« فصل پنجم »

مدارهای RLC

(مطابق فصل ششم کتاب مدارهای الکتریکی)

هدف کلی:

آزمایش و بررسی رفتار مدارهای RLC سری ، موازی با استفاده از نرم‌افزار مولتی‌سیم

هدف های رفتاری:

در پایان این آزمایش که با استفاده از نرم‌افزار مولتی‌سیم اجرا می‌شود از فراگیرنده انتظار می‌رود که :

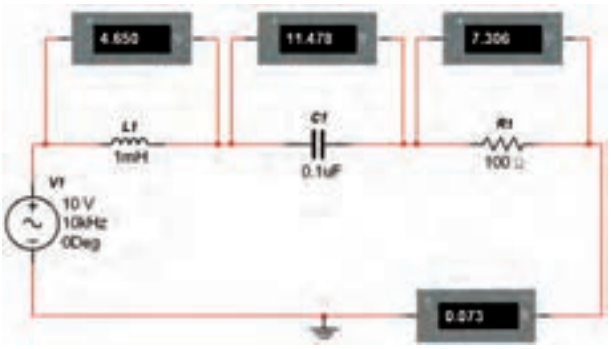
۱- مدار RLC سری را ببندد.
۲- منحنی‌های جریان و ولتاژ را در مدار RLC سری مشاهده کند.
۳- اختلاف فاز مدارRLC سری را مشاهده و اندازه‌گیری کند.
۴- فرکانس مدار RLC سری را اندازه‌گیری کند.
۵- منحنی تغییرات جریان را در اثر تغییرات فرکانس برای مدار RLC سری مشاهده کند.
۶- مدار RLC موازی را ببندد.
۷- منحنی‌های جریان و ولتاژ را در مدار RLC موازی مشاهده کند.
۸- اختلاف فاز مدار RLC موازی را مشاهده و اندازه‌گیری کند.
۹- فرکانس مدار RLC موازی را اندازه‌گیری کند.
۱۰- منحنی تغییرات جریان را در اثر تغییرات فرکانس برای مدار RLC موازی مشاهده کند.

۵-۱ آزمایش ۱ : بررسی مدار RLC سری

۵-۱-۱ در سیستم‌های مخابراتی از قبیل گیرنده رادیو و تلویزیون، فرستنده‌های رادیویی و تلویزیونی، مدارهای مکالمه‌ی تلفن و..... ترکیب‌های متنوعی از مدارهای RLC سری، موازی و مختلط (ترکیبی) وجود دارد.

۵-۱-۲ مدار شکل ۵-۱ را ببندید. با استفاده از ولت‌متر ولتاژ دو سر مقاومت، سلف و خازن و با استفاده از آمپرمتر جریان مدار را اندازه‌گیری کنید. مقادیر به دست آمده را یادداشت کند.

: دستگاه‌های ولت‌متر و آمپرمتر را در حالت AC قرار دهید.



شکل ۱-۵ اندازه‌گیری جریان و ولتاژ در مدار RLC سری

توجه: هنگام کار در آزمایشگاه به محدوده‌های فرکانس کار ولت‌متر، آمپرمتر و وات‌متر در شرایط AC توجه کنید و دستگاهی را انتخاب نمائید که بتواند در فرکانس مورد نظر شما کار کند.

$I = ...mA \quad V_C = ...V$

$V_R = ...V \quad V_L = ...V$

سؤال ۱: چه رابطه‌ای بین ولتاژ کل و ولتاژ دو سر هر یک از قطعات مدار برقرار است؟ توضیح دهید.

۵-۱-۳ با استفاده از مقادیر جریان و ولتاژ کل مدار، امپدانس را به دست آورید.

$$Z = \frac{V}{I} = ...\Omega$$

۵-۱-۴ امپدانس مدار را از رابطه‌ی زیر نیز به دست آورید.

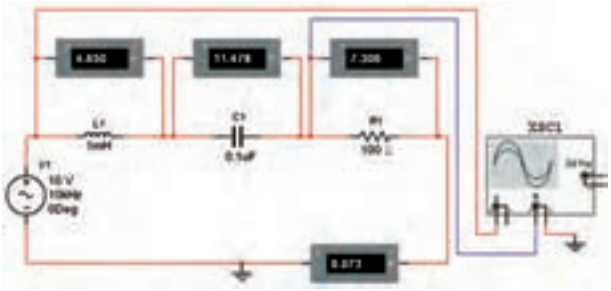
$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

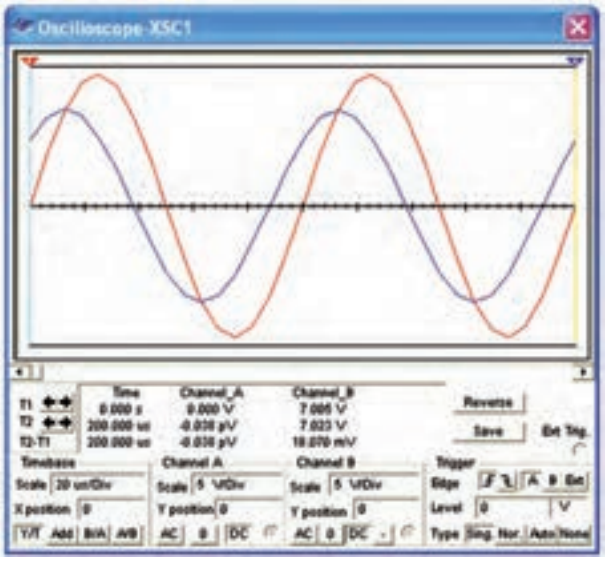
$$Z = ...\Omega$$

سؤال ۲: آیا مقادیر به دست آمده برای امپدانس از هر دو رابطه یکسان است؟ در صورت وجود تفاوت، علت را توضیح دهید.

۵-۱-۵ فرکانس منبع ولتاژ را دو برابر کنید. چه تأثیری بر روی مقادیر راکتانس و ولتاژهای سلف و خازن می‌گذارد؟ در این حالت امپدانس مدار افزایش می‌یابد یا کم می‌شود؟ به طور کامل توضیح دهید.

۵-۱-۶ با استفاده از دستگاه اسیلوسکوپ منحنی‌های ولتاژ و جریان مدار را مشاهده کنید. شکل ۲-۵ منحنی‌های ولتاژ و جریان را روی صفحه‌ی اسیلوسکوپ نشان می‌دهد.





شکل ۲-۵ مدار و شکل موج‌های ولتاژ و جریان آن

۵-۱-۷ اختلاف فاز مدار شکل ۲-۵ را با استفاده از شکل موج‌های ولتاژ و جریان مدار به دست آورید.

$\varphi =$ .....

سؤال ۳ : آیا اختلاف فاز مدار شکل ۲-۵ را می‌توانید از رابطه‌ی $\cos\varphi = \frac{R}{Z}$ نیز به دست آورید؟ تجربه کنید و در مورد آن توضیح دهید.

سؤال ۴ : مقادیر اختلاف فازی را که از مراحل ۵-۱-۷ و سؤال ۳ به دست آورده‌اید، با هم مقایسه کنید و نتیجه را بنویسید.

۵-۱-۸ حوزه‌ی کار دکمه‌ی Time/Div دستگاه اسیلوسکوپ مدار شکل ۲-۵ را در حالت A/B قرار دهید و اختلاف فاز مدار را از طریق ترسیمی (منحنی لیساژور) محاسبه کنید.

$\varphi =$ .....

سؤال ۵ : آیا اختلاف فاز به دست آمده از مرحله‌ی ۵-۱-۸ با مقادیر حاصل شده از مراحل قبل برابری می‌کند؟ در صورتی که پاسخ منفی است علت را بنویسید.

سؤال ۶ : اختلاف فاز حاصل شده بین جریان یا ولتاژ چگونه است ؟ (پیش‌فاز یا پس‌فاز)؟ چرا؟ شرح دهید.

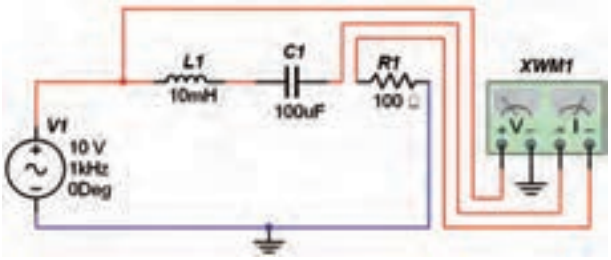
۵-۱-۹ فرکانس مدار شکل ۲-۵ را دو برابر کنید. امپدانس مدار را محاسبه نمائید.

$Z =$ .....Ω

سؤال ۷ : با توجه به نتایج به دست آمده مدار دارای خاصیت سلفی است یا خازنی؟ چرا؟ شرح دهید.

سؤال ۸ : آیا در این حالت امپدانس افزایش می‌یابد یا کم می‌شود؟ با ذکر دلیل توضیح دهید.

۵-۱-۱۰ طبق شکل ۳-۵ با استفاده از وات‌متر، توان مدار را اندازه بگیرید.



شکل ۳-۵ اندازه‌گیری توان مدار RLC سری

سؤال ۹ : آیا با توجه به منحنی‌های جریان و ولتاژ، در شرایط افزایش فرکانس مقدار جریان کاهش می‌یابد؟ مدار به سمت چه خاصیتی میل می‌کند؟ با ذکر دلیل توضیح دهید.

سؤال ۱۰ : تغییر امپدانس با شرایط جدید، چه تأثیری روی اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ می‌گذارد؟ شرح دهید.

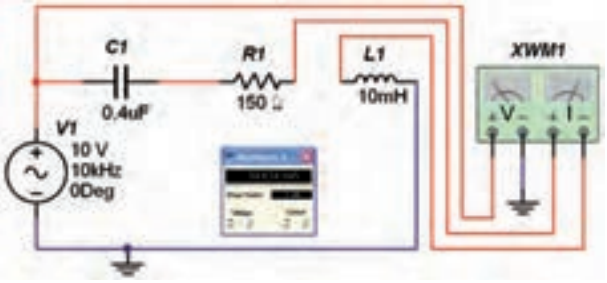
سؤال ۱۱ : توان مؤثر مدار را از رابطه‌ی: $P_e = V_e I_e \cos\varphi$ به دست آورید و با توان نشان داده شده توسط وات‌متر در شکل ۳-۵ مقایسه کنید و نتیجه‌ی حاصل از مقایسه‌ی دو حالت را بنویسید.

نکته :

دستگاه وات‌متر، علاوه بر نمایش توان مصرفی مدار، ضریب قدرت مدار ($\cos\varphi$) را نیز نشان می‌دهد. با استفاده از این قابلیت دستگاه می‌توانید نتیجه‌ی محاسبه‌ی توان سؤال ۱۱ را تحقیق کنید.

سؤال ۱۲ : آیـا می‌توانید توان غیر مؤثر (راکتیو) شکل ۳-۵ را محاسبه کنید؟ روش محاسبه را توضیح دهید.

۵-۱-۱۱ مقادیر مدار شکل ۳-۵ را به صورت مدار شکل ۴-۵ تغییر دهید. با اسـتفاده از دستگاه وات‌متر، توان مصرفی مدار را اندازه‌گیری کنید.



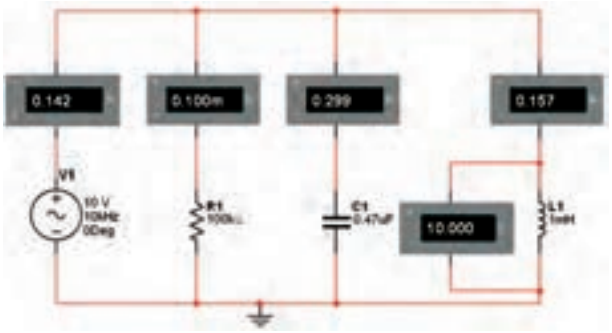
شکل ۴-۵ اندازه‌گیری توان مدار RLC سری

۵-۱-۱۲ مقدار توان مؤثر را با اسـتفاده از روابط مربوطه به دسـت آورید و نتایج به دست آمده را با مرحله‌ی ۱۱-۱-۵ مقایسه کنید و نتیجه را توضیح دهید.

۵-۲ آزمایش ۲ : مدار RLC موازی

۵-۲-۱ مدار شـکل ۵-۵ را ببندید. با استفاده از ولت‌متر ولتاژ کل مدار و با اسـتفاده از آمپرمترهـای جداگانه جریان عبـوری از مقاومـت، سـلف، خـازن و جریـان کل مدار را اندازه‌گیری کنید. مقادیر اندازه‌گیری شده را بنویسید.

می‌دانیم : در مـدار RLC موازی ولتاژ دو سـر قطعات با هم مسـاوی و جریان کل از رابطه‌ی : به دست می‌آید. $I = \sqrt{I_R^2 + (I_C - I_L)^2}$



شکل ۵-۵ اندازه‌گیری جریان و ولتاژ مدار RLC موازی

$V = ...V$

$I_L = ...mA$

$I_C = ...mA$

$I_R = ...mA$

$I_T = ...mA$

سـؤال ۱۳ : آیا مقادیر اندازه‌گیری شـده بـا رابطه‌ی: $I_C - I_L = 0$ تئوری جریان‌ها مطابقت دارد؟ بررسـی کنید و در مورد آن توضیح دهید.

۵-۲-۲ با اسـتفاده از مقادیر جریـان و ولتاژ کل مدار، امپدانس را به دست آورید.

$$Z = \frac{V}{I} = ...\Omega$$

۵-۲-۳ امپدانـس مـدار را از رابطه‌ی زیر نیز به دسـت آورید.

$$\frac{1}{Z^2} = \frac{1}{R^2} + (\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C})^2$$

$Z = ...\Omega$

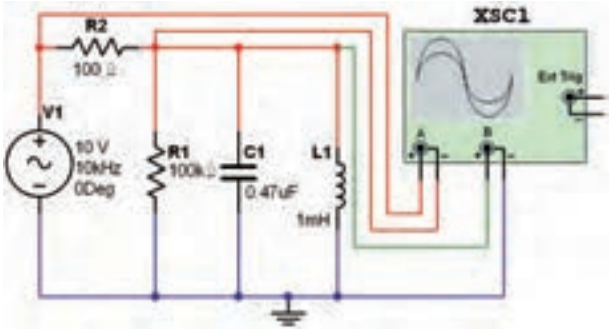
سؤال ۱۴ : آیـا در مدار شـکل ۵-۵ رابطه‌ی $I_C - I_L = 0$ برقرار است؟ با ذکر دلیل توضیح دهید.

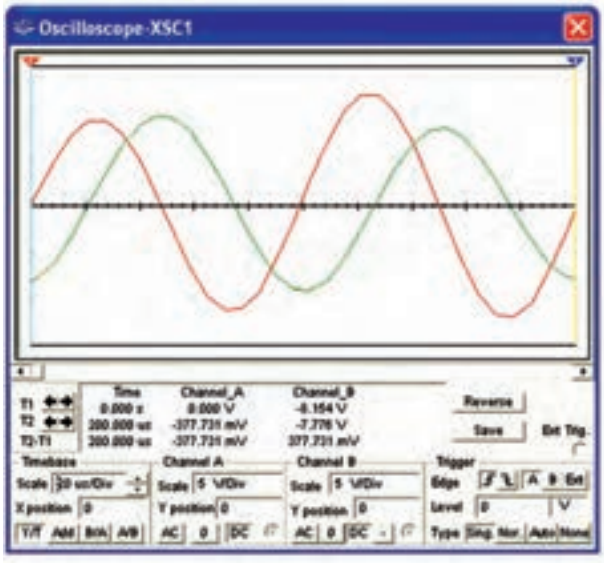
۵-۲-۴ فرکانس منبع ولتاژ را دو برابر کنید. چه تأثیری بر مقادیر راکتانس سلفی و خازنی می‌گذارد؟ در این حالت امپدانس مدار افزایش می‌یابد یا کم می‌شود؟ به طور کامل توضیح دهید.

نکته :

برای مشاهده‌ی همزمان شکل موج ولتاژ و جریان در مدار RLC موازی مقاومت Rs (مقاومت فرضی به عنوان مقاومت داخلی منبع) را به مدار اضافه کرده‌ایم.

۵-۲-۵ با استفاده از دستگاه اسیلوسکوپ، منحنی‌های ولتاژ و جریان مدار را مشاهده کنید. شکل ۵-۶ منحنی‌های ولتاژ و جریان را نشان می‌دهد.





شکل ۵-۶ مدار و شکل موج‌های ولتاژ و جریان آن

۵-۲-۶ اختلاف فاز مدار شکل ۵-۶ را از روی شکل موج‌های ولتاژ و جریان به دست آورید.

$\varphi =$ .....

سؤال ۱۵ : مدار شکل ۵-۵ خاصیت سلفی دارد یا خازنی؟ با افزایش فرکانس مدار شکل ۵-۵ خاصیت مدار چه تغییری می‌کند؟ توضیح دهید.

سؤال ۱۶ : آیا مقادیر به دست آمده برای امپدانس در هر دو حالت یکسان است؟ در صورت وجود تفاوت، علت را با ذکر دلیل توضیح دهید.

سؤال ۱۷ : آیا اختلاف فاز مدار شکل ۵-۶ را می‌توانید از رابطه‌ی $\cos\varphi = \frac{Z}{R}$ نیز به دست آورید؟ با ذکر مراحل

توضیح دهید.

سؤال ۱۸ : اختلاف فازی را که از مرحله‌ی ۶-۲-۵ و سؤال ۱۵ به دست آورده‌اید، با هم مقایسه کنید و نتیجه‌ی مقایسه را بنویسید.

۵-۲-۷ حوزه‌ی کار دکمه‌ی Time/Div دستگاه اسیلوسکوپ مدار شکل ۶-۵ را در حالت A/B قرار دهید و اختلاف فاز مدار را با استفاده از منحنی لیساژور محاسبه کنید.

$\varphi = ...$

سؤال ۱۹ : آیا اختلاف فاز به دست آمده از مرحله‌ی ۷-۲-۵ در مقایسه‌ی با مقادیر به دست آمده در مراحل قبل یکسان است؟ در صورتی که پاسخ منفی است، علت را بنویسید.

سؤال ۲۰ : با توجه به زاویه‌ی اختلاف فاز به دست آمده آیا جریان نسبت به ولتاژ پیش‌فاز است یا پس فاز؟ چرا؟ شرح دهید.

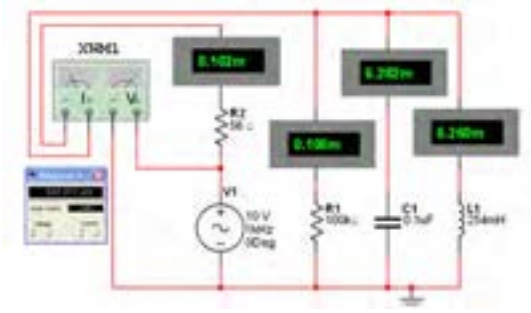
۵-۲-۸ فرکانس مدار شکل ۶-۵ را دو برابر کنید. امپدانس مدار را محاسبه نمائید.

$Z = ...\Omega$

سؤال ۲۱ : آیا در این حالت امپدانس افزایش می‌یابد یا کم می‌شود؟ با ذکر دلیل توضیح دهید.

سؤال ۲۲ : در شرایط جدید که فرکانس دو برابر شده است، اختلاف فاز چه تغییراتی کرده است؟ با ذکر دلیل شرح دهید.

۵-۲-۹ طبق شکل ۷-۵ با استفاده از وات‌متر توان مدار را به دست آورید.

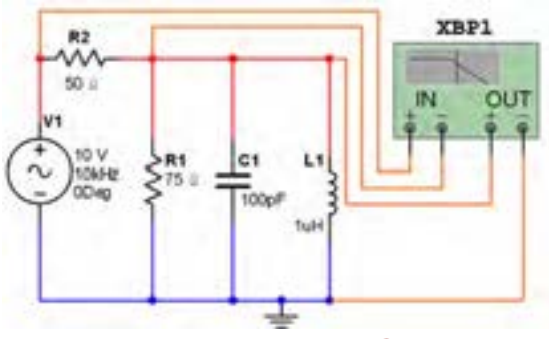


شکل ۵-۷ اندازه‌گیری توان مدار RLC موازی

سؤال ۲۳ : توان مؤثر مدار RLC موازی را از رابطه‌ی تئوری آن نیز به دست آورید و با توان به دست آمده توسط وات‌متر مقایسه کنید و نتیجه‌ی مقایسه را با ذکر دلیل بنویسید.

سؤال ۲۴ : آیا می‌توانید ضریب کیفیت مدار را از رابطه‌ی: $Q = \omega RC$ به دست آورید؟ محاسبه کنید و مقدار آن را بنویسید.

۵-۲-۱۰ مدار شکل ۵-۸ را ببندید. دستگاه Bode Plotter را به ورودی و خروجی مدار وصل کنید. با تغییر مکان‌نما منحنی در فرکانس ۳dB-، فرکانس قطع پایین و فرکانس قطع بالا را اندازه بگیرید.



شکل ۵-۸ مدار RLC موازی و فرکانس قطع پایین

سؤال ۲۵ : با استفاده از مقادیر فرکانس قطع بالا و فرکانس قطع پایین فرکانس رزنانس و پهنای باند مدار را به دست آورید.

توجه : برای آشنایی با عملکرد قابلیت‌های دستگاه Bode Plotter می‌توانید به فصل فیلترها بخش مبانی مخابرات مراجعه کنید.

۵-۲-۱۱ مکان‌نما را در مدار شکل ۵-۸ تغییر دهید تا بر روی صفر dB قرار گیرد. فرکانس نشان داده شده بر روی کادر دستگاه، فرکانس رزنانس مدار است. آیا این مقدار فرکانس با مقدار به دست آمده از رابطه‌ی: $F_r = F_H - F_L$ یکی است؟ توضیح دهید.

تمرین ۱ : مدار RLC سری را ببندید و دستگاه Bode Plotter را به مدار متصل نمائید. مقادیر فرکانس رزنانس، فرکانس قطع بالا، فرکانس قطع پایین، پهنای باند و ضریب کیفیت مدار را به دست آورید.

F_H = ...KHz
F_L = ...KHz
F_r = ...KHz
BW = ...KHz
Q = ...

توجه : هنگام کار در آزمایشگاه به محدوده‌های فرکانس کار ولتمتر، آمپرمتر و وات‌متر در شرایط AC توجه کنید و دستگاهی را انتخاب نمائید که بتواند در فرکانس مورد نظر شما کار کند.

نکته :

در دستگاه Bode Plotter در شرایطی که نسبت بین ولتاژ خروجی به ولتاژ ورودی برابر با یک شود مقدار دسی‌بل برابر با صفر خواهد شد. این موضوع در مورد منحنی‌های جریان و توان نیز صدق می‌کند. توجه داشته باشید که به دلیل وجود مقاومت سری Rs و موازی R۱ هیچگاه ولتاژ خروجی (دو سر RLC موازی) برابر با ورودی نخواهد شد. در این شرایط معمولاً مقدار به صورت دسی‌بل منفی نشان داده می‌شود. مثلاً در شکل ۸-۵ در زمانی که مکان‌نما روی ماکزیمم منحنی قرار می‌گیرد خروجی برابر با ۷dB - نشان داده می‌شود. حال برای به دست آوردن F_L و F_H با جابه‌جایی مکان‌نما به نقطه‌ی ترسیم که به اندازه‌ی ۳dB - است، ۷dB- اضافه شده مثلاً به ۱۰dB- برسد.