5/10/'26
POMERIGGIO

ELEMENTI CONSERVATIVI

↳ SONO SEMPRE PASSIVI

→ SI USA SEMPRE CONVENZIONE UTILIZZATORI

MA HANNO LA QUALITÀ DI IMMAGAZZINARE ENERGIA E DI POTER RESTITUIRLA IN UN MOMENTO SUCCESSIVO

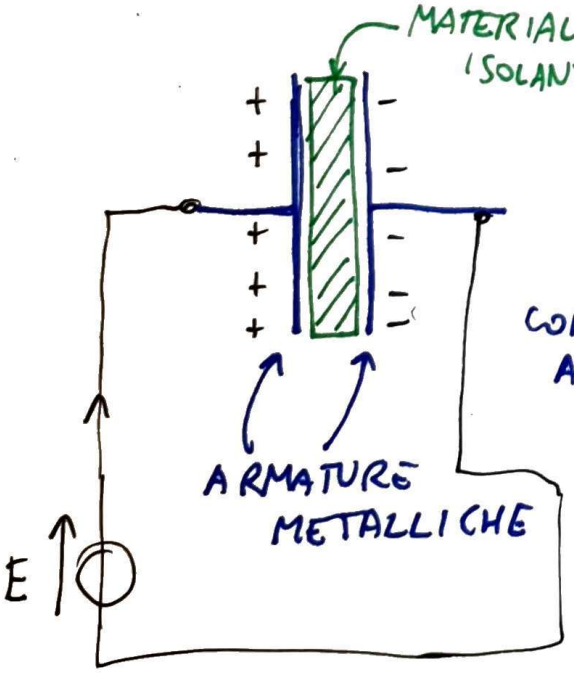
- CONDENSATORI
- INDUTTORI

} LINEARI ←

NON LINEARI

CONDENSATORI

↳ ELEMENTI PASSIVI CHE IMMAGAZZINANO ENERGIA IN UN CAMPO ELETTRICO



APPLICANDO TENSIONE HO ACCUMULO DI CARICHE SULLE DUE FACCE (UGUALI E CONTRARIE)

LA QUANTITÀ DI CARICA È'

$$q = C \cdot V$$

q: quantità di carica accumulata

C: CAPACITÀ DEL CONDENSATORE → SI MISURA IN FARAD

V: tensione applicata

$$C = \frac{q}{V}$$

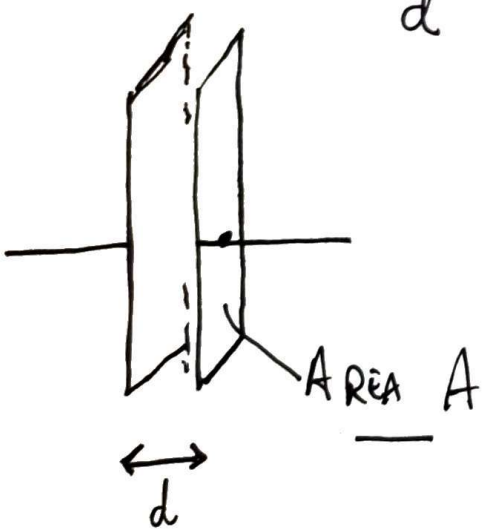
q: ciò che voglio

V: ciò che spendo

SE HO TANTA q USANDO POCA V
HO UN CONDENSATORE AD ALTA CAPACITÀ

CONDENSATORE FACCE PIANE PARALLELE

$$C = \frac{\varepsilon \cdot A}{d}$$



$$\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r$$

ε è LA PERMITTIVITÀ DIELETTRICA

$$\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{N \cdot m^2}$$

ε_0: PERMITTIVITÀ DEL VUOTO

$\varepsilon_r \rightarrow 1 \div 80$

ε_r: PERMITTIVITÀ RELATIVA DEL MATERIALE

ACQUA DISTILLATA

3-10 MATERIALI SOLIDI
POLIESTERE, ECC.
CERAMICHE

$$q = C \cdot v$$

↳ la derivo nel tempo | derivata di prodotto $d = f'g + fg'$

$$\frac{dq}{dt} = \frac{d(C \cdot v)}{dt} = \frac{dC}{dt} \cdot v + C \frac{dv}{dt}$$

VALE ANCHE PER CONDENSATORI VARIABILI

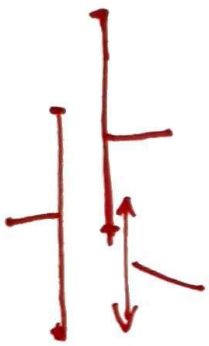
SE C è COSTANTE $\frac{dC}{dt} = 0$

@ la definizione di corrente elettrica →

$$\boxed{i_c = C \frac{dv}{dt}}$$

← questa vale per CONDENSATORI FISSI E LINEARI

ESEMPIO CONDENSATORE VARIABILE

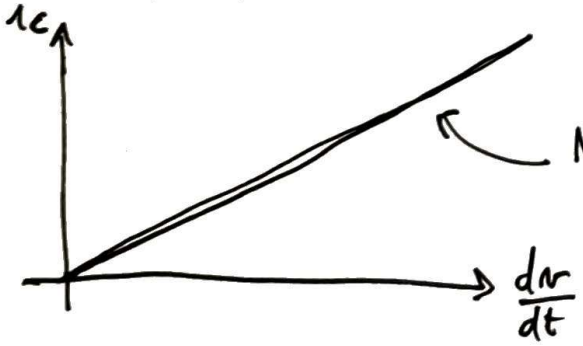


CONDENSATORE CON FACCE MOBILI (TRIMMER)

POTENZA ISTANTANEA

$$p = v \cdot i = v \cdot C \frac{dv}{dt} \quad *$$

RELAZIONE TENSIONE - CORRENTE



NEI CASI DI RELAZIONE LINEARE E' UNA RETTA CON PENDENZA C

LA RELAZIONE DELLA TENSIONE SI OTTIENE INTEGRANDO AMBO I MEMBRI

$$i = C\frac{dv}{dt} \qquad \int dv = \int \frac{1}{C}\, i\, dt$$

$$v = \int_{-\infty}^{t} \frac{i}{C}\, dt = \frac{1}{C}\int_{-\infty}^{t} i\, dt$$

A $-\infty$ il CONDENSATORE È SCARICO

$$\hookrightarrow v = \frac{1}{C}\int_{t_0}^{t} i\, dt + v(t_0)$$

dove $v(t_0) = \frac{q(t_0)}{C}$ ← TENSIONE ISTANTE INIZIALE

✳ DALLA POTENZA SI RICAVA L'ENERGIA ACCUMULATA

$$W = \int_{-\infty}^{t} p\, dt = \int \overbrace{C\, v \frac{dv}{dt}}^{p}\, dt = C\int_{-\infty}^{t} v\, dv$$

C è COST

$$= C\,\frac{v^2}{2}\Big|_{-\infty}^{t}$$

$$W = \frac{1}{2} C v^2 \leftarrow t = -\infty \quad W = 0 \text{ COND: SCARICO}$$

MA $C = \frac{q}{v}$ ↗ $\hookrightarrow W = \frac{1}{2}\frac{q}{v}\cdot v^2 = \frac{1}{2} q \cdot v = \frac{1}{2} v^2 \cdot C$ OPPURE

$$i = C \frac{dv}{dt}$$

1. REGIME STAZIONARIO I, V SONO COSTANTI

SE $V = COST$ $\quad i = C \frac{dV}{dt} = 0$ ($dV = 0$)

$i = 0$ APPLICANDO TENSIONI COSTANTI

↳ CIRCUITO APERTO

2. TENSIONE deve essere CONTINUA (DERIVABILE)
e NON PUÒ VARIARE ISTANTANEAMENTE

SE HO VELOCI VARIAZIONI di v

↳ $\frac{dv}{dt}$ è ALTA

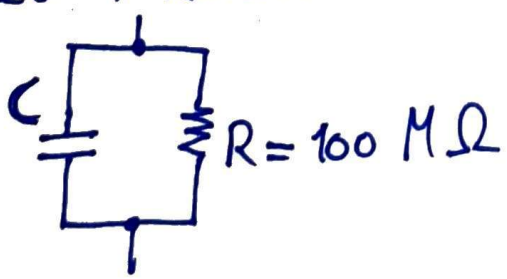
↓

i_c è ALTA

(E' UN CORTO CIRCUITO)

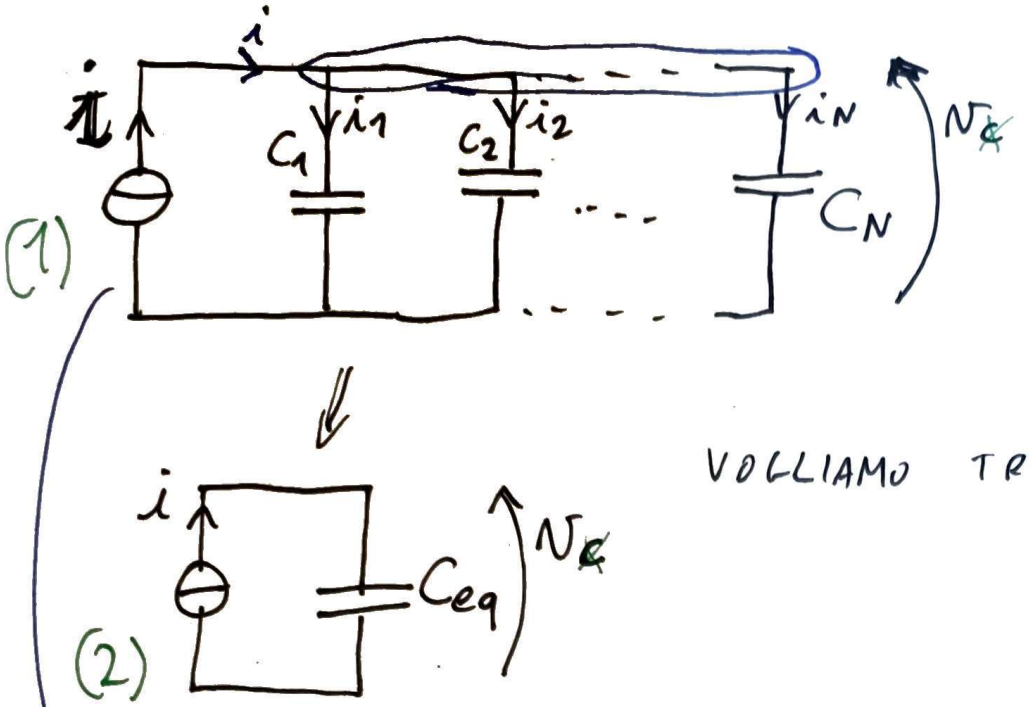
3. IDEALMENTE NON C'E' DISSIPAZIONE DI ENERGIA

4. MODELLO + REALISTICO



CONDENSATORE CON PARALLELO R MOLTO ALTA

CONDENSATORI IN PARALLELO



VOGLIAMO TROVARE C_{eq}.

$$i = i_1 + i_2 + \dots i_N$$

KCL

LA v È SOLO 1 (RETE BINODALE)

$$i_1 = C_1 \frac{dv}{dt} \qquad i_2 = C_2 \frac{dv}{dt} \quad \dots \quad i_N = C_N \frac{dv}{dt}$$

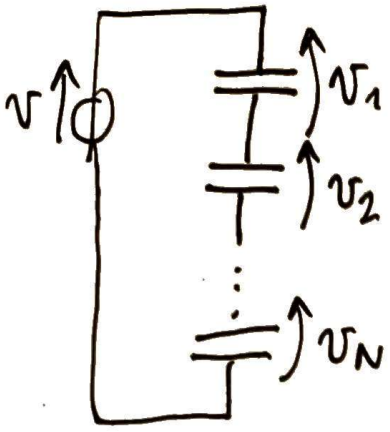
$$i = C_1 \frac{dv}{dt} + C_2 \frac{dv}{dt} + \dots + C_N \frac{dv}{dt}$$

$$= (C_1 + C_2 + \dots C_N) \frac{dv}{dt}$$

MA DA (2) $\quad i = C_{eq} \frac{dv}{dt} \quad \rightarrow C_{eq} = C_1 + C_2 + \dots C_N$

LA C_{eq} È LA SOMMA

SERIE DI CONDENSATORI



$$v = v_1 + v_2 + \dots v_N$$

DOVE

$$v_K = \frac{1}{C_K}\int_{t_0}^{t} i(t)\,dt + v_K(t_0)$$

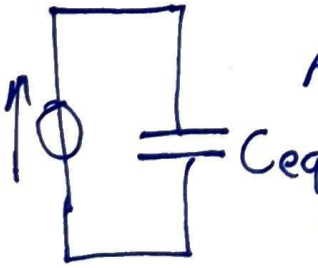
$$v = \frac{1}{C_1}\int_{t_0}^{t} i(t)\,dt + v_1(t_0) + \frac{1}{C_2}\int_{t_0}^{t} i(t)\,dt + v_2(t_0) + \dots$$

$$\dots + \frac{1}{C_N}\int_{t_0}^{t} i(t)\,dt + v_N(t_0)$$

$$v = \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots \frac{1}{C_N}\right)\int_{t_0}^{t} i(t)\,dt + v(t_0)$$

è LA SOMMA delle tensioni INIZIALI

$$C_{eq} = \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots \frac{1}{C_N}\right)^{-1}$$



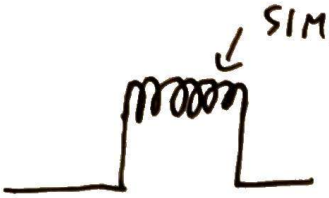
$$v = \frac{1}{C_{eq}}\int_{t_0}^{t} i(t)\,dt + v(t_0)$$

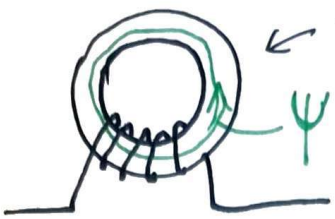
X 2 CONDENSATORI

$$C_{eq} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

INDUTTORE

↳ elemento passivo conservativo
che immagazzina energia
nel suo CAMPO MAGNETICO





$$\Psi = N \cdot \phi$$

Ψ: FLUSSO MAGNETICO CONCATENATO
ϕ: FLUSSO MAGNETICO
N: N° SPIRE

LEGGE FARADAY LENZ $\quad \frac{d\Psi}{dt} = v_L$

CASO LINEARE

MA IL FLUSSO E' ANCHE DEFINITO $\quad \Psi = L \cdot i$

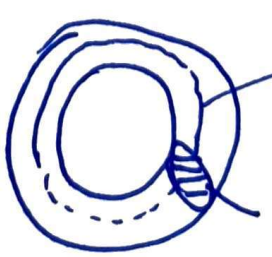
L - INDUTTANZA

ED E' COSTANTE
E SI MISURA IN Henry [H]

$$L = \frac{\Psi}{i}$$

Ψ ↜ ciò che (voglio) ottengo
i ↜ ciò che spendo

$$L = \frac{N^2 \cdot \mu \cdot A}{l}$$



$$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$$

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{H}{m}$

μ_r: 1 ÷ 10000 → PERMEABILITA' MAGNETICA MATERIALE

LEGGE FARADAY

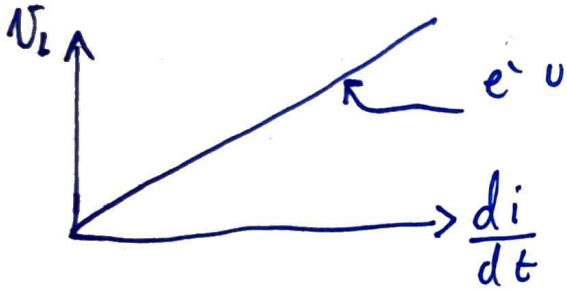
$$v_L = \frac{d\Psi}{dt} = \frac{d(L \cdot i)}{dt}$$

$$= \frac{dL}{dt} \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt}$$ ← FORMULA GENERICA

Se $L = \text{COST.}$ $\frac{dL}{dt} = \emptyset$

$$v_L = L \frac{di}{dt}$$ ← CASO CHE STUDIEREMO

RELAZIONE TENSIONE - CORRENTE



CALCOLO DELLA CORRENTE

$$\int di = \int \frac{1}{L} v_L \, dt$$

$$i = \frac{1}{L} \int_{-\infty}^{t} v_L \, dt = \frac{1}{L} \int_{t_0}^{t} v_L(t) \, dt + v_L(t_0)$$

Tensione al tempo t_0

L COSTANTE NEL TEMPO (VA FUORI L'INTEGRALE)

POTENZA (ISTANTANEA)

$$p = v_L \cdot i = L \cdot \frac{di}{dt} \cdot i$$

ENERGIA

$$w = \int_{-\infty}^{t} p \, dt = \int_{-\infty}^{t} L \cdot i \cdot \frac{di}{dt} \cdot dt = L \int_{-\infty}^{t} i \, di$$

$$= L \left. \frac{i^2}{2} \right|_{-\infty}^{t}$$

a $t = -\infty$ si considera $i = 0$

$$w = \frac{1}{2} L \cdot i^2$$ ← SI USA QUESTA NEI CIRCUITI

oppure $\left(L = \frac{\psi}{i}\right)$ $w = \frac{1}{2} \cdot \psi \cdot i$

ψ → FLUSSO MAGNETICO CONCATENATO

oppure $\left(i = \frac{\psi}{L}\right)$ $w = \frac{1}{2} \frac{\psi^2}{L}$

PROPRIETÀ $v_L = L \frac{di}{dt}$

1. A REGIME STAZIONARIO (CORRENTI COSTANTI)

$v_L = \emptyset$

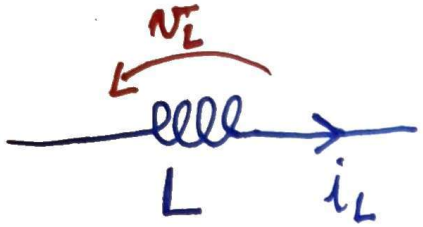


DIVENTA CORTO CIRCUITO

$\frac{di}{dt} = \emptyset$ SE CORRENTE È COSTANTE

2. LA CORRENTE DELL'INDUTTORE NON PUO' VARIARE ISTANTANEAMENTE.

L'INDUTTORE SI OPPONE ALLE VARIAZIONI DI CORRENTE



SE $\frac{di_L}{dt} > 0$ v_L AUMENTA → SEGNO + SI OPPONE ALLA VARIAZIONE DI CORRENTE

Se $\frac{di_L}{dt} < 0$ v_L AUMENTA IN MODULO MA CON SEGNO − PER CERCARE DI MANTENERE LA CORRENTE DI PRIMA

INDUTTORI IN SERIE

→ HO LA STESSA CORRENTE IN TUTTI

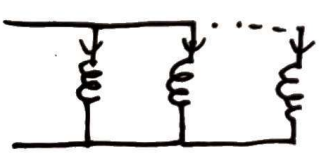
$$L_{SERIE\ EQ} = L_1 + L_2 + \dots L_N$$

$$W = \sum \frac{1}{2} L_i i^2$$



INDUTTORI IN PARALLELO

→ LA CORRENTE SI DIVIDE $W = \frac{1}{2} L_i i_i^2$ ← LA CORRENTE SI DIVIDE



$$L_{PARAL.} = \left(\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots \frac{1}{L_N} \right)^{-1}$$