

Enrico Ribiani
4AUB

Esperienza laboratoriale bipolo ohmico-capacitivo-induttivo serie

esperienza n°2

19-10-2021

Indice

1	Scopo: Verificare il comportamento di un bipolo sperimentalmente confrontando i valori reali con quelli teorici.	1
1.1	Materiale	1
1.2	Strumenti	1
1.2.1	Schema	1
2	Cenni teorici	2
2.1	Previsione comportamento	2
3	Procedimento	3
3.1	Foto	3
3.2	Tabelle	6
3.3	Calcoli	6
4	Conclusioni	9
4.1	Diagrammi vettoriali	10

1. Scopo: Verificare il comportamento di un bipolo sperimentalmente confrontando i valori reali con quelli teorici.

1.1 Materiale

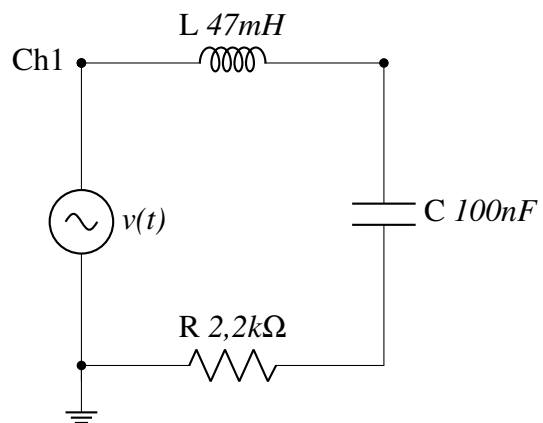
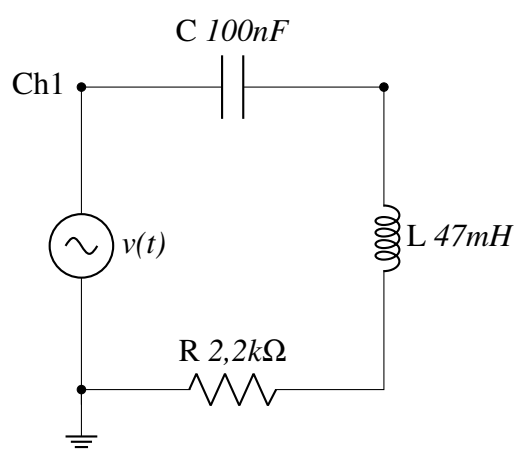
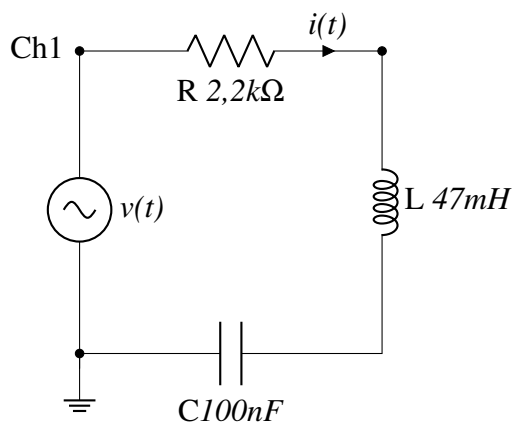
- Breadboard
- Condensatore da $100nF$
- Resistenza da $2,2k\Omega$
- Induttore da $47mH$

1.2 Strumenti

- Generatore di funzione
- Oscilloscopio
- Multimetro

1.2.1 Schema

Il primo circuito verrà utilizzato per effettuare le misure su R, il secondo per effettuare le misure su C e il terzo per le misure su L.



2. Cenni teorici

2.1 Previsione comportamento

Il bipolo RLC è un circuito formato da un induttore, un resistore e un capacitore che in un regime alternato si comporta diversamente al variare della frequenza dal momento che X_L e X_C ne dipendono, ci sono tre scenari possibili:

1. $X_C > X_L$

In questo caso il bipolo si comporterà come un bipolo RC quindi la tensione \vec{V} sarà in ritardo di 90° rispetto alla corrente \vec{I}

2. $X_L > X_C$

In questo caso il bipolo si comporterà come un bipolo RL quindi la tensione \vec{V} sarà in anticipo di 90° rispetto alla corrente \vec{I}

3. $X_L = X_C$

In questo caso il bipolo si comporterà come un bipolo puramente resistivo quindi \vec{V} sarà in fase con \vec{I} in quanto la parte immaginaria del vettore sarà completamente nulla.

In questa esperienza osserveremo sperimentalmente tutti i tre casi utilizzando tre diverse frequenze, mi aspetto che le sinusoidi si comportino in base alla frequenza come scritto precedentemente a meno di piccole variazioni dovuti agli strumenti di misura e a i vari errori.

3. Procedimento

Dopo aver controllato il materiale, calcolato f_r , misurato R e R_{pind} che è la resistenza parassita dell'induttore abbiamo collegato il circuito al generatore di funzione e l'oscilloscopio, con un circuito montato abbiamo eseguito le misurazioni per tutte le frequenze prima su R , poi abbiamo collegato l'oscilloscopio ai capi di C e abbiamo preso le misure per tutte le frequenze, idem per L .

Mentre cambiavamo frequenza dal generatore d'onda abbiamo scritto le misure sulla tabella e fatto le foto dell'oscilloscopio. una volta misurato il valore di tensione e tempo di ritardo t_r abbiamo calcolato lo sfasamento.

3.1 Foto

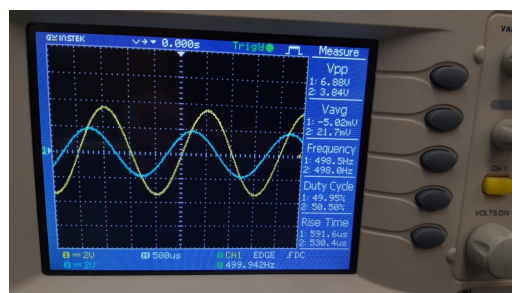


Figura 1: V_R 500Hz

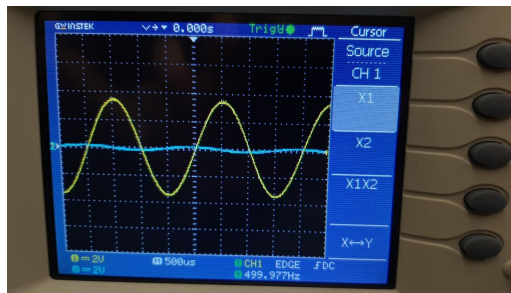


Figura 2: V_L 500Hz

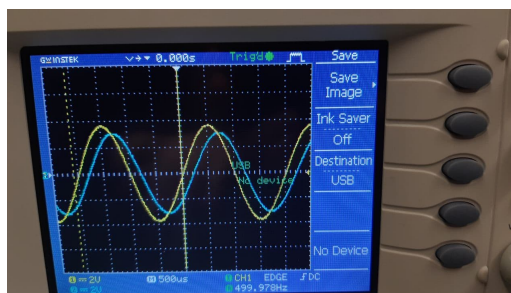


Figura 3: V_C 500Hz

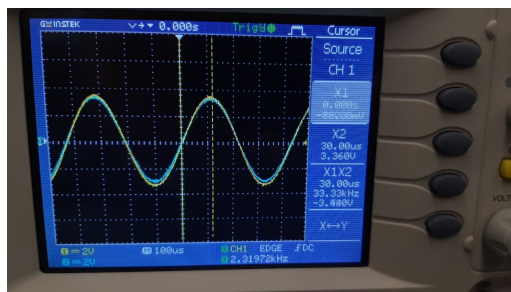


Figura 4: V_R fr

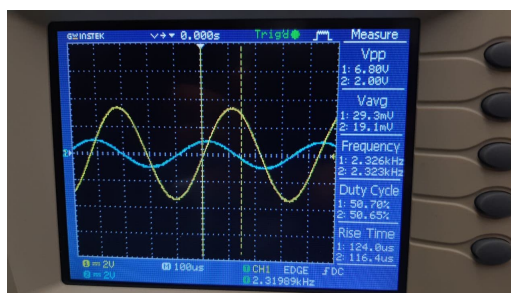


Figura 5: V_L fr

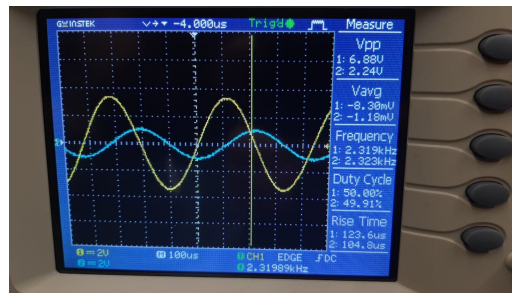


Figura 6: V_C fr

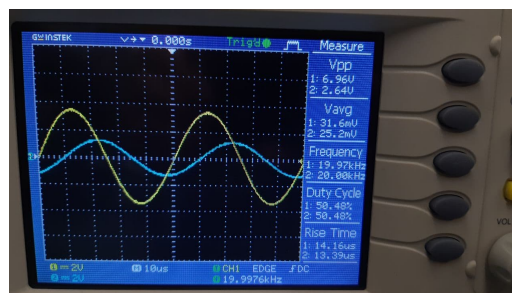


Figura 7: V_R $f=20\text{kHz}$

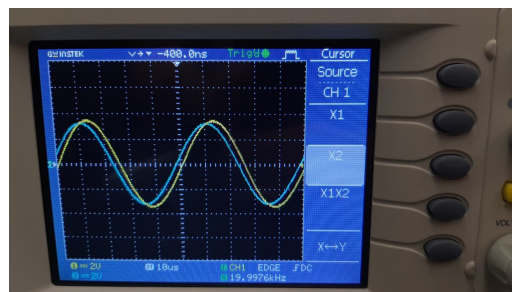


Figura 8: V_L $f=20\text{kHz}$

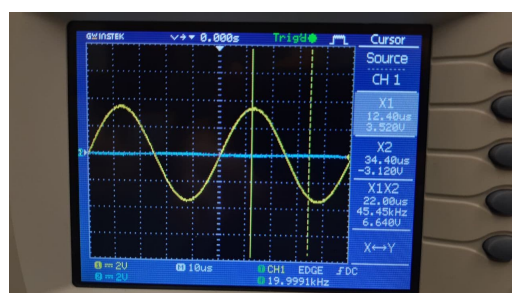


Figura 9: V_C $f=20\text{kHz}$

3.2 Tabelle

$f[\text{Hz}]$	Comp-	$V_{pp} [\text{V}]$	$t_r [\mu\text{s}]$	φ°	$\varphi \text{ rad}$
500	R	3,48	300	54	0,94
500	L	0,4	620	116,6	2,04
500	C	5,84	-216	-39	-0,68
fr	R	6,40	3	5,4	0,1
fr	L	2,2	100	83,52	1,46
fr	C	2,2	-102	-85	1,5
20k	R	2,64	-8,8	-63,4	1,12
20k	L	6,48	2,8	20,16	0,35
20k	C	0.1	-12	-86	-1,5

R_{pind}	132 Ω
R_{sperim}	2,16k Ω

3.3 Calcoli

Calcoli teorici

$$fr = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{0,047H \cdot (100 \cdot 10^{-9})F}} = 2,32kHz$$

$$V_{pp} = 7V$$

$$V = \frac{V_{pp}}{2\sqrt{2}} = \frac{V_{pp}}{7\sqrt{2}} = 2,47V$$

$$f=500Hz:$$

$$X_L = \omega L = 2\pi \cdot f \cdot L = 147,8\Omega = 2\pi \cdot 500Hz \cdot 47mH = 147,8\Omega$$

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot 500Hz \cdot (100 \cdot 10^{-9})F} = 3185\Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = 3038\Omega$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{2,47V}{3038\Omega} = 0,8mA$$

$$V_R = R \cdot I = 2,2k\Omega \cdot 0,8mA = 1,76V$$

$$V_L = X_L \cdot I = 147,8\Omega \cdot 0,8mA = 0,12V$$

$$V_C = X_C \cdot I = 3185\Omega \cdot 0,8mA = 2,55V$$

$$V = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2} = \sqrt{1,76^2 + (0,12 - 2,55)^2} = 3V$$

$$\varphi = \arctan\left(\frac{X_L - X_C}{R}\right) = \arctan(-1,38) = -54^\circ$$

$$fr:$$

$$X_L = \omega L = 2\pi \cdot fr \cdot L = 147,8\Omega = 2\pi \cdot 2,32kHz \cdot 47mH = 685\Omega$$

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot 2,32kHz \cdot (100 \cdot 10^{-9})F} = 686\Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = R = 2,2k\Omega$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{V}{R} = \frac{2,47V}{2,2k\Omega} = 1,2mA$$

$$V_R = R \cdot I = 2,2k\Omega \cdot 1,2mA = 2,64V$$

$$V_L = X_L \cdot I = 685\Omega \cdot 1,2mA = 0,77V$$

$$V_C = X_C \cdot I = 686\Omega \cdot 1,2mA = 0,82V$$

$$V = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2} = \sqrt{2,64^2 + (0,77 - 0,82)^2} = 2,64V$$

$$\varphi = \arctan\left(\frac{X_L - X_C}{R}\right) = \arctan\left(\frac{1}{2200}\right) = 0,026^\circ$$

$$f=20kHz$$

$$X_L = \omega L = 2\pi \cdot f \cdot L = 147,8\Omega = 2\pi \cdot 20kHz \cdot 47mH = 5,9k\Omega$$

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot 20kHz \cdot (100 \cdot 10^{-9})F} = 80\Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = 6621\Omega$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{2,47V}{6621\Omega} = 0,04mA$$

$$V_R = R \cdot I = 2,2k\Omega \cdot 0,04mA = 0,88V$$

$$V_L = X_L \cdot I = 5,9k\Omega \cdot 0,04mA = 2,36V$$

$$V_C = X_C \cdot I = 80\Omega \cdot 0,04mA = 0,03V$$

$$V = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2} = \sqrt{0,88^2 + (2,36 - 0,03)^2} = 2,49V$$

$$\varphi = \arctan\left(\frac{X_L - X_C}{R}\right) = \arctan(2,64) = 69,3^\circ$$

Calcoli con valori sperimentali

$$f=500Hz$$

$$V_R = \frac{V_{PPR}}{2\sqrt{2}} = \frac{3,48}{2\sqrt{2}} = 1,23V$$

$$V_L = \frac{V_{PPL}}{2\sqrt{2}} = \frac{0,4}{2\sqrt{2}} = 0,14V$$

$$V_C = \frac{V_{PPC}}{2\sqrt{2}} = \frac{5,84}{2\sqrt{2}} = 2,06V$$

$$V = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2} = \sqrt{1,23^2 + (0,14 - 2,06)^2} = 2,28V$$

formule generali:

$$\varphi : 2\pi = t : T$$

$$\varphi = \frac{2\pi \cdot t}{T}$$

$$\varphi_{rad} : 2\pi = x : 360$$

$$\varphi^\circ = \frac{\varphi_{rad} \cdot 360}{2\pi}$$

$$\varphi_R = \frac{2\pi \cdot t_R}{T} = \frac{2\pi \cdot (300 \cdot 10^{-6})s}{1/500Hz} = 1\text{rad}$$

$$\varphi_R^\circ = \frac{\varphi_{rad} \cdot 360}{2\pi} = \frac{1 \cdot 360}{2\pi} = 57^\circ$$

$$\varphi_L = \frac{2\pi \cdot t_L}{T} = \frac{2\pi \cdot (620 \cdot 10^{-6})s}{1/500Hz} = 1,94\text{rad}$$

$$\varphi_L^\circ = \frac{\varphi_{rad} \cdot 360}{2\pi} = \frac{1,94 \cdot 360}{2\pi} = 111^\circ$$

$$\varphi_C = \frac{2\pi \cdot t_C}{T} = \frac{2\pi \cdot (-216 \cdot 10^{-6})s}{1/500Hz} = -0,67\text{rad}$$

$$\varphi_C^\circ = \frac{\varphi_{rad} \cdot 360}{2\pi} = \frac{-0,67 \cdot 360}{2\pi} = -38^\circ$$

$$f = 2,32\text{kHz}$$

$$V_R = \frac{V_{PPR}}{2\sqrt{2}} = \frac{6,4}{2\sqrt{2}} = 2,26V$$

$$V_L = \frac{V_{PPL}}{2\sqrt{2}} = \frac{2,2}{2\sqrt{2}} = 0,78V$$

$$V_C = \frac{V_{PPC}}{2\sqrt{2}} = \frac{2,2}{2\sqrt{2}} = 0,78V$$

$$V = V_R = 2,26V$$

formule generali:

$$\varphi : 2\pi = t : T$$

$$\varphi = \frac{2\pi \cdot t}{T}$$

$$\varphi_{rad} : 2\pi = x : 360$$

$$\varphi^\circ = \frac{\varphi_{rad} \cdot 360}{2\pi}$$

$$\varphi_R = \frac{2\pi \cdot t_R}{T} = \frac{2\pi \cdot (3 \cdot 10^{-6})s}{1/2320} = 0,044\text{rad}$$

$$\varphi_R^\circ = \frac{\varphi_{rad} \cdot 360}{2\pi} = \frac{0,44 \cdot 360}{2\pi} = 2,5^\circ$$

$$\varphi_L = \frac{2\pi \cdot t_L}{T} = \frac{2\pi \cdot (100 \cdot 10^{-6})s}{1/2320Hz} = 1,45\text{rad}$$

$$\varphi_L^\circ = \frac{\varphi_{rad} \cdot 360}{2\pi} = \frac{1,45 \cdot 360}{2\pi} = 83^\circ$$

$$\varphi_C = \frac{2\pi \cdot t_C}{T} = \frac{2\pi \cdot (-102 \cdot 10^{-6})s}{1/2320Hz} = -1,48\text{rad}$$

$$\varphi_C^\circ = \frac{\varphi_{rad} \cdot 360}{2\pi} = \frac{-1,48 \cdot 360}{2\pi} = -85^\circ$$

$$f = 20\text{kHz}$$

$$V_R = \frac{V_{PPR}}{2\sqrt{2}} = \frac{2,64}{2\sqrt{2}} = 0,9V$$

$$V_L = \frac{V_{PPL}}{2\sqrt{2}} = \frac{6,48}{2\sqrt{2}} = 2,29V$$

$$V_C = \frac{V_{PPC}}{2\sqrt{2}} = \frac{0,1}{2\sqrt{2}} = 0,03V$$

$$V = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2} = \sqrt{0,9^2 + (2,29 - 0,03)^2} = 2,4V$$

formule generali:

$$\begin{aligned}\varphi : 2\pi &= t : T \\ \varphi &= \frac{2\pi \cdot t}{T} \\ \varphi_{rad} : 2\pi &= x : 360 \\ \varphi^\circ &= \frac{\varphi_{rad} \cdot 360}{2\pi}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varphi_R &= \frac{2\pi \cdot t_R}{T} = \frac{2\pi \cdot (-8,8 \cdot 10^{-6})s}{1/20kHz} = -1,1 \text{ rad} \\ \varphi_R^\circ &= \frac{\varphi_{rad} \cdot 360}{2\pi} = \frac{-1,1 \cdot 360}{2\pi} = 63,4^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varphi_L &= \frac{2\pi \cdot t_L}{T} = \frac{2\pi \cdot (2,8 \cdot 10^{-6})s}{1/20kHz} = 0,35 \text{ rad} \\ \varphi_L^\circ &= \frac{\varphi_{rad} \cdot 360}{2\pi} = \frac{1,94 \cdot 360}{2\pi} = 20,2^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varphi_C &= \frac{2\pi \cdot t_C}{T} = \frac{2\pi \cdot (-12 \cdot 10^{-6})s}{1/20kHz} = -1,5 \text{ rad} \\ \varphi_C^\circ &= \frac{\varphi_{rad} \cdot 360}{2\pi} = \frac{-0,67 \cdot 360}{2\pi} = -86,4^\circ\end{aligned}$$

4. Conclusioni

Osservando i risultati ottenuti possiamo notare che viene seguito il comportamento teorico del circuito a parte per lo sfasamento dato dalla resistenza parassita dell'induttore che risulta rilevante solo quando vengono paragonati i valori teorici e quelli misurati, per quanto riguarda i diagrammi vettoriali esso non presenta un problema. Lo sfasamento pratico della tensione sulla corrente è uguale a φ di R perchè la tensione ai capi di R è in fase con la corrente e dal momento che per comodità abbiamo stabilito che \vec{V} è posizionato sull'asse delle X.

Avendo eseguito i calcoli possiamo comparare i valori teorici con quelli pratici e calcolarne la discrepanza:

$$Discrepanza\% = \frac{Val.teo. - Val.sper.}{Val.teo.} \cdot 100$$

freq		val. teo	val sper.	disc. %
500Hz	V_R	1,76V	1,23	30
	V_L	0,12 V	0,14V	16
	V_C	2,55 V	2,06V	20
	V	3V	2,28V	24
	φ	-54°	-57°	5
2,32kHz	V_R	2,64V	2,26V	14
	V_L	0,77V	0,78V	1,2
	V_C	0,82V	0,78V	5
	V	2,64V	2,26V	14
	φ	0,026°	2,5°	1000
20kHz	V_R	0,88V	0,9V	2
	V_L	2,36V	2,29V	3
	V_C	0,03V	0,03V	0
	V	2,49V	2,4V	3,61
	φ	69,3°	63,4°	8

$$Discrepanza = \frac{Val.teo. - Val.sper.}{Val.teo.} \cdot 100$$

Possiamo notare osservando la discrepanza che gli i valori pratici e teorici alla frequenza di 500Hz sono mediamente più distanti tra loro, questo perché a quella frequenza si nota maggiormente la resistenza parassita dell'induttore che va a influire sulle tensioni sperimentali infatti possiamo calcolare la caduta di tensione provocata tramite la legge di Ohm $V_{rp} = I \cdot R_{pind} = 0,8mA \cdot 132\Omega = 0.11V$, inoltre questa resistenza parassita va a influire anche sugli sfasamenti infatti con la formula

$$\varphi_L = \arccos\left(\frac{V_{Lteo}}{V_{Lsper}}\right) = \arccos\left(\frac{0,12V}{0,14V}\right) = 30^\circ$$

$$\varphi_L = \arccos\left(\frac{V_{Lteo}}{V_{Lsper}}\right) = \arccos\left(\frac{0,12V}{0,14V}\right) = 30^\circ$$

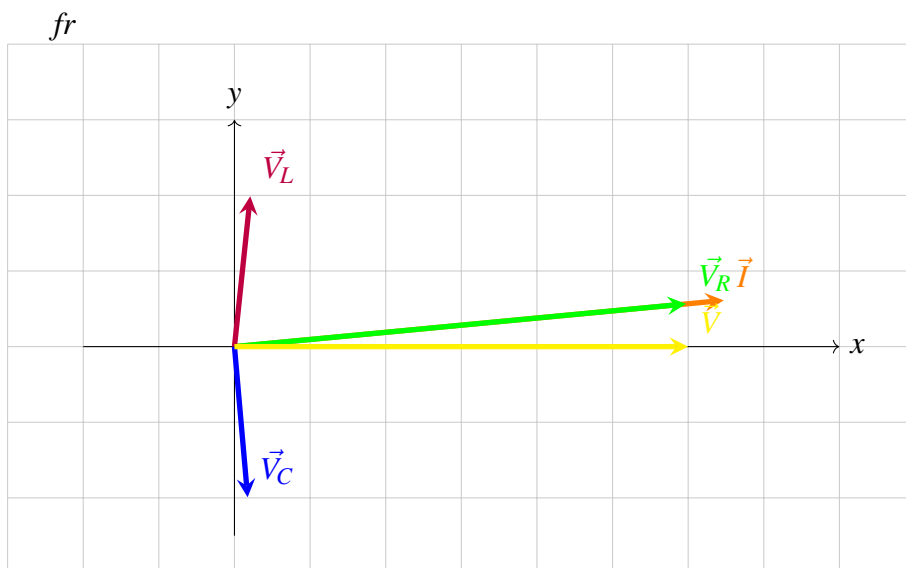
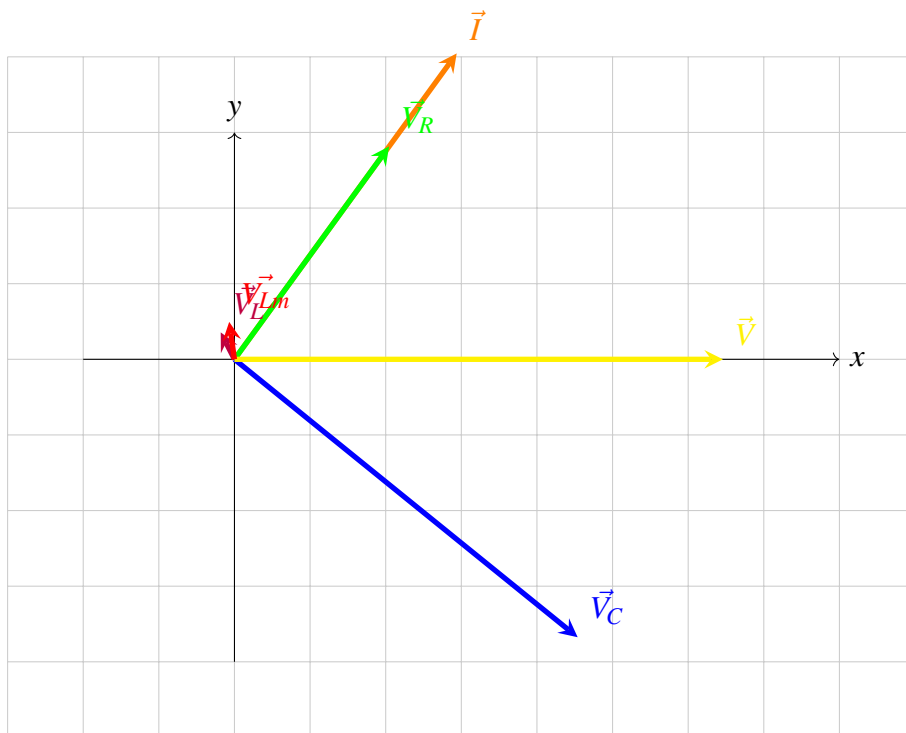
si va a ricavare lo sfasamento provocato da questo fenomeno (φ_L) che si andrà ad aggiungere allo sfasamento totale (φ) usando la formula $\varphi_{tot} = \varphi + 90 - \varphi_L$, nel nostro caso lo sfasamento totale risulta 98°.

L'ultimo punto da chiarire è la discrepanza di φ nella frequenza di risonanza, risulta altissima perché lo sfasamento dovrebbe essere di 0° mentre a causa degli errori sistematici e gli errori accumulati dai vari strumenti da 0° sperimentalmente ne risulta 2,5° che è comunque accettabile ma visto che il valore teorico è così basso la discrepanza risulta sfalsata.

4.1 Diagrammi vettoriali

$u=1V$ ma sono stati usati nel grafico i valori picco picco.

$f=500Hz$ $u=1V$



$$f=20kHz$$

