

MISURA DI UNA FERRITE SCONOSCIUTA

Rev.3 del 20/11/2024
(Pubblicato su RR 7/8-2014)

Generalità

Molto spesso siamo in possesso di nuclei di ferrite senza sapere nulla del materiale magnetico che le costituisce. Questo breve manoscritto permette di misurare i principali parametri per poter sfruttare al meglio le proprie ferriti.

Teoria

La caratterizzazione di una ferrite avviene prima con la misura delle sue dimensioni fisiche e poi cercandola nei cataloghi dei costruttori (Epcos, Magnetics, Fair-Rite, TDK, Ferroxcube) per trovare i parametri che mancano: la sezione netta del nucleo A_m (Area magnetica netta del core), l'area della finestra disponibile per l'avvolgimento W_a (Windows area) e la lunghezza del circuito magnetico l_m ; tutte grandezze espresse in mm o mm².

Questi parametri si potrebbero facilmente misurare con un calibro (meglio se digitale) ma è meglio ricavarle dai cataloghi dei costruttori perché le forme sono pressoché standard ed i valori sono unificati.

Ricavare alcuni dati dai cataloghi dei costruttori richiede la sola conoscenza delle dimensioni fisiche esterne e con queste già si ricavano, oltre ai parametri più importanti detti sopra, anche quelli meno importanti ma utili per l'impiego; come: le dimensioni del rocchetto che si abbina, il metodo di serraggio migliore, ecc...

Purtroppo, col solo calibro non si possono misurare i parametri magnetici del materiale.

Per ricavare questi ultimi occorre disporre di un misuratore d'induttanza a frequenza variabile, come un analizzatore d'antenna. Con tale strumento è possibile misurare il fattore d'induttanza A_L , che è uno dei più importanti parametri magnetici della ferrite, che varia al variare della frequenza. Oltre a ciò è possibile misurare la resistenza serie R_s e la reattanza serie X_s di una spira avvolta attorno alla ferrite ignota.

La misurazione del fattore d'induttanza A_L si basa sulla definizione e si esprime come:

$$N^2 = \frac{L}{A_L} \quad (1)$$

dove N è il numero delle spire, L l'induttanza in [nH] e A_L il fattore d'induttanza in [nH/spira²]. Rimaneggiando la (1) si ottiene la (2):

$$A_L = \frac{L}{N^2} \quad (2)$$

ove se poniamo il numero di spire $N=1$ otterremo la (3):

$$A_L = L \quad (3)$$

La (3) è la formula utilizzata per ottenere il fattore d'induttanza.

In pratica basta avvolgere una spira intorno al core della ferrite e misurarne l'induttanza, alla frequenza di utilizzo, per avere direttamente il valore di A_L . Se l'induttanza L la si misura in nH allora A_L risulterà in nH/N².

Purtroppo, la conoscenza del solo fattore d'induttanza A_L non è esaustivo perché raramente dobbiamo realizzare con le ferriti delle induttanze pure, molto più spesso realizziamo dei choke, dei trasformatori o dei BalUn. In questi casi occorre sapere quanto vale la permeabilità relativa della ferrite μ e, visto che la permeabilità è una grandezza vettoriale, anche le sue componenti μ' e μ'' .

Per ricavare μ' e μ'' occorre misurare le dimensioni fisiche della ferrite ed ottenere la lunghezza del circuito magnetico l_m e l'area del circuito magnetico A_m , Figura 1.

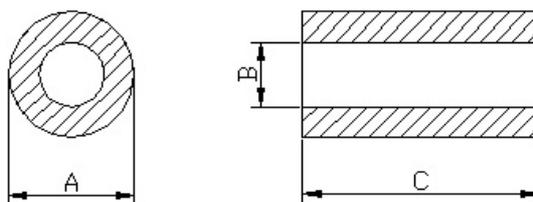


Fig.1

La lunghezza del circuito magnetico è espressa in millimetri ed altro non è che il cammino medio percorso dal flusso magnetico mentre l'area del circuito magnetico è in pratica l'area della sezione netta della ferrite attraversata dal flusso magnetico. Entrambi i parametri possono essere facilmente trovati sul catalogo di qualche costruttore di ferriti come [1] ma se qualcuno volesse calcolarli può farlo con le seguenti formule:

$$l_m = \frac{(A + B) \cdot \pi}{2} \text{ in mm se } A, B, C \text{ in mm} \quad (4)$$

$$A_m = \frac{(A - B) \cdot C}{2} \text{ in mm}^2 \text{ se } A, B, C \text{ in mm} \quad (5)$$

Noti i parametri del circuito magnetico occorre ricavare il valore della resistenza serie R_s e della reattanza serie X_s di una spira, con lo stesso set-up utilizzato per misurare l' A_L , ed inserire il valore nelle seguenti formule:

$$\mu'' = \frac{R_s \cdot l_m \cdot 10^4}{8\pi^2 \cdot f \cdot A_m} \text{ con } f \text{ in MHz, } A_m \text{ in mm}^2 \text{ ed } l_m \text{ in mm.} \quad (6)$$

$$\mu' = \frac{X_s \cdot l_m \cdot 10^4}{8\pi^2 \cdot f \cdot A_m} \text{ con } f \text{ in MHz, } A_m \text{ in mm}^2 \text{ ed } l_m \text{ in mm.} \quad (7)$$

Molto pratico risulta il file in excel Misura_mu.xls allegato al seguente articolo.

Pratica

La misurazione è piuttosto semplice quando si dispone di un analizzatore d'antenna come un RigExpert o l'MFJ.

Prendete un connettore per cavo RG213 che s'innesti nel vostro analizzatore d'antenna e costruite un oggetto come quello di Figura 2.



Fig.2

Come vedete è un connettore PL259 (perché nel mio caso l'analizzatore d'antenna ha un connettore PL) ove al centrale ho saldato un filo di rame piuttosto grosso (il centrale di un cavo RG-213) e l'ho tenuto isolato dalla massa con un pezzo di teflon conficcato a misura.

Sul fianco ho poi saldato una decina di centimetri di calza presa da un pezzo di coassiale RG-316U; per avere un conduttore di massa piccolo e flessibile.

Non preoccupatevi dell'impedenza dell'attrezzo ma cercate piuttosto di minimizzare la capacità parassita tra il polo caldo ed il polo freddo; nel mio caso è di circa 6 pF.

Ora fate una spira con la calza attorno alla ferrite sconosciuta. Nell'esempio di Figura 3 vedete un manicotto tolto da un cavo d'alimentazione.



Fig.3

Con l'analizzatore d'antenna misurate l'induttanza nei vari centro banda delle bande amatoriali e riportate i valori che trovate in una tabella, come quella che trovate in Tabella 1, ove la misura dell'induttanza L [in nH] è messa direttamente nella colonna dell' A_L perché, come detto sopra, nel caso di una sola spira $L = A_L$.

FREQUENZE	A_L (nH)	R_s	X_s
1,830	3484	7,1	40,0
3,600	2819	33,1	63,8
7,100	1805	69,4	80,5
10,450	1334	94,3	87,6
14,225	1027	118,0	91,8
18,150	806	140,5	91,9
21,250	672	157,0	89,7
24,950	543	175,9	85,1
28,500	432	191,1	77,5
50,100	24	249,3	7,7

Tab.1

Il mio analizzatore d'antenna, oltre all'induttanza, misura anche la componente resistiva R_s e reattiva X_s dell'impedenza serie della spira e quindi le ho riportate in tabella.

Analizzando i dati si evince dove la ferrite lavora bene e dove meno bene. Come potete vedere non c'è una demarcazione netta tra il funzionare ed il non funzionare ma è ovvio che in certe bande vi sono ferriti più efficaci di altre.

Mi spiego meglio: se devo realizzare un choke su un cavo, per abbattere le correnti di modo comune, devo creare un'impedenza induttiva di almeno $X=1000$ Ohm sulla calza esterna quindi dalla (1), e dalla formula generale dell'impedenza di un induttore, otteniamo:

$$N = \sqrt{\frac{1000 \cdot X}{2\pi \cdot f \cdot A_L}} \quad (8)$$

Con X in Ohm, f in MHz ed A_L in nH/N².

Pertanto, se usiamo la ferrite sopra a 28,5 MHz avremo la necessità di utilizzare:

$$N = \sqrt{\frac{1000 \cdot X}{2\pi \cdot f \cdot A_L}} = \sqrt{\frac{1000 \cdot 1000}{6,28 \cdot 28,5 \cdot 432}} = 3,59 \quad (9)$$

Quattro manicotti in serie o 2 spire nello stesso. Mentre se la volessimo utilizzare a 1,8 MHz servirebbero:

$$N = \sqrt{\frac{1000 \cdot X}{2\pi \cdot f \cdot A_L}} = \sqrt{\frac{1000 \cdot 1000}{6,28 \cdot 1,83 \cdot 3484}} = 4,99 \quad (10)$$

Cinque manicotti in serie. In VHF a 50 MHz ne servirebbero almeno 12.

Da ciò si deduce che la ferrite in esame lavora bene in tutte le bande HF mentre meno bene in VHF.

Bibliografia

[1] <http://www.fair-rite.com/newfair/index.htm>