDENZA

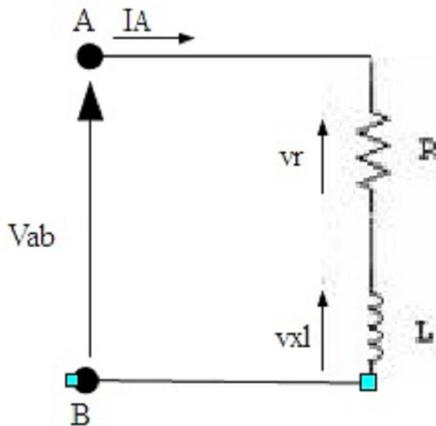


$$Mz = \sqrt{R^2 + xc^2} \quad \varphi = \arctan\left(\frac{-xc}{R}\right)$$

$$Z = R - jxc = Mz * e^{j\varphi} = Mz \angle -\varphi$$

1) Es.: un motore elettrico presenta una parte resistiva di 4Ω e una parte induttiva di 22mH .
 Determinare l'impedenza equivalente del motore, inoltre sapendo che la corrente assorbita è 2A ,
 determinare la tensione applicata al motore e le sue tensioni interne.

TRIANGOLO DELL'IMPEDEZZA E DELLE TENSIONI

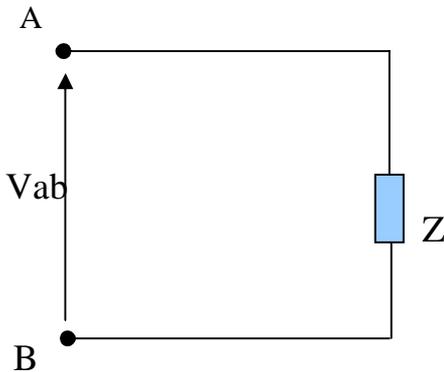


Dati:
 $R=4\Omega$
 $L=22\text{mH}$
 $I_a=2\text{L}0^\circ$
Trovare:
 $x_l, z, V_{ab}, V_r, V_{xl}$

Soluzione:

$$x_l = \omega L = 314 * 22 * 10^{-3} = 6,908 = 7\Omega$$

$$Z = R + jx_l = 4 + j7 = 8\text{L}60^\circ\Omega$$



$$V_{ab} = Z * I_a = \text{siccome è un prodotto dovrò usare la forma polare: } 8\text{L}60^\circ * 2\text{L}0^\circ = 16\text{L}60^\circ = V_{ab} = 8 + j14\text{V}$$

$$V_r = R * I_a = 4\text{L}0^\circ * 2\text{L}0^\circ = 8\text{V}$$

$$V_{xl} = x_l * I_a = 7\text{L}90^\circ * 2\text{L}0^\circ = 14\text{L}90^\circ = j14$$

osservazione:

$$V_{ab} = 16\text{L}60^\circ = 8 + j14$$

$$V_r = 8$$

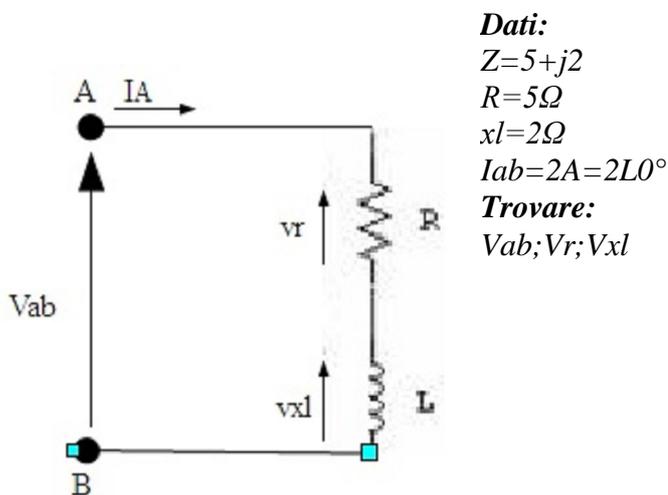
$$V_{xl} = j14$$

$$V_{ab} = V_r + jV_{xl}$$

Si osserva che la parte reale della tensione è V_r e la parte immaginaria è V_{xl} . Quest'osservazione viene posta in evidenza anche dal grafico.



2)Es.: Data l'impedenza $Z=5+j2$, calcolare le tensioni $V_r;V_{xl};V_{ab}$ sapendo che la corrente che l'attraversa vale 2A. Disegnare il grafico dell'impedenza e delle tensioni.



Dati:
 $Z=5+j2$
 $R=5\Omega$
 $x_l=2\Omega$
 $I_{ab}=2A=2L0^\circ$
Trovare:
 $V_{ab};V_r;V_{xl}$

Soluzione:

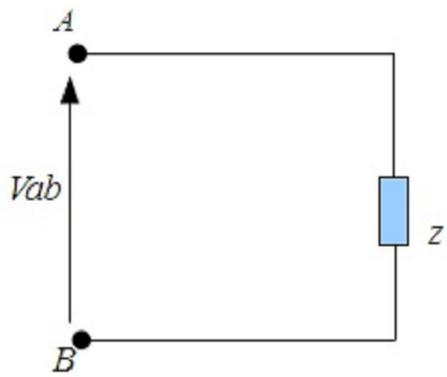
$$Z=5+j2=5,385L21,80^\circ$$

$$V_{ab}=5L21,80^\circ \cdot 2L0^\circ=10,72L21,80^\circ=9,999+j3,999V$$

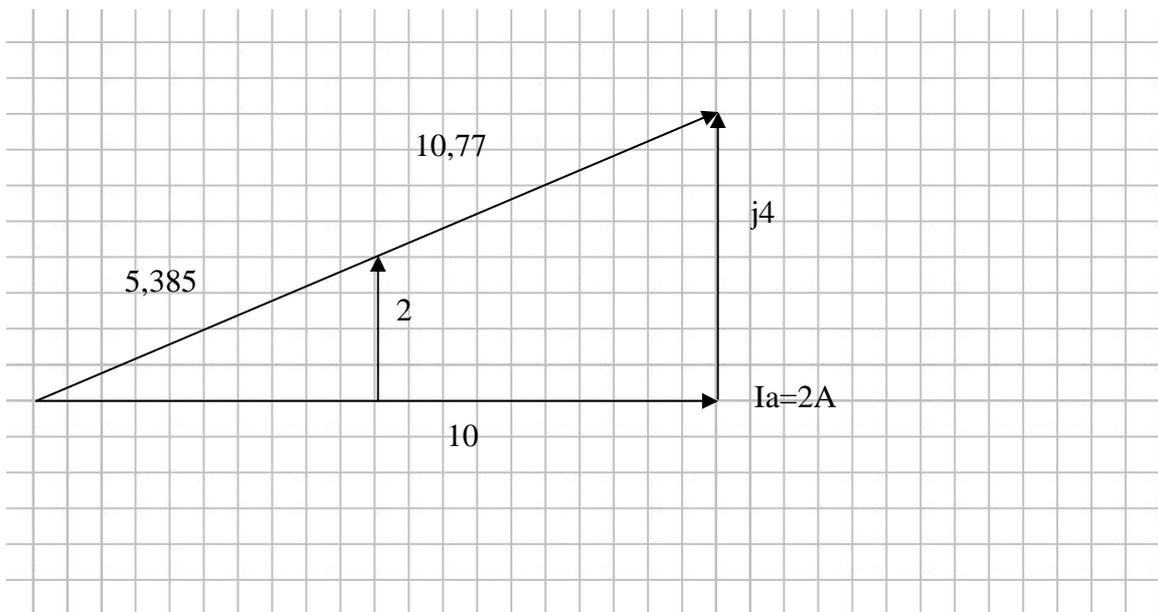
$$V_r=R \cdot I_a=5L0^\circ \cdot 2L0^\circ=10L0^\circ=10V$$

$$V_{xl}=2L90^\circ \cdot 2L0^\circ=4L90^\circ=4V$$

$$V_{ab}=V_r+jV_l=10+j4V$$



TRIANGOLO DELL'IMPEDENZA E DELLE TENSIONI



$$Z = R + jX = ZL\varphi/I$$

$$Z \cdot I = R \cdot I + jXL = Z \cdot IL\varphi + 0^\circ$$

$$V_{ab} = V_r + jV_L = V_{ab}L\varphi/I$$

CALCOLO DELLE POTENZE:

triangolo dell'impedenza, delle tensioni e della potenza di un'impedenza R-L

$V \cdot I = S$ (potenza apparente) $V_r \cdot I = P$ (potenza attiva) $V_L \cdot I = Q$ (potenza reattiva)

$S = [VA]$

$P = [W]$

$Q = [VAR]$

$S = P + jQ = S L \phi$

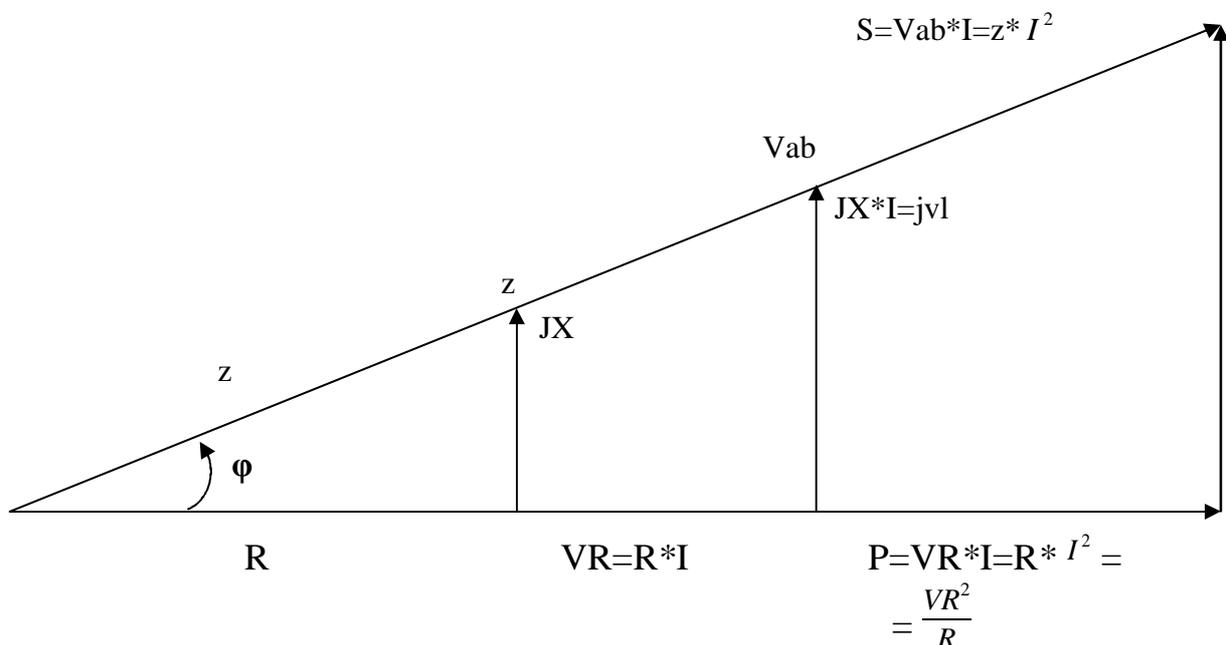
$Z = 5 + j2 = 5,385 \angle 21,8/2 = \text{TRIANGOLO DELLE } Z$

$Z \cdot I = 5 \cdot 2 + j2 \cdot 2 = 5,385 \cdot 2 \angle 21,8 + 0$

$V_{ab} = 10 + j4 = 10,77 \angle 21,8 = \text{TRIANGOLO DELLE TENSIONI}$

$V_{ab} \cdot I = 10 \cdot 2 + j4 \cdot 2 = 10,77 \cdot 2 \angle 21,8 + 0^\circ$

$S = 20 + j8 = 21,54 \angle 21,8 = \text{TRIANGOLO DELLE POTENZE}$



La potenza P, che si misura in Watt, è l'unica a sviluppare lavoro utile e, se non sviluppa lavoro, sviluppa calore.

La potenza Q rappresenta la potenza elettromagnetica accumulata nel dispositivo. E' una potenza che non può essere utilizzata pertanto si cerca di tenerla piccola; è positiva e si misura in [VAR] volt, ampere, reattivi.

L'annullamento di Q o il suo segno negativo possono innescare fenomeni di risonanza che possono danneggiare, oltre al carico stesso, anche la rete elettrica che lo alimenta.

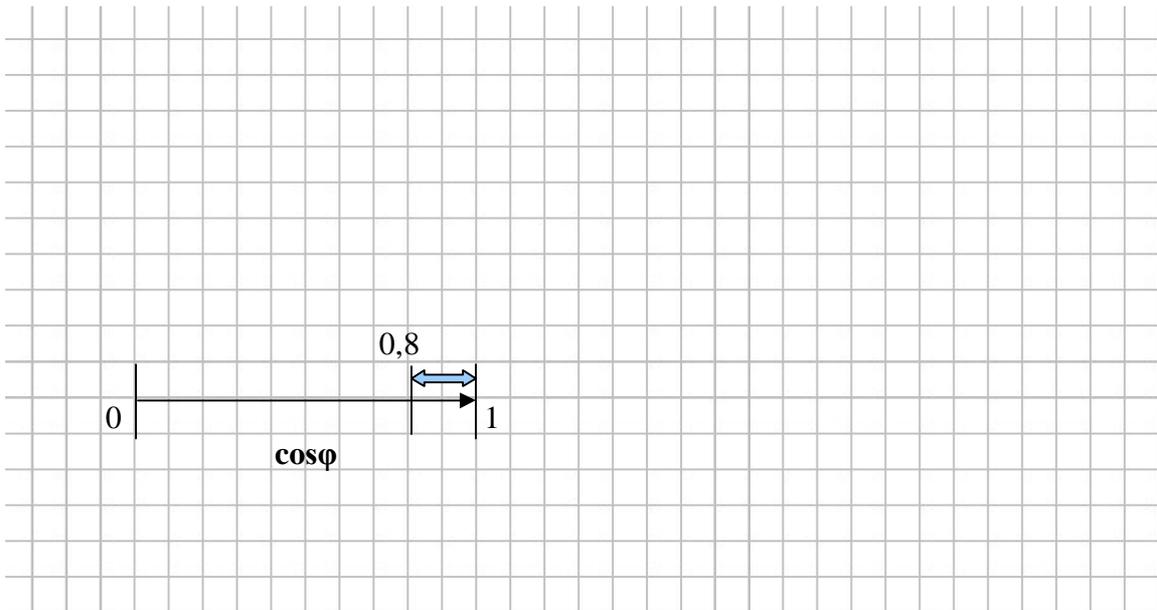
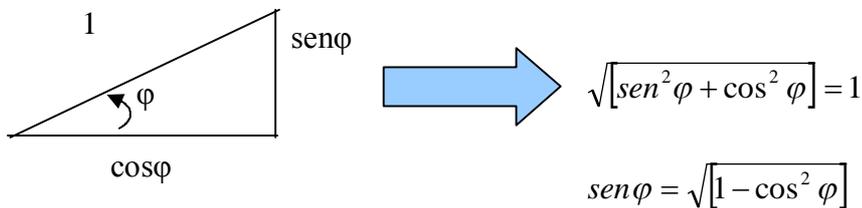
CAPITOLO VII

FATTORE DI POTENZA

$S=P+J=SL\varphi$ PARTENDO DAL TRIANGOLO DELLE POTENZE, SI POSSONO SCRIVERE LE SEGUENTI FORMULE:

$$V_{ab} \cdot I \longrightarrow P = S \cdot \cos\varphi \quad \text{Fattore di potenza}$$
$$Q = S \cdot \sin\varphi$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad \varphi = \arctan \frac{Q}{P} \quad \cos\varphi = \frac{P}{S} \quad \cos\varphi = \frac{P}{V_{ab} \cdot I}$$

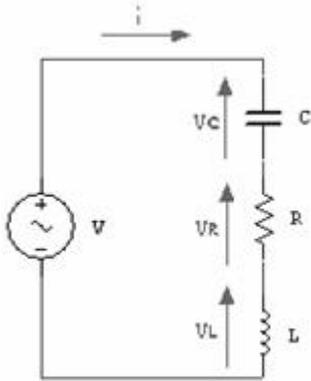


Per tutti i carichi elettrici si tenta di tenere il fattore di potenza (f.d.p.) compreso tra 0,8 e 1. In questo modo ci si assicura una piccola potenza Q come abbiamo scritto prima. Quando il carico non presenta il fattore di potenza richiesto (tra 0,8 e 1), bisogna praticare un rifasamento. Se in una rete elettrica i carichi sono a norma, si può assumere in linea di massima un $\cos\varphi$ 0,8 in mancanza di dati. Mentre nel caso in cui un carico presenta un $\cos\varphi$ al di fuori della banda (0,8-1), allora il carico deve essere rifasato e il valore di rifasamento viene posto a $\cos\varphi$ 0,9.

CAPITOLO VIII

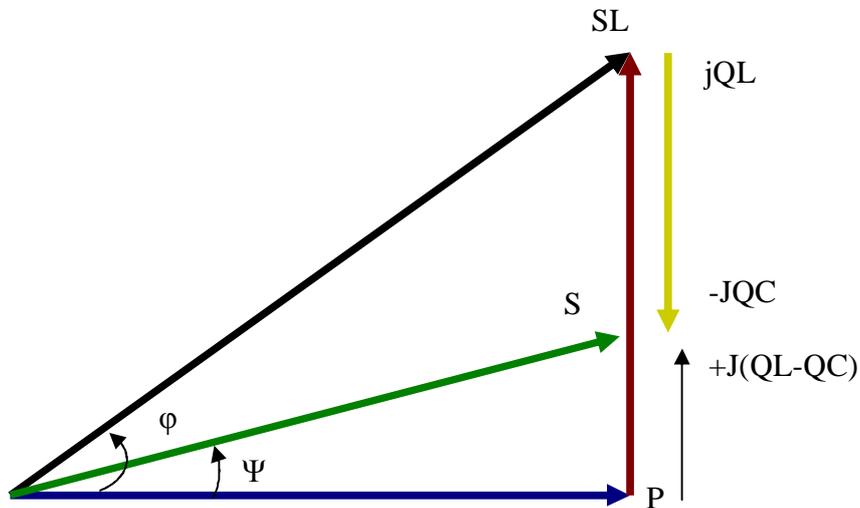
RIFASAMENTO

si tratta di inserire un condensatore in serie o in parallelo al carico R-L



$$S = P + jQL - jQC = P + j(QL - QC)$$

IN QUESTO MODO IL CARICO VIENE RIFASATO A VALORI NORMALI



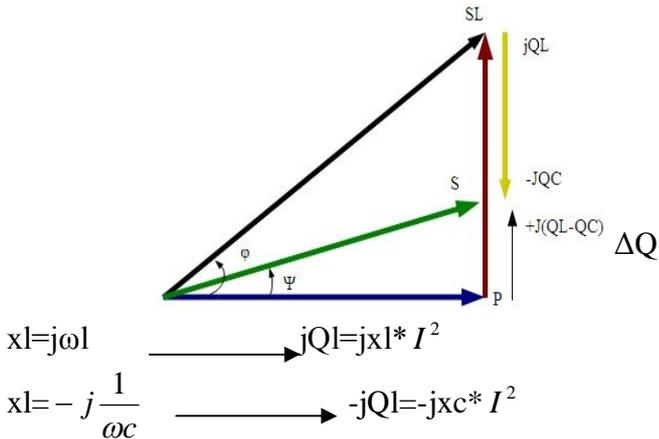
$$S = P + jQL - jQC = P + j(QL - QC)$$

Se il fattore di potenza del carico sta al di fuori della banda, allora significa che l'angolo φ della z è più grande di 36° , pertanto per portare fuori il fattore di potenza dall'interno della banda bisogna diminuire l'angolo. Questa operazione si chiama rifasamento. Il rifasamento è effettuato aggiungendo un condensatore, o in serie o in parallelo al carico. Nella pratica il condensatore è messo in parallelo.

CALCOLO DEL CONDENSATORE DA PORRE IN SERIE:

Il classico problema è il seguente: dato un carico con fattore di potenza $\cos\varphi$, si calcoli il valore del condensatore da porre in serie e da porre in parallelo in modo da portare il fattore di potenza a $\cos\Psi$. La soluzione del problema si trova analizzando il triangolo delle potenze.

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{QL}{P} \quad \operatorname{tg}\Psi = \frac{\Delta Q}{P}$$

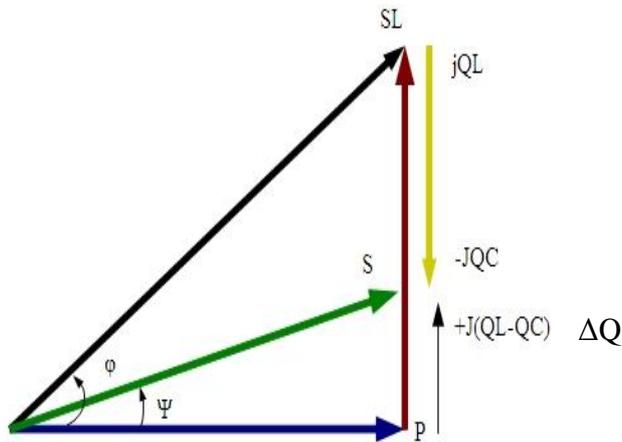
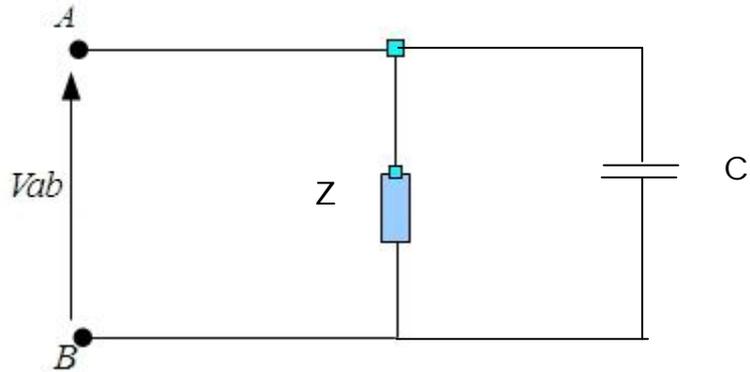


$$Q_c = \frac{1}{\omega c} * I^2 \quad Q_c = Q_l - \Delta Q \quad Q_l = P * \operatorname{tg}\varphi \quad \Delta Q = P * \operatorname{tg}\Psi$$

$$\left(\frac{I^2}{\omega C} \right) = P * \operatorname{tg}\varphi - P * \operatorname{tg}\Psi$$

Questa formula ci dà il valore del condensatore da porre in serie all'impedenza z da rifasare. Nella maggior parte dei casi si usa un condensatore in parallelo.

CALCOLO DEL CONDENSATORE IN PARALLELO:



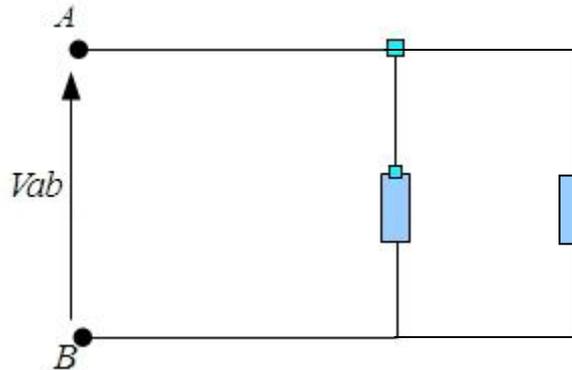
$$Q = XL * I^2 = \frac{VI}{X} \quad Q_c = \frac{V_{ab}^2}{x_c} = Q_c = \frac{V_{ab}}{\frac{1}{\omega c}} = Q_c = \omega c * V_{ab}^2$$

$$\left. \begin{array}{l} Q_c = \omega c * V_{ab} \\ Q_c = Q_l - \Delta Q \\ Q_l = P * \operatorname{tg} \varphi \\ \Delta Q = P * \operatorname{tg} \Psi \end{array} \right\} \begin{array}{l} \omega c * V_{ab}^2 = P * \operatorname{tg} \varphi - P * \operatorname{tg} \Psi \\ C_p = \frac{P * (\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \Psi)}{\omega * V_{ab}^2} \end{array}$$

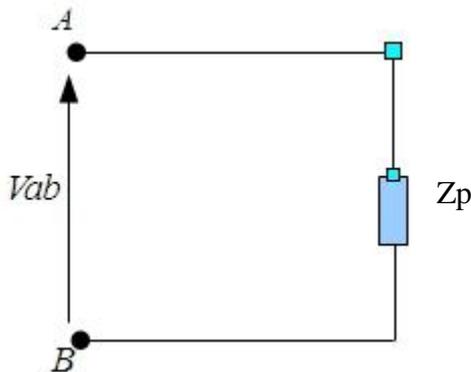
Questa è la formula del condensatore posto in parallelo al carico che lo rifasa da $\cos \varphi$ a $\cos \psi$.
 È possibile porre il condensatore in parallelo poiché più semplice dal punto di vista dell'inserzione,
 e perché il carico lavora sempre con la stessa V_{ab} .

CAPITOLO IX

PARALLELO DI DUE IMPEDENZE



DATI: $Z_1; Z_2; V_{ab}$ **TROVARE:** $Z_p; I_a; I_1; I_2 (P; Q; S) I_{e2}, P$



Due o più impedenze sono in parallelo quando hanno la medesima tensione ai loro capi.

$$\Leftrightarrow V_{ab} = Z_p \cdot I_a$$

$$\frac{I_a}{Z_p} = \frac{1}{Z_p}$$

L'impedenza equivalente del parallelo si trova applicando la legge di Ohm e con i seguenti passaggi matematici.

Dal primo disegno: $V_{ab} = Z_p \cdot I_a \longrightarrow \frac{I_a}{Z_p} = \frac{1}{Z_p}$

$$V_{ab} = Z_1 \cdot I_1 \longrightarrow I_1 = \frac{1}{Z_1} \cdot V_{ab}$$

$$V_{ab} = Z_2 \cdot I_2 \longrightarrow I_2 = \frac{1}{Z_2} \cdot V_{ab}$$

$$I_1 + I_2 = \frac{1}{Z_1} \cdot V_{ab} + \frac{1}{Z_2} \cdot V_{ab}$$

$$I_a = \left(\frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} \right) \cdot V_{ab} / V_{ab}$$

$$\frac{I_a}{V_{ab}} = \frac{1}{Z_p} \longrightarrow \frac{1}{Z_p} = \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} \longleftarrow \frac{I_a}{V_{ab}} = \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2}$$

OSSERVAZIONE 1: Il della impedenza equivalente (z_p) è uguale alla somma dei singoli reciproci.

OSSERVAZIONE 2: Il reciproco di una impedenza si chiama AMMETTENZA $Y = \frac{1}{z}$

In termini di ammettenza vale la relazione: $y_p = y_1 + y_2 \dots$

La formula con le ammettenze è facilmente estendibile per n utilizzatori collegati in parallelo.

$$Y_p = Y_1 + Y_2 \dots Y_n$$

OSSERVAZIONE 3: Nel caso di sole 2 impedenze si potrà applicare anche la seguente formula.

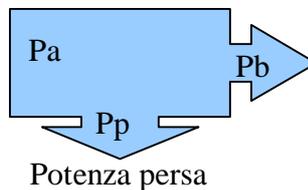
$$Y_p = Y_1 + Y_2 \longrightarrow \frac{1}{Z_p} = \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} = \frac{Z_1 + Z_2}{Z_1 * Z_2} = Z_p = \frac{Z_1 * Z_2}{Z_1 + Z_2} = Z_p = \frac{Z_x}{Z_s}$$

CAPITOLO X

LINEE ELETTRICHE

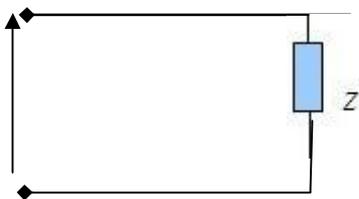
Una linea elettrica è un sistema conduttore che porta l'energia elettrica da un punto A ad un punto B.

Fig.1



Nella conduttura possiamo trovare da un minimo di due cavi ad un massimo di cinque cavi. Nelle linee di alta tensione, in media il numero di cavi è tre. Consideriamo il caso più semplice di due cavi che poi si estenderà a tutti gli altri casi.

Il circuito elettrico equivalente alla fig. 1 è il seguente:



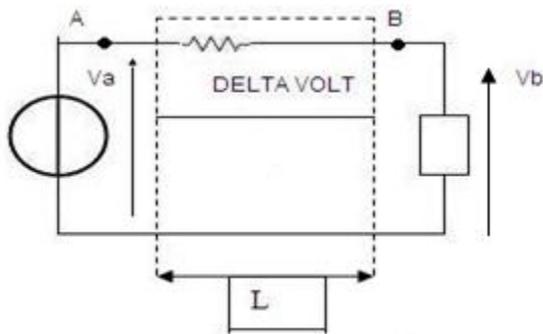
R_l = resistenza di linea.

Ogni filo elettrico di lunghezza L offre una resistenza R_l che si calcola con la seguente formula:

$$R_l = \rho * \frac{l}{s}$$

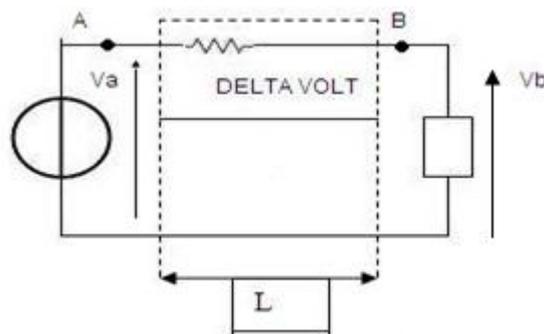
La linea elettrica offre una resistenza pari a $2R_l$ perché comprende il filo d andata e di ritorno.

Pertanto nel caso di linea (a due fili per convenzione) $Rl = \rho * \frac{l}{s}$ e il circuito equivalente è quello di figura 3.



Il punto A è il punto di partenza, da esso parte una tensione V_a e parte una potenza P_a . Il punto B è il punto di arrivo. In tale punto misuriamo una tensione di arrivo V_p e una potenza di arrivo P_a . Durante il tragitto in linea da A a B si perde una potenza P_p e una tensione Δv . La tensione persa è chiamata caduta di tensione in linea. Il parametro normalizzato, che ha la seguente formula $(\Delta v/V_n)*100$, è chiamato caduta percentuale di tensione in linea e viene indicato con il simbolo $\Delta v\%$.

La tensione % normalmente per legge deve essere inferiore al 4% per basse tensioni e al 5% per medie ed alte tensioni.



Si definisce rendimento della linea $\eta = P_u/P_a = <1$ solo nel caso in cui la P_p risulta essere 0w, allora dal bilancio energetico risulta $P_u = P_a$ e quindi $\eta = 1$.

Per avere $P_p = 0$ dovremmo avere anche $Rl = 0$, purtroppo non esistono materiali con $Rl = 0$, quindi $Rl > 0; P_p > 0; \eta < 1$ sempre. Il numero η ci dà informazione sulla bontà della linea, ovvero tanto più η si avvicina ad 1 tanto più buona è la linea.

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} = \frac{R_c * I_a^2}{(R_c + Rl)} = \frac{R_c}{Rl + R_c}$$

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} = \frac{P_a - P_p}{P_a} = \frac{P_a}{P_a} - \frac{P_p}{P_a} = 1 - \frac{P_p}{P_a} = \frac{Rl}{Rl + R_c} = 1 - \frac{Rl}{P_a}$$

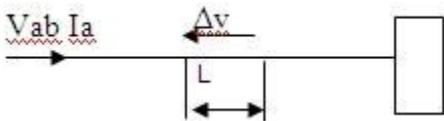
CAPITOLO XI

DIMENSIONAMENTO DI UNA LINEA

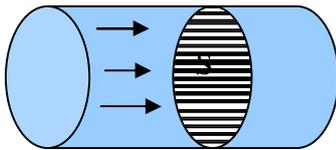
Abbiamo visto che la linea offre una $\Delta v\%$ (caduta di tensione in linea); le norme CEI impongono una caduta massima del 4% per le linee in bassa tensione.

Nasce dunque il problema di cambiare la linea con un'altra che sia a norma. La scelta di una linea a norma implica il problema del suo dimensionamento. Dimensionare una linea vuol dire calcolare la sezione del cavo che in corrispondenza provochi una caduta di tensione inferiore al 4%. Si osserva che la sezione è legata alla caduta tramite la seguente formula:

$$\Delta V = Rl * I_a = 2 * \rho * \frac{L}{S} * I_a$$



Da quest'ultima formula si osserva che per diminuire la Δv (cioè per combinarla sotto i valori del 4%) posso agire solo sulla sezione del cavo.



Il numero I_a non si può cambiare perché esso dipende dal carico (il carico ha bisogno di una certa I_a per funzionare bene); il numero L non può variare in quanto dipende dal tragitto che deve fare l'energia per arrivare al carico. Il parametro ρ dipende dal materiale conduttore che solitamente è il rame, quindi ρ è un numero fissato: pertanto l'unico parametro che posso cambiare è S . Per questo, dimensionare la linea vuol dire determinare il giusto valore di S che rende $\Delta v\% < 4\%$.

Il metodo matematico è molto complicato, per cui si usa procedere utilizzando delle apposite tabelle, in particolare la tabelle CEI UNEL 35023.

Nel caso di linee "corte" (<100mt) si usa una tabella semplificata che è la seguente.

Ia	Smmq
5	1,5
FINO A 10A	1,5
16A	2,5
25A	4
36A	6
50A	10
75A	16
100A	35

$$S = \pi * \frac{D^2}{4} \quad D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}}$$

Le sezioni sono quelle che si trovano in commercio. La sezione e la Δv sono inversamente proporzionali, pertanto se con le formule matematiche calcolo una sezione, ad esempio 8mmq e questa sezione determina il 4%, allora sono costretto a comprare la sezione da 10mmq, perché aumentando la sezione diminuisco la Δv .

I valori di correnti scritti in tabella sono valori nominali che corrispondono anche ai valori degli interruttori automatici che si trovano in commercio. L'interruttore automatico chiamato anche magneto-termico è installato a capo della linea per proteggere la linea stessa.

LINEA	In (A)	Sn (mmq)	Pn a 220v (w)
LINEA LUCE	10	1,5	2200
LINEA PRESE	16	2,5	3500
LINEA CALDAIA	10	1,5	2200
LINEA FRIGO	16	2,5	3500
L.ASCENSORE	50	10	11kw
L.FORNO	75	16	16,5kw

Metodo per tentativi:

$$L = \frac{\Delta V\% * 10 * Vn}{\Delta U * In}$$

$$Ia=32,02=In=36$$

$$Vab=220v=Vn=220v$$

$$\Delta v\%=4\%$$

$$L=200mt$$

$$S=?$$

Svolgimento:

$$1) \text{ sez } S=6mmq$$

$$L=40,07$$

$$2) \text{ sez } S=10mmq$$

$$L=65m$$

$$3) \text{ sezione } S=16mmq$$

$$L=102$$

$$4) \text{ SEZIONE } S=35mmq$$

$$L=212m \text{ questa la posso utilizzare.}$$

**ISIS NAUTICO
“TOMASO DI SAVOIA DUCA DI GENOVA”
TRIESTE**

**LEZIONI DI ELETTROTECNICA
ELETTRONICA E CONTROLLI**

**CLASSI QUINTE
CAPITANI E MACCHINISTI**

Prof. A. Pascutti

**A cura di Alessio Glavina,
classe 5°A a.s. 2009/10**

II QUADRIMESTRE

INDICE:

- I. Sistemi trifase**
- II. Amplificatori operazionali**
- III. Studio dell'amplificatore operazionale in connessione invertente**
- IV. Amplificatore operazionale in connessione non invertente**
- V. Principio di sovrapposizione degli effetti**
- VI. Amplificatore operazionale differenziale**
- VII. Amplificatore operazionale non invertente con partitore**
- VIII. Amplificatore operazionale puro**
- IX. Amplificatore operazionale sommatore**
- X. Amplificatori in cascata**
- XI. Dispositivo sommatore**
- XII. Grafici della somma di due segnali**
- XIII. Onda quadra**
- XIV. Concetto di Banda**
- XV. Filtraggio di un segnale**
- XVI. Pericolosità della corrente elettrica**
- XVII. Protezione dell'uomo dai contatti diretti**
- XVIII. Limitazione della tensione di contatto**

ELETTROTECNICA

CAPITOLO I

SISTEMI TRIFASE

La maggior parte delle reti elettriche atte al trasporto di energia sono sistemi trifase. Dal sistema monofase al sistema trifase si arriva concettualmente con il seguente ragionamento.

Circuito elettrico monofase (2 fili):

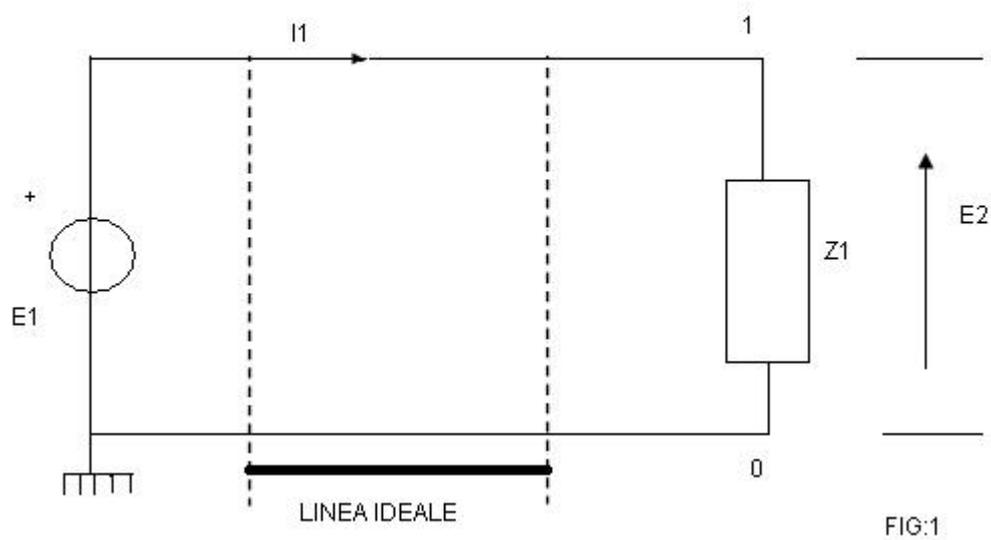
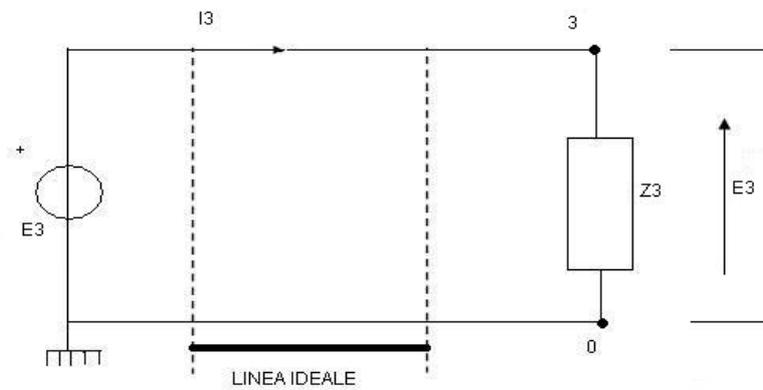
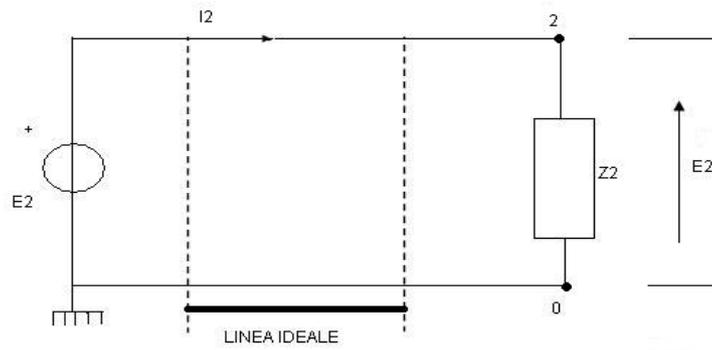
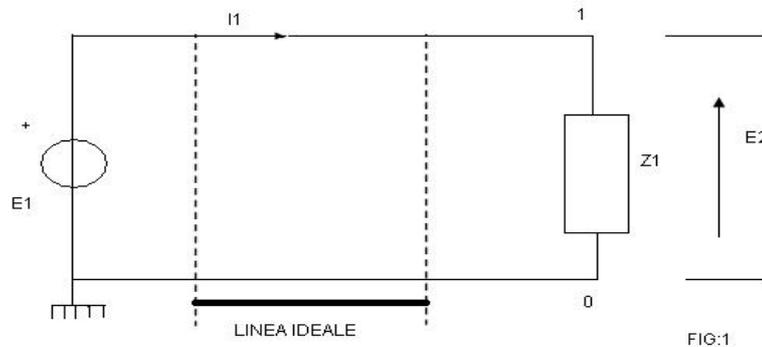


FIG:1

$$\bar{I}_1 = \frac{\bar{E}_1}{Z_1} =$$

$$P_1 = \bar{E}_1 * \bar{I}_1 * \cos\phi_1$$

TRE CIRCUITI MONOFASE (6FILI)



$$\bar{I}_1 = \frac{\bar{E}_1}{Z_1}$$

$$\bar{I}_2 = \frac{\bar{E}_2}{Z_2}$$

$$\bar{I}_3 = \frac{\bar{E}_3}{Z_3}$$

CIRCUITO EQUIVALENTE:

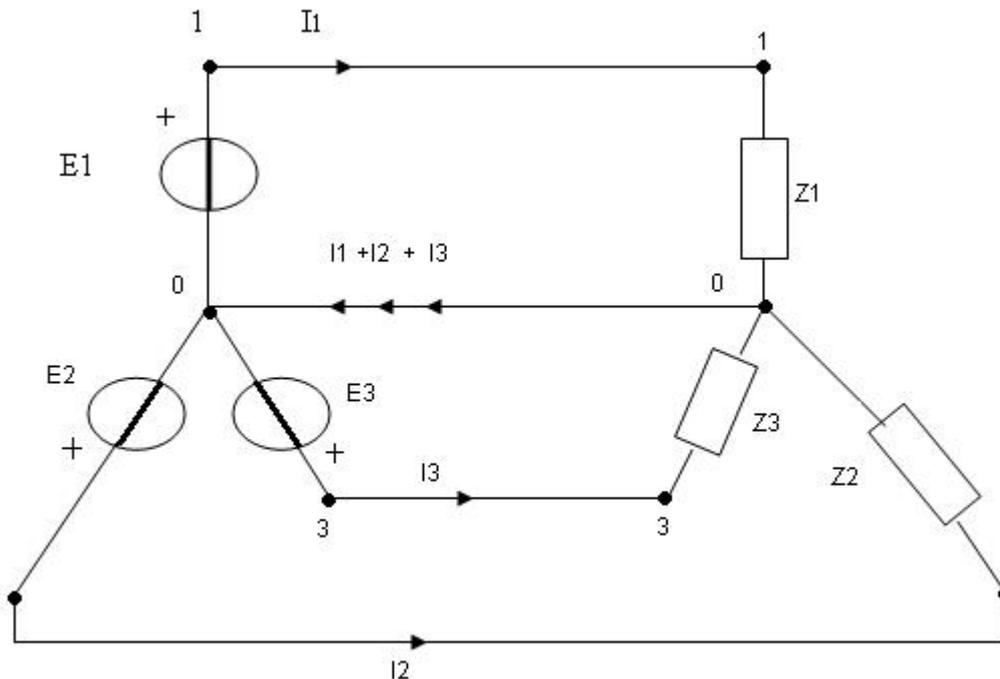


FIG.1

CIRCUITO TRIFASE (4 FILI)

Il circuito di fig.1 rappresenta una linea ideale che trasporta la potenza: $P_1 = E_1 * I_1 * \cos\varphi_1 = [W]$

Dove φ_1 è l'angolo dell'impedenza Z_1 . Questa potenza è trasportata da 2 fili.

Le potenze in gioco sono le seguenti:

$$P_1 = E_1 * I_1 * \cos\varphi_1$$

$$P_2 = E_2 * I_2 * \cos\varphi_2$$

$$P_3 = E_3 * I_3 * \cos\varphi_3$$

Globalmente viene trasportata, con sei fili, la potenza $P_{tot} = P_1 + P_2 + P_3$

Si può osservare dal disegno che i fili, che trasportano le correnti di ritorno possono essere raggruppate in un unico filo, si arriva quindi al sistema trifase che trasporta tutte e tre le potenze con soli quattro fili. Nel filo di ritorno chiamato filo di neutro scorre la somma vettoriale delle tre correnti. La corrente del neutro è chiamata I_0 quindi vale la seguente formula:

$$\overline{I_0} = \overline{I_1} + \overline{I_2} + \overline{I_3}$$

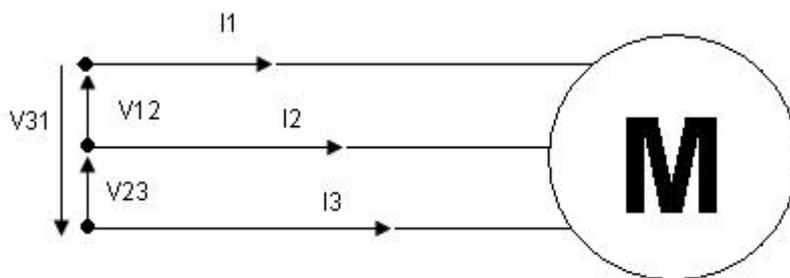
Vedremo che sarà possibile togliere anche il filo neutro passando quindi a un sistema trifase con tre fili.

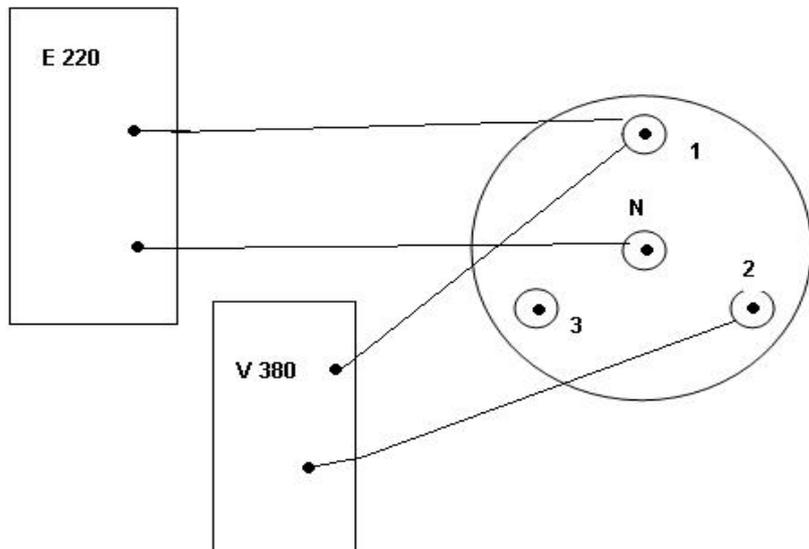
I fili d'andata ovvero linea 1, 2, 3 sono chiamati fili di linea. In un circuito elettrico effettivamente realizzato, il filo neutro deve avere sempre il colore blu. Gli altri fili di solito hanno colori diversi fra loro come ad esempio nero, rosso, grigio, marrone e arancione.

Carico a stella squilibrato. Le impedenze sono non omogenee quindi avranno un modulo diverso, e non si può togliere il cavo del neutro perché la somma delle correnti non fa zero.

Carico a stella equilibrato. Le impedenze sono omogenee e quindi hanno lo stesso modulo, solamente in questo caso si può togliere il filo del neutro, perché la somma delle correnti dà zero. Le correnti I_1 , I_2 , I_3 sono sfasate di 120° . La potenza del carico trifase è il triplo della potenza di un carico.

Linee trifasi senza neutro: solamente se il carico è equilibrato e la somma delle correnti fa zero.





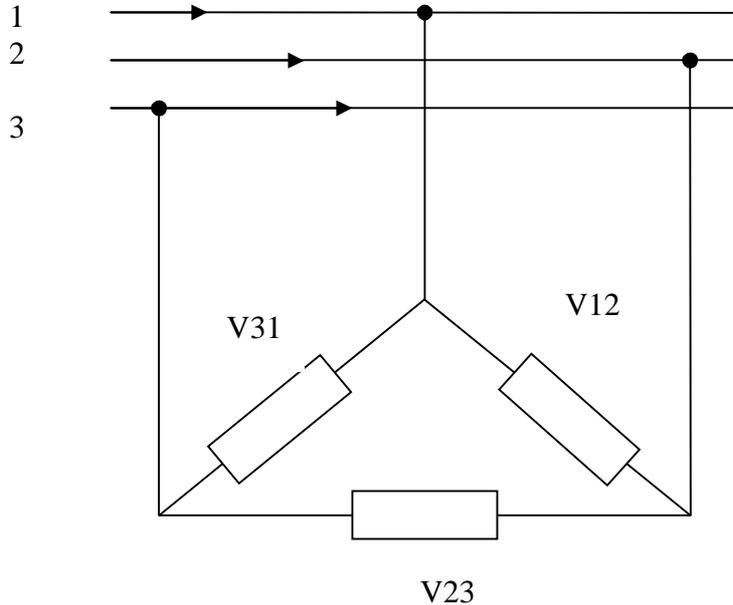
TENSIONI STELLATE
$\overline{E1} = E \angle 90^\circ$
$\overline{E2} = E \angle -30^\circ$
$\overline{E3} = E \angle -150^\circ$
TENSIONI CONCATENATE
$\overline{V12} = V \angle 120^\circ$
$\overline{V23} = V \angle 0^\circ$
$\overline{V31} = V \angle -120^\circ$

- Le tensioni stellate sono le tensioni che si misurano da neutro a conduttore, e sono sfasate tra di loro di 120° .
- Le tensioni concatenate sono le tensioni che si misurano da conduttore a conduttore, e non hanno il neutro. Anch'esse sono sfasate di 120° .

Carico a triangolo.

Esercizio.

Una linea trifase, 400V, alimenta un carico squilibrato a triangolo come in figura. Calcolare le correnti di linea, la P del carico trifase e il suo $\cos\varphi$.



$$\begin{aligned} \text{K1)} \quad \overline{I_1} + \overline{I_{31}} &= \overline{I_{12}} \\ \overline{I_1} &= \overline{I_{12}} - \overline{I_{31}} \end{aligned}$$

$$\overline{Z_{12}} = 50 \angle 30^\circ$$

$$\overline{Z_{23}} = 100 \angle 45^\circ$$

$$\overline{Z_{31}} = 200 \angle 60^\circ$$

$$\overline{I_{12}} = \frac{400 \angle 120^\circ}{50 \angle 30^\circ} = 8 \angle 90^\circ = 0 + j8$$

$$\overline{I_{23}} = \frac{400 \angle 0^\circ}{100 \angle 45^\circ} = 4 \angle -45^\circ = 2,83 - j2,83$$

$$\overline{I_{31}} = \frac{400 \angle -120^\circ}{200 \angle 60^\circ} = 2 \angle -180^\circ = -2 + j0$$

$$\overline{I_1} = \overline{I_{12}} - \overline{I_{31}} = 2 + j8$$

$$+ \overline{I_3} = \overline{I_{23}} - \overline{I_{31}} = 4,83 + j2,83$$

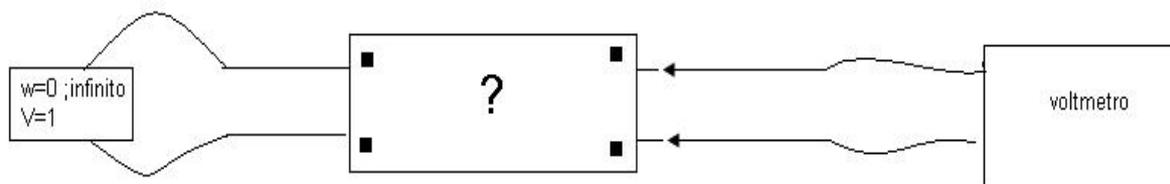
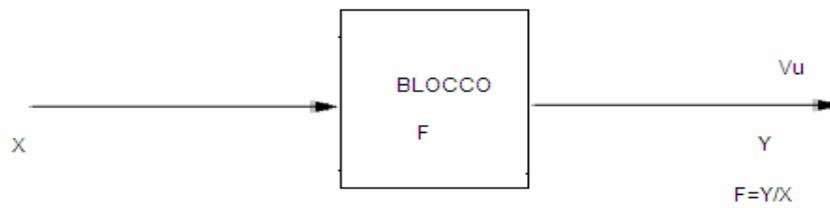
$$+ \overline{I_2} = \overline{I_{23}} - \overline{I_{12}} = 2,83 + j5,18$$

$$= 0 + j0$$

Modulo di ELETTRONICA

CAPITOLO II

AMPLIFICATORI OPERAZIONALI



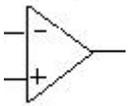
Nel caso in cui la tensione d'ingresso V_i è unitaria per ogni ω , allora $V_u = F$, pertanto la F non è altro che la tensione di uscita quando all'ingresso si ha una tensione unitaria. In sede di misure elettroniche, per tracciare il grafico della F basta inserire all'ingresso un generatore di segnali (un generatore dove è possibile variare la tensione e la ω) e all'uscita inserire un semplice voltmetro. Si fissano i valori di ω , si costruisce una tabella ω ; F e poi si traccia il disegno della funzione.

Quando il modulo di $F < 1$ il quadripolo si chiama **attenuatore**; mentre quando il modulo è > 1 il quadripolo si chiama **amplificatore**.

- Se $|F| < 1 \rightarrow$ attenuatore perché: $V_u = F \cdot V_i \rightarrow V_u < V_i$
- Se $|F| > 1 \rightarrow$ amplificatore perché: $V_u = F \cdot V_i \rightarrow V_u > V_i$

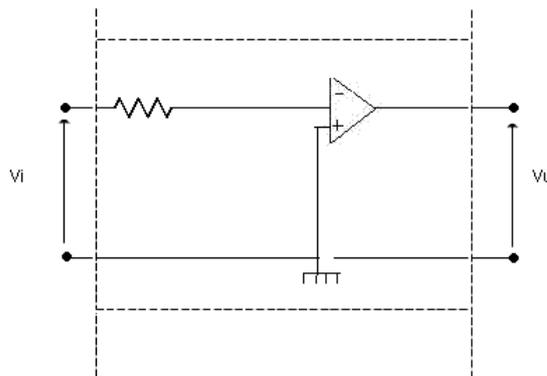
Proprietà dell'Amplificatore Operazionali ideali;

L'amplificatore operazionale ha il seguente simbolo:

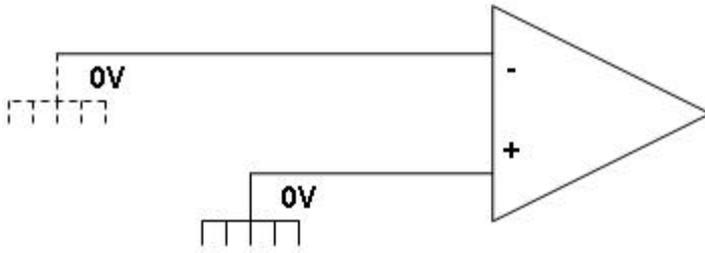


- ingresso invertente
- + ingresso non invertente

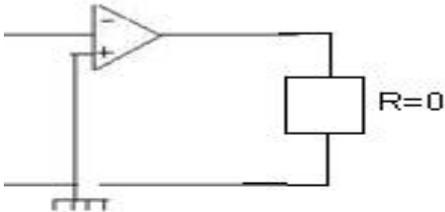
Il quadripolo formato dall'operazionale è il seguente:



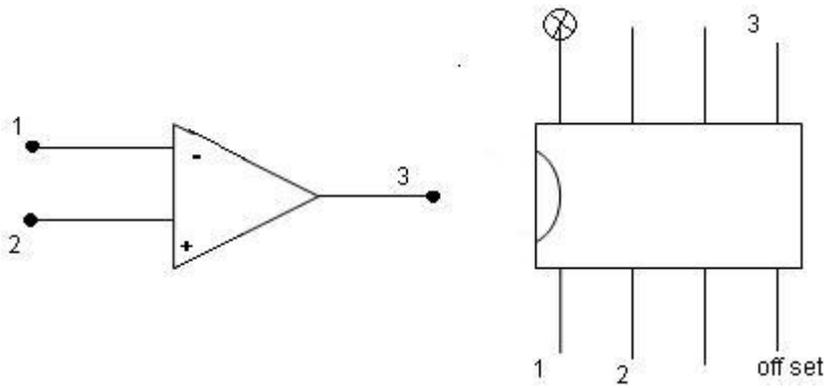
1 PROPRIETA': La resistenza tra morsetto - e + è chiamata resistenza di ingresso dell'operazionale R_i . Essa è molto elevata, dell'ordine dei $100\text{M}\Omega$, nella teoria è ritenuta $R_i = \infty\Omega$. Pertanto fra - e + c'è un collegamento con infiniti Ω . All'interno di questo collegamento la corrente $I_i = 0$, perciò la tensione derivante dalla caduta sulla resistenza $R_i = 0$. Ciò significa che il potenziale del morsetto + è uguale al potenziale del morsetto - pur non essendoci il collegamento tra + e -. Nel nostro caso essendoci il morsetto + posto a 0V si ricava che anche il morsetto - risulta esteso a 0V . Questo fenomeno si chiama massa virtuale.



2 PROPRIETA': La R di uscita è 0.

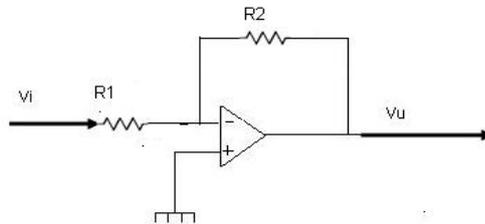


**CHIP DELL'AMPLIFICATORE OPERAZIONALE
CHE TROVEREMO IN LABORATORIO**



CAPITOLO III

STUDIO DELL'AMPLIFICATORE OPERAZIONALE IN CONNESSIONE INVERTENTE



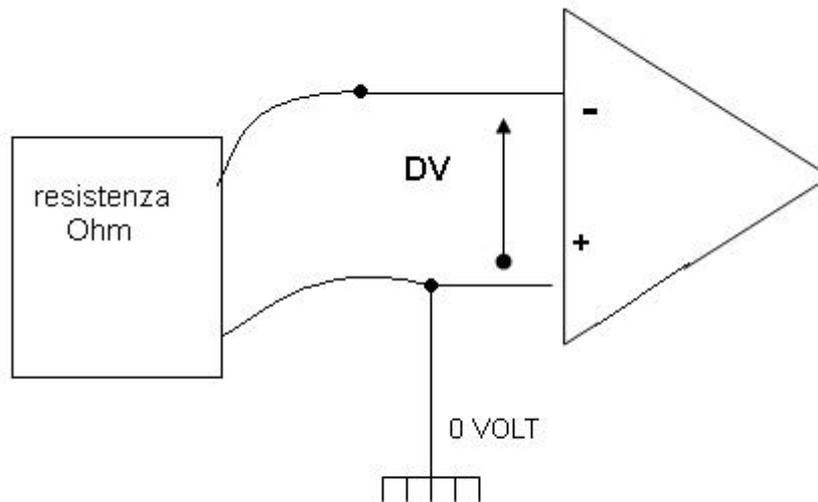
CALCOLARE:

$F=?$

$$F = \frac{Vu}{Vi}$$

Per calcolare la funzione di trasferimento si applicano le seguenti proprietà dell'operazionale:

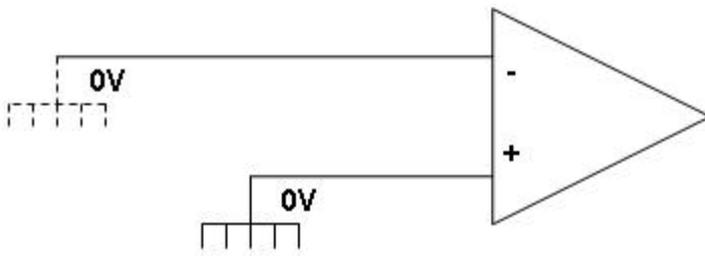
1. **MASSA VIRTUALE:**



$$R_i = \infty * \Omega(100M\Omega)$$

$$I_i = \frac{\Delta v}{R_i} = 0 (I_i \cong 0 = 10^{-5} A)$$

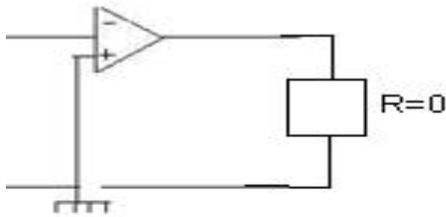
$$R_i * I_i \cong 0$$



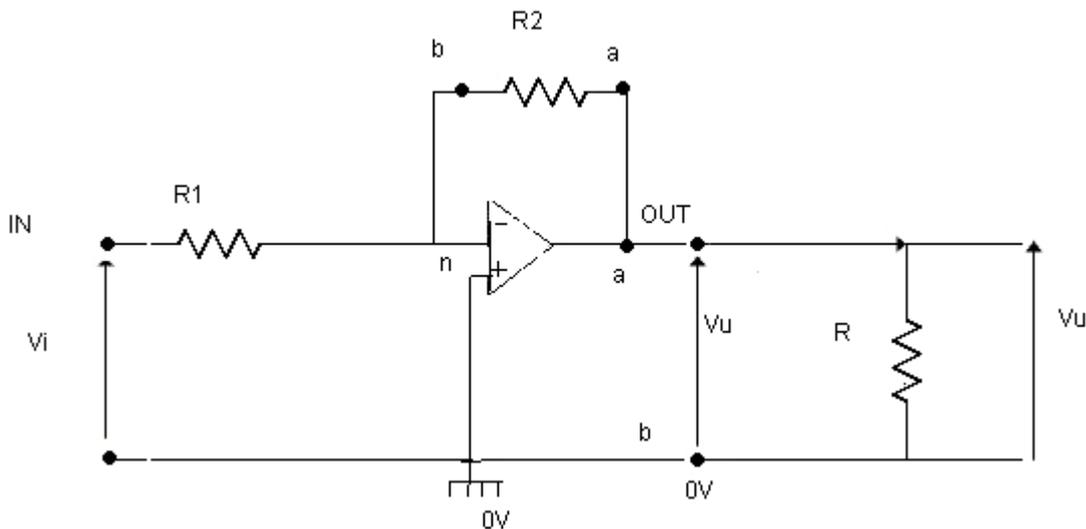
1 PROPRIETA': La resistenza tra morsetto - e + è chiamata resistenza di ingresso dell'operazionale R_i . Essa è molto elevata, dell'ordine dei $100M\Omega$, nella teoria è ritenuta $R_i = \infty\Omega$. Pertanto fra - e + c'è un collegamento con infiniti Ω . All'interno di questo collegamento la corrente $I_i=0$, perciò la tensione derivante dalla caduta sulla resistenza $R_i=0$. Ciò significa che il potenziale del morsetto + è uguale al potenziale del morsetto - pur non essendoci il collegamento tra + e -.

Nel nostro caso essendoci il morsetto + posto a 0V si ricava che anche il morsetto - risulta esteso a 0V. Questo fenomeno si chiama massa virtuale.

2 PROPRIETA': La R di uscita è 0.



CALCOLO DELLA F:



$$\begin{cases} V_u = R_2 * I_u \\ I_u = -I_i \Rightarrow V_u = R_2 * \left(-\frac{V_i}{R_1}\right) = -\frac{R_2 * V_i}{R_1} \\ I_i = \frac{V_i}{R_1} \end{cases}$$

$$F = \frac{V_u}{V_i} = -\frac{R_2}{R_1} = -\frac{R_2}{R_1}$$

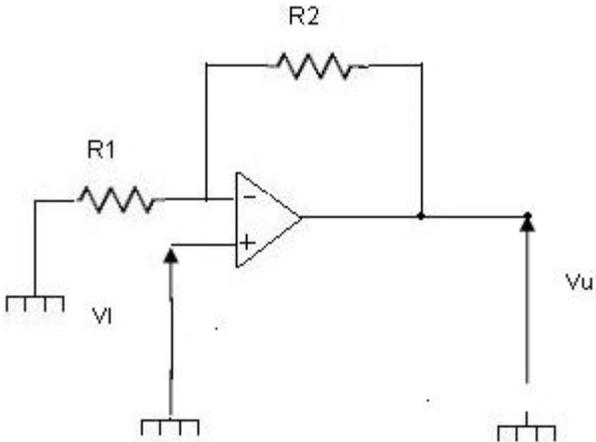
$$F = -\frac{R_2}{R_1}$$

$$V_u = -\frac{R_2}{R_1} * V_i$$

CAPITOLO IV

AMPLIFICATORE OPERAZIONALE IN CONNESSIONE NON INVERTENTE

SCHEMA A.O. NON INVERTENTE:



CALCOLO DI A.

Dati: R1; R2

Trovare: A=?

$$A = \frac{V_u}{V_i} \Rightarrow \text{cerco } V_u \text{ dallo schema}$$

$$\begin{cases} (V_u - V_i) = R_2 * I_u \\ I_u = \frac{V_i}{R_1} \end{cases}$$

$$V_u - V_i = R_2 * \frac{V_i}{R_1}$$

$$V_u = V_i + \frac{R_2}{R_1} * V_i$$

$$V_u = V_i * \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

$$\frac{V_u}{V_i} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

$$A = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

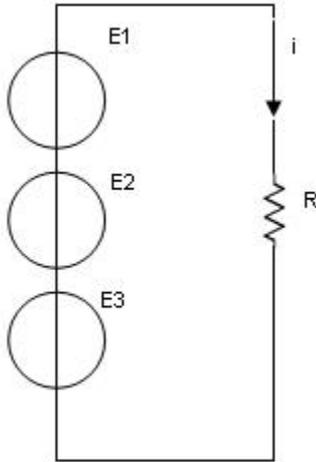
- $$F = 1 + \frac{R2}{R1}$$

- **Il numero A è sempre positivo quindi non è invertente.**
- **Inoltre il numero A è sempre >1, quindi questo circuito non può funzionare da attenuatore.**

CAPITOLO V

PRINCIPIO DI SOVRAPPOSIZIONE DEGLI EFFETTI

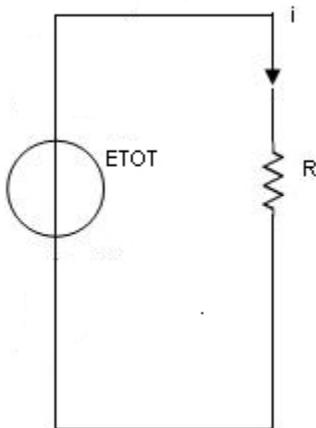
Questo principio si può applicare in tutte le materie scientifiche e vale quanto segue.
Si consideri il seguente circuito comprendente tre effetti:



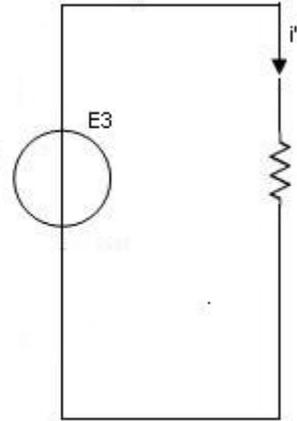
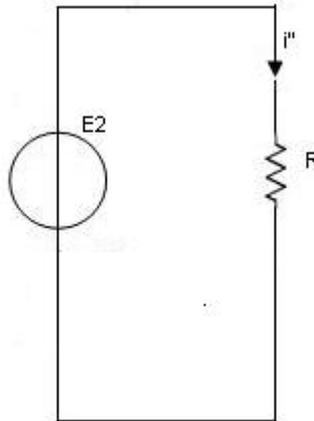
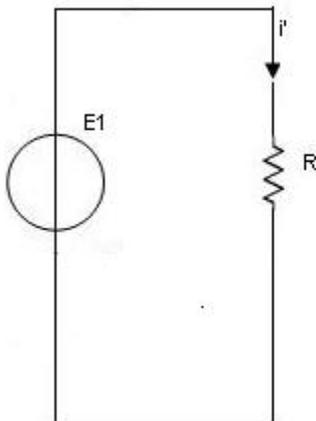
DATE LE CAUSE E LA R, TROVARE i .

SOLUZIONE:

$$E_{\text{tot}} = E_1 + E_2 + E_3$$



$$i = E_{\text{tot}}/R$$



$$i = \frac{E_{\text{tot}}}{R} = \frac{E_1 + E_2 + E_3}{R} = \frac{E_1}{R} + \frac{E_2}{R} + \frac{E_3}{R} = i' + i'' + i''''$$

SOMMA DEGLI EFFETTI (ALGEBRICA)

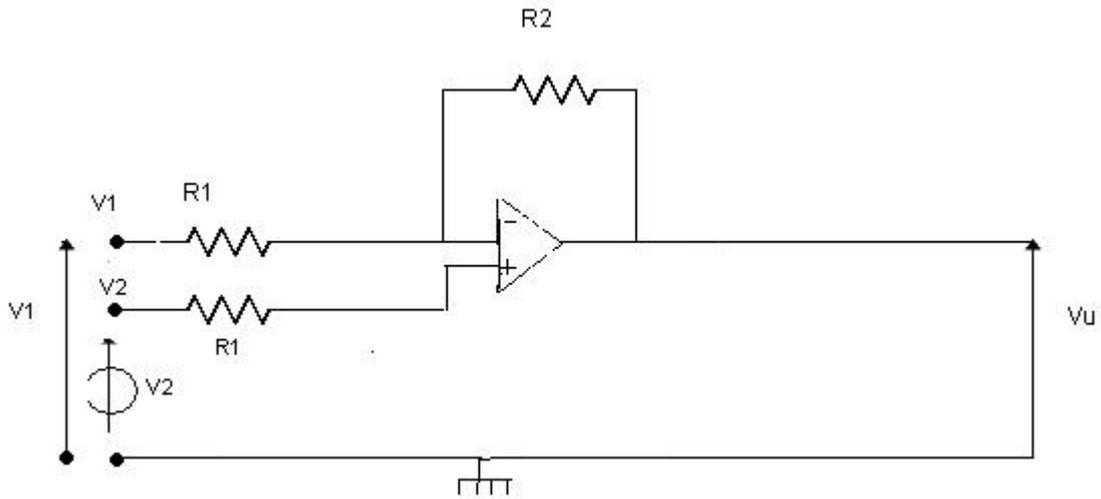
Da questi semplici passaggi si ottiene che, un sistema soggetto a più cause, risponde con un effetto che risulta essere la somma degli effetti singoli.

Un effetto singolo risulta il comportamento del sistema (o la risposta) sollecitato da un singolo effetto.

OSSERVAZIONE: per somma s'intende la somma algebrica, pertanto possono esserci sia segni +, che segni -, ricordando che un effetto è negativo se è contrario agli altri effetti.

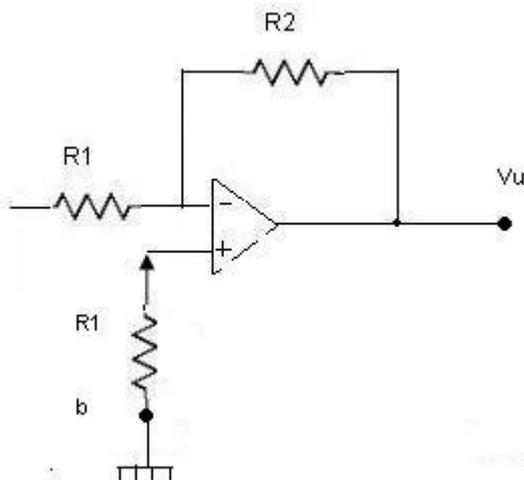
CAPITOLO VI

AMPLIFICATORE OPERAZIONALE DIFFERENZIALE



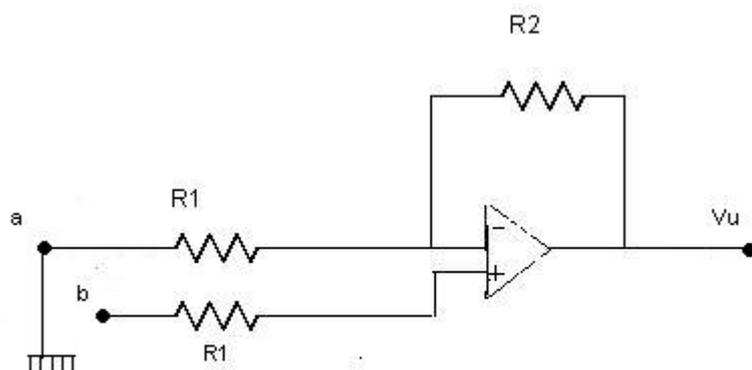
Questo schema amplificatore ha due cause (V_1 e V_2), pertanto la tensione di uscita è formata da due effetti; $V_u = V_u' + V_u''$

Calcolo di V_u' : PRIMO EFFETTO.



$$A1 = -\frac{R2}{R1}$$
$$V_u' = A1 * V1$$

Calcolo di Vu'' : SECONDO EFFETTO.



$$A2 = 1 + \frac{R2}{R1}$$
$$Vu'' = A2 * V2$$

SOMMA DEGLI EFFETTI.

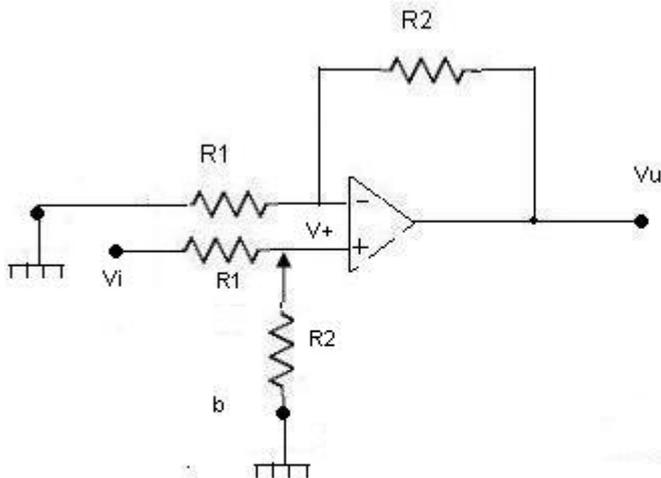
$$Vu = Vu' + Vu''$$
$$Vu = A1 * V1 + A2 * V2$$
$$Vu = -\frac{R2}{R1} * V1 + \left(1 + \frac{R2}{R1}\right) * V2$$

CAPITOLO VII

AMPLIFICATORE OPERAZIONALE NON INVERTENTE CON PARTITORE DI INGRESSO

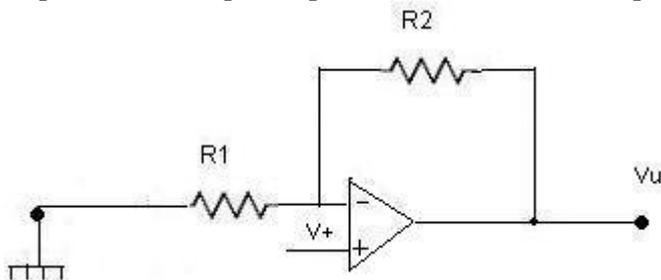
Questo amplificatore serve per arrivare all'amplificatore operazionale differenziale puro.

SCHEMA ELETTRICO:



TROVARE L'AMPLIFICAZIONE $A = \frac{Vu}{Vi}$:

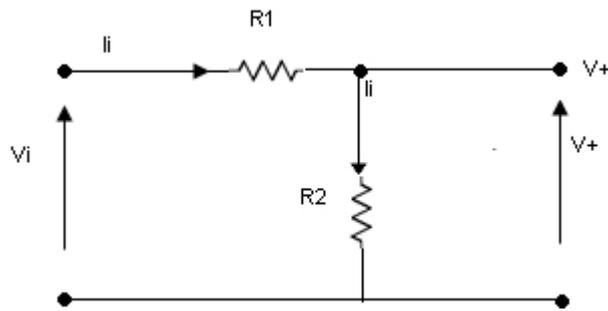
Si può risolvere questo problema dividendolo in piccoli "problemi":



$$A = \frac{Vu}{V+} = \left(1 + \frac{R2}{R1}\right)$$

$$Vu = A * V +$$

CIRCUITO DEL PARTITORE DI TENSIONE:



$V_+ = ?$

$$\begin{cases} V_+ = R_2 * I_1 \\ I_1 = \frac{V_i}{R_1 + R_2} \end{cases}$$

$$V_+ = R_2 * \frac{V_i}{R_1 + R_2}$$

$$V_+ = \frac{R_2}{R_1 + R_2} * V_i$$

FORMULA DEL PARTITORE DI TENSIONE

- DA
AMPLIFICATORE
OPERAZIONALE
NON INV:
 - DAL PARTITORE
- $$\begin{cases} V_u = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) * V_+ \\ V_+ = \frac{R_2}{R_1 + R_2} * V_i \end{cases}$$

SOSTITUENDO:

$$V_u = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) * \frac{R_2}{R_1 + R_2} * V_i$$

$$A = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) * \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right)$$

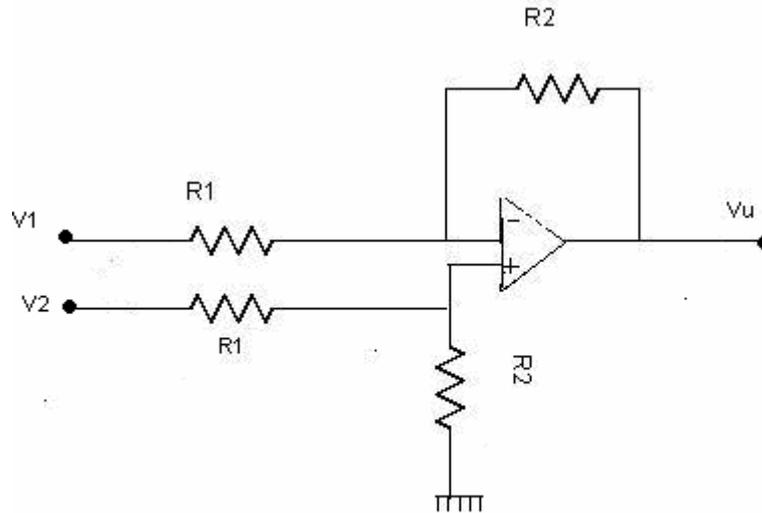
$$A = \frac{R_1 + R_2}{R_1} * \frac{R_2}{R_1 + R_2} \rightarrow A = + \frac{R_2}{R_1}$$

Si deduce quindi che l'aggiunta del partitore produce un'amplificazione uguale a quella dell'invertente, ma con l'aggiunta del segno positivo.

$$F = + \frac{R_2}{R_1}$$

CAPITOLO IIX

AMPLIFICATORE DIFFERENZIALE PURO

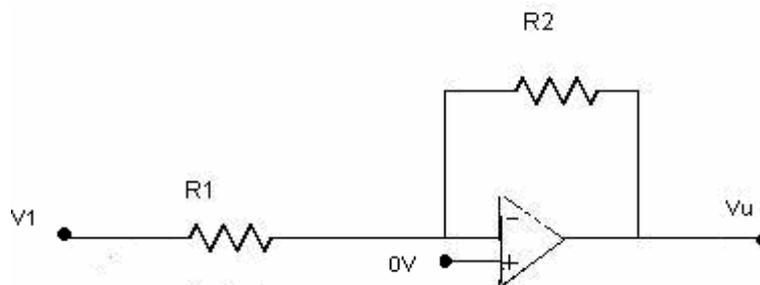


In questo caso abbiamo due segnali di ingresso, V_1 e V_2 . Pertanto, applicheremo il principio di sovrapposizione degli effetti:

$$V_u = V_{u'} + V_{u''}$$

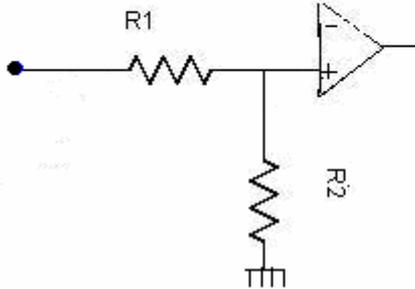
Il primo effetto tiene conto della V_1 e la V_2 va a massa; mentre il secondo effetto tiene conto della V_2 e la V_1 va a massa.

- 1) EFFETTO: si tiene conto della V_1 e la V_2 va a massa:



FOTOGRAMMA:

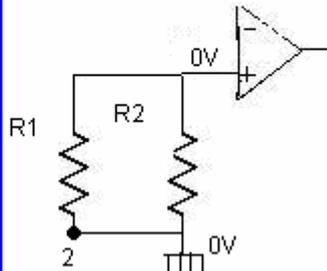
1°



1° EFFETTO:

$$Vu' = -\frac{R2}{R1} * V1$$

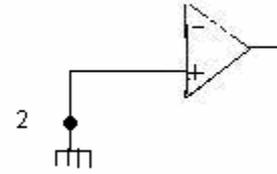
2°



2° EFFETTO:

$$Vu'' = +\frac{R2}{R1} * V2$$

3°



PER CONCLUDERE SOMMIAMO GLI EFFETTI:

$$Vu = Vu' + Vu''$$

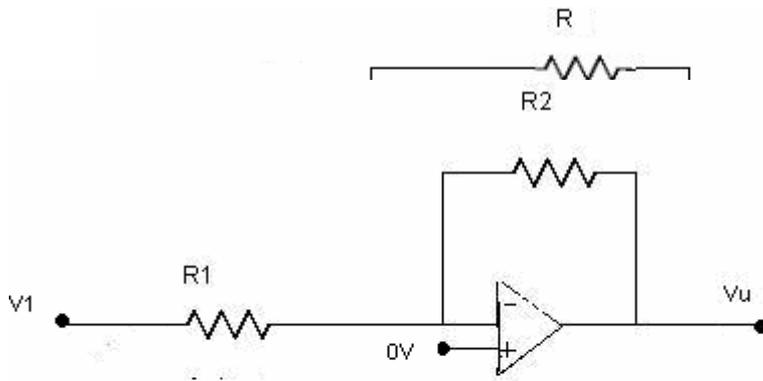
$$Vu = -\frac{R2}{R1} * V1 + \frac{R2}{R1} * V2$$

$$Vu = -\frac{R2}{R1} * (V1 - V2)$$

$$Vu = -\frac{R2}{R1} * \Delta v$$

CAPITOLO IX

AMPLIFICATORE SOMMATORE



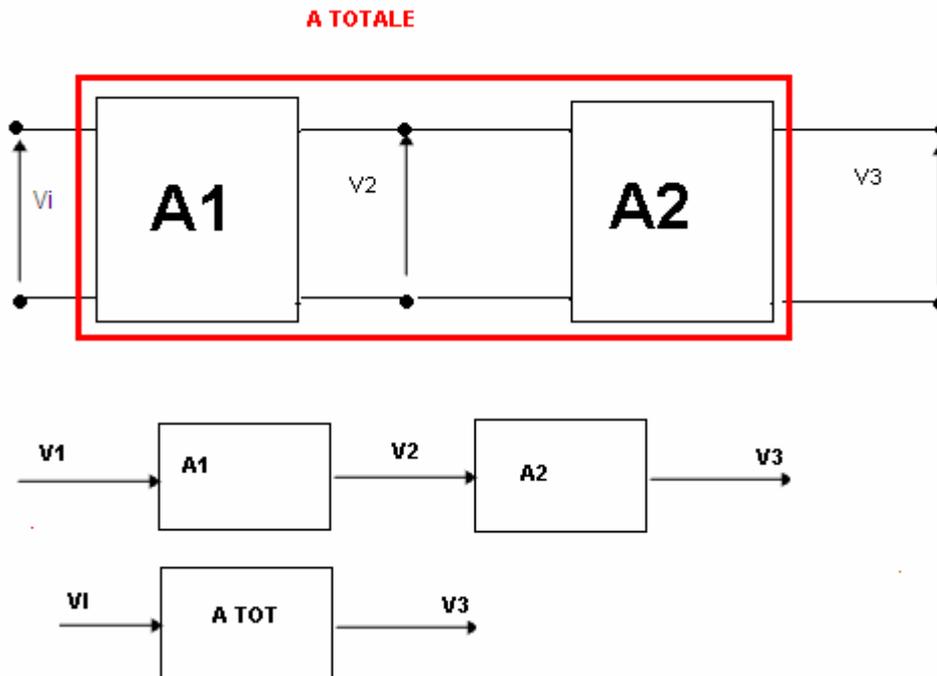
SOLUZIONE:

$$V_u = \left(-\frac{R_2}{R_1}\right) * V_i \quad \text{SOMMA DEGLI EFFETTI: } V_u = \left(-\frac{R_2}{R_1}\right) * \sum_1^n i * V_i$$

CAPITOLO X

AMPLIFICATORI IN CASCATA

Due o più amplificatori si dicono collegati in cascata quando l'uscita dell'uno è collegata con l'ingresso dell'altro, come in figura:



Dati:

A_1 E A_2

Trovare:

$A_{tot}=?$

SOLUZIONE:

$$\text{essendo: } \begin{cases} A_1 \cong \frac{V_2}{V_1} \rightarrow V_2 = A_1 * V_1 \\ A_2 \cong \frac{V_3}{V_2} \rightarrow V_3 = A_2 * V_2 \end{cases}$$

$$V_3 = A_2 * (A_1 * V_1) \rightarrow V_3 = A_1 * A_2 * V_1$$

$$A_{tot} \cong \frac{V_3}{V_1} \rightarrow V_3 = A_{tot} * V_1$$

Si osserva che l'amplificazione totale di due o più blocchi in cascata si calcola eseguendo il prodotto delle singole amplificazioni.

Nel caso in cui l'amplificazione è espressa in db allora vale la seguente espressione:

$$A_{totdb} = 20 * \log A_{tot}$$

$$A_{totdb} = 20 * \log(A_1 + A_2)$$

$$A_{totdb} = 20 * (\log A_1 + \log A_2)$$

$$A_{totdb} = 20 \log A_1 + 20 \log A_2$$

$$A_{totdb} = A_{1db} * A_{2db}$$

CAPITOLO XI

DISPOSITIVO SOMMATORE

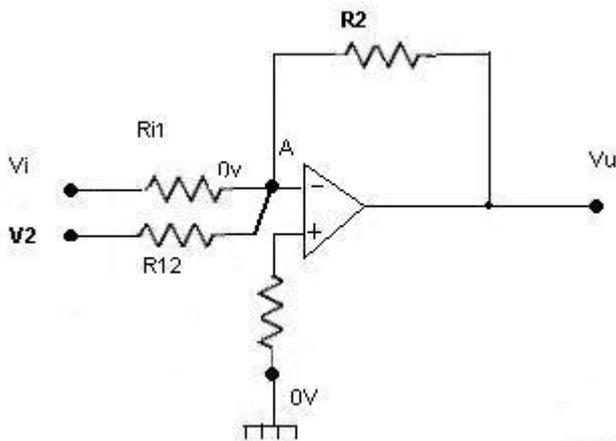
Abbiamo visto che l'amplificatore differenziale esegue la differenza dei segnali di ingresso. Allo stesso modo è possibile avere un amplificatore operazionale che esegue la somma dei segnali di ingresso. Il circuito è il seguente:

Dati:

R_2 ; R_1 ; R_{i2} ; R_{i1} ; V_1 e V_2

Trovare:

$V_u = ?$



Soluzione:

$$\begin{cases} V_u = R_2 * I_2 \\ I_2 = (I_{i1} + I_{i2}) \\ I_{i1} = \frac{V_1}{R_{i1}} \\ I_{i2} = \frac{V_2}{R_{i2}} \end{cases} \quad \text{KIRCHHOFF AL NODO A}$$

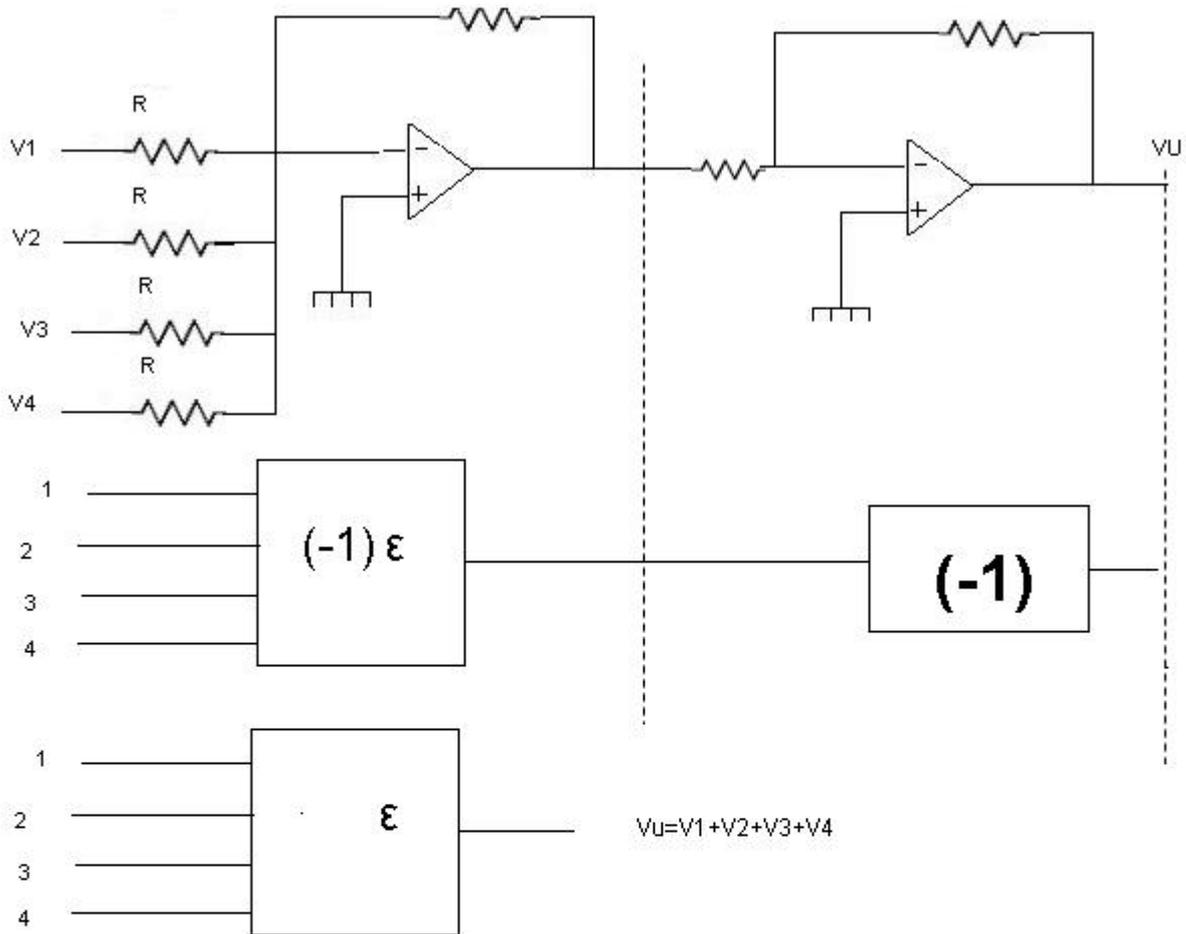
$$V_u = -R_2 * \left(\frac{V_1}{R_{i1}} + \frac{V_2}{R_{i2}} \right) = -R_2 * \left(\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_1} \right) = -R_2 * \left(\frac{V_1 + V_2}{R_1} \right) = -\frac{R_2}{R_1} * (V_1 + V_2) = A * (V_1 + V_2)$$

Da quest'ultima formula si osserva che il dispositivo esegue la somma di V_1 e V_2 e la amplifica di un numero A .

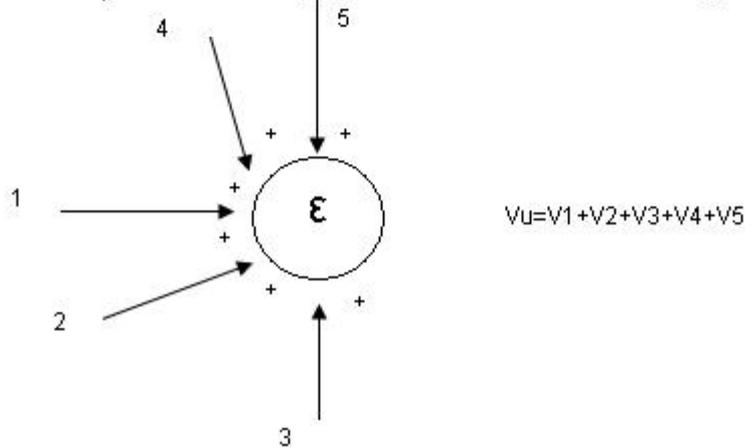
Se vogliamo una semplice somma dovremo ottenere $A=1$, quindi basterà porre $R_1=R_2$.

Il segno meno può essere superato mettendo in cascata un altro A.O. invertente con $A = -1$

Come nella figura seguente:



Quest'ultimo blocco si chiama sommatore, e in controlli viene indicato come segue:



CAPITOLO XII

GRAFICI DELLA SOMMA DI DUE SEGNALI

DATI:

1 ONDA: 1,5 sen(wt)

R1 50 Ω

2 ONDA: 0,5 sen(wt)

R2 100 Ω

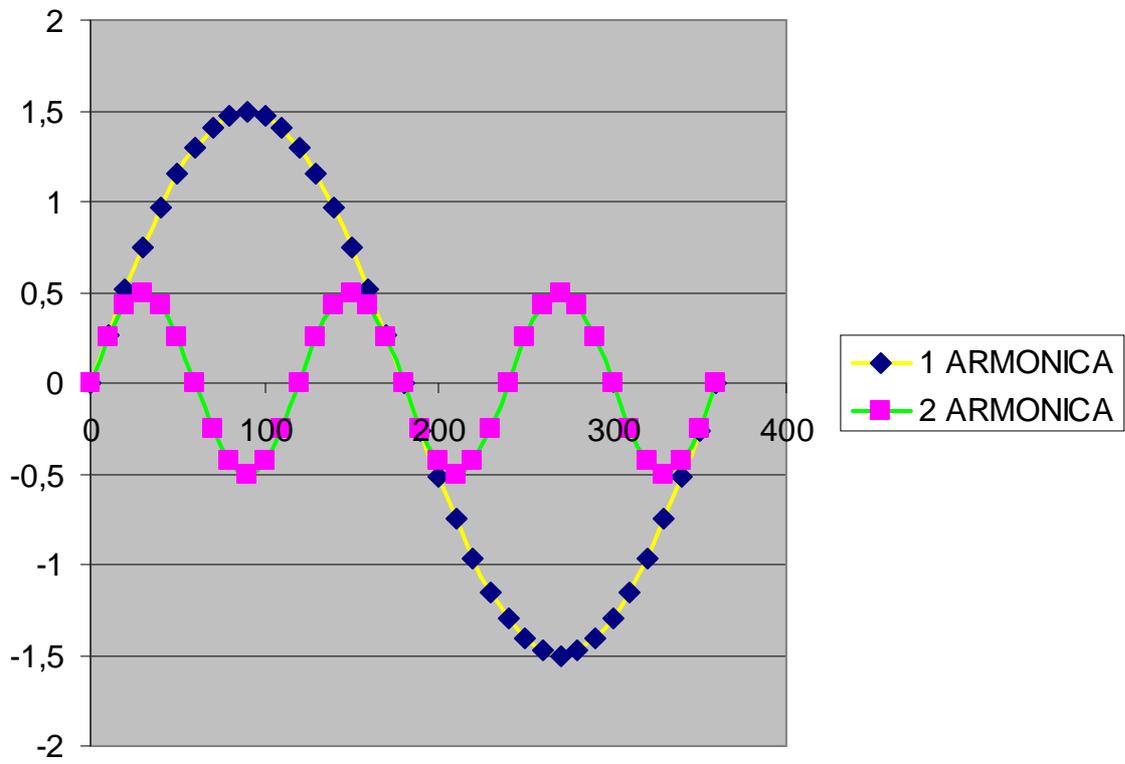
SOLUZIONE:

$$A = -\frac{R2}{R1}$$

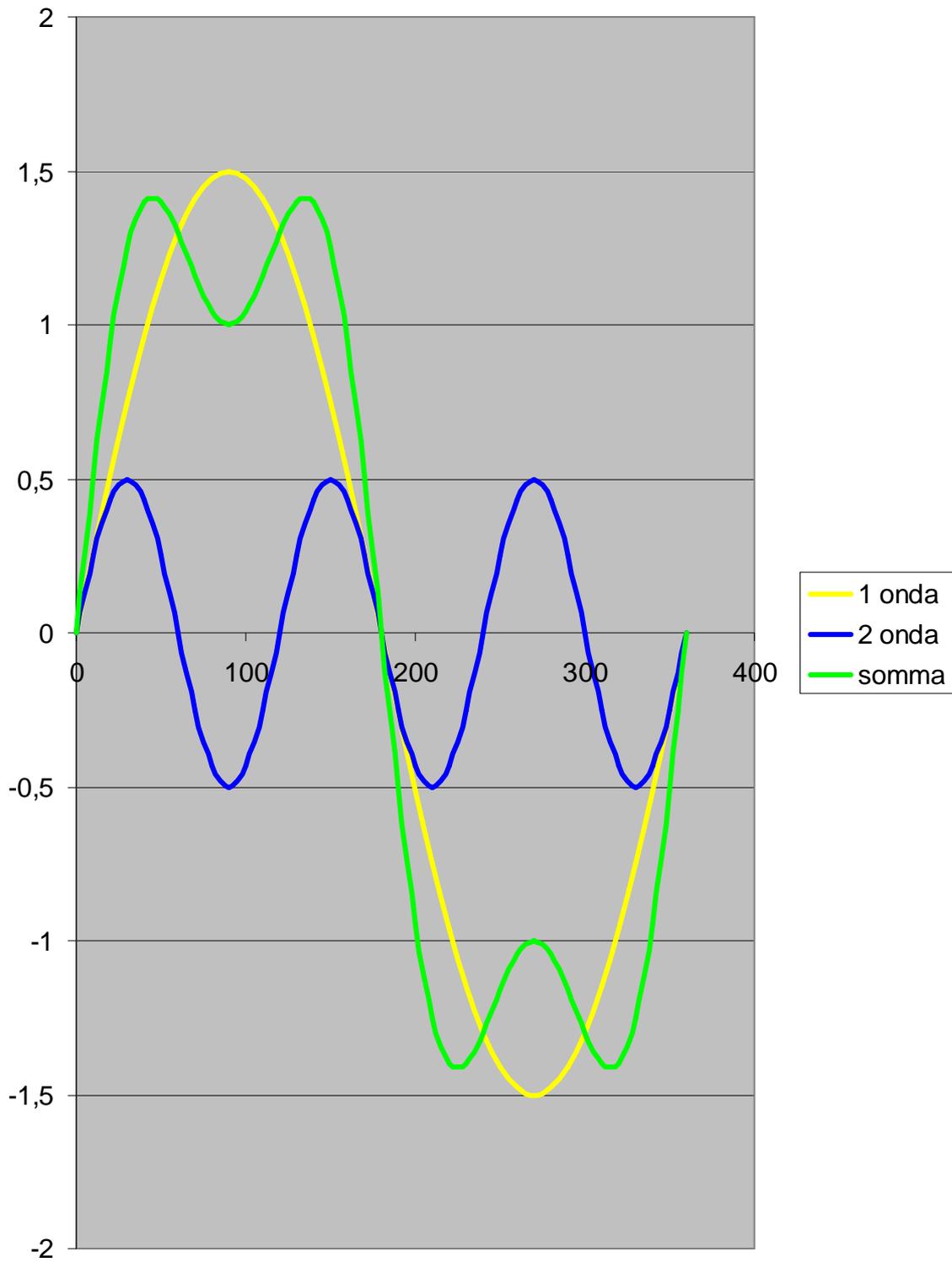
A= -2

α	V1	V2	VS
0	0	0	0,00
10	0,26	0,25	0,51
20	0,51	0,43	0,95
30	0,75	0,50	1,25
40	0,96	0,43	1,40
50	1,15	0,25	1,40
60	1,30	0,00	1,30
70	1,41	-0,25	1,16
80	1,48	-0,43	1,04
90	1,50	-0,50	1,00
100	1,48	-0,43	1,04
110	1,41	-0,25	1,16
120	1,30	0,00	1,30
130	1,15	0,25	1,40
140	0,96	0,43	1,40
150	0,75	0,50	1,25
160	0,51	0,43	0,95
170	0,26	0,25	0,51
180	0,00	0,00	0,00
190	-0,26	-0,25	-0,51
200	-0,51	-0,43	-0,95
210	-0,75	-0,50	-1,25
220	-0,96	-0,43	-1,40
230	-1,15	-0,25	-1,40
240	-1,30	0,00	-1,30
250	-1,41	0,25	-1,16
260	-1,48	0,43	-1,04
270	-1,50	0,50	-1,00
280	-1,48	0,43	-1,04
290	-1,41	0,25	-1,16
300	-1,30	0,00	-1,30
310	-1,15	-0,25	-1,40
320	-0,96	-0,43	-1,40
330	-0,75	-0,50	-1,25
340	-0,51	-0,43	-0,95
350	-0,26	-0,25	-0,51
360	0,00	0,00	0,00

2 SEGNALI



somma di 2 segnali

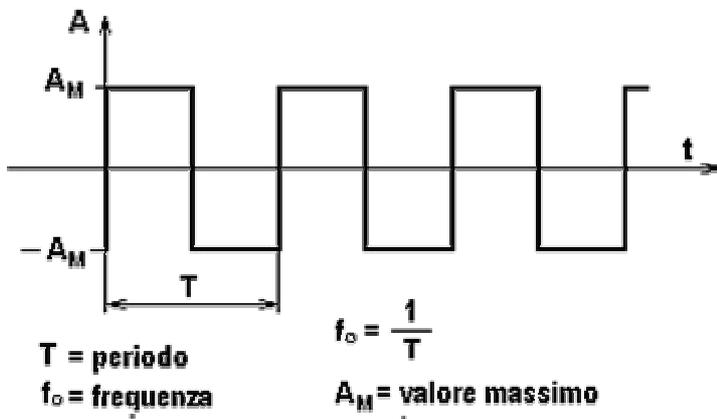
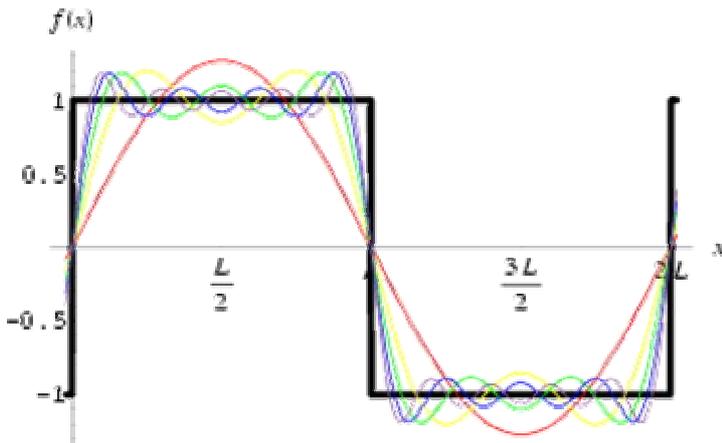


CAPITOLO XIII

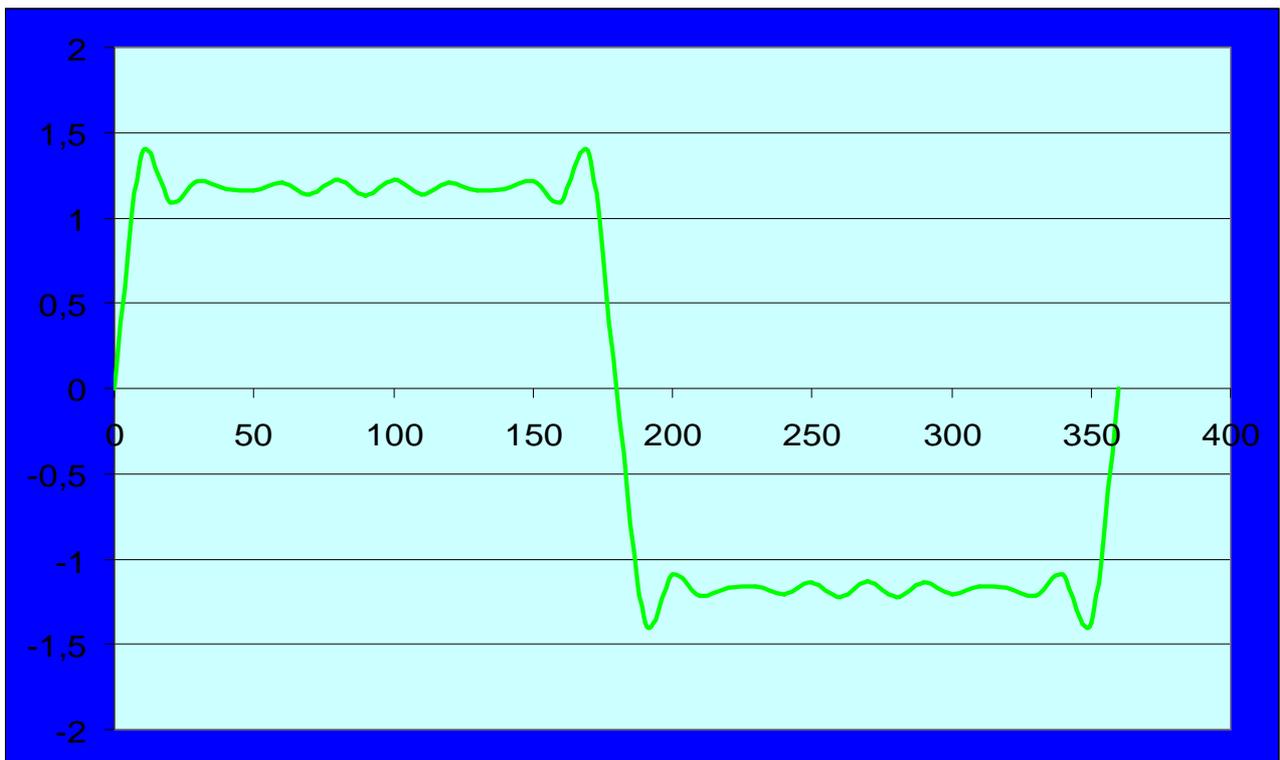
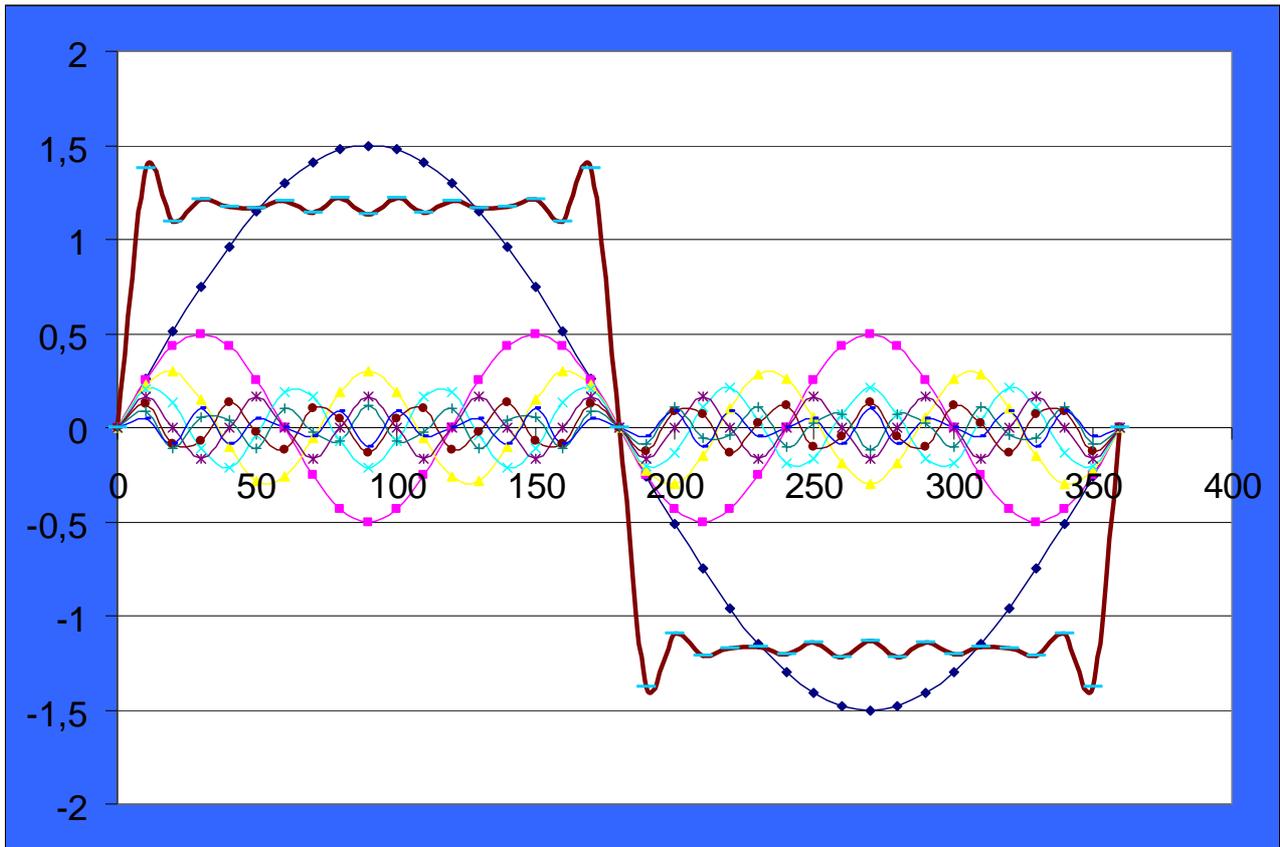
ONDA QUADRA

Se aggiungo i segnali aumento la frequenza e la curva si inclina sempre di più.
Quindi se aggiungo infiniti segnali avrò un'onda quadra.

$$\sum_1^{\infty} \left[\frac{M}{i} \text{sen}(i\omega\tau) \right] \quad i = 1; 3; 5; 7; \text{ecc.}$$



Da EXCEL:



Il fisico Fourier ha scoperto che i segnali sono composti da infinite armoniche.

Con il metodo deduttivo sperimentale, abbiamo trovato che l'onda quadra è formata dalla somma di infinite armoniche dispari aventi valore massimo M/i .

Fourier ha dimostrato che qualsiasi segnale periodico è formato dalla somma di infinite armoniche.

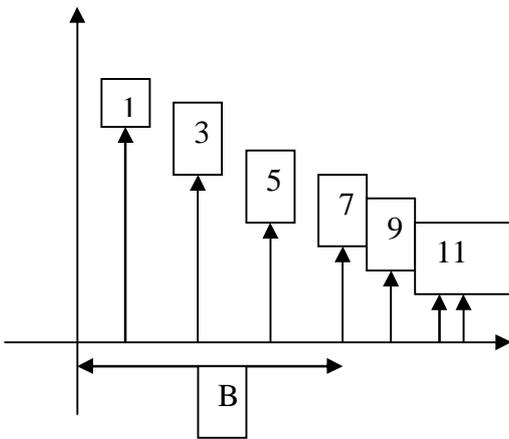
Un segnale qualsiasi è dunque scomponibile sempre in serie di Fourier.

Più in generale, la scomposizione vale anche per un segnale generico non periodico.

CAPITOLO XIV

CONCETTO DI SPETTRO e di BANDA di un SEGNALE

Abbiamo visto che l'onda quadra è scomponibile nella somma delle armoniche dispari, è quindi possibile disegnare un grafico che rappresenta le armoniche mediante un istogramma in cui la singola armonica viene collocata sull'asse della frequenza col proprio modulo. Questo grafico è chiamato lo spettro di frequenze dell'onda quadra:



B=BANDA
B=BANDA

Il segmento si chiama B=banda.

Dalla nona armonica le ampiezze delle sinusoidi sono molto piccole e quindi trascurabili, quindi con buona approssimazione si può dire che l'onda quadra è formata da frequenze fino alla settima armonica e quindi di banda risulta essere $7 \cdot f$. In generale ogni segnale ha la sua lunghezza di banda.

Esempio - Segnale telefonico:

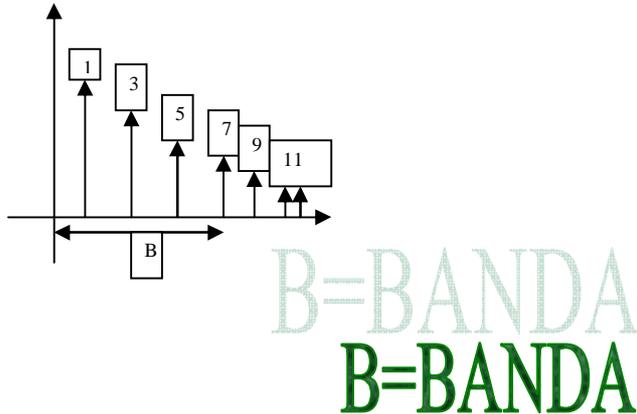
$$B = \{f : 300 \leq f \leq 3400\}$$

$$LB = 3400 - 300 = 3100$$

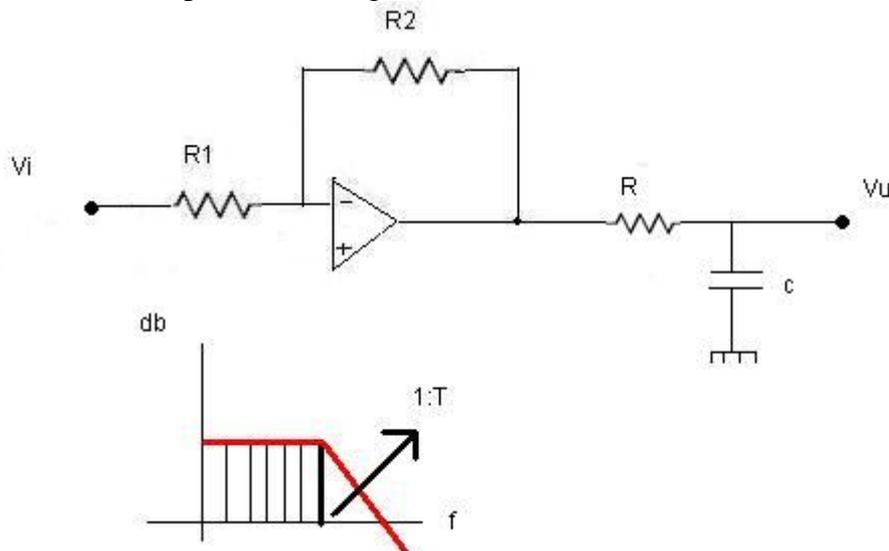
CAPITOLO XV

FILTRAGGIO DI UN SEGNALE

Si consideri il segnale avente sette armoniche.



Si consideri l'operazionale seguente:



Nel filtro entra un certo numero di frequenze: alcune passano, altre invece vengono bloccate da esso.

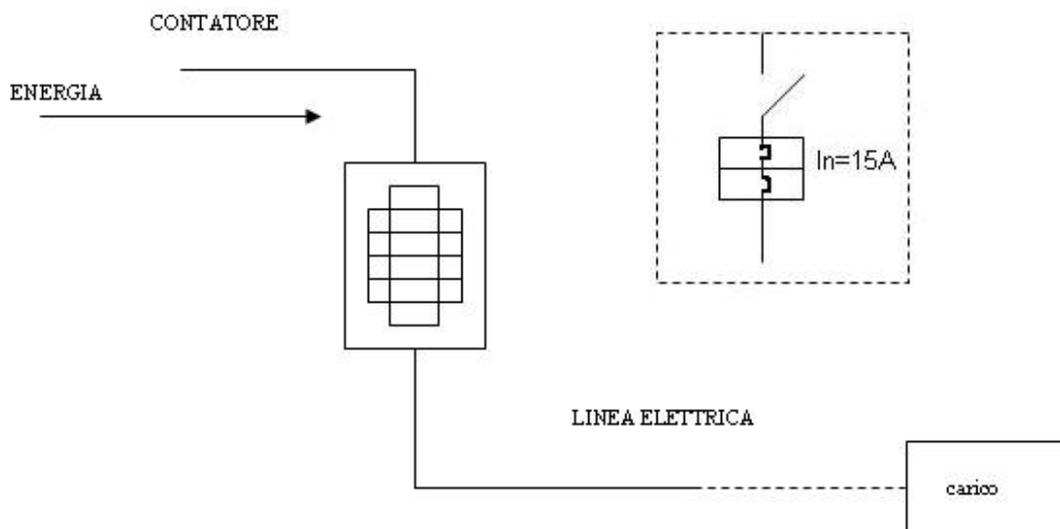
Si osserva che la prima e la terza armonica sono amplificate con un numero costante mentre la quinta e la settima vengono attenuate e quindi ridotte ai minimi termini tanto da poter essere trascurate. Perciò all'uscita troveremo solo la prima e la terza armonica. Siccome sono passate le frequenze basse rispetto a $1:\tau$. Questo filtro si chiama filtro PASSA BASSO.

CAPITOLO XVI

PERICOLOSITA' DELLA CORRENTE ELETTRICA

Nei circuiti elettrici esistono due tipi di protezioni: la prima protegge il circuito elettrico e le apparecchiature, la seconda protegge l'uomo.

La prima si chiama anche protezione magnetotermica ed è realizzata da un interruttore automatico magnetotermico.



L'interruttore magnetotermico scatta quando al suo interno passa una corrente di cortocircuito, che solitamente ha valori molto elevati: 3000A; 4500A (casa); 6000A; 12KA.

Di solito in una stanza di abitazione possiamo avere 3000A di corto circuito; vicino al contatore possiamo avere circa 4500A oppure se la cabina elettrica è vicina all'edificio anche 6000A. I cortocircuiti nascono prevalentemente per il malfunzionamento di un carico, per vetusta dei cavi elettrici o, in casi più rari, per errore umano.

All'interno dell'interruttore automatico c'è un dispositivo magnetico che, quando è attraversato da forte corrente, produce una grande forza elettromagnetica che ha il potere di aprire il circuito mediante un interruttore.

All'interno dell'automatico, oltre ad esserci una parte magnetica, c'è anche una parte termica che protegge il circuito (aprendo il contatto) alla presenza di sovracorrenti.

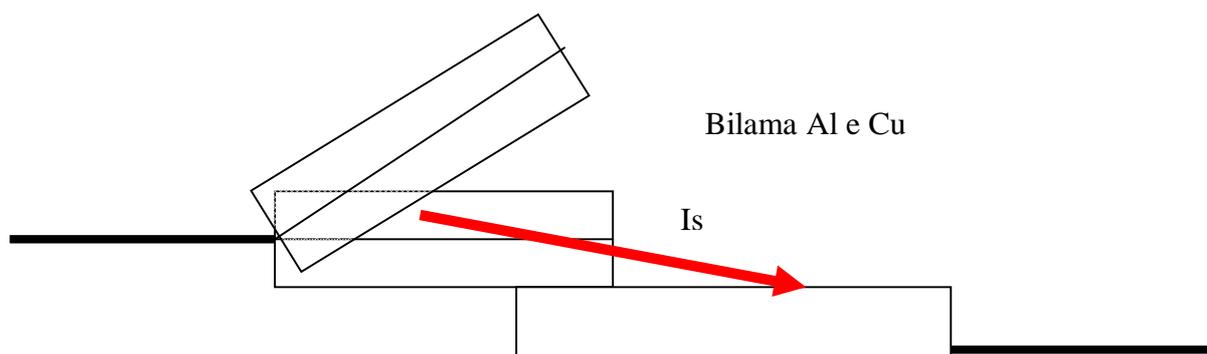
Le sovracorrenti sono correnti non molto elevate come i corto circuiti ma che producono effetti negativi sull'isolante dei fili perché lo surriscaldano e lo fanno invecchiare prima.

Le sovracorrenti hanno valori da 1.5 a 3 volte la I_n .

Sezione [mmq]	Corrente nominale I_n	Potenza [W] con $V=220\text{Volt}$
1,5	10A	2200W
2,5	16A	3,5kW

Se $I_n=10\text{A}$ (circuito luce) allora $I_s=1,5*10=15\text{A}$ oppure $2*10=20\text{A}$

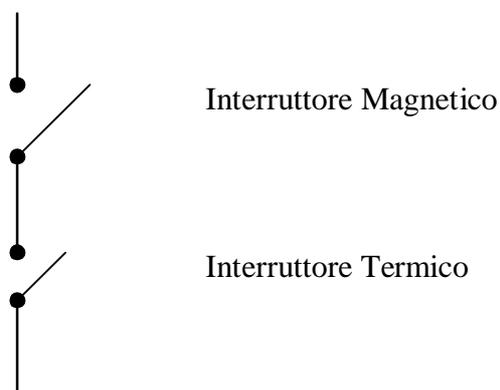
Il meccanismo che fa scattare il contatto è un relè termico in quanto la sovracorrente produce un aumento di temperatura e tale aumento produce l'apertura del contatto.



La corrente I attraversa il contatto a bilama, se la corrente inizia ad essere più grande di quella nominale il dispositivo inizia a surriscaldarsi a provoca la dilatazione termica della lama bimetallica. I 2 metalli si dilatano in modo diverso, uno di più e l'altro di meno; pertanto ponendo il metallo che si dilata di più verso il basso e a contatto con il polo fisso e l'altro metallo viene posto sopra, si ottiene una deformazione che si inarca verso l'alto aprendo il contatto elettrico e bloccando quindi la corrente che ha generato il fenomeno.

Successivamente la barretta raffreddandosi ritorna nella posizione iniziale.

I due interruttori descritti sono in serie (stessa corrente).



CAPITOLO XVII

PROTEZIONE DELL'UOMO DAI CONTATTI DIRETTI

L'uomo può entrare in contatto con parti elettriche in due modi:

- 1) Modo diretto: toccando direttamente la parte elettrica
- 2) Modo indiretto: toccando una massa metallica che per un malfunzionamento risulta carica elettricamente.

DISEGNO

$$I_{\text{ritorno}} = I_{\text{andata}} - I_d$$

IN NORMALE FUNZIONAMENTO $I_d = 0 \rightarrow I_a = I_r$

IN FUNZIONAMENTO ANORMALE $I_d \neq 0 \rightarrow I_a \neq I_r$

Dal 1990 la legge impone l'installazione dell'interruttore automatico chiamato in gergo "salvavita".

Il salvavita funziona come segue:

Il salvavita misura le correnti I_a ed I_r ; ne fa la differenza (quindi calcola la I_d).

- se $I_d = 0$ il salvavita non entra in azione.
- se $I_d < I_{dn} = 0.03A$ il salvavita non entra in azione.
- Se $I_d > I_{dn}$ allora il salvavita apre i suoi contatti e blocca tutte le correnti nel tempo massimo di 200ms allora l'uomo **forse** si salva (infatti se la corrente è elevatissima anche la durata di 200ms può essere mortale!).

Per eliminare la parola forse dobbiamo accompagnare il salvavita con l'impianto di terra.

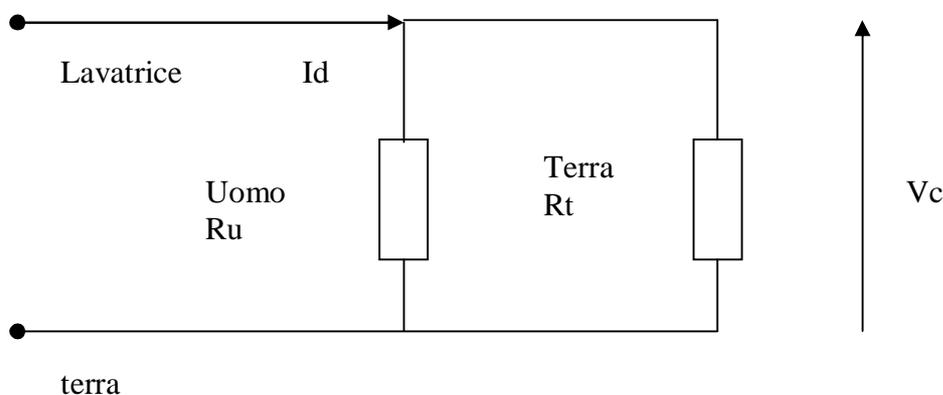
Il salvavita è uno strumento elettromagnetico.

Il differenziale misura $I_d = I_a - I_r$, se questa corrente I_d è $> 0.03A$ e attraversa il corpo umano, essa può anche essere mortale. Dire che I_d è > 0.03 vuol dire che I_d potrebbe anche essere 5, 10, 100 A, qualunque cosa superiore a 0.03 A.

Il salvavita scatta in un tempo di 200msec, ma se il corpo umano è attraversato da 20 A per 200msec c'è il pericolo di morte, quindi il salvavita scatta ma non salva la vita.

SALVAVITA = Il termine tecnico è INTERRUETTORE DIFFERENZIALE.

Per salvare la vita alle persone bisogna accoppiare il differenziale con l'impianto di terra, cioè bisogna fare in modo che in presenza di corrente di dispersione, questa deve essere convogliata in un filo giallo-verde e diretta verso terra e non verso l'uomo.



La corrente di dispersione I_d per andare verso terra ha due strade R_u (attraverso l'uomo) e R_t verso terra (attraverso il filo di terra).

Siccome la resistenza dell'uomo risulta essere 20 volte più grande della resistenza di terra, la corrente I_d viene tutta convogliata verso R_t , si è quindi creato un percorso preferenziale per la corrente I_d .

CAPITOLO IXX

LIMITAZIONE DELLA TENSIONE DI CONTATTO

La tensione di contatto è quella che si misura fra il corpo soggetto a dispersione e la terra. La tensione di contatto non è pericolosa quando è al di sotto dei 50V. Negli ambienti di lavoro la tensione di contatto è di 25V, bisogna quindi tenere la tensione di contatto al massimo uguale a questo valore. Per fare ciò, bisogna soddisfare la seguente disequazione.

$$V_c \leq R_t * I_d$$

se

$$V_c = 25V$$

$$I_d = 0.03V$$

allora

$$R_t = \frac{25}{0.03} = 833\Omega$$

Quando viene installato l'impianto di terra, il tecnico deve misurare la resistenza che deve essere inferiore o uguale a 833Ω .

Il d.pr. 547/1955 impone per gli ambienti di lavoro una R_t minore o uguale a 20Ω indipendentemente dal tipo di protezione automatica.

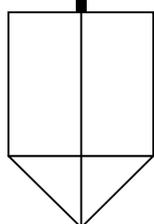
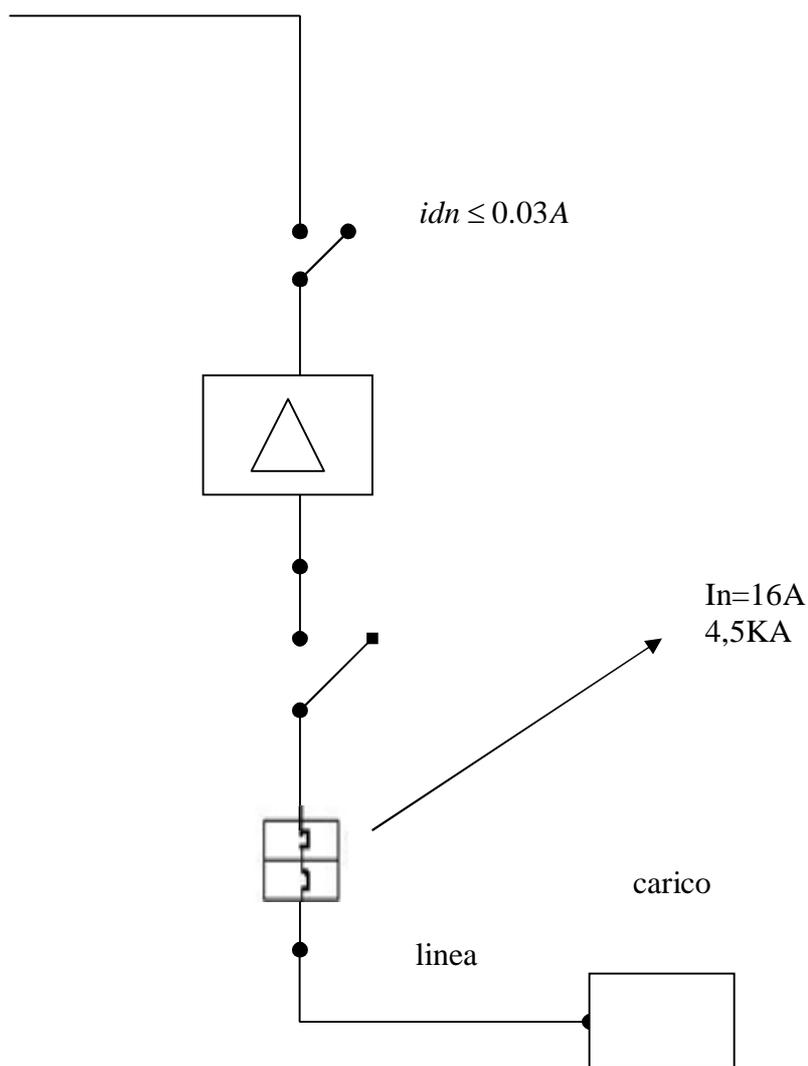
La R_t risulta di valore basso in terreni limosi, sabbiosi, ricchi di acque saline

$$R_t = 1.2\Omega.$$

Invece nei terreni rocciosi la corrente trova un grande ostacolo e la resistenza quindi è molto grande,

$$R_t = \text{da } 500 \text{ a } 200 \Omega.$$

La protezione obbligatoria a capo di un impianto elettrico sono quelle riportate in figura di pagina seguente.



Filo di terra >6mm

Il salvavita è dotato di un interruttore, tasto bianco o arancione con una lettera T che si chiama tasto di prova. Premendo tale tasto il salvavita scatta. Il tasto deve essere premuto una volta al mese per fare in modo che all'interno non si formi polvere o ossido che potrebbero portare a malfunzionamenti.

MATERIA: ELETTROTECNICA DOMANDE DI TERZA PROVA

- 1) Quali sono le peculiarità di un carico trifase equilibrato?
- 2) Dato il motore trifase senza neutro con $P=30\text{kW}$ f.d.p.=0,866, 400V. Calcolare la corrente assorbita dai cavi e la sezione del cavo trifase.
- 3) Dire la differenza tra le tensioni concatenate e tensioni stellate.
- 4) Eseguire la radice del vettore complesso A, dove $A=1+J1$
- 5) Un motore trifase assorbe una potenza di 20kW con f.d.p.=0,866, la tensione di alimentazione è di $V=380\text{V}$. Calcolare le correnti di linea e la corrente di neutro, dimensionare la sezione del cavo.
- 6) Un motore trifase assorbe 9kW con $V=380\text{V}$; $\cos\phi=0,8$. La linea che lo alimenta è lunga 200mt. Dimensionare la sezione e la tensione V_i di ingresso della linea.
- 7) Dato $\overline{E1} = EL90^\circ$ dove $E=1,5$ calcolare: Il quadrato e il cubo.
- 8) Un motore asincrono trifase con $P=4\text{kW}$, $\cos\phi=0,866$, $V=380\text{V}$ è alimentato da una linea trifase che ha una caduta del 5%. Calcolare le correnti di linea. Calcolare la caduta di tensione sulla linea. Calcolare la P_p in linea. Calcolare il rendimento della linea.
- 9) Dato il vettore $5+J8,66$ calcolare il quadrato, il cubo e la radice quadrata.
- 10) Dato il vettore $\overline{F} = 2L90^\circ$ trovare il suo quadrato, cubo, radice, radice cubica.
- 11) L' amplificatore operazionale $\mu A741$ è usato in connessione invertente. Sapendo che $R1=15\text{k}\Omega$ (resistenza all'ingresso) e $R2=30\text{k}\Omega$. Calcolare dopo aver disegnato lo schema:
1)L' amplificazione 2)la tensione di uscita sapendo che all'ingresso vi è un segnale: $V_i=0,75\text{sen}\omega t+30^\circ$, disegnare i grafici qualitativi di ingresso e uscita.
- 12) L' amplificatore operazionale in connessione non invertente, $R1=15\text{k}\Omega$; $R2=45\text{k}\Omega$, amplifica un segnale proveniente da una termocoppia. $V_i=0,085\text{sen}(\omega t+30^\circ)$. Dopo aver disegnato lo schema elettrico calcolare: 1)L' amplificazione 2)il segnale di uscita 3)disegnare i grafici qualitativi delle tensioni.
- 13) Due amplificatori operazionali identici sono collegati in cascata. Dopo aver disegnato lo schema elettrico calcolare le amplificazioni singole e totale sapendo che $R1=10\text{k}\Omega$ ed $R2=30\text{k}\Omega$. Calcolare inoltre la tensione di uscita sapendo che quella d'ingresso e $V1=7\text{sen}(\omega t+30^\circ)$ disegnare i grafici quantitativi.

SIMULAZIONE 3° PROVA
Materia: Elettrotecnica ed Elettronica

1) Un Motore asincrono trifase con fattore di potenza 0,8 e tensione 400V assorbe la potenza di 20kW. Disegnare lo schema unifilare. Calcolare e correnti di linea e di neutro. Dimensionare, nell'ipotesi di linea corta, la sezione del cavo di alimentazione.

2) Una linea trifase, attraversata da corrente 25A, produce una caduta del 5%. La tensione di arrivo al carico è 380V e la potenza assorbita è 5kW. Calcolare la tensione d'ingresso della linea. Calcolare la potenza persa il linea. Calcolare il rendimento della linea.

3) Scrivere le tabelle delle tensioni stellate e concatenate. Nell'ipotesi di $V=1$ volt,

dimostrare che $\overline{V_{12}}^2 = V_{31}$ e $\overline{V_{12}}^3 = V_{23}$.

Alunno:

Classe: V B

LAVORO: 9°

Corso: Macchinista

Data: 14/02/2010

Simulazione 3° Prova
Materia: Elettrotecnica ed Elettronica
PRIMO ESERCIZIO

Un motore asincrono Trifase con fattore di Potenza 0,8 e tensione 400V assorbe la Potenza di 20KW. Disegnare il schema unifilare. Calcolare e le Correnti di linea e di neutro. Determinare, nell'ipotesi di linea corta, la sezione del cavo di alimentazione.

Dati:		
fattore di potenza	0,8	f.d.p.
Tensione	400	V
Potenza assorbita	20000	W

Trovare
correnti di Linea
sezione cavo

Soluzione	
I	36,08 A
I _o	0 A perché il sistema è equilibrato
I _n	25 A
Sezione cavo	4 mm ²

Formula Usata

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot fdp}$$

cerca.vert (C26; Sezione;2)

Alunno:

Classe: V B

LAVORO: 8

Corso: Macchinista

Data: 14/02/2010

Simulazione 3° Prova
Materia: Elettrotecnica ed Elettronica
SECONDO ESERCIZIO

Una linea trifase, attraversata da corrente 25A, produce una caduta del 5%. La tensione di arrivo al carico è 380V e la potenza è di 5KW. Calcolare la tensione di ingresso della linea. Calcolare la potenza persa in linea. Calcolare il rendimento della linea.

DATI	
I	25 A
$\Delta V\%$	5 %
V	380 V
P	5000 W

SOLUZIONE	
ΔV	19 V
V_i	399 V
P_p	1425 W
P_a	6425 W
η_L	0,78 -

TROVARE	
Tensione ingresso	
Potenza persa	

Formule Usate

$$\Delta V = \frac{\Delta V \% \cdot V}{100}$$

$$V_i = \Delta V + V$$

$$P_p = 3 \cdot \Delta V \cdot I$$

$$P_a = P + P_p$$

$$\eta_L = \frac{P}{P_a}$$

Istituto Tecnico Nautico Trieste

Alunno: Pegan Alberto Classe: V B LAVORO: 7°

Corso: Macchinista Data: 18/02/2010

Simulazione 3° Prova
Materia: Elettrotecnica ed Elettronica
TERZO ESERCIZIO

Scrivere le tabelle delle tensione stellate e concatenate. Nell'ipotesi di $V=1$ volt, dimostrare che $V_{12}^2=V_{31}$ e $V_{12}^3=V_{23}$.

DATI	
V=	1 volt
$V_{12}^1=$	1 L 120
$V_{23}^1=$	1 L 0
$V_{31}^1=$	1 L -120

Dimostrazione	
$V_{12}^2 = V_{12}^1 \cdot V_{12}^1 = 1 \text{ L } 240$	$= 1 \text{ L } -120 = V_{31}$
$V_{12}^3 = V_{12}^1 \cdot V_{12}^1 \cdot V_{12}^1 = 1 \text{ L } 360$	$= 1 \text{ L } 0 = V_{23}$