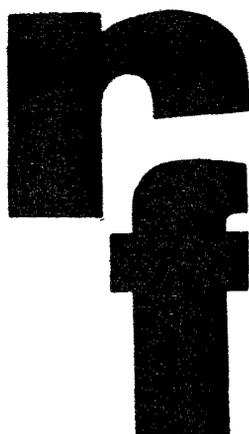


IMPEDENZE E BOBINE



CARATTERI- STICHE DEI COMPONENTI

Caratteristiche costruttive

Le induttanze per radiofrequenza possono essere costruite con varie disposizioni dell'avvolgimento, ciascuna delle quali presenta vantaggi dipendenti dalla particolare funzione nel circuito e dai componenti associati.

L'avvolgimento a solenoide è usato nel tipo più semplice di bobina (fig. 1 A); esso fornisce il minimo valore di induttanza realizzabile in un dato spazio. D'altra parte presenta un valore molto basso di capacità distribuita e consente un'eccellente dissipazione di calore dato che l'aria circola sull'intera superficie dell'avvolgimento. Come supporto può essere usato sia un nucleo di materiale magnetico sia del materiale non magnetico; nel primo caso il nucleo può essere regolabile per variare il valore dell'induttanza.

L'avvolgimento a più strati (fig. 1 B) realizza un apprezzabile incremento nel valore dell'induttanza rispetto al tipo precedente; le spire vengono avvolte a strati sovrapposti fino a raggiungere un certo

numero prefissato. Questo tipo di avvolgimento va bene per le basse frequenze, mentre già alle frequenze audio più elevate l'effetto della notevole capacità parassita distribuita tra le spire può influire sul funzionamento del circuito limitandone la risposta in frequenza.

L'avvolgimento universale o a nido di ape fornisce un valore dell'induttanza per unità di volume occupato superiore a quello dell'avvolgimento solenoidale ma inferiore a quello multistrati; il suo vantaggio principale consiste nel minor valore della capacità distribuita; se poi l'avvolgimento viene diviso in più sezioni questo valore diminuisce ancora (è come collegare in serie più capacità). La resistenza ohmica della bobina generalmente aumenta poiché si richiede più filo per ottenere lo stesso valore dell'induttanza.

L'avvolgimento a nido d'ape va eseguito a macchina, mentre i tipi precedenti ad uno o più strati possono essere eseguiti anche a mano. I parametri fondamentali di progetto, come diametro del filo, diametro e larghezza dell'avvolgimento,

ecc. sono contenuti in un certo numero di formule che permettono di determinare i movimenti della macchina. Poiché il filo è trasportato da una parte all'altra del rocchetto man mano che questo ruota, è necessario un movimento regressivo o progressivo del filo in senso laterale ad ogni spira, in modo da ottenere un avvolgimento meccanicamente stabile (figure 1 C, 1 D, 1 E).

L'avvolgimento a nido d'ape progressivo è stato studiato per aumentare l'induttanza rispetto al tipo precedente. Viene ottenuto distribuendo l'avvolgimento a nido d'ape lungo il nucleo anziché su una sola larghezza di spira (fig. 1 F). Oltre al calcolo per realizzare il normale nido d'ape la macchina deve tenere conto del movimento progressivo lungo il nucleo usato.

L'avvolgimento con nucleo ad olla viene realizzato usando un nucleo di ferrite di forma particolare, tale che le induttanze prodotte sono altamente efficienti e presentano quasi tutti i vantaggi delle bobine toroidali poiché il flusso è quasi completamente racchiuso all'interno del materiale magnetico. La figura 2 mostra efficacemente i particolari di questo tipo di bobina.

Impedenza di blocco r.f.

Normalmente i dati sulle impedenze di blocco specificano il valore dell'induttanza ed il « Q » misurato ad una frequenza prefissata; inoltre viene dato il valore della frequenza di autorisonanza, utile a determinare la più corretta banda di lavoro. Altri dati comprendono di solito la resistenza ohmica dell'avvolgimento e la massima corrente continua sopportabile.

Di solito si scelgono bobine con una frequenza di risonanza in parallelo leggermente superiore alla massima frequenza presente nel circuito; in questa maniera si ottiene la massima impedenza con il massimo guadagno di tensione, e si evitano possibili cortocircuiti alla frequenza di risonanza in serie.

Sebbene una impedenza di blocco possa sembrare come una delle induttanze meno complesse, il suo comportamento può essere assai complicato. Per esempio consideriamo la figura 3, che mostra il

comportamento di un elemento di questo tipo, di induttanza $260 \mu\text{H}$ misurati a 790 kHz , e frequenza di risonanza a $11,5 \text{ MHz}$. Le curve mostrano che avvicinando la frequenza di risonanza parallelamente la reattanza induttiva apparente X_p diviene molto più grande di X_L ; il Q effettivo raggiunge un picco e poi cade a zero alla frequenza di risonanza. Ciò capita perché la resistenza apparente R_p aumenta più rapidamente di X_p . Le perdite aumentano con la frequenza a causa dello « skin effect » nel filo e del decremento nell'isolamento della bobina.

Come la frequenza di lavoro supera la frequenza di risonanza, la bobina di blocco presenta un elevato valore della reattanza capacitiva; l'impedenza diminuisce rapidamente fino alla prima frequenza di risonanza serie, che capita a circa $18,5 \text{ MHz}$, dove è dell'ordine di poche centinaia di ohm. La bobina di blocco è quasi inefficiente a questa frequenza e può essere bruciata da una corrente relativamente elevata. Man mano che la frequenza di lavoro aumenta si riscontrano alternativamente punti di risonanza serie e parallelo.

E' da notare che avvolgimenti di tipo diverso, capaci di fornire un identico valore di induttanza alla stessa frequenza di misura, presentano caratteristiche diverse per quanto riguarda l'andamento con la frequenza; perciò è importante determinare il comportamento dell'impedenza di blocco prima di sceglierne un dato tipo. Un esempio dei diversi comportamenti è fornito dalla figura 4. Per determinare i punti di risonanza può essere impiegato un oscillatore « grid dip »; le frequenze di risonanza parallelo sono quelle dove si ha l'assorbimento con i terminali della bobina aperti.

Influenza delle caratteristiche

In una applicazione dove una impedenza a r.f. si comporta come un carico senza alcun circuito accordato, la reattanza induttiva rappresenta (lavorando ben sotto la frequenza di risonanza) il valore reale del carico. L'oscillatore a cristallo di figura 5 A semplifica questo tipo di applicazione; poiché l'oscillatore per funzionare deve lavorare con carico induttivo, viene scelta una bobina di blocco con una

frequenza di risonanza parallelo almeno doppia della frequenza di lavoro.

Se invece la bobina è in parallelo con il circuito accordato del circuito, come in figura 5 B, va tenuto conto della gamma di frequenza. A frequenze inferiori a quel-

circa cinque volte superiore a quella della bobina di accordo, in modo che vengono ridotti gli effetti di shunt sul circuito accordato.

Nel progetto di amplificatori di potenza a bassa frequenza (0,1 - 1 MHz), è

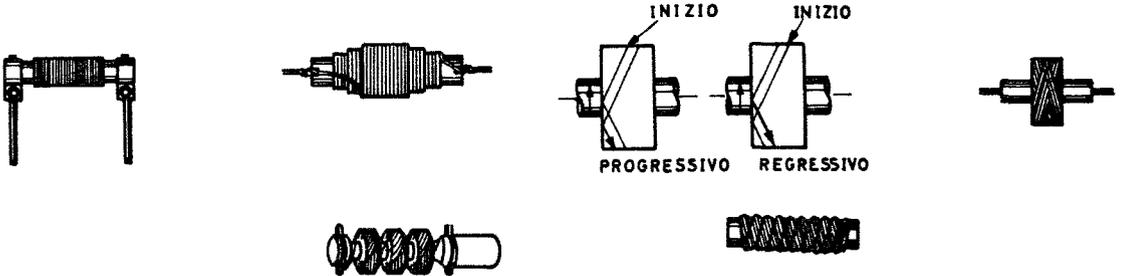


Fig 1 - Vari tipi di avvolgimenti impiegati nella costruzione di bobine a r f

la di risonanza, l'impedenza di blocco produce l'effetto di abbassare il valore dell'induttanza di accordo, cioè diventa in realtà parte del circuito oscillatore. Una buona regola pratica è di scegliere una bobina di blocco con reattanza induttiva

possibile adottare valori relativamente bassi dell'induttanza per la bobina di blocco, ammesso che il Q sia abbastanza elevato da assicurare un basso valore della resistenza serie. Con una impedenza di blocco dell'ordine di 1 mH è possibile ri-

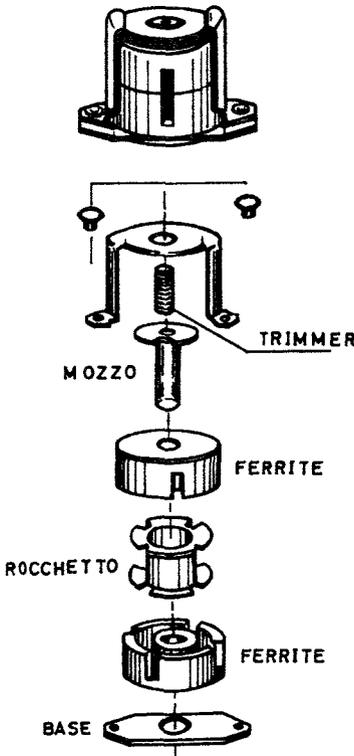


Fig. 2 - Vista esplosa di una bobina ad immersione con nucleo ad olla

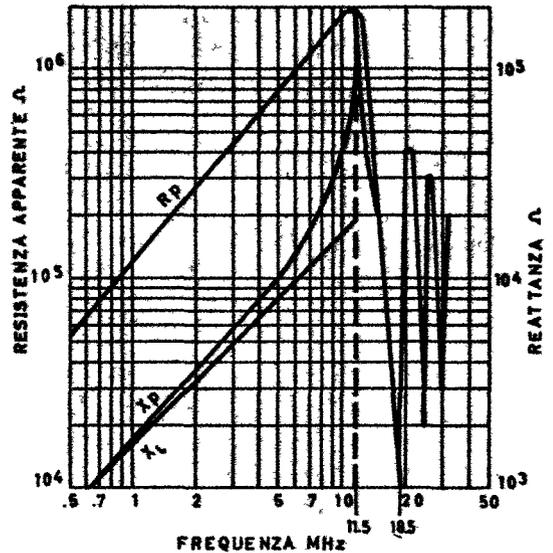


Fig. 3 - Comportamento dei vari parametri di una bobina al variare della frequenza: R_p = resistenza apparente, X_p = reattanza induttiva apparente, X_l = reattanza induttiva.

durre le perdite di potenza e coprire una gamma di frequenza relativamente larga. Per il funzionamento su una frequenza fissa, una bobina di blocco con frequenza di risonanza parallelo vicina alla frequenza di lavoro, presenta la massima impedenza e consente perciò il più elevato guadagno di tensione.

Per il funzionamento su una gamma ristretta, di estensione non più che doppia della frequenza minima, una bobina di blocco con frequenza di risonanza leggermente inferiore alla minima frequenza considerata, presenta un valore elevato della reattanza capacitiva. Ciò permette di minimizzare l'effetto dovuto all'aggiunta di una induttanza al circuito accordato, poiché in realtà si aggiunge una piccola capacità in parallelo al condensatore principale di sintonia.

Per il funzionamento su una gamma di frequenza assai estesa, una bobina di blocco con frequenza di risonanza a circa due terzi della frequenza massima fornisce una impedenza elevata su tutta la gamma.

Quando si usano impedenze di blocco sia all'ingresso che all'uscita di un circuito a valvole o a transistor, può capitare spesso la generazione di oscillazioni parassite a bassa frequenza. Per correggere questo effetto conviene cercare un minor valore dell'induttanza.

Se si usa una bobina di blocco con un nucleo di ferrite in un circuito a transistor di elevata potenza, la saturazione del nucleo può produrre un effetto simile a quello dell'oscillatore bloccato; per eliminarlo conviene ricorrere a nuclei in ferro polverizzato o in aria.

I tipi prodotti

Con il tempo si sono venute stabilendo delle norme per le bobine delle impedenze di blocco a radiofrequenza, che riguardano sia le caratteristiche fisiche che le caratteristiche elettriche della costruzione. La maggior parte dei tipi sono calcolati per una temperatura massima di lavoro che non deve superare i 90°, e per un sovraccarico che non deve superare più del 50% il valore nominale della corrente.

I più comuni tipi di bobine di produzione industriale sono quelli cilindrici rivestiti in resina epossidica; per essi è stato introdotto un codice dei colori del tutto simile a quello adottato per i resistori.

Abbastanza comuni stanno diventando anche i tipi di bobine con nucleo in ferrite ad olla; come abbiamo già detto il loro principale vantaggio è quello di avere una minima dispersione del campo magnetico.

Tutti i tecnici conoscono, per pratica quotidiana, l'importanza delle bobine con nucleo regolabile. In un circuito risonante dove è possibile variare l'induttanza della bobina regolando il nucleo, la necessità di un condensatore variabile può essere eliminata e si può usare un condensatore fisso di minori dimensioni. Poiché il valore di questa capacità è molto superiore a quello della capacità distribuita della bobina, un nucleo regolabile permette condizioni di progetto meno critiche, grazie ad un compromesso tra i valori dell'induttanza e del Q, le dimensioni e la stabilità.

Quando il parametro più importante da ottenere è un'ampia gamma di valori dell'induttanza, vengono usati nuclei ad alta permeabilità. Quando invece è più importante la stabilità si usano come nuclei materiali con minore permeabilità, per esempio materiali ceramici che sono elettricamente stabili entro una notevole gamma di temperatura. Gli effetti delle variazioni di temperatura su bobine e con diversi tipi di nuclei sono visibili in figura 6.

La maggior parte delle bobine di comune produzione, come quelle per radio e TV, adottano supporti di carta impregnata con filettatura interna utile per la regolazione del nucleo.

Applicazioni secondo la frequenza

Bassa frequenza (10 kHz ÷ 100 kHz).
In questa gamma valori di Q abbastanza elevati si ottengono con avvolgimenti in normale filo di rame. Nei casi dove circola una notevole corrente si può usare un filo « Litz » per aumentare il Q riducendo la resistenza serie. (Ricordiamo che il filo « Litz » è un conduttore particolar-

mente adatto per alte frequenze, costituito da una treccia di sottili trefoli di rame smaltato).

Se si usano bobine con nucleo a olla è possibile raggiungere valori di Q molto elevati, dell'ordine di 600 - 800.

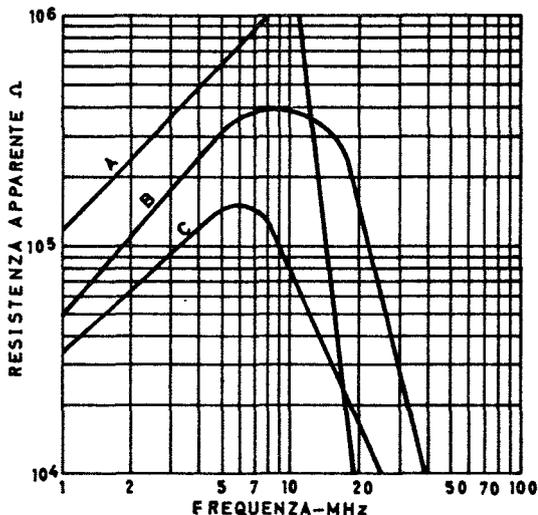


Fig. 4 - La resistenza apparente di tre bobine di induttanza uguale varia secondo il tipo di avvolgimento: a = avvolgimento a solenoide; b = avvolgimento a nido d'ape in aria; c = avvolgimento a nido d'ape con nucleo in ferro.

Media frequenza (100 kHz ÷ 3 MHz). Sono comprese in questa gamma numerose frequenze di interesse per le applicazioni radio; i valori pratici del Q raggiungono 50-100 impiegando ancora filo di rame compatto e nuclei regolabili in materiale polverizzato.

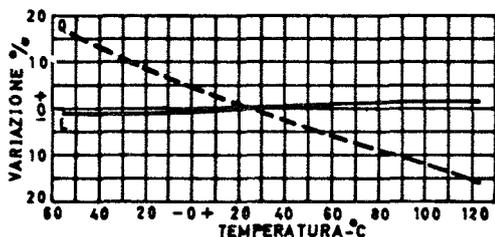


Fig. 6 - Variazioni nel « Q » e nell'induttanza secondo la temperatura per due bobine con nuclei di diverso tipo: A = nucleo in resina fenolica; B = nucleo in ferrite.

Solo nelle medie frequenze destinate a ricevitori radio di classe elevata (alta selettività e grande stabilità in temperatura) viene usato il filo Litz e materiale magnetico di qualità superiore. Tra questi tipi di materiali si possono annoverare

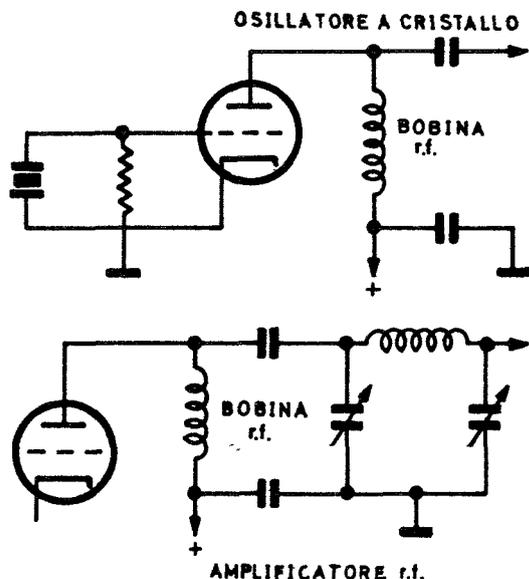
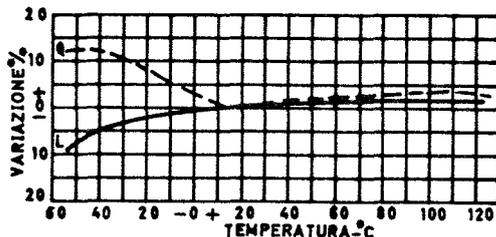


Fig. 5 - Due esempi di applicazione delle impedenze r.f.

anche diversi tipi di ferriti di recente produzione, molto stabili con la temperatura. In queste condizioni si raggiungono valori di Q elevati, alquanto superiori a 100.

Tutti i tipi di avvolgimento descritti all'inizio possono venire usati in questa



gamma di frequenze. L'uso di bobine con nuclei ad olla ad immersione consente di realizzare induttanze efficienti su tutta la gamma in questione, purché vengano usate insieme a condensatori compensati in temperatura.

Alta frequenza (3 MHz — 300 MHz). Di solito si usano avvolgimenti a più sezioni con filo compatto; generalmente il Q della bobina aumenta con il crescere del diametro del filo. La scelta del materiale per il nucleo va fatta con cura al fine di minimizzare le perdite.

All'estremità superiore della gamma considerata un nucleo di ferro viene usato solo per la regolazione fine dell'induttanza, piuttosto che per ottenere ampie variazioni di valore; più comuni sono invece i nuclei in materiale non ferroso che permettono migliori regolazioni dell'induttanza.

La scelta accurata del materiale per il nucleo permette di ridurre le dimensioni e migliorare diversi parametri elettrici: diminuire il numero di spire necessario ad ottenere una certa induttanza ed aumentare quindi il Q, diminuire le perdite e la capacità distribuita.

Comunque l'optimum nel progetto di una bobina dipende sempre da un compromesso tra le dimensioni, la gamma di

valori e la stabilità. Se il requisito più importante è una larga variazione di induttanza, conviene usare ferrite od altri materiali ad elevata permeabilità. Se è più importante la stabilità conviene usare materiali con permeabilità minore.

Conclusioni

Diamo un breve riassunto delle considerazioni da tenere presenti nella scelta delle bobine.

Funzione: oscillatore, circuito accordato, impedenza di blocco, ecc.

Gamma di frequenza: determina il valore dell'induttanza, la capacità distribuita ammissibile, il tipo di materiale per il nucleo.

Frequenza di risonanza: determina il limite superiore delle frequenze di lavoro.

« Q »: dipende strettamente dalla qualità dei materiali impiegati e quindi dal costo del componente.

Resistenza in c.c.: deve essere più bassa possibile, compatibilmente con il materiale ed il costo, in quanto influisce notevolmente sulle prestazioni.

Tensione di picco a r.f.: per valori elevati conviene usare bobine a nido d'ape a più sezioni.

Questo apparecchio di misura a scala mobile proiettata si presenta sotto la forma di un galvanometro di 65 mm di larghezza. È stato realizzato dalla Weston Instruments Inc. e permette di proiettare indicazioni su una larghezza della scala di 200 mm con una precisione molto grande e senza errore di parallasse.

Il sistema ottico proietta la scala luminosa mobile su una finestra di osservazione pulita. La graduazione si trova sullo stesso piano dell'immagine proiettata e ciò elimina ogni errore di parallasse. Tenendo conto della costituzione interna di questi indicatori, è possibile mettere più elementi vicini senza rischiare alcuna interferenza magnetica.

Nei principali modelli standard, si può disporre dei seguenti valori:
per la tensione da 0 a 50 volt min. e da 0 a 500 volt max
per la corrente da 0 a 5 μ A min. e da 0 a 50 μ A max
Nella figura si vede la costituzione interna dell'apparecchio.

