MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

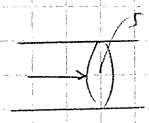
| Principi di | Energia Elettrica | Dott. Barmada (DESTEC) Ing. Zeccato | 4 Marzo 2015 Elisa Scotti |
|---|---|---|---|

3 ore esercitazione → solitamente Mercoledì. Ricevimento: Lunedì.
Esame: scritto ed orale (nello stesso appello per questo anno)
Libro di testo: Alexander - Sadiku "circuiti elettrici" 4ª edizione
nella libreria Pangloss (dietro matematica) libro fatto da lui → esercizi e testi di esame svolti inclusi (esami di 2 anni fa, mentre quelli dello scorso anno nel corso dell'esercitazione)

(elettrotecnica)

Di fatto sarà un corso di ~~ingegneria~~ energia elettrica → creare, trasporto ed utilizzo con attenzione concentrata sulla teoria dei circuiti (soprattutto a livello industriale)

carica elementare → quella di un elettrone $= 1{,}602 \times 10^{-19} = e$



$$\frac{\Delta Q}{\Delta T} = I = \text{corrente} \quad [A] = \frac{[1C]}{[1s]}$$

• CONTINUA 

• ALTERNATA 

Restringendolo l'intervallo di tempo

$$\lim_{\Delta t \to 0} \Rightarrow \frac{dq(t)}{dt} = i(t) = \text{corrente istantanea}$$

<u>Equazione di Maxwell in forma integrale</u>: $\oint_\Gamma \bar{H} \cdot d\bar{l} = i$

che ci occorrerà insieme all'altra eq. di Max (lum riguardante il flusso lungo una sup. chiusa) applicando la legge di Gauss al campo magnetico

$$\oint_\Sigma \bar{B} \cdot d\bar{S} = \phi$$

questa ci interesserà poco

$$\oint_\Sigma \bar{D} \cdot d\bar{S} = Q$$

circuitazione di $\bar{E}$ lungo una sup. chiusa è nulla

$$\oint_\Gamma \bar{E} \cdot d\bar{l} = \phi$$

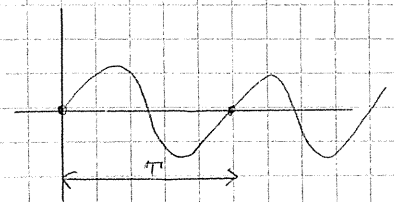
Def di Potenziale $V_{AB} = -\int_B^A \bar{E}\, d\bar{l}$ diff. di potenz. è indipendente dal percorso scelto

I campi $\bar{E}$ dipendono dalle coordinate spaziali e dal tempo: $\bar{E}(x, y, z, t)$

nei circuiti riusciamo a prescindere dalle coord. spaziali ⇒ dipendono solo da $t$.
questo succede perché lavoriamo a <u>BASSA FREQUENZA</u>

$\frac{\partial \bar{D}}{\partial t}$ → termine che è trascurabile → che invece non è trascurabile nelle antenne

Prendiamo una generica curva sinusoidale: possiamo definire il <u>PERIODO</u> ($T$) e la <u>FREQUENZA</u> ($f$)




$$f = \frac{1}{T}$$

<u>LUNGHEZZA D'ONDA</u> ($\lambda$) $\quad \lambda = \frac{c}{f}$ → velocità luce alla quale i campi si propagano

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

$\lambda$ è un parametro che ci consente di capire quando è trascurabile il termine corrente di spostam.

(es) $L = 3\,m$ $\quad f = 50\,Hz$ $\quad \lambda = \frac{c}{f} = 6 \cdot 10^6\,m$ → si fa il confronto tra $\lambda$ e $L$

la + usata industrialmente

• Se $\lambda \gg L$ possiamo utilizzare le approssimazioni circuitali che studieremo in questo corso
↳ (un paio di ordini di grandezza)

(es) Scheda madre di un calcolatore → fili di rame conduttori = circuiti

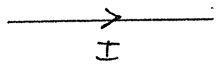
$L = 30\,cm$ $\quad f = 1\,GHz$ $\quad \lambda = 30\,cm$ Se $\lambda = L$ non possiamo approssimare.

Dipende dal rapporto tra frequenza e lunghezza fisica

(es) Antenna macchina → in base alla frequenza a cui è sottoposto ha funzionamenti diversi

Un conduttore solitamente lo consideriamo di spessore trascurabile

$I = 10\,A$ (→)
$I = -10\,A$ (←)
} convenzioni della corrente e verso




**Tensione** [V] $\quad + \circ A$

= diff. di potenziale tra due punti

$- \circ B$

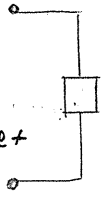
• Tensione STAZIONARIA → prodotta dalle batterie
• Tensione ALTERNATA → da tipi di generatori elettrici

$\Delta V = V_{AB}$ => A ha potenziale + alto $\doteq \frac{dw}{dq} = v_{AB}$

vecchia notazione

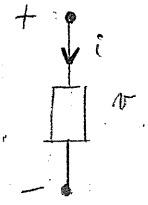
**Potenza elettrica** [W] $P = VI$
$p(t) = v(t)\, i(t)$
} convenzione formale: • lett. maiuscole per grandezze cost. nel tempo
per grand. variab. nel tempo → lett. minuscole

Elemento base di un circuito elettrico **Bipolo**



• Riferimenti degli utilizzatori associati → corrente ENTRA nel terminale +

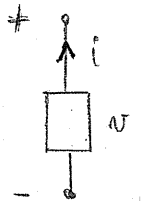
Se $p(t) = v(t)\, i(t) \begin{cases} > 0 \Rightarrow \text{Potenza ASSORBITA} \\ < 0 \Rightarrow \text{Potenza CEDUTA} \end{cases}$




MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

• Riferimenti dei generatori o non associati

$p(t) > 0$ => Potenza CEDUTA




Potenza ≐ è la rapidità di assorbimento o di emissione di energia nel tempo

**Teorema di Tellegem** — in ogni circuito elettrico la somma della potenza elettrica si conserva
o
**Principio di conservazione dell'energia.**

$$\sum p(t) = \emptyset$$

La tensione fornita ad uso domestico è sinusoidale: $v(t) = \sqrt{2} \cdot 220 \sin(\omega t + \varphi)$

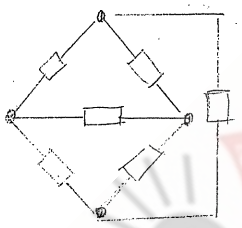
$\omega = 2\pi f = 314$ (f = 50 Hz) $\qquad v(t) = \sqrt{2} \cdot 220 \sin(314 t + \varphi)$ $\qquad$ PULSAZIONE = 314

Enel mette a disposizione una potenza di $P = 3000\ w$ — superando "soglia"

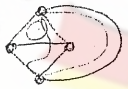
$P_{phone} = 1000\ w$ L'energia è l'integrale della potenza $\int_0^{2\,mesi} P(t)\,dt$

A livello pratico è utile utilizzare il [k Watt / h] → non è al SI

6 bipoli connessi



Grafo = rappres. semplificata



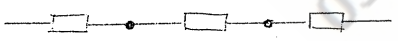
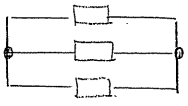
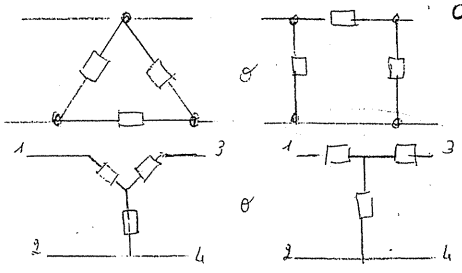
Nomenclatura di un grafo:

- **Ramo** = un simplesso segmento
- **Nodo** = punti di connessione tra 2 rami
- **Maglia** = percorso chiuso che parte da un nodo e torna non passando 2 volte lungo il suo percorso
- **Maglia indipendente** = ce ha almeno un ramo ind. dagli altri

nodi = (n) = 4 $\qquad$ rami = (b) = 6 $\qquad$ Maglie = $7 - 4 = 3$ percorsi chiusi / maglie (l) possibili indipendenti $\qquad$ $(6+1)$ archi

Teo fond. della topologia delle reti: $\boxed{b = l + n - 1}$

## Collegamenti notevoli

-  **Serie** = se sono concatenati (condividono a 2 a 2 un nodo in maniera esclusiva) ⇒ percorsi dalla stessa i
-  **Parallelo** = se sono collegati alla stessa coppia di nodi ⇒ hanno la stessa tensione (v)
-  **a triangolo** (o a Pigreco)
- **a stella** (o T)

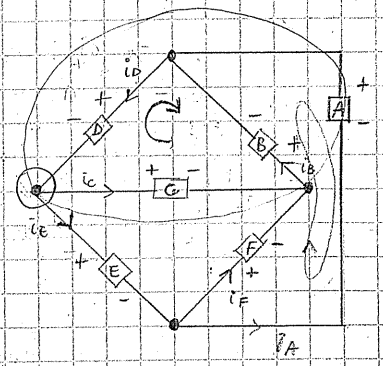
# Principi di Kirchhoff (KCL) (KVL)

$$\oint_{\Sigma} \bar{J} \cdot d\bar{S} = \emptyset$$

$\bar{J}$ → intensità di corrente su una sup. chiusa

Meglio indicarla come la somma algebrica di tutte le correnti lungo una sup. chiusa.

(I) $\sum_k i_k(t) = \emptyset$ (KCL)




Definiamo il verso della corrente in modo arbitrario ed ogni dipolo ha un riferimento associato.

Al nodo in esame scriviamo:

$i_D - i_C - i_E = \emptyset$ che possiamo applicare $\forall$ nodo, ma anche ad una superficie.

$i_E - i_F - i_A = \emptyset$

La somma alg. delle correnti entranti in un qualunque nodo (o in una sup. chiusa) è ZERO

(+) se corrente ENTRANTE nel nodo

(−) " USCENTE "

(II) Viene fuori dall'eq. di Maxwell

$\sum_k v_k(t) = \emptyset$ (KVL)

Scegliamo arbitrariamente un verso di percorrenza e scriviamo:

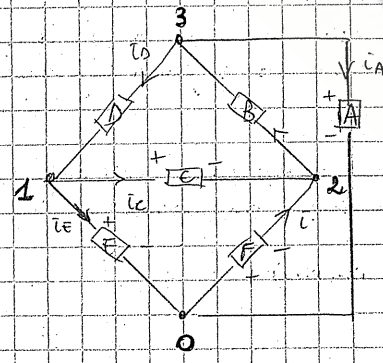
$-v_B - v_C - v_D = \emptyset$

nel secondo caso:

$v_A + v_F + v_B = \emptyset$

La somma alg. delle tensioni lungo un qualsiasi percorso chiuso (o Maglia) è ZERO

tensioni e correnti possono variare nel tempo.




Possiamo dim. il Th della potenza (della sua conservazione) grazie ai 2 principi di Kirchhoff

$$\sum p(t) = \emptyset$$

chiamiamo i nodi 1/2/3/0

$e_1, e_2, e_3$ tensione di nodo di un nodo rispetto quello di riferimento (0)

Prendiamo una matrice con righe → i nodi
colonne → i rami

Matrice di incidenza = A

| | entrante/uscente | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | B | C | D | E | F | |
| 1 | 0 | 0 | 1 | -1 | 1 | 0 | → non collegato |
| 2 | 0 | 1 | -1 | 0 | 0 | 0 | = A |
| 3 | 1 | -1 | 0 | 1 | 0 | 0 | |

siamo in grado di costruire il grafo da una matrice

Indicando con (i) il vettore delle correnti incognite $i = \begin{bmatrix} i_a \\ \vdots \\ i_f \end{bmatrix}$

$Ai = i_c - i_D + i_E = \phi$ 1° princ. di k (KCL)

altro modo per identificarlo

Indicando con (e) il vettore colonna delle tensioni di modo $e = \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \end{bmatrix}$

$A^t = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$ $A^t e = \begin{bmatrix} e_3 \\ e_2 - e_3 \\ e_1 - e_2 \\ -e_1 + e_3 \\ e_1 \\ -e_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_A \\ v_B \\ v_C \\ v_D \\ v_E \\ v_F \end{bmatrix} = v$ = vettore delle tensioni ai capi dei bipoli

$v = A^t e$

$v^t = e^t A$ che moltipl dx e sx per i $\Rightarrow$ $v^t i = \sum v_i = \phi$

poiché $Ai = \phi$ (KCL)

Quindi il teorema della conservazione della potenza dipende unicamente dai principi di Kirch. che dipendono a loro volta dalle leggi di Maxwell.

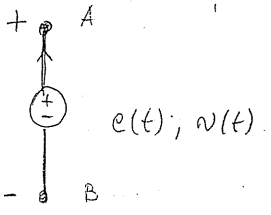
$\Rightarrow$ legge che vale sempre e comunque

Indipendentemente dalla corrente che varia nel tempo

**Bipoli** 2 tipologie di elementi che possono contenere
- Attivi = possono cedere energia → ≐ possono erogare energia
- PASSIVI = possono assorbire energia → ≐ non possono erogare energia

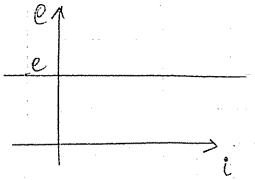
## Generatore ideale di tensione

— Impone la tensione indipendentemente dalla corrente che lo attraversa

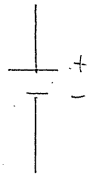



Usato genericam. per tens. variab. o cost.

Graficamente

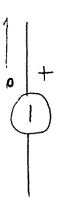



Simboli:




Simbolo per dire direttamente che la tensione è costante
(es) Batterie

terminale positivo




notazione americana tensione continua




tensione non cost. ma con andamento sinusoidale tens. alternata