

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

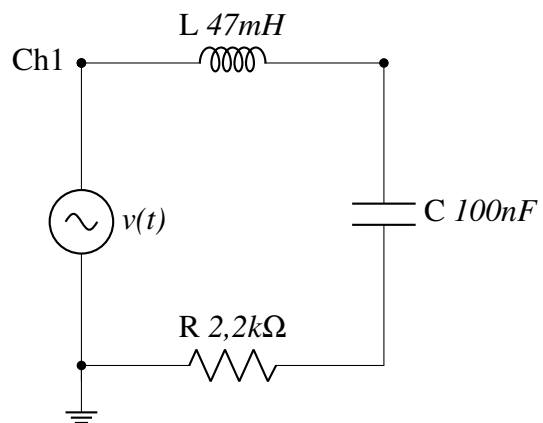
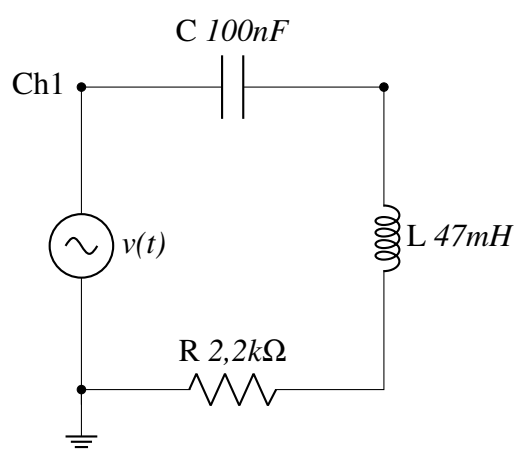
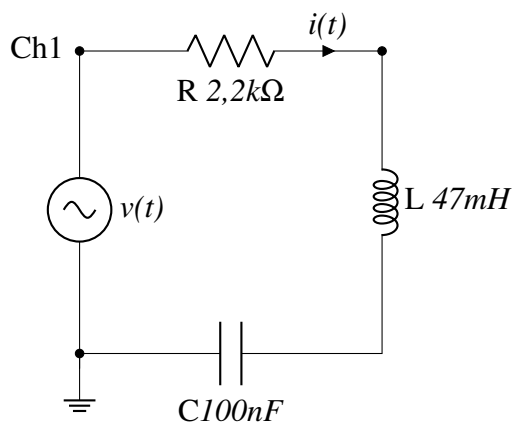
- Breadboard
- Condensatore da $100nF$
- Resistenza da $2,2k\Omega$
- Induttore da $47mH$

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

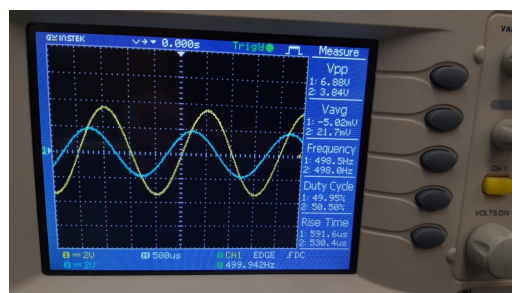


Figura 1: V_R 500Hz

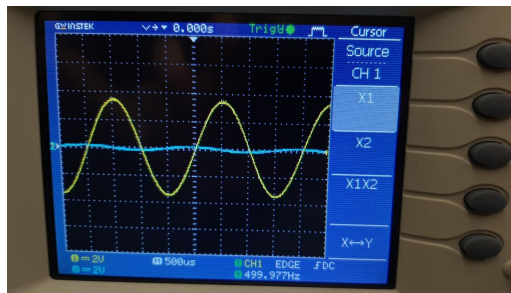


Figura 2: V_L 500Hz

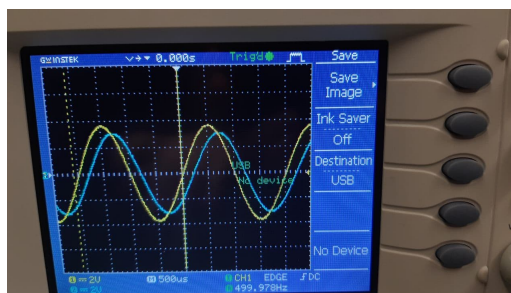


Figura 3: V_C 500Hz

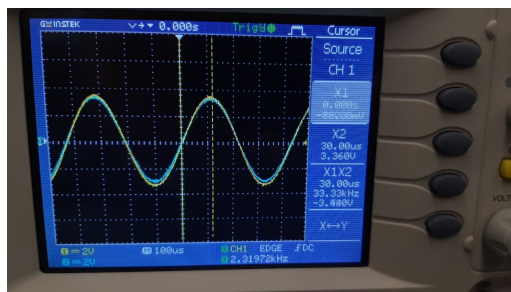


Figura 4: V_R fr

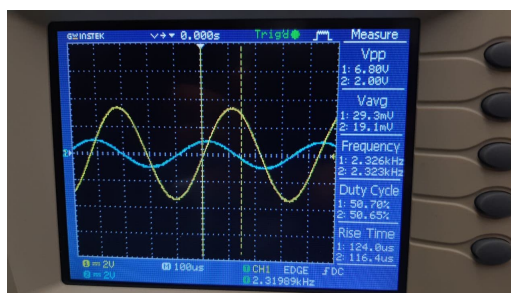


Figura 5: V_L fr

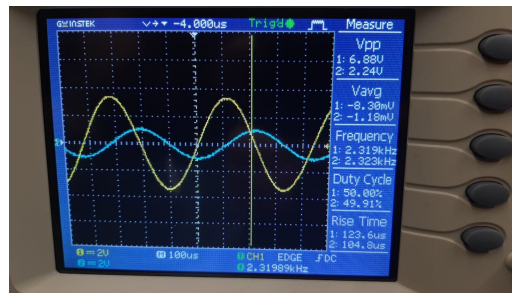


Figura 6: V_C fr

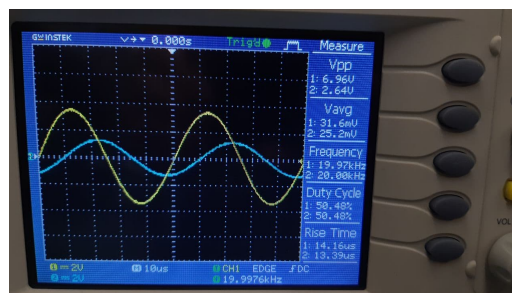


Figura 7: V_R $f=20\text{kHz}$

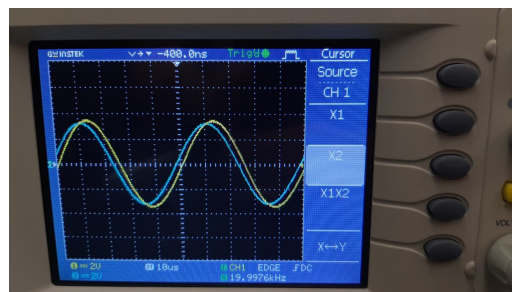


Figura 8: V_L $f=20\text{kHz}$

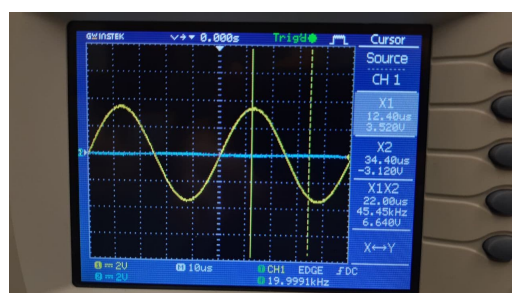


Figura 9: V_C $f=20\text{kHz}$

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:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$f = 2,32kHz$$

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

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

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

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

formule generali:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$f = 20kHz$$

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

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

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

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

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°.

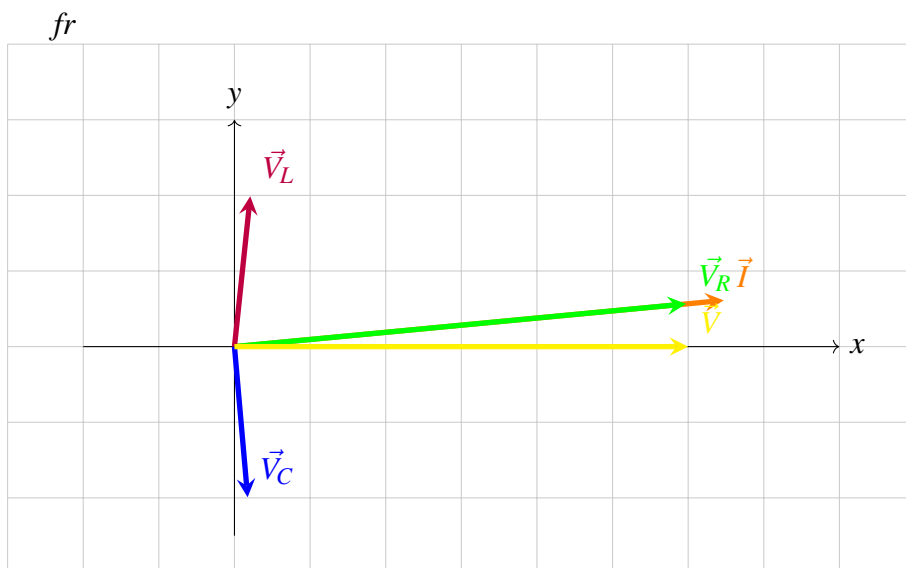
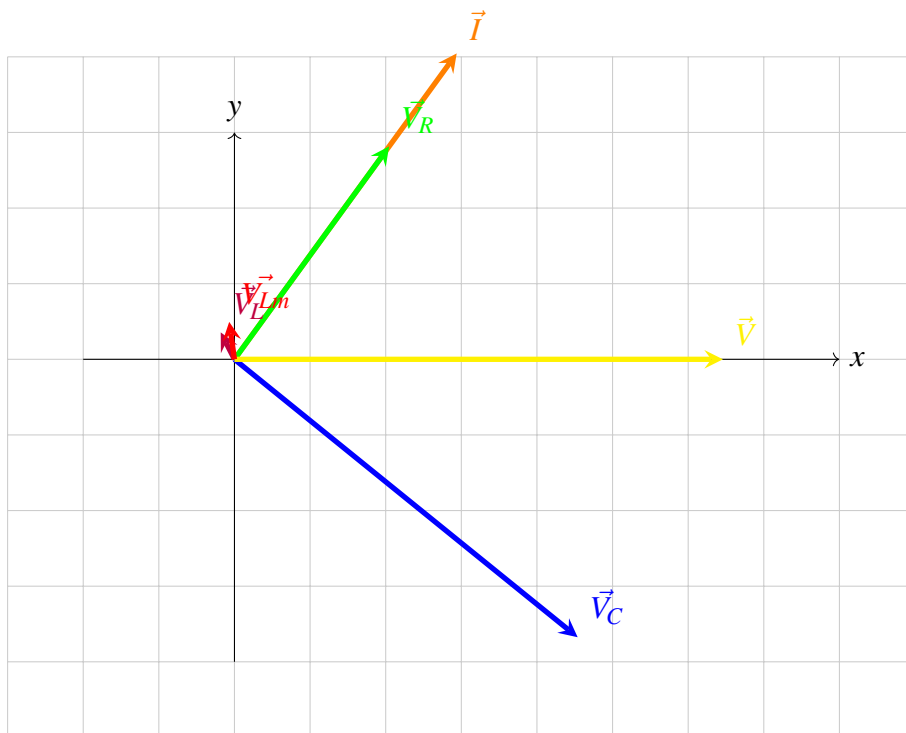
L'ultimo punto da chiarire è la discrepanza di φ nella frequenza di risonanza, risulta altissima perché lo sfasamento dovrebbe essere di 0° mentre a causa degli errori sistematici e gli errori accumulati dai vari strumenti da 0° sperimentalmente ne risulta 2,5° che è comunque accettabile ma visto che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

φ_R a 500Hz calcolato teoricamente risulta negativo perché con quel metodo si considera lo sfasamento della tensione rispetto alla corrente mentre sperimentalmente abbiamo fatto il contrario ossia abbiamo considerato lo sfasamento della corrente rispetto alla tensione.

4.1 Diagrammi vettoriali

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

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



$$f=20kHz$$

