



Zeno Martini (admin)

CIRCUITI MAGNETICI & ELETTRICI

1 January 2004

CIRCUITI ELETTRICI & CIRCUITI MAGNETICI

Circuito magnetico è la configurazione geometrica data alle linee di forza magnetiche per ottenere in zone stabilite gli effetti magnetici desiderati.

Il nome deriva direttamente dall'analogia con il circuito elettrico, analogia ampiamente sfruttata nella definizione di grandezze e leggi relative al funzionamento.

Quando diciamo circuito elettrico ci riferiamo ad un insieme di componenti nei quali si ha movimento di cariche elettriche. Il circuito elettrico serve a stabilire con precisione il percorso per le cariche, in modo che le trasformazioni energetiche avvengano nei punti stabiliti. Ovviamente occorre per questo che le cariche elettriche siano disponibili: il percorso è in pratica definito dalla disposizione geometrica dei conduttori.

In ultima analisi il circuito elettrico altro non è che l'insieme delle traiettorie seguite dalle cariche. La grandezza che ne rappresenta più da vicino il movimento, cioè l'effetto elettrico nei conduttori, è la *densità di corrente elettrica* **d**, legata alla configurazione delle traiettorie dalla natura del materiale.

Indicando con **q** il valore della carica libera, con **n** il numero di cariche libere per unità di volume, con **v** la componente di velocità comune delle cariche si ha **d=n·q·v**.

Le traiettorie sono le linee di forza della forza che agisce sull'unità di carica: il campo elettrico **K**. Si può porre pertanto

$$\mathbf{d}=\mathbf{g}\cdot\mathbf{K},$$

avendo indicato con **g** la caratteristica del conduttore chiamata conducibilità.

La relazione scritta, altro non è che la legge di Ohm per le grandezze specifiche: basta infatti pensare che **d=I/A** e che **K=U/l**, con A ed l rispettivamente sezione e lunghezza del tratto di conduttore considerato, e sostituire per ritrovare la nota legge **U=R·I**.

Possiamo svolgere considerazioni formalmente simili per il circuito magnetico.

Esso è allora l'insieme, tecnicamente determinato con la predisposizione di conduttori magnetici, delle linee di forza magnetiche. La grandezza che rappresenta più da vicino gli effetti magnetici, è il vettore induzione magnetica **B**. Essa è strettamente legata linee prodotte, in un modo che dipende dalla natura del materiale.

Gli elettroni, che oltre ad orbitare intorno al nucleo ruotano anche su se stessi (spin elettronico), danno origine a microcorrenti elettriche che a loro volta producono campi magnetici. Gli atomi allora possono dare origine a dipoli magnetici, cioè microscopici aghi magnetici. Sono soprattutto gli spin elettronici che, in alcuni materiali (le sostanze ferromagnetiche Ferro, Cobalto, Nichel e vari altri materiali appositamente realizzati), essendo soggetti ad una forza che li orienta secondo una data direzione, danno origine a dei macrodipoli, i cosiddetti domini magnetici di Weiss, di dimensioni che vanno dal decimo di millimetro fino a qualche millimetro. Il numero dei dipoli magnetici per unità di volume che si orientano nel modo imposto da un campo magnetico tecnicamente prodotto con correnti (H), aumenta l'effetto magnetico complessivo, cioè l'induzione magnetica (B).

Indicando con **H** il vettore che dà luogo alle linee di forza tecnicamente prodotte, chiamato campo magnetico, l'effetto magnetico **B** è proporzionale ad **H** secondo un parametro, la permeabilità magnetica, che dipende dal materiale. Per avere un'ordine di grandezza, se consideriamo un solenoide in aria che produce al suo interno una induzione di $2 \cdot 10^{-4}$ T, introducendo un pezzo di materiale ferromagnetico potremo ottenere l'induzione di 1T cioè un valore 5000 volte maggiore.

Si può allora porre

$$\mathbf{B} = \mathbf{m} \cdot \mathbf{H}$$

avendo indicato con **m** la caratteristica del conduttore chiamata permeabilità (o conducibilità magnetica).

Se pensiamo a B come alla densità dell'effetto magnetico, potremo indicare con **F=B·A** l'effetto globale che chiameremo flusso magnetico, se A è la sezione perpendicolare alle linee. Possiamo introdurre il concetto di tensione magnetica **F** tra due punti ponendo, per analogia con il campo elettrico, **H=F/l**. dove **l** è la lunghezza del tratto di linea di forza considerato.

Sostituendo in $B = m \cdot H$ si ottiene la legge che lega gli effetti globali detta, per analogia, legge di Ohm magnetica (legge di Hopkinson):

$$\mathbf{F} = \mathbf{R} \cdot \mathbf{F}$$

dove $R = (1/m) \cdot l/S$ è la riluttanza o resistenza magnetica.

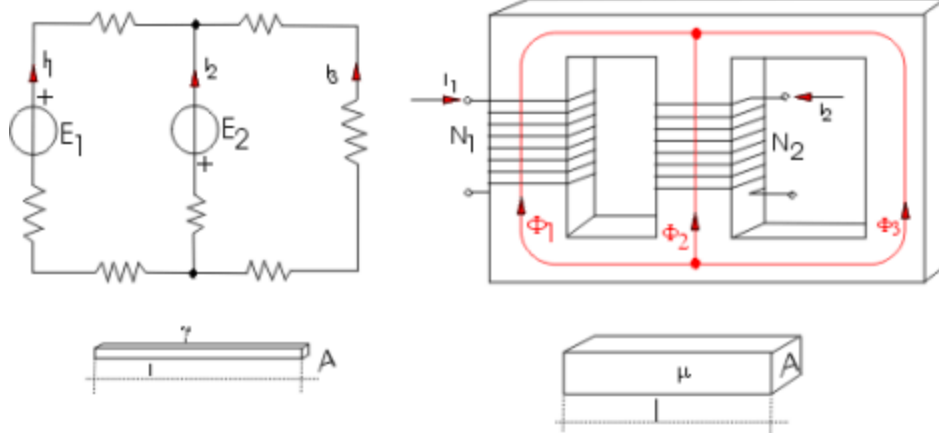
Grandezze e le leggi dei circuiti magnetici trovano dunque una totale corrispondenza con grandezze e leggi dei circuiti elettrici.

Ciò che è spontaneo pensare è che si possa eliminare l'aggettivo che segue la parola circuiti, definirli in modo completamente astratto, e, formalizzate le leggi, concretizzarle di volta in volta a seconda del fenomeno fisico descritto dall'aggettivo: la definizione astratta è la struttura matematica dei circuiti.

Nella tabella che segue sono poste in corrispondenza strutture tipiche, grandezze e leggi dei circuiti elettrici e magnetici.

Le principali differenze tra le due strutture sono:

- il diverso comportamento di permeabilità e conducibilità per i conduttori magnetici ed elettrici in funzione delle grandezze elettriche e magnetiche. Mentre g dipende solo indirettamente e non in modo sensibile dai valori tensione, così che può ritenersi in prima approssimazione costante, la permeabilità m dei materiali ferromagnetici è fortemente dipendente dalla tensione magnetica per cui non è possibile considerarla una costante.
- Nei circuiti elettrici ci sono cariche, quindi particelle materiali in movimento, nessuna particella materiale è in movimento nei circuiti magnetici: nei materiali ferromagnetici si ha un orientamento dei dipoli organizzati in domini, ma non una loro migrazione.
- I circuiti magnetici sono, dal punto di vista geometrico, più massicci, mentre i circuiti elettrici sono per lo più filiformi.
- I circuiti magnetici sono meno definiti dei circuiti elettrici: non esiste infatti il perfetto equivalente dell'isolante elettrico; non esiste cioè un materiale la cui permeabilità possa ritenersi nulla rispetto a quella dei materiali ferromagnetici, così come per gli isolanti può ritenersi nulla la loro conducibilità rispetto a quella dei conduttori.
- La complessità tecnica dei circuiti elettrici è generalmente molto maggiore di quella dei circuiti magnetici.



GRANDEZZE				LEGGI	
ELETTRICA		MAGNETICA		Elettrica	Magnetica
Simbolo e nome	U.M.	Simbolo e nome	U.M.	$d = g \cdot K$	$B = m \cdot H$
K Campo elettrico	$[V][m]^{-1}$ volt su metro	H Campo magnetico	$[A][m]^{-1}$ ampere su metro		
D Densità di corrente	$[A][m]^{-2}$ ampere su metro quadro	B Induzione magnetica (densità di flusso)	$[T] = [Wb][m]^{-2}$ tesla		
G conducibilità elettrica	$[S][m]^{-1}$ siemens su metro	M permeabilità magnetica	$[H][m]^{-1}$ henry su metro		

		(conducibilità magnetica)			
U_{AB} tensione elettrica	[V] volt	F_{AB} tensione magnetica	[A]= [C][s] ⁻¹ ampere	U=K·I	F=H·I
I Intensità di corrente elettrica	[A] ampere	F Flusso magnetico (Intensità di corrente magnetica)	[Wb]= [V][s] weber	I=d·S	F=B·S
				S_aI=0 I pdk per un nodo	S_aF=0 I pdk per un nodo
R Resistenza elettrica	[W]=[S] ⁻¹ ohm	R Riluttanza (Resistenza magnetica)	[H] ⁻¹ = [W] ⁻¹ [s] ⁻¹ henry alla meno uno	U=R·I Legge di Ohm	F=R·F. Legge di Hopkinson (Legge di Ohm magnetica)
G=1/R Conduttanza elettrica	[S] siemens	L Permeanza (Conduttanza magnetica)	[H]= [W][s] henry	P=R·I² Legge di joule potenza dissipata (W)	W=(1/2)·R·F² Energia immagazzinata (J)
E Forza elettromotrice	[V] volt	I (N·I)	[A] ampere (amperspire)	S_aE= S_aR·I Ile pdK	S_a(NI)= S_aR·F II pdK

		Forza magnetomotrice		Per una maglia	Per una maglia
				$S_a E =$ $S_a K \cdot l$ circuitazione elettrica	$S_a (NI) =$ $S_a H \cdot l$ circuitazione magnetica (teorema di ampere)