

# Misure su risonatori

## 1 Misura semplice

Un primo schema di misura del risonatore è quello riportato in figura 1, nel quale  $C_s = 10$  nF e  $L_s = 4.5$  mH. Calcolate, trascurando  $R_s$  e ammettendo che i componenti abbiano il valore nominale, la frequenza di risonanza e l'impedenza caratteristica del risonatore.

Calcolate il  $Q$  del risonatore come coefficiente di sovratensione misurando la tensione a vuoto  $V_0$  del generatore e  $V_C$  alla risonanza. Su quali assunzioni è basata questa misura? Nelle condizioni sperimentali proposte tali assunzioni sono valide? In quali condizioni lo sarebbero?

Suggerimenti: resistenza del generatore e resistenza dell'oscilloscopio (quest'ultima può essere trasformata in una resistenza in serie all'induttore secondo le equivalenze indicate in figura 2); tentate una valutazione degli effetti.

## 2 Risonanza

Con lo schema di figura 1 il risonatore, quando è portato alla risonanza, mette il generatore "in cortocircuito" sulla resistenza interna dell'induttore  $R_s$ . Verificate cosa succede alla tensione  $V_g$  (canale 2 dell'oscilloscopio) mentre si porta il circuito alla risonanza.

Figure 1: Primo schema di misura della risonanza.

Figure 2: Equivalenze tra risonatori parallelo e serie.

Figure 3: Schema con riduzione dell'impedenza del generatore.

Un primo rimedio (figura 3) consiste nel ridurre l'impedenza di uscita del generatore con un partitore resistivo. Si suggerisce di usare  $R_2 = 47 \Omega$  e  $R_1$  tra 2.2 e 4.7  $\Omega$ . In queste condizioni quale è la resistenza equivalente del generatore visto dal risonatore? Quali sono vantaggi e svantaggi di un basso valore di  $R_1$ ?

Misurate  $V_g'$  con il risonatore scollegato e  $V_C$  alla risonanza, con il circuito completo. Calcolate il  $Q$  del risonatore come coefficiente di sovratensione utilizzando questi risultati. Quale errore si commette usando il valore di  $V_g'$  a vuoto?

Calcolate la variazione di  $V_g$  quando il circuito viene portato alla risonanza, e verificate.

Gli errori introdotti trascurando l'impedenza di ingresso dell'oscilloscopio sono significativi? Che valore dovrebbe avere tale impedenza per provocare un errore piccolo, ma chiaramente visibile?

### 3 Quesiti

Quale dei due schemi visti è concettualmente più simile allo schema del Q-metro?

In che cosa consistono le differenze principali e perché un Q-metro "vero" funziona meglio degli schemi visti?

Perché nel Q-metro si usa un amperometro in serie al generatore non un voltmetro in parallelo?

## 4 Larghezza di banda (ampiezza)

Con lo schema di figura 3, misurate la frequenza di risonanza servendovi delle due frequenze alle quali l'ampiezza dell'oscillazione è 3 dB minore della massima. Misurate le frequenze con il contatore e le ampiezze con l'oscilloscopio.

Ricordando che la curva di risposta di ampiezza del risonatore nell'intorno della risonanza è una funzione del tipo  $1/\sqrt{1+\alpha^2}$ , dove  $\alpha \simeq 2Q\Delta f/f$ , calcolate l'incertezza di misura della frequenza di risonanza. Quale strumento è il principale responsabile dell'incertezza?

Calcolate il  $Q$  del risonatore caricato, quindi senza correggere per l'effetto delle resistenze esterne al risonatore, e l'incertezza di misura.

## 5 Larghezza di banda (fase)

Sempre con lo stesso schema di figura 3, misurare il  $Q$  del risonatore caricato valendosi delle due frequenze alle quali la fase è  $\pm 45^\circ$ .

Ricordando che la curva di risposta di fase del risonatore nell'intorno della risonanza è una funzione del tipo  $\arctan(\alpha)$ , calcolare l'incertezza di misura della frequenza di risonanza.

## 6 Smorzamento

Una stima del  $Q$  del risonatore si può ottenere dalla risposta all'impulso. La risposta è un segnale cisoidale il cui inviluppo decade di 1 np (corrispondente ad un fattore 1/e in tensione) rispetto all'ampiezza iniziale dopo  $Q/\pi$  cicli dell'oscillazione.

In pratica l'impulso può essere sostituito da un'onda quadra a frequenza molto più bassa di quella della risonanza e sottomultipla di ordine dispari. Perché?

Usate lo schema di figura 3 sincronizzando l'oscilloscopio con l'onda quadra del generatore. E' opportuno che l'inviluppo della cisoide possa decadere (quasi) completamente durante il semiperiodo dell'onda quadra, in modo che al fronte successivo il circuito risonante sia a riposo. (In mancanza di idee su come procedere, partite da 100–200 Hz).

## 7 Resistenza serie e parallelo

Le relazioni indicate in figura 2 indicano l'equivalenza tra resistenza serie e parallelo ai fini della dissipazione di potenza, e quindi del  $Q$  del risonatore.

Per capire il passaggio dalla resistenza serie alla resistenza parallelo provate invece con il metodo seguente, facendo calcoli ed esperimenti con un resistore  $R_1 = 10 \Omega$ .

1. Scrivete l'espressione della potenza  $P_1$  dissipata da un resistore  $R_1 = 10 \Omega$  in serie al vostro risonatore (figura 3), in funzione della tensione di alimentazione. Attenzione, solo una parte della potenza è dissipata da  $R_1$ .

2. Inserite il resistore  $R_1 = 10 \Omega$  in serie al risonatore e misurate  $Q = Q_1$ ,
3. Con il valore  $Q_1$  trovato, scrivete ora l'espressione della dissipazione  $P_2$  di un resistore  $R_2$  in parallelo all'induttore, sempre con la stessa alimentazione.
4. Uguagliando  $P_1 = P_2$  trovate il valore di  $R_2$ .
5. Rimuovete  $R_1$  e inserite  $R_2$  in parallelo a  $L$ . Verificate che lo smorzamento, e quindi il  $Q$ , sia lo stesso di prima.