

Esperienza n. 4: Circuiti RLC

Parte I – Rifasamento

In un circuito elettrico, se sono presenti condensatori o induttori, si ha uno sfasamento fra la tensione alternata di alimentazione e la corrente circolante. Se si vuole far girare, per esempio, un motore elettrico o accendere una lampada al neon alimentati dalla rete di distribuzione elettrica è necessario "rifasare" l'impianto affinché la corrente circolante sia quasi in fase con la tensione applicata.

Il circuito di fig. 1 è un modello semplificato di un motore o un elettromagnete, in cui si evidenzia una parte induttiva ed una parte resistiva. Quest'ultima rappresenta la parte che trasforma l'energia elettrica in lavoro meccanico e calore a valor medio non nullo:

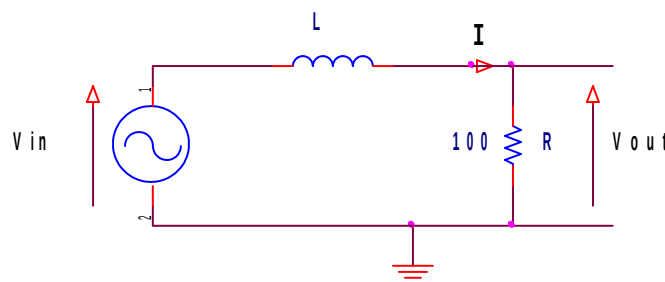


Fig.1 Circuito RL

Se il generatore è di tipo sinusoidale si può applicare il metodo simbolico per il calcolo della corrente I e si ottiene:

$$I = \frac{V_{in}}{R + j\omega L} = \frac{V_{in}}{R^2 + \omega^2 L^2} \cdot (R - j\omega L) ,$$

da cui si ricava facilmente che $|I| = \frac{V_{in}}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}}$ e $\tan \phi = -\frac{\omega L}{R}$.

La corrente risulta sfasata di un angolo ϕ rispetto alla tensione. Il segno meno indica che la corrente è in ritardo rispetto alla tensione.

Per rifasare il circuito è necessario aggiungere un condensatore, per esempio in serie ad L , in modo da annullare l'effetto induttivo (fig. 2). La corrente diventa:

$$I = \frac{V_{in}}{R + j\omega L - j\frac{1}{\omega C}} = \frac{V_{in}}{R + j(\omega L - \frac{1}{\omega C})} .$$

La corrente I è in fase con la tensione se scompare il termine immaginario, ossia quando $\omega L = \frac{1}{\omega C}$. La corrispondente frequenza, $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$, è detta frequenza di risonanza.

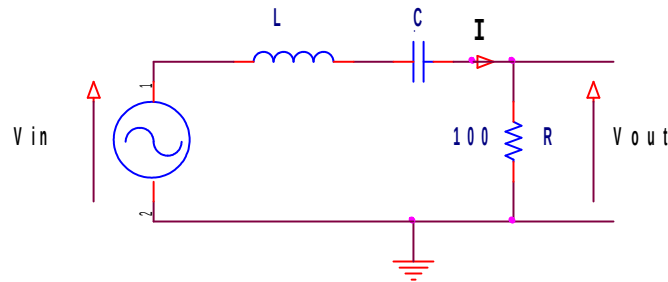


Fig. 2 Rifasamento di un circuito induttivo con un condensatore in serie

Modo di procedere per il rifasamento

Prendere un induttore di qualche mH, costituito da un toroide di materiale magnetico (ferrite), con avvolgimento di spire. L'induttanza è:

$$L = N^2 \mu \frac{S}{l} \quad \text{dove } S \text{ è la sezione del toroide,}$$

l è la circonferenza media del toroide

μ è la permeabilità magnetica della ferrite μ

N è il numero di spire

1. Misurare con lo strumento adatto (ponte RLC) il valore di L e di Q (fattore di bontà).
2. Collegare su una basetta disponibile l'induttore ed una resistenza di un centinaio di ohm come da circuito di fig. 1.
3. Usando un generatore di funzioni applicare una tensione sinusoidale al circuito e con l'oscilloscopio visualizzare la tensione applicata all'ingresso e la tensione ai capi della resistenza. Si può verificare con i due canali dell'oscilloscopio che c'è uno sfasamento fra le due tensioni, ed anche fra tensione e corrente, perché $V_R = RI$.
4. Con i cursori, misurare lo sfasamento tra le due tensioni.
5. A partire dal valore misurato dell'induttanza, calcolare il condensatore necessario per il rifasamento ad una frequenza di circa 10 kHz. Se non si trova il condensatore di valore adeguato, cambiare la frequenza di rifasamento ed indicare per quale frequenza il circuito è in fase.
6. Verificare che le due tensioni sono in fase misurando il loro sfasamento.

Parte II – Circuito passa banda oppure circuito soppressore di banda

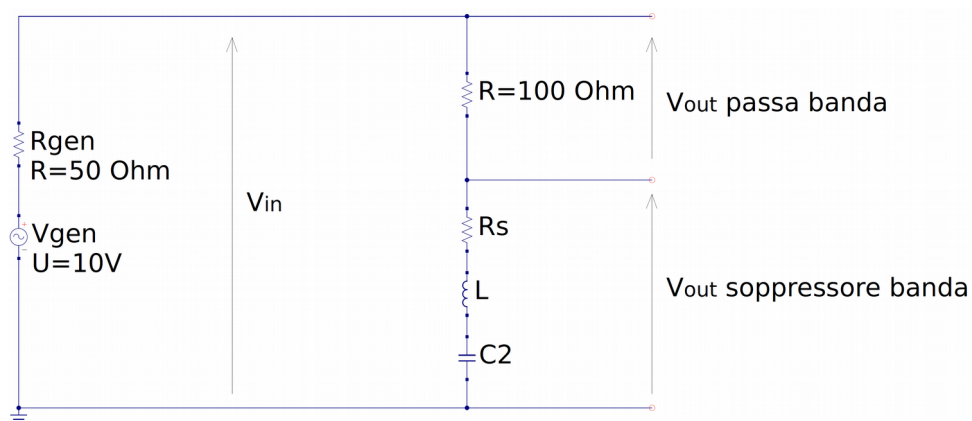


Fig. 3: Circuito risonante con generatore ed induttanza reali

Il circuito risonante presentato in fig. 3 ha caratteristiche di filtro passa banda se si prende come V_{out} la tensione ai capi della resistenza, oppure come filtro soppressore di banda, se la tensione la si prende ai capi della serie LC. Lo scopo dell'esperienza è di ricavare la risposta in frequenza del circuito quando è sollecitato da una tensione sinusoidale in ingresso.

Essendo la tensione sinusoidale si può usare il calcolo simbolico per determinare la tensione di uscita e da lì il guadagno in funzione della frequenza.

Modo di procedere

1. Costruire sulla basetta il circuito di fig. 3, usando un'induttanza di qualche mH ed un condensatore con capacità C tale da avere una frequenza di risonanza di qualche kHz.
2. Collegare un generatore di funzioni, impostato su onde sinusoidali, all'ingresso del circuito. Per eseguire la misura collegare un canale dell'oscilloscopio all'ingresso e l'altro all'uscita. Scegliere se si vuole caratterizzare un filtro selezionatore o soppressore e misurare la V_{out} di conseguenza.
3. Per una certa frequenza f_0 si dovrà trovare in uscita una tensione circa uguale a quella di ingresso (passa banda), oppure una tensione prossima a zero (soppressore di banda). Questa frequenza è chiamata frequenza di risonanza.
4. Caratterizzare la risposta del filtro in funzione della frequenza, misurando per ogni valore la tensione di ingresso e quella di uscita. Per caratterizzarlo al meglio, oltre a prendere misure nell'intorno della frequenza di risonanza, prenderne anche per valori di f molto minori e molto maggiori di f_0 .
5. Graficare A_v in funzione di f , mettendo f in scala logaritmica (farlo con ROOT, senza convertire a mano!).
6. Verificare che cambiando il valore della resistenza del circuito la banda passante si restringe o si allarga. Per curiosità, ma sono diverse le applicazioni pratiche, se la R è sufficientemente piccola si può avere ai capi dell'induttanza o del condensatore una tensione più alta di quella del generatore, sempre che la frequenza sia quella di risonanza f_0 . Potete verificarlo misurando V_L o V_C nell'intorno di f_0 .
7. Analisi dati: dopo aver ricavato mediante calcolo simbolico il guadagno in funzione di f , effettuare una regressione dei dati con la relativa funzione. Confrontare la frequenza di risonanza ottenuta dal fit con quella ricavabile dalle misure di L e C . Per l'inizializzazione dei parametri della funzione di fit utilizzare solo le informazioni ricavabili dai dati e NON quelle su L e C . Dal fit estrarre il valore di R_s .

Attenzione! La tensione in ingresso, V_{in} , è quella ai capi della serie RLC. Nel caso specifico del circuito di fig. 3, siccome il generatore di tensione ha una sua impedenza di uscita ($50\ \Omega$), la tensione V_{in} è originata dal partitore di tensione ai capi della serie RLC, quindi non è approssimabile alla tensione erogata dal generatore. Per convincersene, graficare V_{in} in funzione della frequenza. La serie RLC come si comporta?