

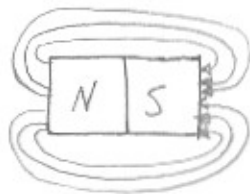
ELETTROMAGNETISMO

FENOMENI MAGNETICI

I materiali magnetici presentano due polarità: Nord e Sud.

Il campo magnetico si indica con H . Si misura in A/m ed è un vettore come quello elettrico.

Per disegnare un campo magnetico si usano le linee di forza che partono dal nord e arrivano al sud. Si procede come per quella del campo elettrico. Il vettore induzione magnetica $B = \mu H$



$$\vec{B} = \mu \vec{H}$$

B = induzione [Tesla] T

μ = permeabilità magnetica [HENRY/m]

La permeabilità è l'attitudine di un materiale a farsi attraversare da un campo magnetico.

C'è differenza però tra i due tipi di fenomeni. Se spezzo un corpo carico posso ottenere due corpi carichi in eccesso o + o -. Non posso invece separare le cariche magnetiche.

Quando l'elettrone gira attorno al suo nucleo si crea un campo magnetico.

Quindi non posso separare un campo magnetico perché è sempre contenuto nell'atomo.



PROPRIETA' MAGNETICHE DEI MATERIALI

Materiali DIAMAGNETICI: sono privi di momento magnetico (oro, rame, argento, acqua, piombo).
• se sottoposti a un campo magnetico esterno si magnetizzano pochissimo (o per niente)
• $\mu < 1$ non si fanno attraversare dal campo magnetico

Materiali PARAMAGNETICI: le molecole presentano un momento magnetico ma sono orientate casualmente.
(alluminio, stagno, aria)
• sottoposte ad un campo magnetico si magnetizzano.
• $\mu > 1$

Materiali FERROMAGNETICI: le molecole possiedono un forte momento magnetico e sono orientate casualmente.
(tutte le leghe con il Fe e il Ferro).
• sottoposti a un campo esterno si magnetizzano molto.
• $\mu \gg 1$ si fanno attraversare molto bene.

ISTERESI MAGNETICA

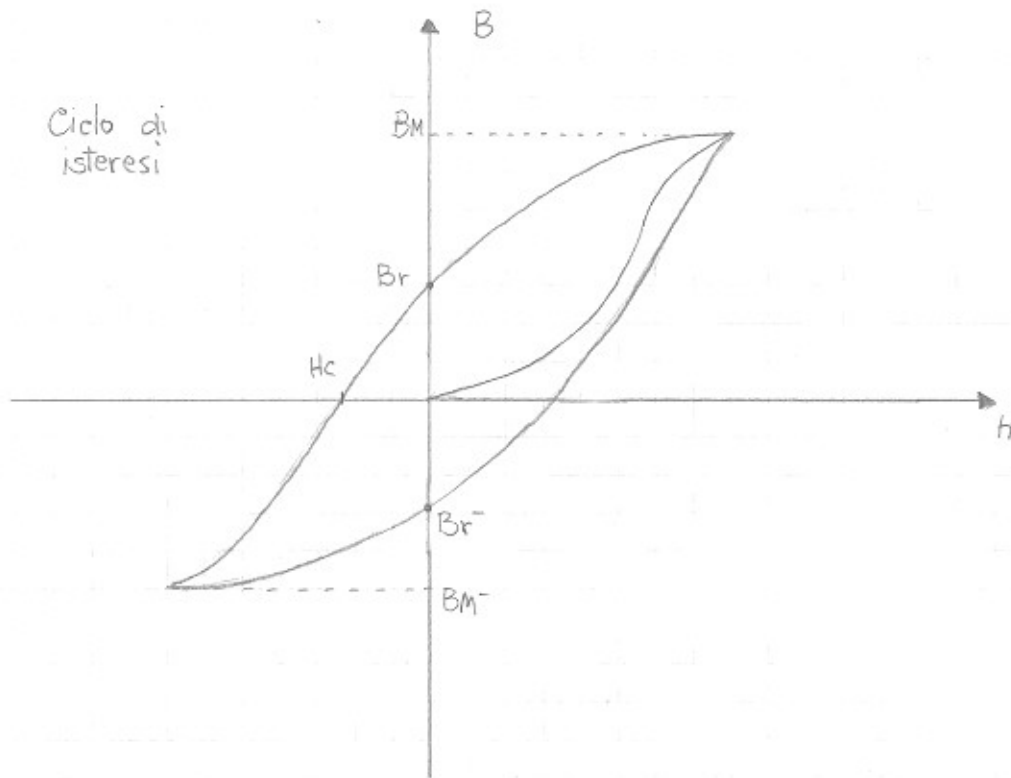
Se sottopongo ad un campo magnetico un ~~corpo~~ ^{materiale} ferromagnetico il materiale si carica e rimane carico.

Se voglio smagnetizzarlo applico H_c (campo elettrico coercitivo).

Se continuo a smagnetizzarlo arrivo nuovamente ad un punto di saturazione.

Da qui comincia il ciclo di isteresi. Le curve di isteresi non passano mai per lo zero e dipende dal materiale scelto inizialmente.

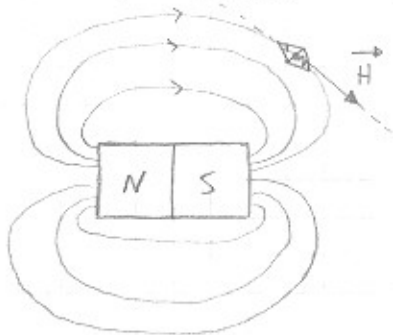
Ciclo di isteresi



INDIVIDUAZIONE DEL CAMPO MAGNETICO

Supponiamo di voler determinare il campo magnetico H . Se mettiamo un ago magnetico questo si dispone in modo tangente alla linea di forza. E' un vettore con verso, direzione e intensita'.

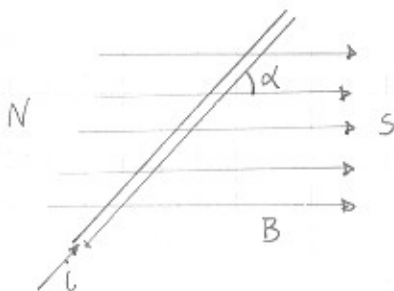
A livello teorico potrei usare il momento calcolato con una molla antagonista. Si sfrutta pero' un fenomeno elettromagnetico.



FENOMENI ELETTROMAGNETICI

Se c'è una corrente inevitabilmente c'è un campo magnetico.

FORZE ESERCITATE SU UN CONDUTTORE PERCORSO DA CORRENTE



Un conduttore percorso da corrente immerso in un campo magnetico è sottoposto ad una forza meccanica.

$$F = B \cdot l \cdot i \cdot \sin \alpha$$

B = induzione magnetica.
 l = lunghezza del conduttore immerso nel campo magnetico
 i = intensità di corrente

Se la corrente non c'è la forza è nulla.

Se il conduttore fosse parallelo la forza è zero perché $\sin \alpha = 0$

1. Regola del BIF o F.B.I. (Pollice $\rightarrow B$; Indice $\rightarrow I$; Medio $\rightarrow F$)
 serve per determinare direzione e verso della forza.

Per individuare il campo magnetico in un punto metto un filo percorso da corrente, nel campo stesso e misuro la forza con cui il filo viene respinto.

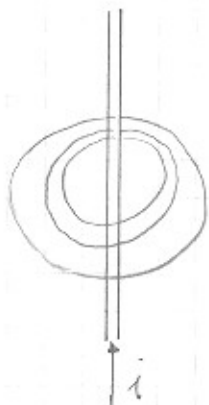
$$B = \frac{F}{i \cdot l \cdot \sin \alpha}$$

$$B = \mu H$$

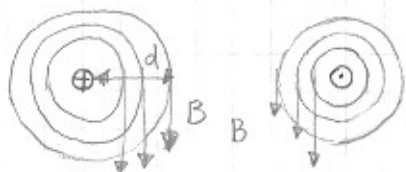
CAMPI MAGNETICI PRODOTTI DA CORRENTI ELETTRICHE

Se c'è una corrente elettrica c'è sempre un campo elettromagnetico e viceversa. Si dovrebbe sempre parlare di fenomeni elettromagnetici. Attorno ad un conduttore attraversato da corrente si forma un campo magnetico.

Le linee di forza sono circolari rispetto al conduttore



⊙ la corrente entra nel piano che guardo.
⊗ " " esce dal " " "

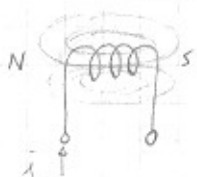


Il verso si determina con la mano destra.

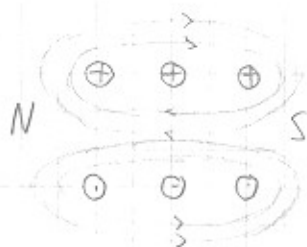
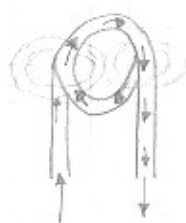
$$B = \mu \frac{I}{2\pi d}$$

Maggiore è la corrente e maggiore è il campo magnetico.
d è la distanza tra il conduttore e la linea di forza che prendiamo in considerazione.

SOLENOIDI (bobine)

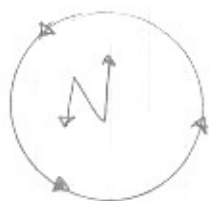


Se ho una bobina e la faccio percorrere da corrente si forma un campo magnetico attorno.



Produce un campo magnetico equivalente ad un magnete permanente. Posso quindi dire che anche le bobine hanno un Nord e un Sud

Per determinarlo si fa così:



Se vedo girare la corrente in

senso:

ORARIO → mi trovo a SUD
ANTIORARIO → mi trovo a NORD

Un SOLENOIDE deve avere le spire serrate (attaccate) e deve essere sufficientemente lungo per consentire alle linee di forza all'interno del solenoide di essere parallele.

Induzione magnetica prodotta dal solenoide:

$$B = \mu \cdot \frac{N \cdot I}{e}$$

N = numero delle spire

I = corrente

e = lunghezza del solenoide.

μ = permeabilità del mezzo che è dentro al solenoide

FORZE ESERCITATE TRA CONDUTTORI PARALLELI

Se prendiamo 2 conduttori paralleli e li facciamo attraversare da corrente otteniamo.

$$F_{12} = B_1 \cdot \ell \cdot I_2 = \mu \cdot \frac{I_1}{2\pi d} \cdot d \cdot I_2 = \mu \cdot \frac{I_1 \cdot I_2 \cdot \ell}{2\pi d}$$

F_{12} = forza esercitata da 1 su 2

B_1 = induzione magnetica data da I_1

d = distanza dei due conduttori

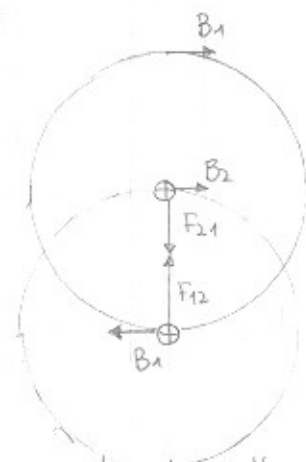
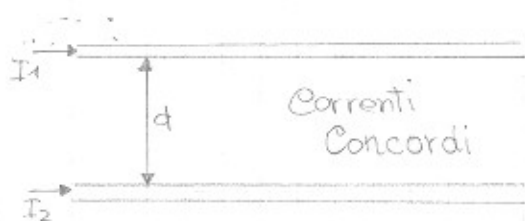
μ = permittività del mezzo.

$$F_{21} = B_2 \cdot \ell \cdot I_1 = \mu \cdot \frac{I_2}{2\pi d} \cdot d \cdot I_1 = \mu \cdot \frac{I_1 \cdot I_2 \cdot \ell}{2\pi d}$$

Due conduttori paralleli si attirano con la stessa forza.

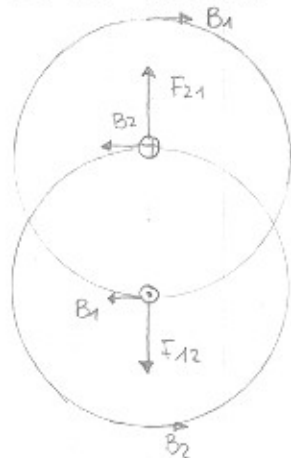
$$\mu \cdot \frac{I_1 \cdot I_2 \cdot \ell}{2\pi d} = \mu \cdot \frac{I_2 \cdot I_1 \cdot \ell}{2\pi d} \Rightarrow F_{12} = F_{21}$$

Anche se le due correnti sono diverse.



AMPERE : si definisce Ampere la quantità di corrente che attraversando due conduttori paralleli rettilinei di lunghezza infinita (teoricamente) di sezione trascurabile posti alla distanza di un metro produce un forza pari a $2 \cdot 10^{-7} \text{ N}$ per ogni metro.

Se le correnti sono DISCORDI si ottiene.



Le forze si respingono.

Le formule sono però uguali

Correnti
Discordi

FLUSSO MAGNETICO

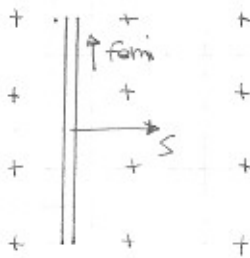
$\Phi_B = B \cdot A \cdot \cos \alpha$ [WEBER] è uguale a quello elettrico. Tranne l'unità di misura.

$\Phi_B \Rightarrow$ modulo dell'induzione magnetica.

FORZE ELETTROMOTRICI INDOTTE

Un conduttore che taglia le linee di forza di un campo magnetico diventa sede di una f.e.m.i. (indotta).

Il movimento determina la ~~forza~~ f.e.m.i. e non della presenza del filo nel campo magnetico.



Si crea f.e.m.i. solo se taglia le linee di forza. Si deve quindi muovere con modo preciso.

MANO SINISTRA:

- Pollice \rightarrow spostamento
- Indice \rightarrow direzione f.e.m.i.
- medio \rightarrow campo magnetico.

$$\mathcal{V} = - \frac{d\Phi_B}{dt}$$

$$\cong - \frac{\Delta B \cdot A \cdot \cos \alpha}{\Delta t} = - \frac{\Delta B \cdot A}{\Delta t}$$

d = variazione.

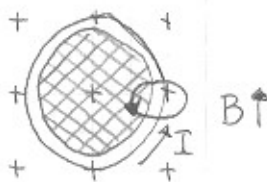
\mathcal{V} = forza elettromotrice indotta

A = area spazzolata dal conduttore.

Se lo spost. \perp alle linee di forza \rightarrow l'angolo tra la sezione spazzolata e le linee di forza vale $0^\circ \rightarrow \cos 0^\circ = 1$ normale delle

\mathcal{V} è variabile nel tempo.

Se vario B al posto di A ottengo comunque una f.e.m.i.



$$\mathcal{V} = - A \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t}$$

Tenendo fissa l'A, tanto più velocemente vario la B tanto è maggiore la f.e.m.i.

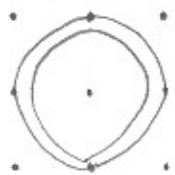
Se aumento B va in senso antiorario.

LEGGE DI LENZ



Le forze elettromotrici indotte assumono sempre un verso tale da opporsi alla causa che le ha generate.

La causa è la variazione di B. \rightarrow le f.e.m.i. devono opporsi

$B \uparrow \Rightarrow$  } Questo quando la B entra. $\begin{matrix} + + + \\ + + + \\ + + + \end{matrix}$
 $B \downarrow \Rightarrow$ 

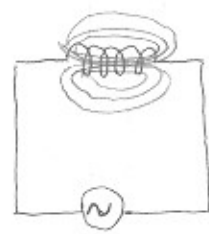


Se esce è il contrario

$B \uparrow \Rightarrow$  $\begin{matrix} \cdot \cdot \cdot \\ \cdot \cdot \cdot \\ \cdot \cdot \cdot \end{matrix}$
 $B \downarrow \Rightarrow$ 

Se vario il campo magnetico produco una fem. Questo è il principio fondamentale nella trasmissione radio.

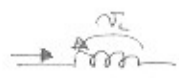
FORZE ELETTRICHE AUTOINDOTTE



Se la corrente varia, varia anche il flusso.

$$\mathcal{V} = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

c'è una fem. autoindotta. La bobina produce una caduta di tensione variabile.



L'induttanza produce una caduta di tensione. Fa un gioco analogo ad una resistenza. (in corrente alternata) si oppone alla variazione. In alternata i cavi devono essere schermati.

In un'induttanza una corrente variabile determina una forza elettromotrice autoindotta che (per la legge di Lenz) si oppone sempre alla variazione di corrente che l'ha determinata (in pratica determina una caduta di tensione).

* TRANSITORIO RL

$$\Phi = L \cdot i$$

L = induttanza [Henry] (H)
 i = corrente

Il flusso che produce una bobina è dato dalla corrente e da come è costruita (fisicamente).

$$\mathcal{V} = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = - L \frac{di}{dt}$$

Poiché la L è costante, la \mathcal{V} varia con i e con t .

*

TRANSITORIO RL

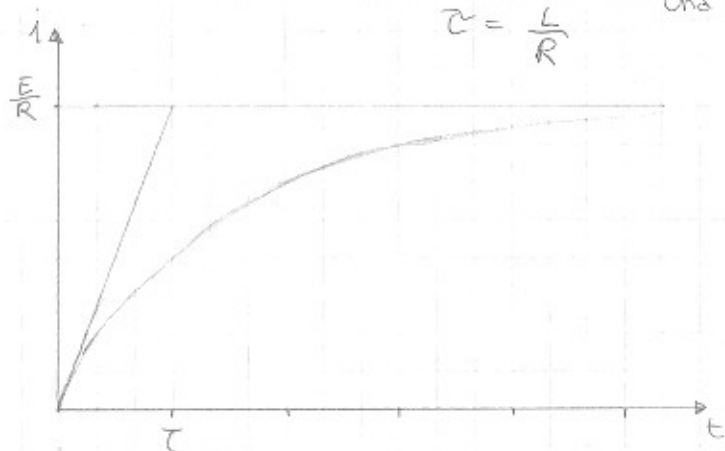
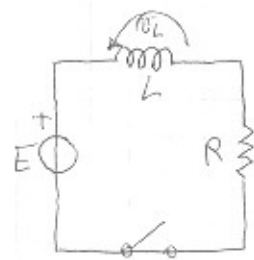
Passando dallo stato chiuso, la variazione di corrente che genera una caduta di tensione di capi di L.

Alla fine $I = \frac{E}{R}$ però c'è un transitorio.

È uguale alla carica del condensatore

$$\tau = \frac{L}{R}$$

Una R grande sminuisce il tempo della L



Carica

$$i_L = \frac{E}{R} \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

$$V_L = E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Scarica

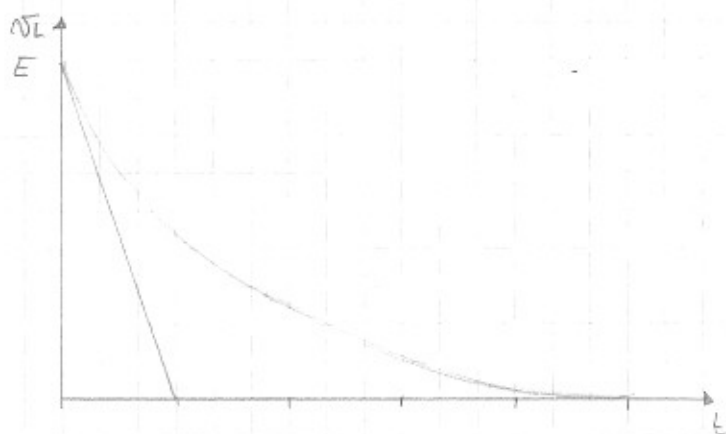
$$i_L = \frac{E}{R} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$V_L = -E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Generali

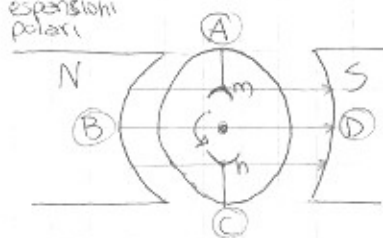
$$V_L = V_f + (V_i - V_f) e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$i_L = i_f + (i_i - i_f) e^{-\frac{t}{\tau}}$$



PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO DI UN GENERATORE IN CORRENTE CONTINUA.

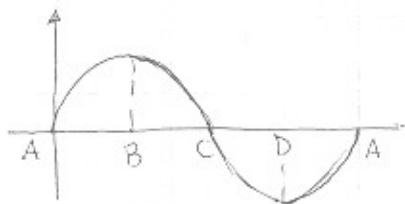
espansioni polari

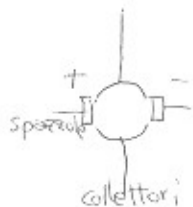


Dentro le due espansioni polari mettiamo un cilindro con attorno un avvolgimento di conduttore isolato (composto da tante spire).
Il cilindro è libero di girare e girando taglia le linee di forza del campo magnetico.

Se noi applichiamo un voltmetro fra i due punti vediamo una tensione alternata.

Per avere la c.c. mettiamo un collettore e spazzole.

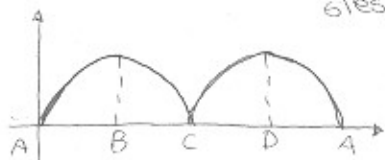




Quando l'anello striscia sulle spazzole, queste prelevano la tensione.

Otteniamo anche la tensione ~~costante~~ sempre positiva però è ancora variabile.

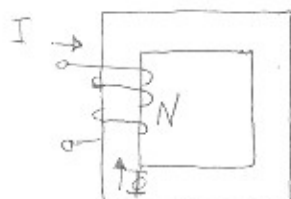
La tensione è detta continua poiché va sempre nella stessa direzione. Tuttavia non è costante.



Questa macchina è REVERSIBILE.
Se sottoponiamo un conduttore attraversato da corrente a un campo magnetico il cilindro è sottoposto ad una ~~ma~~ forza meccanica.

CIRCUITI MAGNETICI

Si può parlare di circuiti magnetici quando tutto il flusso prodotto dalla bobina si richiude nel circuito.



Ci devono essere queste condizioni:

- $\mu \gg \mu_0$ la permeabilità del materiale deve essere molto maggiore dell'aria.

- la bobina deve essere fatta con spire serrate.
- la forma geometrica del circuito deve assecondare lo sviluppo naturale delle linee di forza.

$$B = \mu \cdot \frac{N \cdot I}{l} \Rightarrow \Phi = B A \Rightarrow \Phi = \mu \cdot \frac{N \cdot I}{l} \cdot A$$

A: sezione del ferro attorno alla quale avvolge la bobina.

$$N \cdot I = \frac{l}{\mu A} \Phi \quad R = \text{riluttanza} [H^{-1}] = \frac{l}{\mu A} \Rightarrow N \cdot I = R \cdot \Phi$$

$$N \cdot I = \text{forza magnetomotrice} \quad [\text{Ampere spire} \rightarrow AS_p]$$

Maggiore è la R tanto peggio passa il flusso attraverso il materiale. È la capacità di un materiale di non farsi attraversare dal flusso magnetico.

$$NI = R \cdot \Phi \Rightarrow V = R \cdot I \quad \text{Il circuito magnetico si risolve come quello elettrico.}$$

$$\frac{1}{R} = \mu \quad \text{permeanza si misura in Henry.}$$

LEGGE DI OPKINSON

$$NI = \Phi \cdot \Sigma R$$

Se ho un circuito magnetico, applicando una fmm il flusso è uguale dappertutto.

1^o LEGGE DEI CIRCUITI MAGNETICI: In un nodo la somma dei flussi entranti è uguale alla somma dei flussi che escono.

$$\Sigma \pm \Phi = 0$$

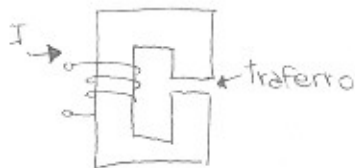
Somma algebrica dei flussi è uguale a zero.

2ª LEGGE DEI CIRCUITI MAGNETICI:

In una maglia la somma delle forze magnetomotrici è uguale alla somma algebrica del prodotto delle riluttanze per i flussi.

$$\sum_{\pm} N \cdot I = \sum_{\pm} R \Phi$$

Se nel circuito c'è una interruzione si dice TRAFERRO. A volte è messo per forza. Con questo ottengo una permeabilità magnetica molto maggiore. Quindi è come mettere una riluttanza molto grande.



La μ del traferro è quella del mezzo in cui sono immersi

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

Spesso è un isolante a causa delle correnti ~~di~~ parassite. Per interrompere metto dei traferri. I circuiti si formano con dei lamierini.