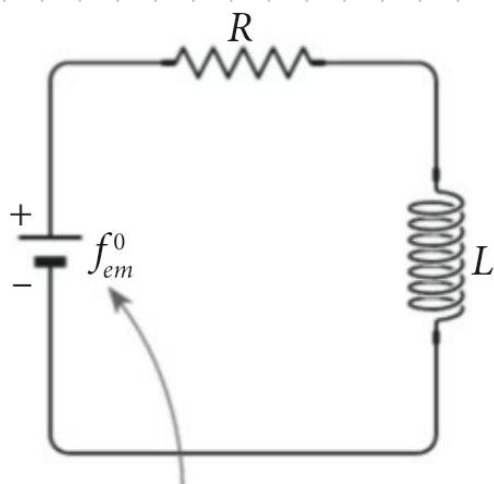


ENERGIA DEL CAMPO MAGNETICO



circuito RL con generatore di tensione continua

CIRCUITO RL

Dalla legge delle maglie

$$f_{em}^0 - Ri - L \frac{di}{dt} = 0$$

EQUAZIONE
DIFFERENZIALE
CHE DESCRIVE
IL CIRCUITO

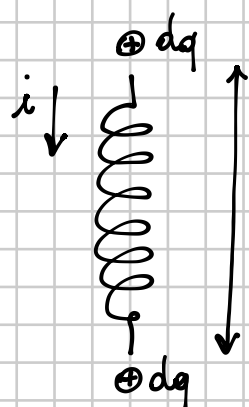
$$i = i(t)$$

$$W_L = \frac{1}{2} L I^2$$

LAVORO COMPIUTO DAL
GENERATORE PER PORTARE
LA CORRENTE DA 0 AL
VALORE I DI REGIME, VINCENDO
L'EFFETTO RITARDANTE DOVUTO
ALL'AUTOINDUZIONE.

VIENE "COSTRUITO" IL CAMPO MAGNETICO NEL SOLENOIDE E W_L "LO RITROVEREMO" COME ENERGIA DEL CAMPO MAGNETICO

La corrente i del generatore varia da 0 a I (valore di regime)



$$0 \leq i \leq I$$

- Considero un intervallo di tempo infinitesimo dt in cui la corrente varia da i a $i + di$
- In questo intervallo di tempo dt nell'induttore fluisce una carica $dq = i dt$
- Inoltre in questo intervallo di tempo si genera una corrente autoindotta con f_{em} (indotta)

$$f_{em} = -L \frac{di}{dt}$$

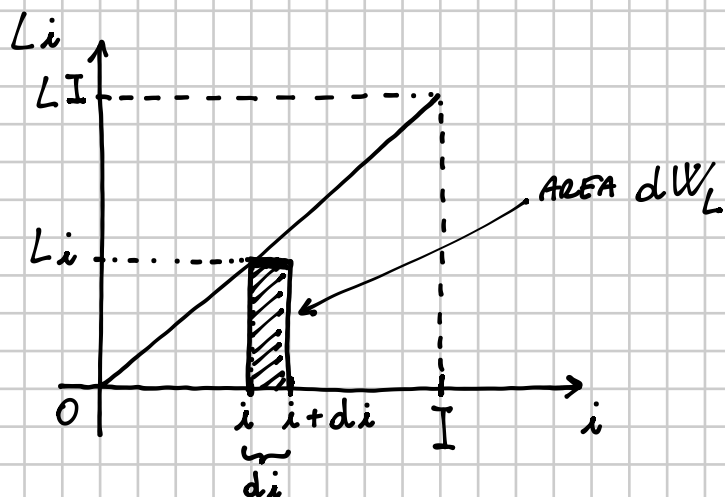
fatti alla d.d.p. ai capi dell'induttore

$$\text{IN MODULO } \Delta V = L \frac{di}{dt}$$

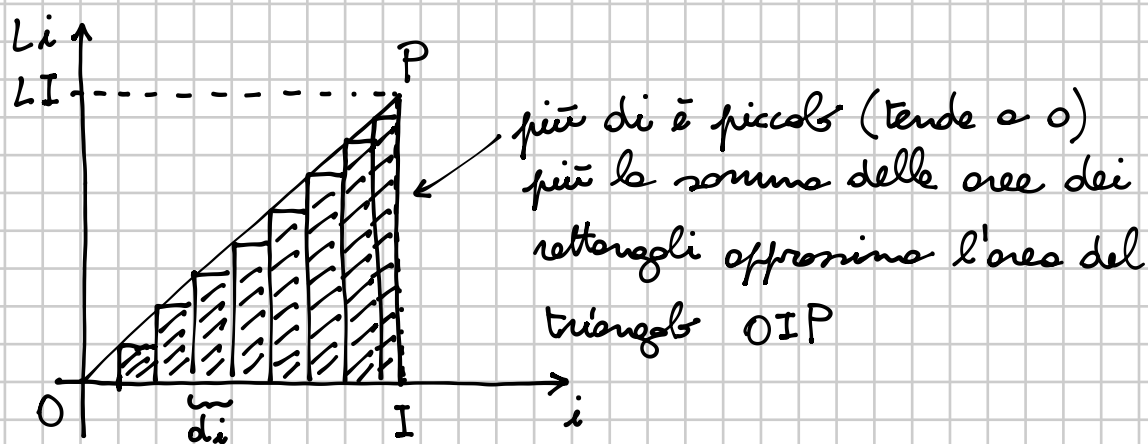
- Il lavoro per muovere tale carica dq tra due punti a d.d.p. ΔV è

$$dW_L = dq \cdot \Delta V = i dt \cdot L \frac{di}{dt} = L i di$$

quindi il lavoro elementare $dW_L = L i di$



Immaginiamo di suddividere tutto l'intervallo $[0, I]$ in tanti pezzettini infinitesimi di e di ripetere il ragionamento fatto per ciascuno di essi. Il lavoro totale sarà la somma delle aree.



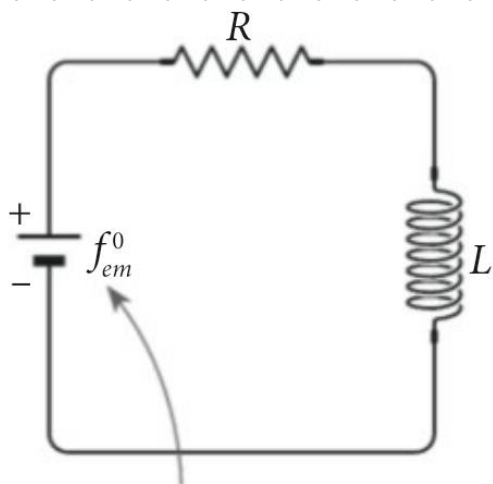
Il lavoro totale sarà

$$W_L = \int_0^{W_L} dW_L = \int_0^I L i di = \frac{1}{2} I \cdot LI = \frac{1}{2} L I^2$$

↑
AREA DEL TRIANGOLO OIP

ENERGIA IMMAGAZZINATA
NEL CAMPO MAGNETICO
(FINCHÉ LA CORRENTE SI
MANTIENE AL VALORE I)

BILANCIO ENERGETICO (CIRCUITO RL)



circuito RL con generatore di tensione continua

EQUAZIONE DIFFERENZIALE
DEL CIRCUITO

$$f_{em}^0 - Ri - L \frac{di}{dt} = 0$$

↓
MOLTIPLICO PER $i dt$

$$f_{em}^0 i dt - Ri^2 dt - L i di = 0$$

⇓

$$f_{em}^0 i dt = Ri^2 dt + L i di$$

↓
ENERGIA
EROGATA DAL
GENERATORE

↓
ENERGIA
DISSIPATA
NEL RESISTORE
(EFFETTO SOULE)

↓
ENERGIA
IMMAZZINATA
NEL CAMPO MAGNETICO

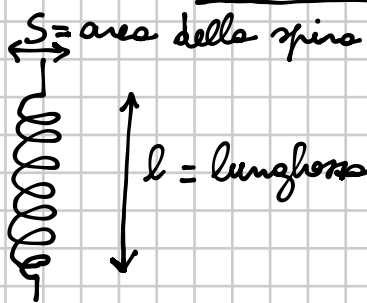
⏟
NEL TEMPO dt

OSSERVAZIONE

L'energia $\frac{1}{2} L I^2$ può essere pensata come l'energia (cinetica) che viene sottratta agli elettroni di conduzione nel "transitorio" da 0 a I , e che viene quindi impiegata nella produzione del campo magnetico; tale energia viene poi restituita agli elettroni durante l'arresto della corrente (nel passaggio da I a 0) con conseguente arrestamento del campo.

Questa energia viene associata al campo magnetico e si può immaginare distribuita in esso (cioè nello spazio da esso occupato).

DENSITÀ DI ENERGIA DEL CAMPO MAGNETICO



VOLUME DEL

$$\text{SOLENOIDE} = S \cdot l$$

in questo spazio
c'è il campo magnetico $\vec{B}$

DENSITÀ (VOLUMICA)

DI ENERGIA

$$W_{\vec{B}} = \frac{W_L}{\text{VOLUME}} = \frac{\frac{1}{2} L I^2}{S \cdot l} = \frac{\frac{1}{2} \mu_0 \frac{N^2}{l} S I^2}{S \cdot l} =$$

$$= \frac{1}{2 \mu_0} \mu_0^2 \frac{N^2}{l^2} I^2 = \frac{1}{2 \mu_0} \left(\mu_0 \frac{N}{l} I \right)^2 =$$

$$= \frac{1}{2 \mu_0} B^2$$

$$\boxed{W_{\vec{B}} = \frac{1}{2 \mu_0} B^2}$$

FORMULA GENERALE

PER LA DENSITÀ DI
ENERGIA MAGNETICA

Se in una regione di spazio (vuoto) è presente un campo magnetico, nello stesso spazio è distribuita dell'energia (magnetica) la cui densità volumica è data da questa formula.