« فصل دوم »

مدارهای RL سری و موازی

(مطابق فصل سوم کتاب مدارهای الکتریکی)

هدف کلی:

تحلیل عملی مدارهای RL سری و موازی با استفاده از نرم‌افزار مولتی‌سیم

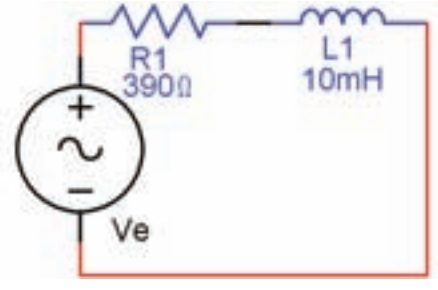
هدف های رفتاری:

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

۱- مدار عملی RL سری را ببندد.
۲- جریان‌ها و ولتاژهای مدار RL سری را اندازه‌گیری کند.
۳- امپدانس و اختلاف فاز جریان و ولتاژ مدار RL سری را اندازه‌گیری کند.
۴- توان موثر و ضریب توان را با استفاده از مقادیر اندازه‌گیری شده‌ی جریان و ولتاژ مدار RL سری محاسبه کند.
۵- توان موثر و ضریب توان مدار RL سری را با وات‌متر اندازه‌گیری کند.
۶- مدار RL موازی را ببندد.
۷- جریان کل و جریان شاخه‌های مدار RL موازی را اندازه‌گیری کند.
۸- امپدانس و اختلاف‌فاز جریان و ولتاژ مدار RL موازی را اندازه‌گیری کند.
۹- توان موثر و ضریب توان مدار RL موازی را با مقادیر اندازه‌گیری شده‌ی جریان و ولتاژ مدار RL موازی محاسبه کند.
۱۰- توان موثر و ضریب توان مدار RL موازی را با وات‌متر اندازه‌گیری کند.

۲-۱ آزمایش۱: مدار RL سری

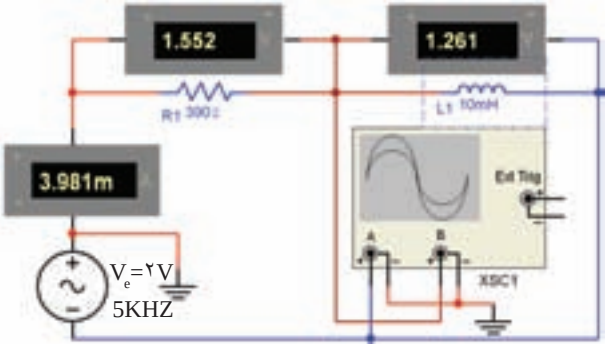
۲-۱-۱ مدار شکل ۲-۱ اتصال سری یک مقاومت اهمی و یک سلف را نشان می‌دهد. در مدار RL سری همواره جریان مدار یعنی $I = I_R = I_L$ با ولتاژ دو سر مقاومت (V_R) هم‌فاز است. از طرفی چون سلف در مدار وجود دارد، ولتاژ دو سر سلف (V_L) به اندازه‌ی ۹۰ درجه با جریان اختلاف فاز دارد. برای محاسبه‌ی V_e از جمع برداری : $\overrightarrow{V_e} = \overrightarrow{V_R} + \overrightarrow{V_L}$ استفاده می‌کنند.



شکل ۲-۱ مدار RLسری

۲-۱-۲ مقاومت مدار RL سری ترکیبی متشکل از دو نوع مقاومت اهمی و القایی است که اصطلاحاً آن را مقاومت ظاهری یا امپدانس می‌گویند. امپدانس را با Z نشان می‌دهند. مقدار امپدانس مدار از رابطه‌ی : $Z=\sqrt{R^2+X_L^2}$ به دست می‌آید.

۲-۱-۳ مدار شکل ۲-۲ را روی میز کار آزمایشگاه مجازی ببندید.



شکل ۲-۲ مدار عملی RL سری

۲-۱-۴ ولت‌مترهای مدار را در حالت AC قرار دهید. ولتاژ خروجی سیگنال‌ژنراتوررا طوری تنظیم کنید که مقدار موثر ولتاژ را به مدار بدهد.

۲-۱-۵ توسط میلی‌آمپرمتر AC جریان مدار را اندازه بگیرید و آن را یادداشت کنید.

$$I_e = ...mA$$

۲-۱-۶ مقدار X_L را از رابطه‌ی: $X_L=\omega L=2\pi fL$ به دست آورید.

$$X_L = ...\Omega$$

۲-۱-۷ مقدار ولتاژ دو سر سلف و مقاومت را از رابطه‌های زیر به دست آورید.

$$V_L = X_L.I_e = ...V$$
$$V_R = R_1.I_e = ...V$$

۲-۱-۸ ولتاژ دو سر L و R را به ترتیب با ولت‌متر اندازه بگیرید و آن‌ها را یادداشت کنید.

$$V_L = ...V$$
$$V_R = ...V$$

سؤال ۱: آیا مقادیر محاسبه شده برای ولتاژ دو سر L و R با مقادیر اندازه‌گیری شده با هم برابر است؟ در صورت وجود اختلاف، دلائل را توضیح دهید.

سؤال ۲: آیا مقدار Ve با جمع برداری افت ولتاژهای دو سر مقاومت و سلف برابر است؟ توضیح دهید.

۲-۱-۹ با توجه به مقادیر اندازه‌گیری شده، امپدانس مدار را از رابطه‌ی: $Z=\frac{V_e}{I_e}$ محاسبه کنید.

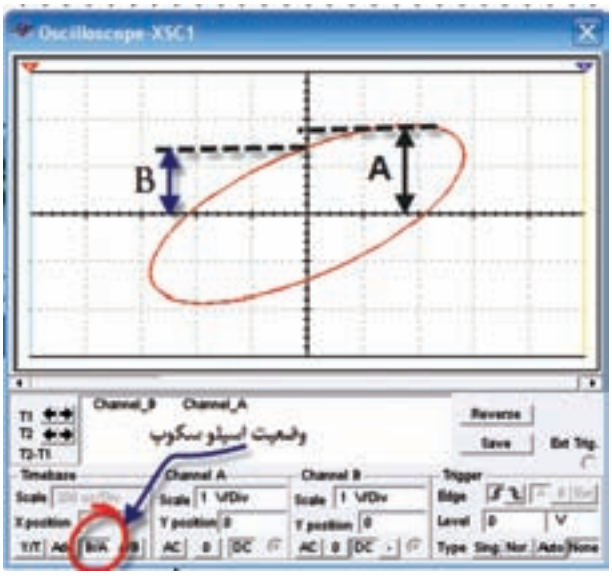
$$Z = ...\Omega$$

۲-۱-۱۰ مقاومت ظاهری Z مدار را از رابطه‌ی: $Z=\sqrt{R^2+X_L^2}$ محاسبه کنید.

$$Z = ...\Omega$$

سؤال ۳ آیا مقدار امپدانس اندازه‌گیری شده با مقدار محاسبه شده برابر است؟ در صورت وجود اختلاف توضیح دهید.

۲-۱-۱۱ برای اندازه‌گیری اختلاف فاز مدار از طریق منحنی لیساژور وضعیت اسیلوسکوپ را مطابق شکل ۲-۳ در حالت $\frac{B}{A}$ بگذارید و اختلاف فاز را از رابطه‌ی : $\varphi = \sin^{-1}\frac{B}{A}$ اندازه‌گیری کنید.



شکل ۲-۳ منحنی لیساژور مدار RL سری

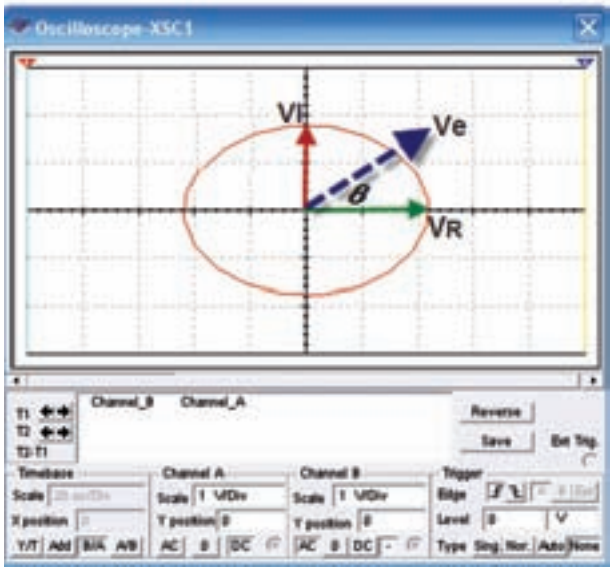
$\varphi = ...$

نکته مهم :

در صورتی که شکل موج منحنی لیساژور به صورت چند خطی مشاهده شد، یکی از زبانه‌های : Sing, Nor, Auto یا Non را تغییر دهید تا منحنی بدون اعوجاج باشد.

نکته :

اگر منحنی لیساژور به دایره نزدیک باشد اختلاف فاز مدار مشابه شکل ۲-۴ در حدود ۹۰ درجه است.



شکل ۲-۴ منحنی لیساژور به همراه دیاگرام برداری

۲-۱-۱۲ برای اندازه‌گیری اختلاف فاز مدار با توجه به دیاگرام برداری ولتاژها و رابطه‌ی tan می‌توانیم مقدار را به دست آوریم: $\tan\varphi = \frac{V_L}{V_R} = \frac{I_e.X_L}{I_e.R}$ و $\varphi = \tan^{-1}\frac{V_L}{V_R}$ یا $\varphi = \tan^{-1}\frac{X_L}{R}$.

۲-۱-۱۳ در مدار شکل ۲-۲ اختلاف فاز (بین جریان و ولتاژ مدار را با استفاده از منحنی لیساژور اندازه‌گیری کنید.

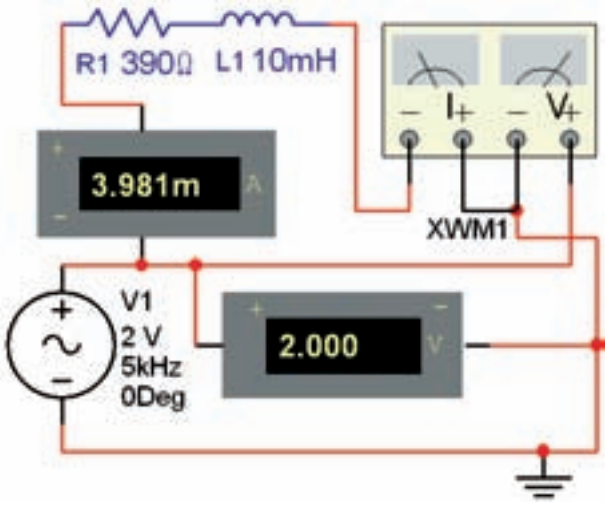
$\varphi = \sin^{-1}\frac{B}{A} = ...$ درجه

۲-۱-۱۴ اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان مدار را با استفاده از رابطه‌ی: $\varphi = \tan^{-1}\frac{X_L}{R}$ محاسبه کنید.

$\varphi = ...$

سؤال ۴ اختلاف فاز محاسبه شده و اندازه‌گیری شده را با یکدیگر مقایسه کنید و نتیجه را بنویسید.

۲-۱-۱۵ برای اندازه‌گیری توان موثر و ضریب توان ($\cos\varphi$) در مدار RL سری از دستگاه وات‌متر استفاده کنید. وات‌متر را مطابق شکل ۵-۲ به مدار اتصال دهید.

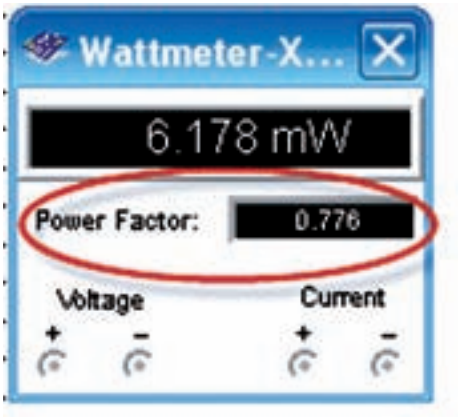


شکل ۵-۲ اتصال وات‌متر به مدار RL سری

۲-۱-۱۶ روی وات‌متر دو بار کلیک کنید و مقدار توان موثری را که وات‌متر نشان می‌دهد، یادداشت کنید.

$P_e = ...W$

۲-۱-۱۷ مقدار ضریب توان ($\cos\varphi$) را طبق شکل ۶-۲ با وات‌متر اندازه‌گیری کنید.



شکل ۶-۲ مقدار اندازه‌گیری ضریب توان با وات‌متر

$\cos\varphi = ...$

۲-۱-۱۸ ضریب توان مدار را از رابطه‌ی:

$$\cos\varphi = \frac{R}{Z} = ...$$

محاسبه کنید.

سؤال ۵ مقدار ضریب توان اندازه‌گیری شده را با مقدار محاسبه شده مقایسه کنید. در صورت اختلاف علت را بررسی و نتیجه را توضیح دهید.

۲-۱-۱۹ مقدار توان اکتیو را با استفاده از مقادیر اندازه‌گیری شده و رابطه‌ی: $P_e = V_e.I_e \cos\varphi$ محاسبه کنید.

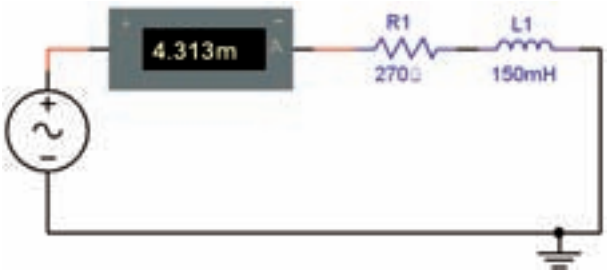
$$P_e = ...W$$

سؤال ۶ آیا مقدار توان موثر محاسبه شده با توانی که وات‌متر نشان می‌دهد برابر است؟ شرح دهید.

تمرین ۱:

الف: در مدار RL سری شکل ۲-۷ جریان مدار Ie=۴/۳۱mA است. فرکانس، ولتاژ موثرمنبع و اختلاف‌فاز مدار را محاسبه کنید. سپس مدار را ببندید و مقادیر عملی را به دست آورید.

ب: مقادیر تئوری مجهولات مدار را با مقادیر اندازه‌گیری شده مقایسه کنید.

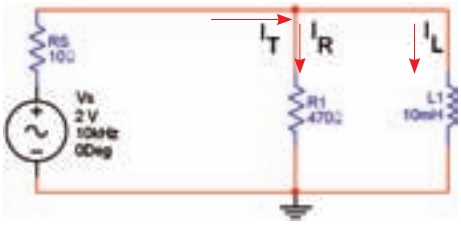


شکل ۲-۷ مدار RL سری

	F(Hz)	V_e(V)
مقدار محاسبه شده		
مقدار اندازه‌گیری شده		

۲-۲ آزمایش ۲: مدار RL موازی

۲-۲-۱ مدار شکل ۲-۸ اتصال موازی یک سلف و یک مقاومت را نشان می‌دهد.



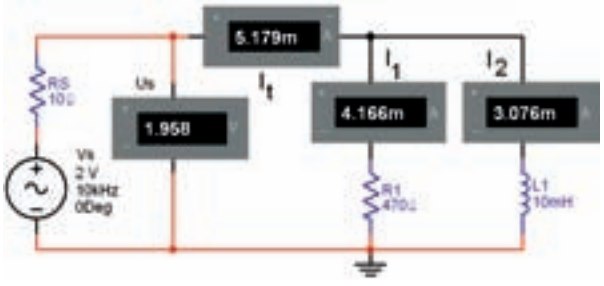
شکل ۲-۸ مدار RL موازی

۲-۲-۲ در این مدار ولتاژ دو سر هر یک از شاخه‌های مدار یعنی: V_R ، V_L و V_S با هم برابر است. جریان I_R با ولتاژ هم‌فاز و جریان سلف با ولتاژ Vs، ۹۰ درجه اختلاف فاز دارد. (جریان کل I_T نسبت به ولتاژ Vs به اندازه‌ی φ پس فاز دارد). در مدار موازی جریان‌ها به صورت برداری با هم جمع می‌شوند: $I_T = \sqrt{I_R^2 + I_L^2}$ و $\vec{I_T} = \vec{I_R} + \vec{I_L}$ مقاومت ظاهری یا امپدانس مدار از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$Z = \frac{R.X_L}{\sqrt{R^2 + X_L^2}}$$

از مدار RL موازی در مدارهای الکتریکی، الکترونیکی و مخابراتی برای فیلتر کردن یک محدوده‌ی فرکانسی معین استفاده می‌کنند.

۲-۲-۳ مدار شکل ۲-۹ را بر روی میز کار نرم‌افزار ببندید.



شکل ۲-۹ مدار عملی RL موازی

۲-۲-۴ آمپرمترهـای مدار را در حالت AC قرار دهید. مقاومـت Rs، مقاومت داخلی منبع فرض شـده اسـت. منبع تغذیـه را طوری تنظیم کنید که مقـدار موثر را به مدار بدهد. توسـط آمپرمتر جریان کل مدار را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$I_e = I_T = ...mA$

۲-۲-۵ جریـان هر یک از شـاخه‌ها را با توجه به مقدار ولتاژ عملی مدار اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$I_L = \frac{V_L}{X_L} = ...mA$ $I_R = \frac{V_R}{R} = ...mA$

۲-۲-۶ جریان شاخه‌ها را با آمپرمترهای مدار شکل ۹-۲ اندازه بگیرید و با مقادیر محاسـبه شـده در مرحله‌ی ۵-۲-۲ مقایسه کنید و نتیجه را بنویسید.

$I_R = ...mA$ $I_L = ...mA$

سؤال ۷: آیا جمع برداری جریان‌ها با جریان کل برابر است؟ شرح دهید.

۲-۲-۷ امپدانس مدار را با استفاده از مقادیر اندازه‌گیری شده‌ی I_e و V_e و رابطه‌ی : $Z = \frac{V_e}{I_e}$ محاسبه کنید.

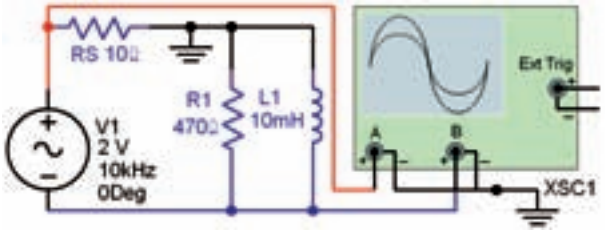
$Z = ...\Omega$

۲-۲-۸ امپدانس مدار را از رابطه‌ی: $Z = \frac{R.X_L}{\sqrt{X_L^2 + R^2}}$ محاسبه کنید.

$Z = ...\Omega$

سؤال ۸ : مقادیر امپدانس به دسـت آمده در دو مرحله را با یک‌دیگر مقایسه کنید. آیا مقادیر با هم برابر است؟ توضیح دهید.

۲-۲-۹ مـدار شـکل ۱۰-۲ را ببندیـد. اختلاف‌فاز بین جریان و ولتاژ مدار اندازه بگیرید.



شکل ۱۰-۲ اتصال اسیلوسکوپ به مدار RL موازی برای اندازه‌گیری اختلاف‌فاز

۲-۲-۱۰ اسیلوسکوپ را در وضعیت لیساژور قرار دهید.

اختلاف‌فـاز بین جریان و ولتاژ را از رابطه‌ی : $\varphi = \sin^{-1}\frac{B}{A}$ اندازه بگیرید.

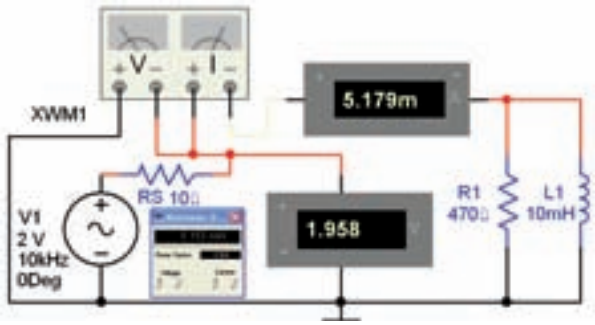
$\varphi = \sin^{-1}\frac{B}{A} = ...$ درجه

۲-۲-۱۱ اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان مدار را با استفاده از رابطه‌ی: $\varphi = \tan^{-1}\frac{R}{X_L}$ محاسبه کنید.

$\varphi =$ .....

سؤال ۹. اختلاف‌فاز اندازه‌گیری شده را با اختلاف‌فاز محاسبه شده مقایسه کنید و نتایج را بنویسید.

۲-۲-۱۲ مدار شکل ۱۱-۲را ببندید و توان موثر و ضریب توان مدار را اندازه‌گیری کنید.



شکل ۱۱-۲ مدار برای اندازه‌گیری توان موثر به وسیله‌ی واتمتر

نکته:
ترمینال‌های ولتاژ و جریان واتمتر را به طور صحیح به مدار اتصال دهید.

۲-۲-۱۳ روی واتمتر دو بار کلیک کنید. توان موثر اندازه‌گیری شده را مشاهده و یادداشت کنید.

$P_e =$ .....W

۲-۲-۱۴ توان موثر مدار را با مقادیر اندازه‌گیری شده‌ی جریان، ولتاژ و ضریب توان محاسبه کنید.

$P_e =$ .....W

سؤال ۱۰. آیا می‌توان مقدار اختلاف‌فاز را توسط واتمتر اندازه‌گیری کرد؟ شرح دهید.

سؤال ۱۱. آیا مقادیر توان موثر اندازه‌گیری شده با واتمتر و مقدار محاسبه شده برابر است؟ شرح دهید.