بسم الله الرحمن الرحیم

نام سر گروه :

نام اعضای گروه :

شماره گروه :

تاریخ انجام آزمایش :

تاریخ تحویل آزمایش :

هدف آزمایش :

بررسی جریان و ولتاژ در مدارهای RLC و مطالعه پدیده تشدید

وسایل آزمایش :

منبع تغذیه (AC)، مولتی متر، خازن، مقاومت، سلف، سیگنال ژنراتور .

نظریه آزمایش :

مدار RLC به انگلیسی (RLC circuit) :

مدار الکتریکی شامل یک مقاومت، یک سلف و یک خازن است که به صورت موازی یا سری به هم متصل شده‌اند. RLC متشکل از مقاومت، سلف و خازن است که نماد معمول برای مقاومت، سلف و خازن هستند. مدار RLC همانند مدار RL یک مدار نوسان‌ساز است. تفاوتی که حضور مقاومت می‌سازد این است که دامنه نوسانات مدار در طول زمان به تدریج کاهش پیدا می‌کند مگر آنکه آن را توسط یک منبع ثابت نگاه داریم.

این مدار کاربردهای زیادی دارد. مثلا در گیرنده های رادیویی و تلویزیون و مدارهای تشدیدگر به کار می رود. همچنین از این مدار می توان به عنوان فیلتر بالاگذر یا فیلتر پایین گذر یا فیلتر میان نگذر استفاده کرد. مدار آر ال سی نوعی مدار درجه دوم است که برای تحلیل آن باید یک معادله دیفرانسیل درجه دو را حل کرد. این مدار را می توان با توپولوژی های مختلفی بست از جمله این که همه المان ها در آن سری باشند یا همه المان ها موازی باشند که این دو حالت از ساده ترین حالت هاستِ در هریک از این حالات می توان پاسخ طبیعی یا پاسخ پله مدار را تحلیل کرد.

همه المان ها می توانند به صورت سری با منبع بسته شوند. برای تحلیل مدار در این حالت می توان از قانون ولتاژ کیرشهف استفاده کرد :

$$V(t) = V_R + V_L + V_C$$

که V_R ،V_L و V_C به ترتیب ولتاژ های مقاومت و سلف و خازن هستند و V(t) ولتاژ متغیر منبع در حوزه زمان است :

$$V(t) = Ri(t) + L\frac{di}{dt} + \frac{1}{C}\int_{-\infty}^{T=t} i(T)\,dT$$

اگر نسبت به t مشتق گرفته و طرفین را بر L تقسیم کنیم داریم :

$$\frac{d^2i(t)}{dt^2} + \frac{R}{L}\frac{di(t)}{dt} + \frac{1}{LC}i(t) = 0$$

که با استفاده از notation هایی که در مهندسی برق استفاده می شود می توان آن را به این صورت نمایش داد :

$$\frac{d^2i(t)}{dt^2} + 2\alpha\frac{di(t)}{dt} + {\omega_0}^2 i(t) = 0$$

در این رابطه فرکانس نپر یا ضریب تضعیف نامیده می شود که نشان می دهد که چه مدت بعد از این که منبع از مدار حذف شد، پاسخ گذرا در مدار موجود است. به فرکانس تشدید زاویه ای یا فرکانس تشدید رادیانی می گویند. این دو مقدار برای مدار آر ال سی سری عبارت است از :

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad , \quad \alpha = \frac{R}{2L}$$

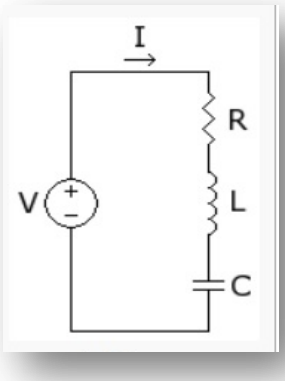
مدار تشدید مداری است که فرکانس آن به حدی می رسد که پدیده تشدید در آن رخ می دهد و سوسپتانس آن صفر می‌شود. فرکانسی که در آن مدار در حالت تشدید قرار می‌گیرد را *فرکانس تشدید* می گویند. با تغییر فرکانس مدار، مقدار ادمیتانس تغییر می‌کند و می‌توان منحنی تغییرات ادمیتانس نسبت به فرکانس را رسم کرد. در حالت تشدید ادمیتانس مینیمم بوده و فاز آن صفر است.

مدارهای تشدید را می‌توان به دو دسته مدارهای تشدید سری و مدارهای تشدید موازی تقسیم کرد. در مدار تشدید موازی ادمیتانسِ تشدید مساوی مقدار حقیقی آن و مقاومتی خالص است و ترکیب خازن و سلف در این دسته از مدارهای تشدید مانند یک مدار باز عمل می‌کند. تغییرات اندازه امپدانس با تغییر فرکانس نیز در مدارها قابل توجه است، به طوری که در فرکانس تشدید به میزان پیشینه خود می رسد. مقدار در حالت تشدید مقاومتی خالص است. از نگاه فیزیکی، در حالت تشدید تمام جریان منبع از مقاومت ها عبور می‌کند و جمع جریان های سلف و خازن مدار صفر است. این در حالی است که در مدارهای تشدید موازی و در فرکانس های پایین، عمده جریان مدار از سلف و در فرکانس های بالا عمده جریان از خازن می گذرد. جالب توجه است که در حالت تشدید اندازه جریان و ولتاژ های شاخه هایی از مدار می تواند بسیار بیشتر از جریان و ولتاژ منبع باشد، برای نمونه در یک مدار تشدید سری با ورودی ولتاژ چند ولتی، ولتاژ دو سر سلف یا خازن ممکن است دامنه ای در حدود چند صد ولت داشته باشند !

روش انجام آزمایش :

الف) مدار RLC

1. خازن و مقاومت و سلف را به صورت سری به یکدیگر متصل کرده و همراه با آمپرمتر به منبع تغذیه وصل کردیم.



2. به کمک یک ولت سنج به ترتیب اختلاف پتانسیل دو سر سلف، خازن، مقاومت و منبع ولتاژ را اندازه گرفتیم و همراه با جریانی که از آمپرمتر خواندیم، یادداشت کردیم.

ب) تشدید

1. همان مدار قسمت قبل را بستیم با این تفاوت که به جای منبع تغذیه متناوب، از سیگنال ژنراتور استفاده کردیم.
2. به ازای فرکانس های مختلف، جریان مدار را اندازه گرفتیم در حالیکه ولتاژ کل مدار ثابت بود.

جدول :

الف) مدار RLC :

R			V	V	V	V
1	2	3	5	2	4	1

ب) تشدید :

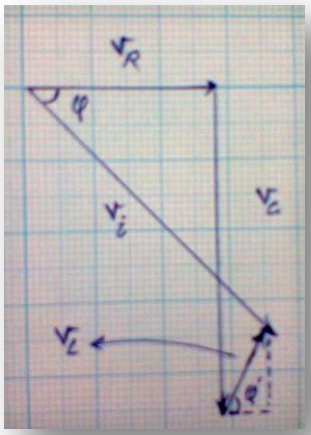
سیگنال ژنراتور $V_i = 2v$

f										
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

پرسش های دستورکار :

الف) مدار RLC :

- نمودار برداری ولتاژهای مدار RLC را روی کاغذ میلیمتری رسم کرده و به کمک آن اختلاف فاز جریان و ولتاژ (φ) ، اختلاف فاز ولتاژ سلف و جریان (φ') ، مقاومت درونی سلف (r) و ضریب خود القایی سلف (L) را محاسبه کنید.



$\varphi = 45°$, $\varphi' = 60°$

$V_i = 5.30\ v$, $V_R = 2.80\ v$, $V_C = 4.60\ v$, $V_L = 1.30\ v$

$\tan\varphi = \dfrac{L\omega - \dfrac{1}{C\omega}}{R}$, $\varphi = 45°$, $\omega = 1.88 \times 10^4\ \dfrac{rad}{s}$, $C = 2 \times 10^{-6}\ F$, $R = 100\ \Omega$

$L =?$

$\tan 45 = \dfrac{1.88\times10^4\ L - \frac{1}{2\times10^{-6}\times1.88\times10^4}}{100} \longrightarrow L = 6.73 \times 10^{-3}\ H$

$\tan\varphi = \dfrac{L\omega - \dfrac{1}{C\omega}}{R + r}$, $r =?$

$\tan 45 = \dfrac{1.88\times10^4\times6.73\times10^{-3} - \frac{1}{2\times10^{-6}\times1.88\times10^4}}{100+r} \longrightarrow r = 0.07\ \Omega$

- با استفاده از کمیت های محاسبه شده یا معلوم و با استفاده از روابط مربوط به سلف واقعی، امپدانس مدار و اختلاف فاز های $\boldsymbol{\varphi}$ و $\boldsymbol{\varphi'}$ را بیابید.

$$Z = \sqrt{(R+r)^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2} = 100.57$$

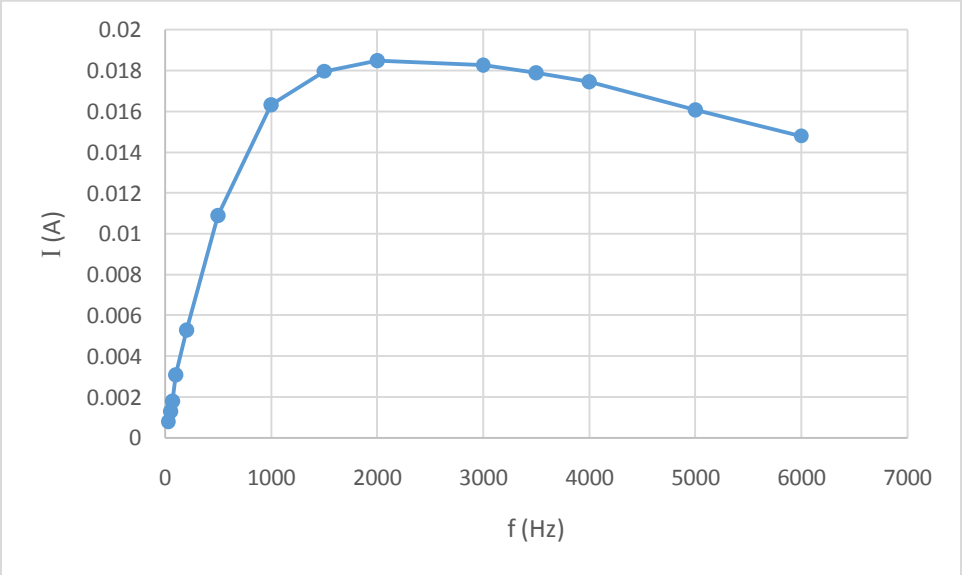
$$\tan\varphi = \frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R+r} \longrightarrow \varphi = 45°$$

$$\tan\varphi' = \frac{I_m L\omega}{I_m r} \quad , \quad I_m = \frac{V_i}{Z} \quad , \quad V_i = 5.30\ v$$

$$\tan\varphi' = \frac{\frac{5.30}{100.57}\times 6.73\times10^{-3}\times1.88\times10^{4}}{\frac{5.30}{100.57}\times 0.07} \longrightarrow \varphi' = 89.97°$$

ب) تشدید :

- منحنی جریان بر حسب فرکانس را رسم کرده و از نقطه مینیمی که در نمودار ظاهر می شود، فرکانس مدار در تشدید را بدست آورید.



فرکانس مدار در نقطه تشدید $\boldsymbol{f = 3000\ Hz}$ است.

- بسامد تشدید را از فرکانس بدست آمده از نمودار بدست آورید و با بسامد محاسبه شده از رابطه $\boldsymbol{LC\omega^2 = 1}$ مقایسه کنید.

با توجه به نمودار بالا داریم :

نقطه مینیمم : (3000 , 0.01827)

$f = 3000\ Hz$

$\omega = 2\pi f = 2 \times 3.14 \times 3000 = 1.88 \times 10^4\ \ \frac{rad}{s}$

با توجه به رابطه $\boldsymbol{LC\omega^2 = 1}$ داریم :

$L = 2 \times 10^{-3}\ H$

$\mathrm{C} = 2 \times 10^{-6}\ F$

$LC\omega^2 = 1 \longrightarrow \omega^2 = \frac{1}{LC} = 2.5 \times 10^8 \longrightarrow \omega = 1.58 \times 10^4\ \ \frac{rad}{s}$

درصد خطا در محاسبه بسامد :

$$\frac{|1.58 \times 10^4 - 1}{1.58 \times 1}$$

منابع :

I. جزوه دستور کار آزمایشگاه فیزیک پایه 2

II. http://fa.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D8%AF%D8%A7%D8%B1_%D8%AA%D8%B4%D8%AF%DB%8C%D8%AF

III. http://fa.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D8%AF%D8%A7%D8%B1_%D8%A2%D8%B1%D8%A7%D9%84%E2%80%8C%D8%B3%DB%8C