

# Analisi di un circuito RLC serie in regime sinusoidale

Studente: Niccolò Zanotti

Michael Mancini

May 2022

---

## 1 Abstract

In questa esperienza di laboratorio si è analizzato il comportamento di un circuito RLC serie sottoposto a una tensione in regime sinusoidale con pulsazione variabile. In particolar modo si è cercato di stimare il valore della frequenza di risonanza, andando a confrontare il comportamento del circuito per valori della frequenza prossimi al valore cercato per poi, acquisendo e analizzando i dati relativi alla tensione in entrata e nei rami, verificare l'andamento atteso dell'ampiezza della tensione. Il valore della frequenza di risonanza ottenuto sperimentalmente è....., che risulta essere compatibile/incompatibile con il valore della frequenza di risonanza atteso che invece risulta essere.....

## 2 Introduzione

In un circuito RLC in regime sinusoidale i valori di resistenza  $R$ , di capacità  $C$  e di induttanza  $L$  determinano la pulsazione di risonanza  $\omega_0$  e il fattore di qualità  $Q$ . Il circuito utilizzato per questa esperienza di laboratorio è costituito da un generatore sinusoidale il cui scopo principale è quello di indurre oscillazioni della corrente nel circuito; la frequenza del generatore, inoltre, influenza l'ampiezza e lo sfasamento della tensione ai capi dei componenti scelti per l'esperienza di laboratorio. La frequenza di risonanza si ha quando la tensione generata ai capi del circuito ha come pulsazione..... In corrispondenza di questo valore il comportamento previsto è che la differenza di potenziale sulla resistenza sia in fase con quella del generatore e sia massimizzata, mentre ci si aspetta che sugli altri due componenti il valore sia coincidente. Un circuito di questo tipo viene anche chiamato "passa banda", poichè in un intorno della frequenza di risonanza, la corrente che scorre è maggiore, per poi diminuire di ampiezza a mano a mano che ci si allontana dalla condizione sopra citata.

## 3 Apparato sperimentale

I valori dei componenti, utilizzati per l'esperienza di laboratorio qui illustrata e collegati in serie sulla breadboard della scheda di acquisizione dati NI Elvis II, sono stati scelti in maniera tale da ottenere un fattore di qualità  $Q$  ragionevole. In particolare si è deciso di utilizzare una resistenza

$R$ ....., una capacità  $C$ ..... e un'induttanza  $L$ ....., caratterizzata da una resistenza interna corrispondente a.... Questi valori sono stati misurati mediante l'utilizzo del multimetro digitale di ELVIS. Si è tenuta in considerazione, inoltre, la resistenza interna del generatore di valore....., che perciò risulta essere non del tutto trascurabile rispetto alla resistenza totale del circuito analizzato. I capi di ogni componente, così come gli estremi del circuito, illustrato nella Figura 1., sono stati collegati a un canale della scheda per la lettura dei valori di ampiezza e fase della tensione tramite il programma LabView. Per realizzare questa esperienza di laboratorio sono stati raccolti..... L'ampiezza, la frequenza e la fase del segnale di tensione utilizzati per l'analisi dati sono stati ottenuti da ogni acquisizione mediante l'utilizzo del subVI "Extract Single Tone Information" del programma Labview, utilizzato per l'acquisizione dei dati.

This is the circuit

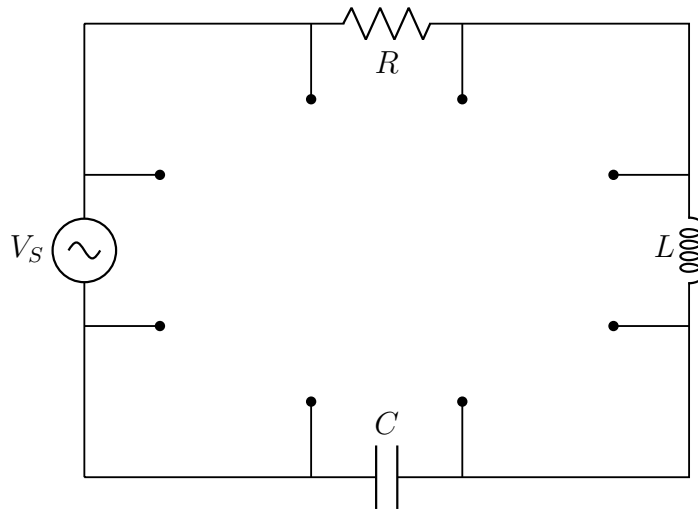


Figura 1: questa e la caption

## 4 Analisi dei risultati

### 4.1 Osservazione qualitativa degli andamenti (si può cambiare)

Una volta scelti i valori dei componenti da utilizzare per l'esperienza di laboratorio e calcolato il valore atteso della frequenza di risonanza che, come citato precedentemente, corrisponde a....., è stato analizzato dal punto di vista qualitativo il comportamento del circuito per verificare che fosse in accordo con quanto previsto e descritto nella sezione "Introduzione". Come si può osservare nella figura 2., andando a studiare frequenze costanti della tensione in ingresso, prossime al valore di risonanza, l'andamento della tensione sulla resistenza è risultato essere in fase con quello indotto sul generatore, come ci si aspettava dal punto di vista teorico. L'anomalia riscontrata sul primo periodo delle acquisizioni effettuate a tensioni costanti verrà analizzata e descritta nella sezione "Appendice" di seguito.

### 4.2 Analisi delle ampiezze

Gli andamenti della tensione ai capi di ciascun componente e del circuito stesso, ottenuti da calcoli svolti dal programma di acquisizione dati Labview al variare della frequenza, sono mostrati nella

figura 3. L'incertezza associata alle tensione è stata ottenuta come la deviazione standard delle misure associate all'ampiezza della tensione agli estremi, che sono perciò posti costanti, ottenendo quindi come valore .... Qui di seguito sono mostrate le funzioni che descrivono l'andamento del modulo dell'ampiezza ai capi di ciascun componente e il procedimento adottato per ricavarle viene analizzato con più attenzione nella sezione "Appendice".

$R_r$  rappresenta la resistenza escludendo però quelle interne a generatore e induttanza, mentre  $\omega$  indica la pulsazione della tensione applicata. Andando ad analizzare l'andamento della tensione ai capi di ciascun componente e del circuito stesso, si può notare che l'ampiezza della tensione indotta nel circuito presenta un picco per valori della frequenza prossimi a quella di risonanza per poi presentare valori più bassi via via che ci si allontana da questa condizione. Questo effetto è dovuto alla resistenza interna del generatore che provoca una caduta di potenziale proporzionale alla corrente che attraversa il circuito, il cui valore in modulo è massimo proprio in corrispondenza della frequenza di risonanza. I valori del chi quadro che sono stati ottenuti dai fit sui tre componenti sono... Si è poi optato di calcolare il valore della frequenza di risonanza con i parametri ottenuti dal fit mediante l'utilizzo dell'equazione 1. Andando a considerare il fit associato alla resistenza, mostrato in figura 4, i parametri utilizzati sono  $L=...$  e  $C=...$ , in questo modo si è controllato se il valore della frequenza di risonanza atteso e calcolato a livello teorico potesse coincidere con quello ottenuto, che è risultato essere di..., dove le incertezze sono state propagate in quadratura. Un modo alternativo per determinare il valore della frequenza di risonanza è studiare il punto di massimo del grafico relativo all'ampiezza della tensione ai capi della resistenza utilizzata per l'esperienza di laboratorio, ma, non essendo sicuri dell'incertezza sulla misura della tensione, si è deciso di stimare un range di valori. Preso l'estremo inferiore della barra di errore relativa al punto di massimo estratto dal fit, si sono poi cercati i punti in cui l'estremo superiore della barra di errore corrispondesse a tale valore massimo. In questo modo, però, si è sovrastimata l'incertezza relativa alla frequenza di risonanza, calcolandola come il valore medio di questi due estremi. Si è ottenuto in questo modo un valore della frequenza di risonanza pari a.... Il valore centrale dell'intervallo scelto è consistente con quanto ottenuto utilizzando i parametri del fit, ma a causa della sovrastima dell'incertezza il risultato può essere considerato poco rilevante.

Parlare eventualmente del valore più alto della resistenza.

### 4.3 Analisi delle fasi

Le funzioni che descrivono gli andamenti attesi delle fasi sono le seguenti:

Si è poi pensato di estrarre il valore corrispondente a una condizione di fase nulla tra la curva associata alla resistenza e quella del generatore, che risulta essere di..., andando a ripetere lo stesso procedimento analizzando questa volta la curva associata all'induttanza ma, considerando uno sfasamento di 90 gradi, si è ottenuto una misura della frequenza pari a... anch'essa vicina al valore atteso, anche se risulta essere sovrastimata.

## 5 Conclusione

I risultati ottenuti per la frequenza di risonanza sono risultati essere generalmente concordi fra di loro, infatti gli scostamenti fra il valore atteso.... e i valori ottenuti sperimentalmente.... sono compresi tra il.... del valore stesso. Si è ipotizzato che tale differenze siano dovute ai diversi fattori ambientali, prima fra tutti la temperatura variabile delle componenti della schedadi acquisizione

NI ELVIS II, dovuta all'effetto Joule. È stata inoltre evidenziata una errata stima della resistenza totale ottenuta dai fit sulle ampiezze della tensione ai capi di ciascun componente e gli andamenti delle fasi sono risultati essere non del tutto consistenti con quelli attesi. Le varie prove effettuate per cercare di risolvere il problema sono risultate vane, dal momento che non è stata ottenuta nessuna modifica rilevante sugli andamenti delle fasi, si è ipotizzato perciò che il problema sia legato al modo in cui vengono raccolti i dati dal software utilizzato per l'esperienza di laboratorio.

## 6 Appendice

Come si può notare in Figura 6. le ampiezze nei primi periodi presentano dei picchi più elevati per poi stabilizzarsi a un valore massimo costante, questo comportamento però risulta essere anomalo dal momento che il circuito analizzato in questa esperienza di laboratorio non ha le caratteristiche tipiche di un transiente. Si è cercato, perciò, di risolvere l'anomalia ripetendo le misure con componenti equivalenti, senza però ottenere nessun risultato positivo nella risoluzione del problema. (L'ho scritto perchè sembra una cosa logica anche se non l'abbiamo fatta). Dopo vari tentativi, si è ipotizzato che questa anomalia sia dovuta al modo in cui sono raccolti i primi dati dal programma di acquisizione Labview, in particolar modo si è pensato che il problema potesse essere dovuto al trigger del software.

Al fine di studiare il comportamento del circuito analizzato in questa esperienza di laboratorio, si è utilizzato il concetto di impedenza, che generalizza il concetto più specifico di resistenza nel caso di correnti sinusoidali. L'impedenza totale è data dalla somma delle impedenze di ciascun componente, sfruttando il fatto che questi siano posti in serie. Perciò avremo...

dove  $j$  indica l'unità immaginaria, mentre il termine tra parentesi indica la reattanza, costituita in parte dal contributo induttivo e in parte da quello capacitivo. Per trovare la corrente nel circuito invece è stata applicata la legge di Ohm simbolica, sfruttando il formalismo dei fasori e, moltiplicando poi il valore ottenuto per l'impedenza ai campi di ciascun componente, si può trovare l'andamento della tensione su di essi.