
Esperienza: Circuiti RLC

Parte I – Rifasamento di un circuito RL

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:

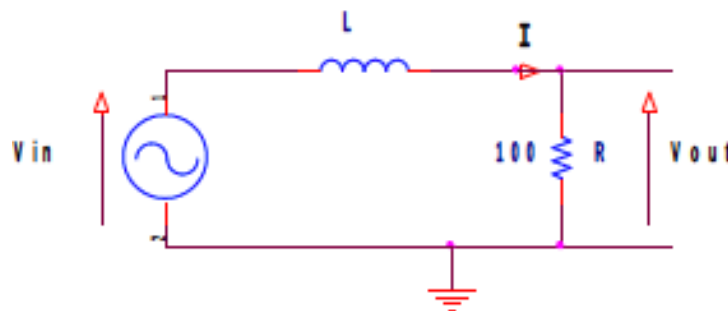


Fig.1: circuito RL

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:

$$|I| = \frac{V_{in}}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} \quad \text{e} \quad \tan \phi = -\frac{\omega L}{R} .$$

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 $\omega L = 1 / (\omega C)$. La corrispondente frequenza, $f_R = 1 / (2\pi \sqrt{LC})$, è detta frequenza di risonanza.

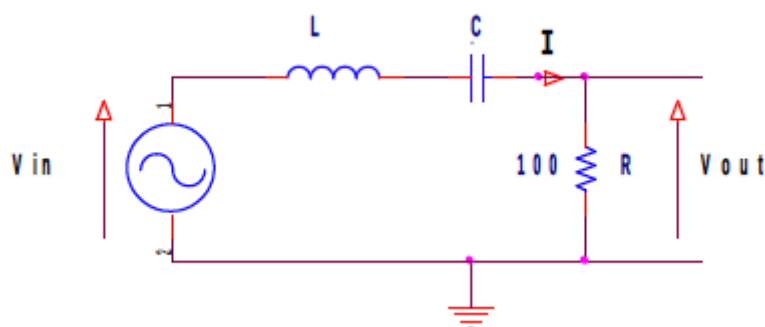


Fig.2: Rifasamento di un circuito induttivo con un condensatore in serie

Modo di procedere per il rifasamento

1. Prendere uno degli induttori disponibili, con L di qualche mH, costituiti da un toroide di materiale magnetico (ferrite) con avvolgimento di spire. L'induttanza è:

$$L = N^2 \mu \frac{S}{l}$$

dove S 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

Misurare con lo strumento adatto (ponte RLC) il valore di L .

2. Collegare su una basetta disponibile l'induttore e una resistenza di un centinaio di ohm come da circuito di fig. 1.
3. Usando un generatore di funzioni applicare al circuito una tensione sinusoidale di ampiezza picco-picco a scelta tra 1V e 4V e di frequenza a scelta tra i 10 e i 30 KHz circa. Con l'oscilloscopio visualizzare la tensione applicata all'ingresso e la tensione in uscita, 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 in tempo tra le due tensioni e ricavarne successivamente lo sfasamento in angolo.
5. A partire dal valore misurato dell'induttanza, calcolare il condensatore necessario per il rifasamento alla frequenza del segnale impostato. Se non si trova il condensatore di valore adeguato, cambiare la frequenza di rifasamento ed indicare per quale frequenza il circuito è rifasato.
6. Verificare che le due tensioni sono in fase.

Parte II – Circuito passa banda oppure circuito soppressore di banda

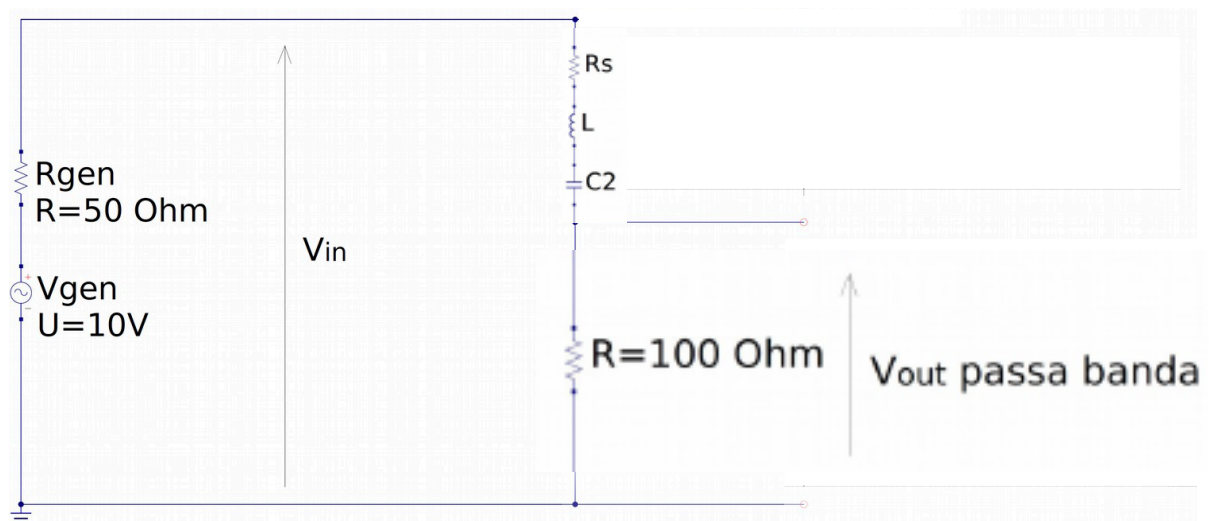


Fig.3 Circuito RCL passa banda, con generatore e induttanza reali

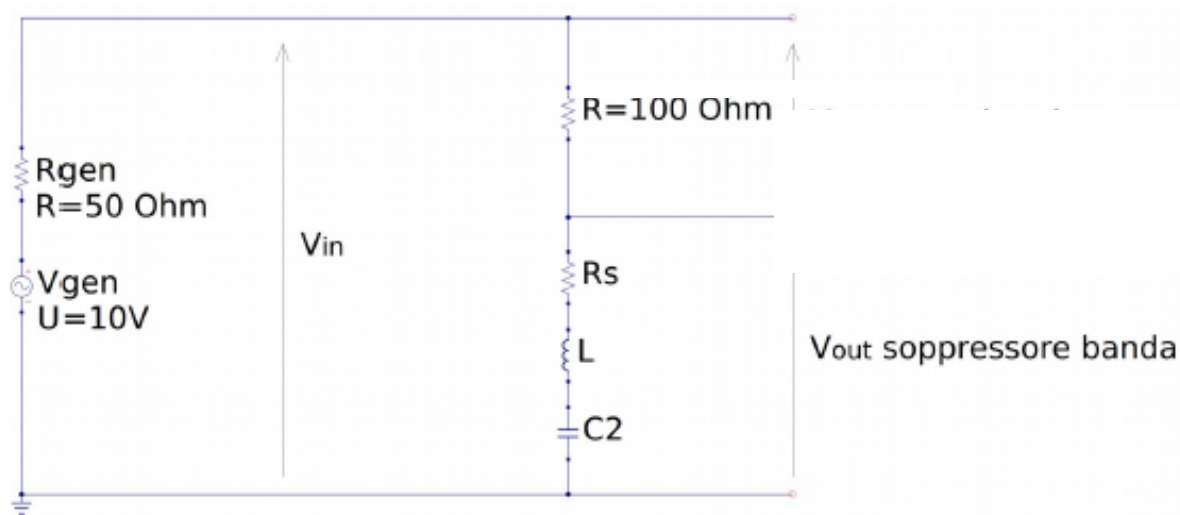


Fig.4 Circuito RCL soppressore di banda, con generatore e induttanza reali

I circuiti risonanti presentati in fig. 3 e 4 hanno rispettivamente caratteristiche di filtro passa banda e soppressore di banda.

Lo scopo dell'esperienza è ricavare la risposta in frequenza di uno dei due circuiti a scelta 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 o 4, usando un'induttanza di qualche mH ed un condensatore con capacità C tale da avere una frequenza di risonanza f_R di qualche kHz.

Nota bene: potete mantenere L e C utilizzati per la prima parte dell'esperienza

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.

3. Alla frequenza di risonanza f_R si troverà il valore massimo (passa banda) o minimo (soppressore di banda) della tensione in uscita: verificarlo immediatamente.

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_R .

5. Graficare il guadagno A_v in funzione di f , mettendo f in scala logaritmica.

6. Verificare che cambiando il valore della resistenza del circuito la banda passante si restringe o si allarga.

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 . Dal fit estrarre il valore di R_s .

Attenzione! La tensione in ingresso, V_{in} , è quella ai capi della serie RLC nei circuiti di fig. 3 e fig.4. Infatti, poiché 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 equivalente alla tensione erogata dal generatore. Per convincersene, si può graficare V_{in} in funzione della frequenza.