INTRODUZIONE

Per risolvere sistemi fisici complessi si fa uso di MODELLI IDEALIZZATI che schematizzano il fenomeno fisico reale. I fenomeni fisici che riguardano l'elettrotecnica fanno parte dell'elettromagnetismo

CIRCUITI VENGONO A SCALARI GOVERNATI DALLE LEGGI DI MAXWELL DESCRIVONO MATEMATICAMENTE L'ELETTROMAGNETISMO

- $\oint_\Gamma \vec{E}\, d\vec{\ell} = \phi$
- $\oint_\Sigma \vec{B}\, d\vec{S} = \phi$
- $\oint_\Sigma \vec{\varepsilon}\, d\vec{S} = Q$
- $\oint_\Gamma \frac{\vec{B}}{\mu_0}\, d\vec{\ell} = I_{CONC} + \oint_\Gamma \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}\, d\vec{\ell}$

CORRENTE DI SPOSTAMENTO

QUANDO SI PUÒ TRASCURARE LA CORRENTE DI SPOSTAMENTO? $\vec{E}(x,y,z,t)$

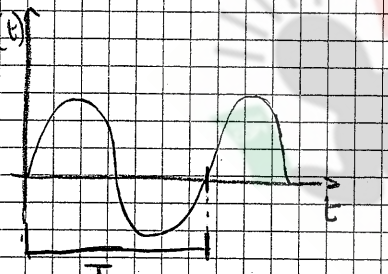
Facendo delle semplificazioni possiamo analizzare il fenomeno elettromagnetico tramite un modello ideale detto CIRCUITO ELETTRICO

I IPOTESI SEMPLIFICATIVA

È lecito rappresentare fenomeni elettromagnetici approssimandoli con circuiti se $d = \frac{c}{f} >> L \rightarrow c >> f \cdot L$

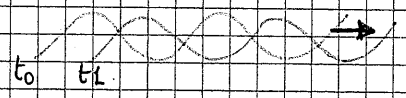
- c velocità luce $3 \cdot 10^8$ m/s
- f frequenza onde elettromagnetiche
- L massima dimensione geometrica dello spazio in cui l'onda si propaga.

$$f = \frac{1}{T}\ [Hz] \qquad T = 20\,msec \text{ (onde)}$$



Un'onda si muove anche nello spazio con velocità c, e la distanza tra due picchi consecutivi è d:

$$d = \frac{c}{f}$$



Quando $d >> L$ è lecito trascurare la velocità c di propagazione, e ritenere istantaneamente presente il campo nel punto considerato, senza dover ricavare il calcolo del tempo di propagazione. Dunque esaminiamo lo spazio di campo molto vicino al punto in cui vogliamo fare conti.

esempio 1 $f = 50$ Hz $\quad T = 20$ m/s

$d = \frac{c}{f} = 6 \cdot 10^6$ m

L'impianto di casa ha $L = 100$ m. Dunque l'approssimazione è lecita

esempio 2 $f = 1$ GHz $\quad T = 1$ ns (processore scheda madre)

$L = 30$ cm pista scheda madre

$d = 30$ cm

I risultati dei conti elettrotecnici saranno isolati

risulta molto evidente come uno stesso oggetto, lavorando a frequenze diverse (es filo di rame) può essere studiato con diversi modelli, non sempre con quello circuitale.

PROBLEMA FONDAMENTALE DELLE RETI ELETTRICHE $i(t)$ e $V(t)$ FUNZIONI DEL TEMPO

RISOLVERE UN CIRCUITO → determinare Tutte le correnti e le tensioni
(questo è il PROBLEMA DELL'ELETTROTECNICA)

Correnti e tensioni caratterizzano ogni componente di un circuito.

$$\Delta I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \quad [A]$$ CORRENTE MEDIA

$$i(t) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{dq}{dt}$$ CORRENTE ISTANTANEA

HO SPINTO IL TEMPO A ZERO!

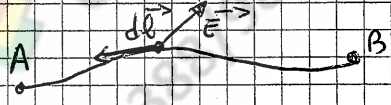
VERSO DELLA CORRENTE Una freccia indica la direzione del moto delle cariche

Si assume convenzionalmente positivo il moto di cariche positive da (+) a (−)

$L = q V_{AB}$ [V] La tensione è il lavoro L compiuto per spostare una carica q tra due punti di un circuito

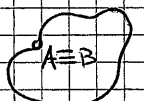
Tra un circuito e l'altro sempre parlo di TENSIONE o di DIFFERENZA di POTENZIALE, sono SEMPRE DEFINITE TRA DUE PUNTI

$$V_{AB} = -\int_B^A \vec{E} \cdot d\vec{l} = \frac{L}{q} \quad [V]$$

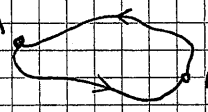


Si prende un prodotto SCALARE

- $\oint \vec{E}\, d\vec{l} = 0$



- $V_{AB} = -V_{BA}$



BIPOLI



Hanno due poli (MORSETTI o CAPI o TERMINALI) attraverso i quali comunicano con il mondo esterno.

Con i poli si collegano i diversi componenti in un circuito

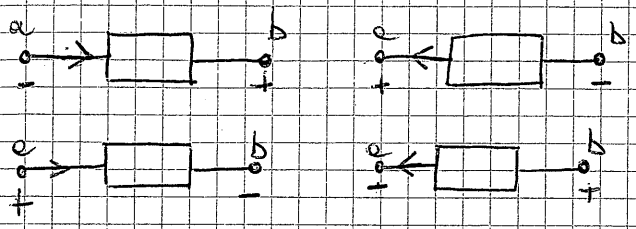
OGNI BIPOLO È CARATTERIZZATO DA UNA LEGGE CHE LEGA LA TENSIONE TRA I MORSETTI E LA CORRENTE CHE ATTRAVERSA I TERMINALI. La legge può essere espressa in 2 modi:

$$V(t) = F[i(t)] \qquad i(t) = G[V(t)]$$

$F(i)$ e $G(i)$ sono completamente specificate come relazioni se vengono assegnati anche i riferimenti convenzionalmente positivi di tensione e corrente nel bipolo

SE IL VALORE DELLA CORRENTE È >0, IL VERSO DELLA FRECCIA È QUELLO EFFETTIVO DELLA CORRENTE. IL MORSETTO + HA POTENZIALE MAGGIORE, ALLORA LA TENSIONE È POSITIVA

SOLO SE si fa $V_+ - V_-$.



RIFERIMENTI NON ASSOCIATI
La corrente circola da "−" a "+"

RIFERIMENTI ASSOCIATI
La corrente circola da "+" a "−"

DISTINZIONE SOSTANZIALE TRA I RIFERIMENTI è legata alla POTENZA LEGATA AL BIPOLO

$$p(t) = v(t)\, i(t) \qquad \left(w(t) = \int p(t)\, dt \right)$$

RIF → ASSOCIATI POTENZA POSITIVA QUELLA ASSORBITA DAL BIPOLO CONVENZIONALMENTE
→ NON ASSOCIATI POTENZA POSITIVA QUELLA CEDUTA DAL BIPOLO CONVENZIONALMENTE

Dunque devo lavorare con i segni, se ho a che fare con apparecchio che genera corrente uso il riferimento NON ASSOCIATO, e viceversa.

I BIPOLI NON HANNO LA PRETENSIONE SBAGLIATA

Grandezze caratteristiche di un BIPOLO

LINEARITÀ UN BIPOLO è LINEARE SE LA CURVA CHE CARATTERIZZA LA SUA EQUAZIONE È UNA RETTA PASSANTE PER L'ORIGINE
$f(ax+by) = a\,f(x) + b\,f(y)$ $\quad v(t) = k\, i(t)$
PASSIVITÀ QUANDO $w(t)$ VALUTATA CON RIF ASSOCIATI È $w(t) \geq 0$ cioè assorbe potenza (energia)

TEMPO INVARIANZA UN BIPOLO È TEMPO INVARIANTE SE LA SUA CURVA CARATTERISTICA NON VARIA NEL TEMPO.
CIOÈ IL RAPPORTO CHE C'È TRA TENSIONE E CORRENTE (F, G) NON VARIA NEL TEMPO.

MEMORIA UN BIPOLO CON MEMORIA È QUANDO LA CORRENTE (TENSIONE) IN UN ISTANTE DIPENDE DALLA CORRENTE (TENSIONE) NELL'ISTANTE PRIMA DA QUELLA PASSATA.

I BIPOLI in un circuito formano RAMI. I punti di collegamento tra rami sono NODI.

Definizioni

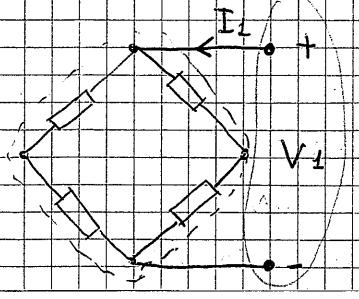
cioè spesso sono interessato nello a $v(t)$ e $i(t)$ di un BIPOLO, di cui conosco una, ricavo l'altra.

RISPOSTA DI UN CIRCUITO / USCITA usando e risolvendo LE EQUAZIONI CHE RISULTANO DALLE LEGGI DI KIRCHOFF, SI RISOLVE IL PROBLEMA FONDAMENTALE DELLE RETI ELETTRICHE.
SPESSO SONO SOLO ALCUNE TENSIONI O CORRENTI DI ALCUNI RAMI, SONO QUESTE LE GRANDEZZE DI USCITA DELLA RETE L'ANDAMENTO DELLE USCITE È INDICATO COME RISPOSTA DEL CIRCUITO.
Dunque spesso metodi generali che consentono di determinare tutte le grandezze sono eseguiti, se serve solo le uscite.

CIRCUITO EQUIVALENTE

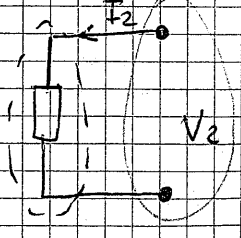
CON L'OBBIETTIVO DI DETERMINARE SOLO L'USCITA, CIOÈ SOLO UNA PARTICOLARE GRANDEZZA DI RETE, SI MODIFICA UNA RETE ELETTRICA IN UNA PIÙ SEMPLIFICATA

→ IL CIRCUITO PIÙ COMPLESSO VA SOSTITUITO CON UNO PIÙ SEMPLICE



VOGLIO LA RELAZIONE TRA I_1 e V_1, IL LORO LEGAME, e QUELLO TRA I_2 e V_2 È LO STESSO ANCHE SE NON CONOSCO L'INTERNO DELLA SCATOLA

NELLA PARTE NERA METTO, LA RISPOSTA



Per essere equivalenti due circuiti devono essere rappresentati con la stessa equazione costitutiva F ai due morsetti di collegamento con il resto del circuito.

$$V_2 = F[I_2] \qquad V_1 = F[I_1]$$

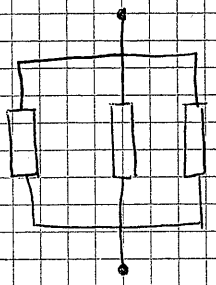
N BIPOLI IN SERIE

stessa corrente

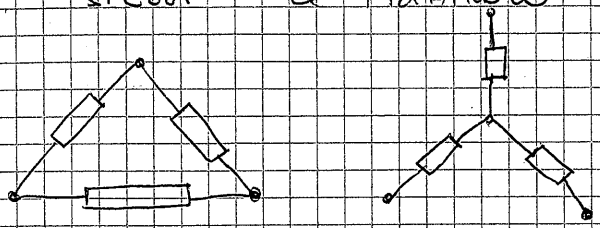


M BIPOLI IN PARALLELO

stessa tensione ai capi



STELLA e TRIANGOLO

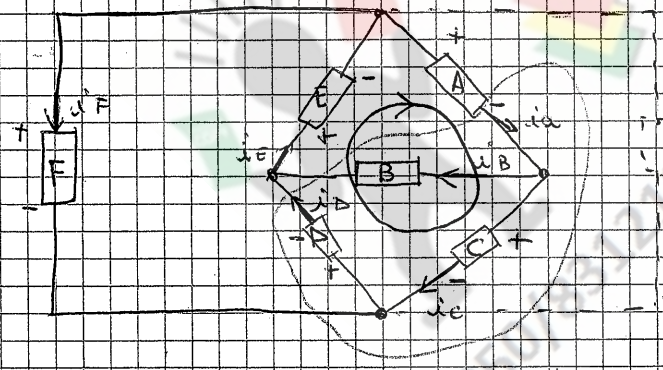


PRINCIPI DI KIRCHOFF

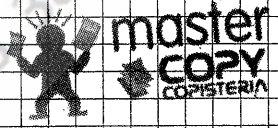
I PRINCIPIO La somma algebrica delle correnti appartenenti ai rami che tagliano una superficie chiusa è zero. $\sum_k i_k(t) = \emptyset$

CONVENZIONE CHE ENTRA > 0

SUPERFICI CHE RACCHIUDONO PIÙ NODI → SUPERNODI / MACRONODI



→ se la metto qui è uguale perché non ha dimensione spaziale

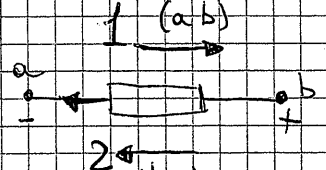


I PRINCIPIO: $i_A - i_B - i_D + i_F = \emptyset$

* Posso anche considerare i singoli nodi, ma poi sommando membro a membro ho sempre l'equazione sopra.

II PRINCIPIO La somma algebrica delle cadute di tensione dei rami che formano una maglia di un circuito elettrico è zero.

CADUTA DI TENSIONE associata al verso di percorrenza del BIPOLO, se lo percorro da "+" a "−" ha stesso segno della tensione.



$$V_{AB} = V_A - V_B = -V_{BA} = -(V_B - V_A)$$

Percorrendo il ramo da b a a: $V_{BA} = V_B - V_A$

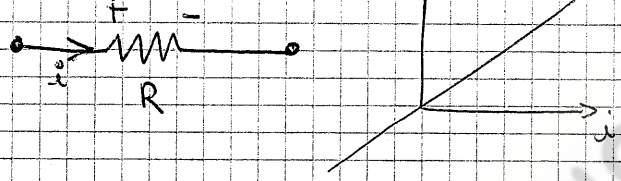
Così la tensione cade di uno quantità pari a $V_B - V_A$

MAGLIA: Insieme di rami adiacenti di un circuito che formano una linea chiusa di un circuito in modo che partendo da un nodo e tornando a lui si attraversano i rami della maglia UNA VOLTA.

II PRINCIPIO $N_E + N_A + N_C + N_D = \emptyset$ stesso ordine e ATTI di segno.

CAPITOLO 2
Circuiti Resistivi

RESISTORE Componente circuitale con 2 CAPI, CARATTERIZZATO DA UNA RESISTENZA.



Resistore lineare

$$v(t) = R\, i(t)$$ LEGGE DI OHM

R coefficiente di proporzionalità tra tensione e corrente ai morsetti del resistore $[\Omega] = \frac{[V]}{[A]}$

$$R = \rho \frac{\ell}{S}$$ Dipende → GEOMETRIA, MATERIALE

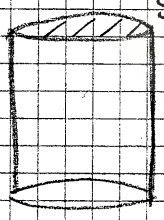
ρ RESISTIVITÀ → MATERIALE

$\sigma = \frac{1}{\rho}$ CONDUCIBILITÀ

$$i(t) = \frac{1}{R} v(t) = G\, v(t)$$

G = CONDUTTANZA del resistore

$[\Omega^{-1}] = [\text{Siemens}] = [\text{mho}]$

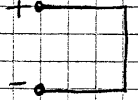


TUBO CILINDRICO

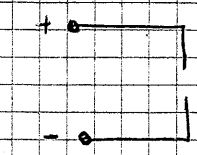


CASI NOTEVOLI

- **corto circuito** $R = 0$ per cui la tensione ai capi del bipolo vale sempre zero per ogni valore della corrente. Infatti facendo tendere $R \to 0$ si vede che passa sempre più corrente, che alla fine brucia TUTTO! $(V = RI)$



- **circuito aperto** $R = \infty$, $G = 0 \to I = 0$ Per ogni valore della tensione ai capi del bipolo la corrente vale sempre zero.



Valutazione potenza ed energia nel resistore

È possibile esprimere $p(t) = v(t)\, i(t)$ e $w(t) = \int p(t)\, dT$ in funzione della SOLA CORRENTE o SOLA TENSIONE tramite la RELAZIONE COSTITUTIVA.