

1° metà 1800 Si intrinsece legano tra fenomeni elettrici e magnetici.

2° metà 1800 Maxwell formula le 4 equazioni che sono base completa dell'elettromagnetismo.

Trasferimento di energia tra due posti anche lontani tra loro (a modo economico).

Maxwell descrive una grandezza nello spazio ed ha un eccesso di informazioni.

Elettrotecnica si occupa principalmente di entità statiche (multipoli) che rappresenta parte del sistema elettrico caratterizzato dal potere interagirne con un numero finito di punti.



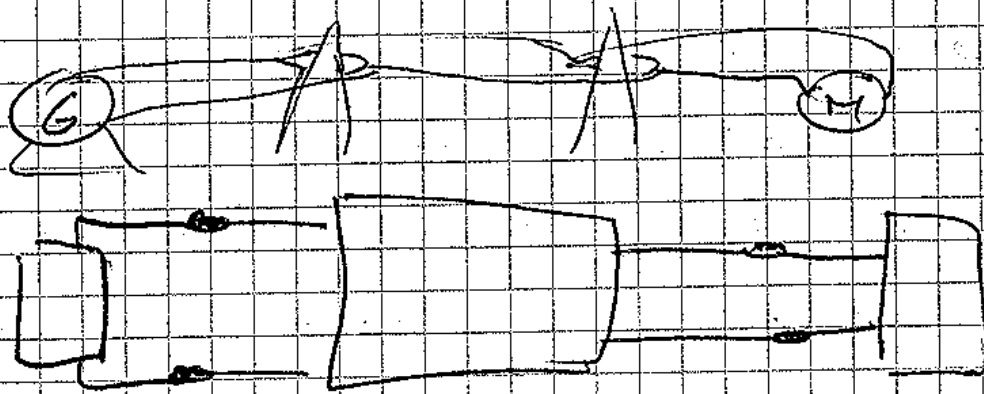
Poli o morsetti

Bipolo 2

Tripolo 3

Quadrupolo 4

i i



Elettrotecnica permette di descrivere
 cosa succede ai poli ma non
 all'interno del multipolo.

Il comportamento elettrico delle
 eq di Maxwell fornisce come
 grandezze in campo nell'elettrotecnica
 in circuito a L (correnti e tensioni).

Condizioni fondamentali per utilizzare teoremi
 dei circuiti:

- ① Energia si trasmette attraverso i morsetti.
- ② Trascurio velocità di propagazione
 del fenomeno elettromagnetico (velocità
 infinite).

Vantaggio dell'elettrotecnica è che spaz
 può essere di significato (gratie ai bipoli).
 Le grandezze elettriche non hanno di
 pendente dallo spazio.

Grandezze: - Tensione
- Corrente
- Potenza

Teoria dei circuiti è in grado di spiegare
in modo semplice eventi che accadono nei
circuiti anche molto complicati.

15/9/09

Regimi di funzionamento:

- ① statico o stazionario
- ② transiente
- ③ tutte le grandezze mantengono sempre lo
stesso valore (corrente continua)
~~Es. diff~~ Utilizzo di eq algebriche.

Tutte le ipotesi sono verificate
(negli es. trasfesa ott lavoro i nastri,
velocità di propagazione non ha importanza)

Esistono situazioni del genere?

- generatori tipo elettrochimico
- Fissioni fissionarie / transuraniche
- linee HVDC (Alta tensione e corrente continua)
(nessa caduta di tensione, impatto ambientale
ridotto). Utilizzato per trasmissioni in
corrente continua.

② distinzione tra regimi

- a) lentamente variabile o quasi stazionario
- b) rapidamente variabile

- a) vale concetto di circuito elettrico
- b) le ipotesi non sono più valide.

Scelta dipende da velocità ^{di evoluzione} del fenomeno
e ~~dal~~ lunghezza del fenomeno
il rapidamente variabile non ricorre
nel modello circuito.

Regime Quasi-stazionario:

Le ipotesi sono vere (approssimate)
Equazioni differenziali ordinarie.

- Regimi:
- Periodico \rightarrow tutte le grandezze elettriche hanno andamento periodico (?. permanente)
 - Transitorio / transiente

Il comportamento periodico è molto importante!
Maggior parte delle reti funzionano in regime sinusoidale o quasi sinusoidale.

Regime transiente ha durata limitata
e sopra si funzionanti in regime permanente.
E' legato alle energie che non possono variare istantaneamente.

Di solito nei circuiti elettrici il transistor ha durata molto corta. Durante questo periodo le grandezze elettriche hanno dei comportamenti strani e possono avere dei picchi molto più grandi del normale. Il transistor è governato da eq. differenziali ordinarie.

Regime periodico:

una funzione è periodica di periodo T se $x(t) = x(t+T) \quad \forall t$

Il periodo definisce la durata della funzione d'onda.

È più utilizzata la frequenza: $f = \frac{1}{T}$
(Hz)

Tanto più è alto il valore della frequenza tanto più si può ricattare un regime variabile.

Basso frequenza $< 1 \text{ kHz}$

Media frequenza $1 \text{ kHz} < f < 1 \text{ MHz}$

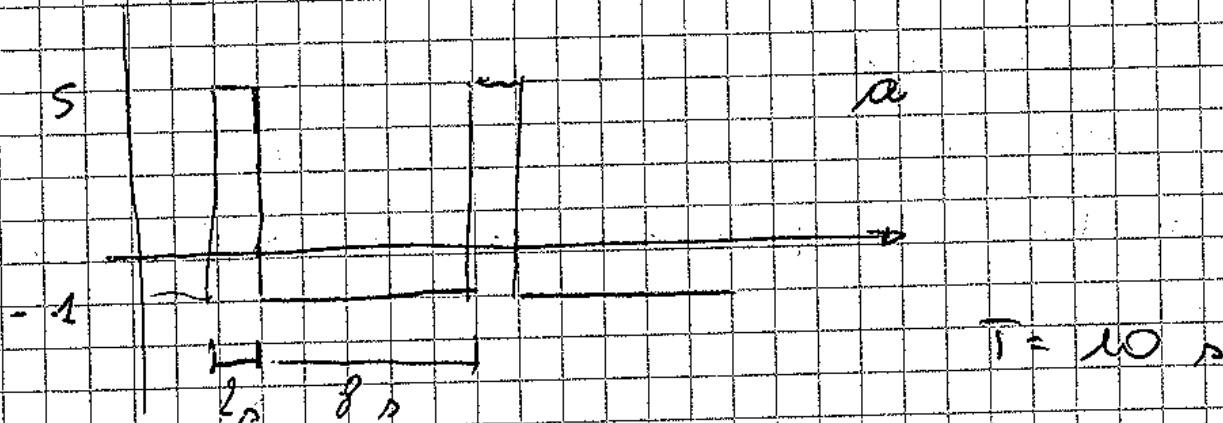
Alta frequenza $> 1 \text{ MHz}$

Frequenze negli impianti industriali: 50 Hz (paesi europei) / 60 Hz (USA)

$f = 400 \text{ Hz}$ impianti di bordo negli aerei.

$f = 16.7 \text{ Hz}$ (Germania, Svizzera, Norvegia) per trazione

Freq. o periodo definitivamente aderente e
 durata del fenomeno.



$a(t)$ valore istantaneo

VALORI DI CRESTA: $\left\{ \begin{array}{l} \text{positivo: } \max(a(t) \geq 0) \quad A_{cp} \\ \text{negativo: } \min(a(t) < 0) \quad A_{cn} \end{array} \right.$

VALORE MAX (DI CRESTA, DI PICCO)

$$\hat{A} = \max(A_{cp}, A_{cn})$$

$$\hat{A} = S$$

VALORE MEDIO EFFETTIVO

$$A_{me} = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} a(t) dt$$

$$A_m = 0,2$$

VALORE EFFICACE
 (quadrato medio)

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

$$A \approx 2,4$$

Il valore efficace rappresenta l'equivalente di
 un segnale costante nel tempo

La funzione ha le stesse caratteristiche di fare lavoro di una gradita costante che ~~stare~~ ^{per il} ~~valore~~ efficace.

VALORE MEDIO CONVEZIONALE $A_{mc} = \frac{1}{T} \int_0^{T/2} |i(t)| dt$

$$A_{mc} = 1,8$$

FATTORE di CRESTA (o di picco) $K_p = \frac{\hat{A}}{A}$

caso sinusoidale $K_p = \sqrt{2}$

$$\sqrt{\frac{1}{T} \int_0^{T/2} i^2 dt} = \frac{1}{\sqrt{2}} \quad K_{p(om)} = \frac{1}{1/\sqrt{2}} = \sqrt{2}$$

Definire funzione sinusoidale

$$i_t = K_1 \sin(K_2 t + K_3)$$

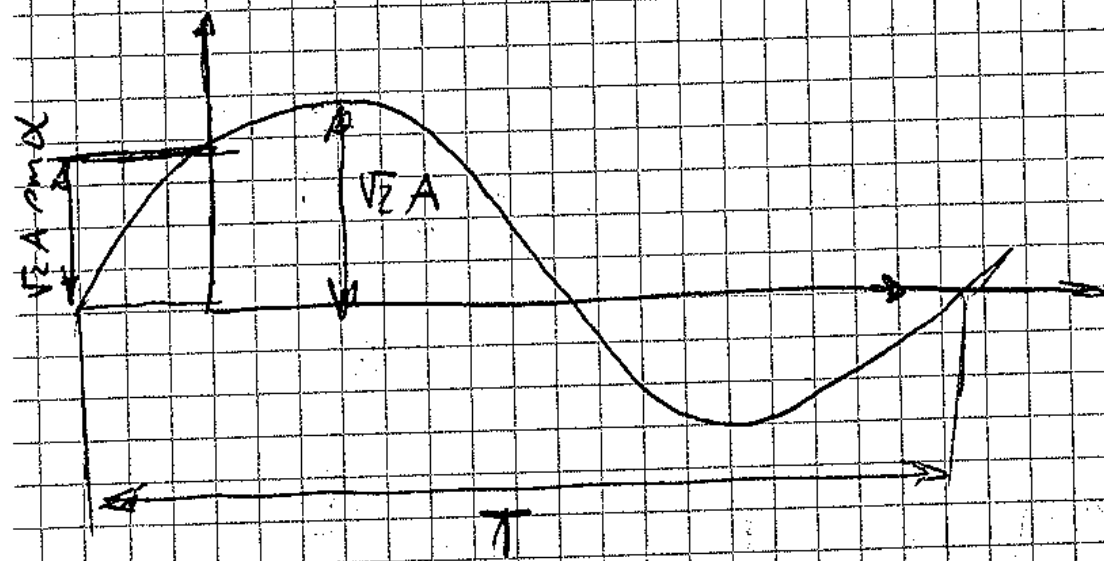
$$K_1 = \hat{A}$$

$$K_2 T = 2\pi \Rightarrow K_2 = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f = \omega$$

↓
pulsozione
(rad/s)

K_3 : angolo di fase (rad)

$$x(t) = \hat{A} \sin(\omega t + \alpha) = \sqrt{2} A \sin(\omega t + \alpha)$$



$$x(t) = \sqrt{2} A (\cos(\alpha) \sin(\omega t) + \sin(\alpha) \cos(\omega t))$$

$$A \cos \alpha = A_2$$

$$A \sin \alpha = A_1$$

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2}$$

$$\alpha = \arctan\left(\frac{A_1}{A_2}\right)$$

$$x(t) = \sqrt{2} A_2 \sin(\omega t) + \sqrt{2} A_1 \cos(\omega t)$$

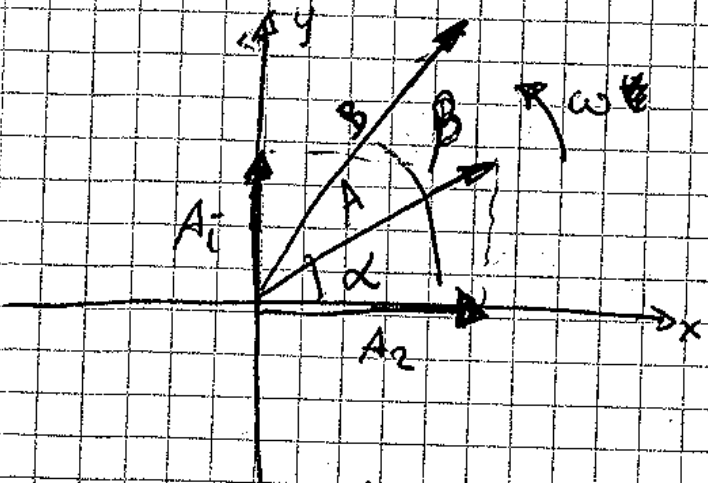
$\sin \iff$ vettore rotante



numero complesso

Tutte le volte che dovremo fare delle operazioni su sinusoidi noi opereremo sul n. complesso

$$a(t) = \sqrt{2} A \sin(\omega t + \alpha) = \sqrt{2} A_2 \sin(\omega t) + \sqrt{2} A_1 \cos(\omega t)$$



$$A = A \sin(\alpha + \omega t)$$

→ frequenze con e

$$b(t) = \sqrt{2} B \sin(\omega t + \beta) = \sqrt{2} B_2 \sin(\omega t) + \sqrt{2} B_1 \cos(\omega t)$$

$$\varphi = \alpha - \beta \text{ rimane invariato}$$

↓
sfasamento

$\varphi = 0$ in fase

$\varphi > 0$ a in anticipo su b
b in ritardo su a

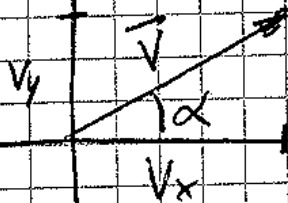
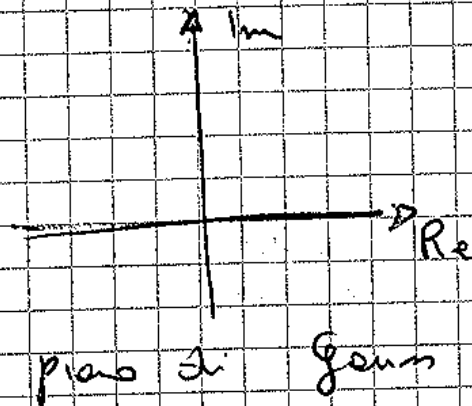
$\varphi = \pm \frac{\pi}{2}$ a e b sono in quadratura

$\varphi = \pm \pi$ e e b in opposizione (di fase)

Sono numeri complessi

$$i = \sqrt{-1} = j$$

$$j^2 = -1$$



$$\vec{V} = V_x + j V_y$$

$$\vec{V} = V e^{j\alpha}$$

$$\vec{A} = A e^{j(\alpha + \omega t)} = A (e^{j\alpha} e^{j\omega t})$$

$$= (A_r + j A_i) e^{j\omega t}$$

FASORE

$$\vec{B} = (B_r + j B_i) e^{j\omega t} = B e^{j\beta} e^{j\omega t}$$

$$\omega \sin \omega t \Rightarrow \omega \sin \omega t \quad (e)$$

$$\vec{A} \Rightarrow \vec{A}$$

$$a(t) + b(t) \Rightarrow \vec{A} + \vec{B}$$

$$k a(t) \Rightarrow k \vec{A}$$

$$a(t) = \sqrt{2} A \sin(\omega t + \alpha) = \sqrt{2} A_2 \sin(\omega t) + \sqrt{2} A_1 \cos(\omega t)$$

$$\frac{d}{dt} a(t) = \omega \sqrt{2} A_2 \cos(\omega t) - \omega \sqrt{2} A_1 \sin(\omega t)$$

$$\vec{A} = A e^{j\alpha} e^{j\omega t} = (A_2 + jA_1) e^{j\omega t}$$

$$\frac{d}{dt} \vec{A} = (A_2 + jA_1) j\omega e^{j\omega t} =$$

$$= \omega (jA_2 - A_1) e^{j\omega t}$$

Parte reale del n° complesso rappresentando amp. e f. delle sinusoidi pure (e n° $\sqrt{2}$)

Parte immaginaria n° complesso rappresentando amp. e f. delle cosinusoidi pure (e n° $\sqrt{2}$).

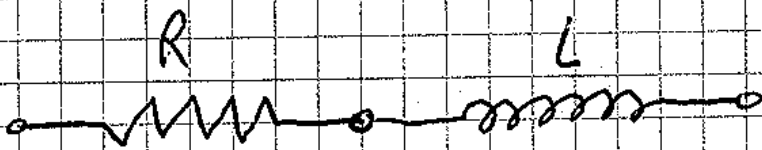
Quando scriviamo un fasore per il momento lo moltiplichiamo per $j\omega$

$$\frac{d}{dt} (\vec{A}) = \vec{A} j\omega$$

$$\int e(t) dt$$

$$\int \bar{A} dt = \int (A_2 + jA_1) e^{j\omega t} = \frac{1}{j\omega} (A_2 + jA_1) e^{j\omega t} =$$
$$= \frac{-j}{\omega} (A_2 + jA_1) e^{j\omega t}$$

$$\int \bar{A} dt = -\frac{j}{\omega} \bar{A}$$



$$v_R = Ri \quad v_L = L \frac{di}{dt}$$

$$e(t) = v_R + v_L$$

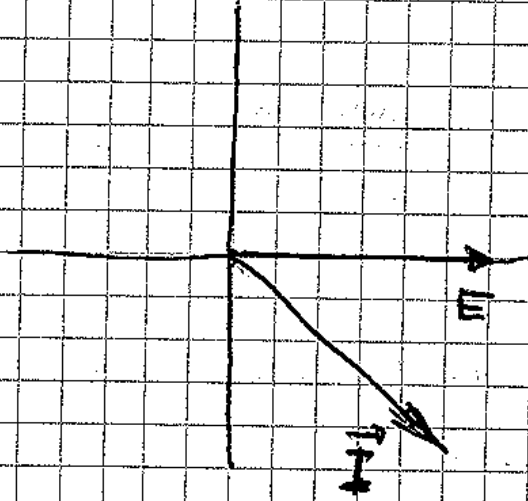
$$e(t) = \sqrt{2} E \sin(\omega t)$$

$$\sqrt{2} E \sin \omega t = Ri + L \frac{di}{dt}$$

$$\bar{E} = E e^{j\omega t}$$

$$\bar{I} = ?$$

$$\bar{E} = R\bar{I} + L \bar{I} j\omega$$
$$\bar{I} = \frac{E e^{j\omega t}}{R + j\omega L} = \frac{E e^{j\omega t} (R - j\omega L)}{R^2 + \omega^2 L^2}$$



Un fasore non è una sinusoida !!!
 Il significato fisico è dato dalla sinusoida
 ad esso associata.

16/9/09

GRANDEZZE ELETTRICHE

Corrente elettrica (intensità di corrente) si rappresenta
 con i

considero una superficie aperta S e vi sia
 un passaggio di cariche elettriche.

$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt}$$

$$i(t) = \int_S \vec{j} \cdot \vec{n} \, dS$$

flusso
 normale a S

La corrente elettrica è identificata dal suo orientamento (o dal suo verso) e dal verso (che indica il verso positivo della corrente)