آزمایش شماره ۸

اندازه‌گیری دامنه خروجی، اختلاف فاز و فرکانس روزنانس در مدارهای RLC توسط اسیلوسکوپ

هدف آزمایش

۱-۸) همانطور که می‌دانید:

الف) اسیلوسکوپ‌های دو کاناله می‌توانند همزمان دو شکل موج را نمایش دهند. علاوه بر امکان اندازه‌گیری دامنه و فرکانس، اندازه‌گیری اختلاف فاز بین دو موج متناوب هم فرکانس توسط آنها به دو روش امکان پذیر است.

۱) استفاده از محور زمان. ۲) با استفاده از منحنی لیساژو.

ب) در برخی از کاربردها، ولتاژ مورد سنجش بیشتر از مقداری است که توسط اسیلوسکوپ می‌توان اندازه‌گیری کرد. در این صورت باید از مقسم ولتاژ (پروب تضعیف کننده) استفاده کرد.

ج) رفتار سلف و خازن در ولتاژ متناوب:

۱) اگر به یک مقاومت ولتاژ سینوسی اعمال شود، همواره جریانی در آن جاری می‌شود که با دامنه ولتاژ نسبت مستقیم دارد. در صورتی که فرکانس منبع اعمال شده تغییر کند و ولتاژ آن ثابت بماند، جریان آن تغییر نخواهد کرد. زیرا مقدار مقاومت مستقل از فرکانس است.

۲) در مورد سلف و خازن، تلاش بر این است تا آنها را بصورت سری یا موازی باهم دریک مدار بسته و سپس با تغییر فرکانس، تاثیر آن بر روی ولتاژ خروجی مدار بررسی شود.

سلف (*Inductor*):

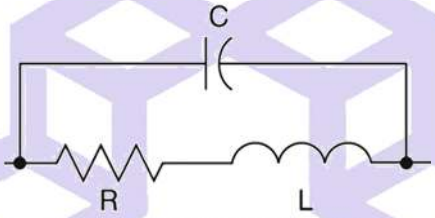
یک سلف شامل حلقه‌های سیم مسی که دارای هسته هوایی یا فریت یا آهنی است، در این صورت مقدار اندوکتانس آن بستگی به هسته‌های مذکوردارد. سلف در ساختن مدارهای رزونانسی و فیلتر یا RF، کاربرد دارد. در صنعت یا بازار، سلف را به صورت‌های مختلف بسته به کاربردشان موجود می‌باشند. در مورد سلف هرگاه از n حلقه سیم‌پیچ تشکیل شده باشد و از آن

جریان I را عبور دهیم به مقدار (آمپردور)$= n \times I$ ولتاژ مغناطیسی تولید می‌شود. ضریب نفوذ (μ) همان مقاومت مغناطیسی(همانند مقاومت الکتریکی) است که باعث تغییر مقدار هدایت مغناطیسی می‌شود.

a)$\boldsymbol{Toroid\ \ Coil}=$ سیم پیچ حلقوی $\qquad$ $\boldsymbol{b)\ Solenoid\ Coil}=$ سیم پیچ ساده

(b) (a)

مدار معادل معادل یک سلف بصورت شکل زیر است. کاربرد سلف بیشتر برای محدود کردن جریان است.

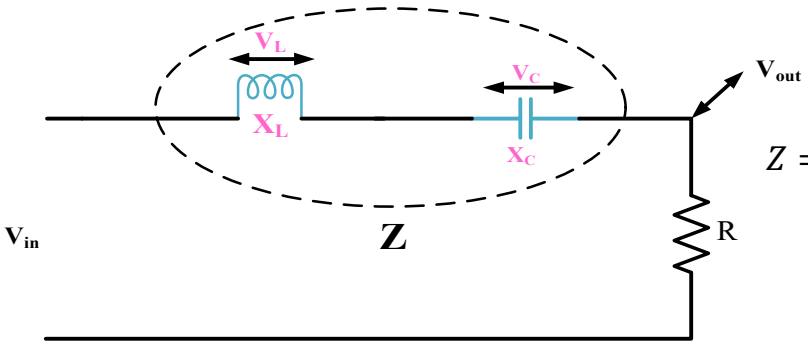


Equivalent circuit of an inductor

خازن موازی با سلف و مقاومت سری در مدار معادل شکل بالا، خازن ناخواسته (به ویژه در فرکانسهای بالا) را با همان **Stray Capacitance** (**Stray capacitance is an unwanted capacitance in a circuit**) است. هر دو سطح با پتانسیل الکتریکی متفاوت یک خازن تشکیل می‌دهند. خازن می‌تواند برای جلوگیری یا مسدود کردن سیگنال‌های فرکانس پایین استفاده شود. در صورتیکه در فرکانس های بالا این خازن یک عامل مزاحم برای سلف می‌باشد. گاهی اوقات موجب نوسان‌های ناخواسته در مدار می‌شوند.

می‌دانید که خازن در جریان متناوب باعث ایجاد اختلاف فاز $+90^{\circ}$ بین جریان و ولتاژ آن می‌شود که نسبت ولتاژ به جریان به صورت $\boldsymbol{X_C}$ (راکتانس خازنی یا مقاومت خازنی)خواهد بود. در صورتیکه سلف در جریان متناوب باعث ایجاد اختلاف فاز -90° بین جریان و ولتاژ می‌شود. همچنین نسبت ولتاژ به جریان به صورت $\boldsymbol{X_L}$(راکتانس سلفی یا مقاومت القایی) می‌باشد.

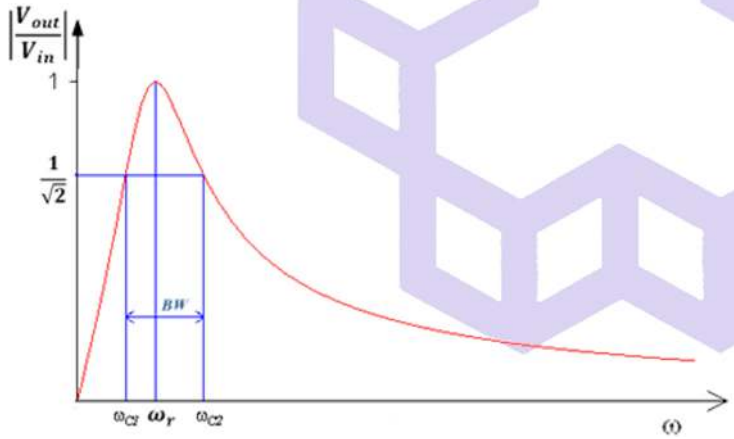
۸-۲) مدار LC سری: امپدانس کل(Z) برابر است با $Z = X_L - X_C$ و در زمان تشدید $Z = 0$ خواهد شد (یعنی سلف و خازن اتصال کوتاه خواهند شد). با توجه به روابط زیر در زمان تشدید امپدانس اهمی خواهد شد:



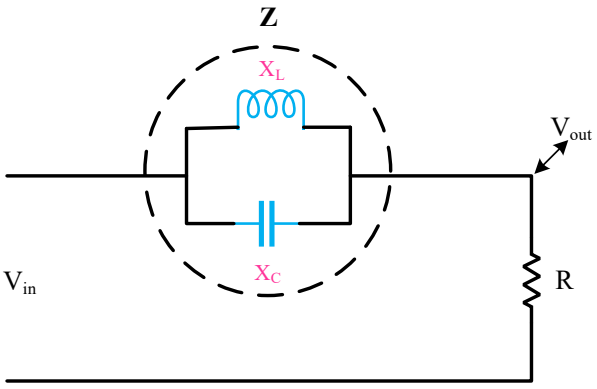
$$Z = Z_L + Z_C = j\omega L + \left(\frac{-j}{\omega C}\right) = j\left(\frac{\omega^2 LC - 1}{\omega C}\right)$$

$$\begin{cases} \textbf{if} \implies \omega \longrightarrow \text{کم شود} \implies \omega^2 LC - 1 < 0 \implies Z = \text{خاصیت خازنی دارد} \\ \textbf{if} \implies \omega \longrightarrow \text{زیاد شود} \implies \omega^2 LC - 1 > 0 \implies Z = \text{خاصیت سلفی دارد} \\ \textbf{if} \implies \omega = \omega_r \longrightarrow \omega^2 LC - 1 = 0 \implies Z = R \longrightarrow 0 \text{ مقاومت ایده آل} \implies \omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}} \end{cases}$$

بنابراین فرکانس رزونانس مدار موازی: $f_r = \frac{1}{(2\pi\sqrt{L \times C})}$. نمودار یک فیلتر میان گذر به این صورت خواهد بود:



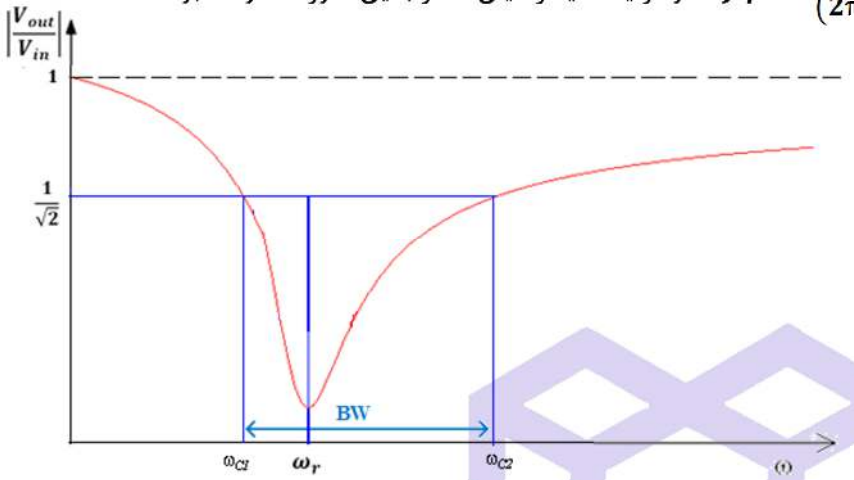
۸-۳) مدار LC موازی: امپدانس کل(Z) برابر است با $Z = \frac{X_L \times X_C}{(X_L - X_C)}$ و در زمان تشدید $Z = \infty$ خواهد شد (یعنی سلف و خازن مدار باز خواهد شد).



$$Z = Z_L \parallel Z_C = j\omega L \parallel \frac{-j}{\omega C} = \frac{\frac{\omega L}{\omega C}}{j(\omega L - \frac{\omega L}{\omega C})} = \frac{-j\omega L}{\omega^2 LC - 1}$$

$$\begin{cases} \textbf{if} \quad \Longrightarrow \quad \omega \longrightarrow \text{کم شود} \Longrightarrow \omega^2 LC - 1 < 0 \Longrightarrow Z = \text{خاصیت سلفی دارد} \\ \textbf{if} \quad \Longrightarrow \quad \omega \longrightarrow \text{زیاد شود} \Longrightarrow \omega^2 LC - 1 > 0 \Longrightarrow Z = \text{خاصیت خازنی دارد} \\ \textbf{if} \quad \omega = \omega_r \longrightarrow \omega^2 LC - 1 = 0 \Longrightarrow Z = R \longrightarrow \infty \text{ خاصیت مقاومتی دارد} \Longrightarrow \omega = \dfrac{1}{\sqrt{LC}} \end{cases}$$

بنابراین فرکانس رزونانس مدار موازی: $\boldsymbol{f_r = \dfrac{1}{(2\pi\sqrt{L \times C})}}$. نمودار یک فیلتر میان نگذر بدین صورت خواهد بود:

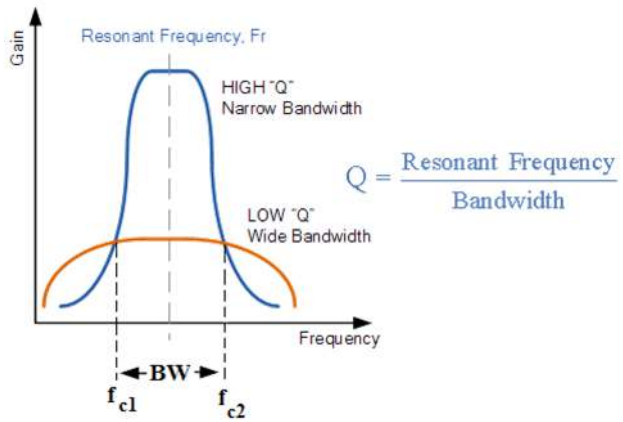


نکته: ضریب کیفیت بصورت کلی در مدارهای رزونانس یا تشدید و با نوشتن روابط آن‌ها به صورت زیر خواهد بود:

$$Q = \frac{2\pi\left(\text{ماکزیمم انرژی ذخیره شده}\right)}{\left(\text{انرژی مصرفی در یک سیکل}\right)} = \frac{2\pi(W_L + W_C)_{max}}{I^2 \times R \times T} = \frac{2\pi\left(\frac{1}{2}I^2 \times L + \frac{1}{2}C \times V^2\right)}{I^2 \times R \times T}$$

$$\begin{cases} \textbf{if } I_{Circuit} = Max \longrightarrow V_C = 0 \Longrightarrow Q = \dfrac{L\omega_r}{R} \longrightarrow \text{ضریب کیفیت در مدارتشدید سری روی مقدار ولتاژ تاثیر دارد} \\ \textbf{if } V_C = Max \longrightarrow I_{Circuit} = 0 \Longrightarrow Q = \dfrac{1}{RC\omega_r} \longrightarrow \text{ضریب کیفیت مدار تشدید موازی روی مقدار جریان تاثیر دارد} \end{cases}$$

شکل زیر نمودارگین فیلتر میان گذر تقریبا با پنهای باند کم و زیاد را برحسب $(GAIN = A_V(f) = \left|\frac{V_{out}}{V_{in}}\right|)$ نشان می دهد.

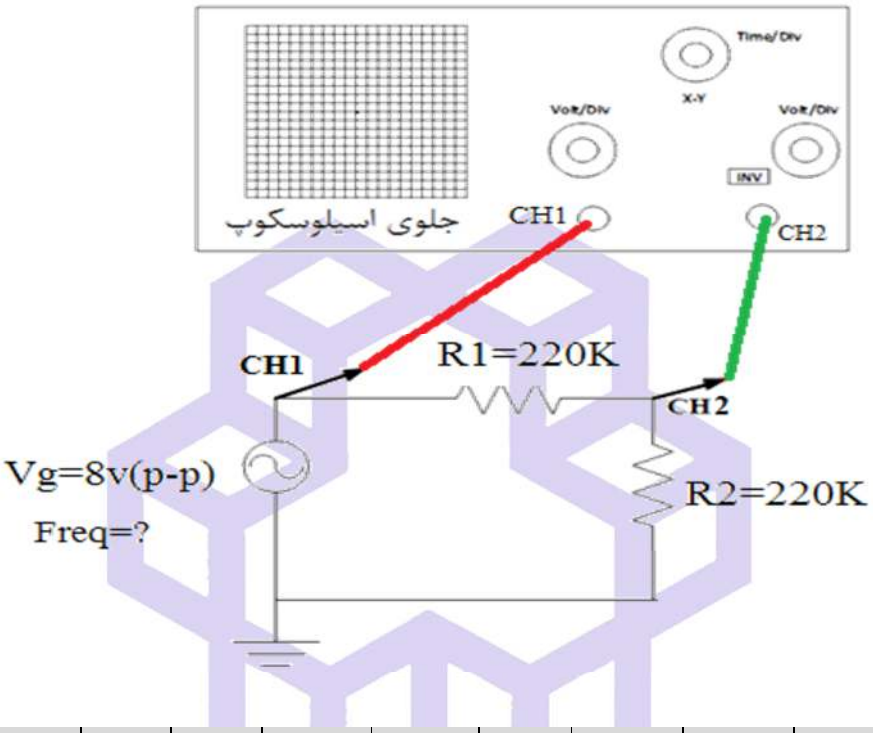


شرح آزمایش(۸-۱)

اندازه گیری ولتاژ دو سر مقاومت R_2 با تغییر فرکانس توسط اسیلوسکوپ (پروپ تضعیف کننده)

مدار صفحه زیر را ببندید و تغییرات ولتاژ دوسر مقاومت R_2 را برحسب فرکانس در جدول یادداشت نمایید.

نکته : پس از هر بار تغییر فرکانس سیگنال ژنراتور، دقت کنید که دامنه $V_{g(p-p)}$ همواره ثابت و 8V بماند.



$F(KHz)$	۰.۵	۱	۷	۱۵	۳۰	۵۰	۶۰	۸۰	۱۰۰	۱۵۰	۲۰۰
$V_{R2(p-p)}(v)$											
خطای نسبی V_{R2}											

سؤال

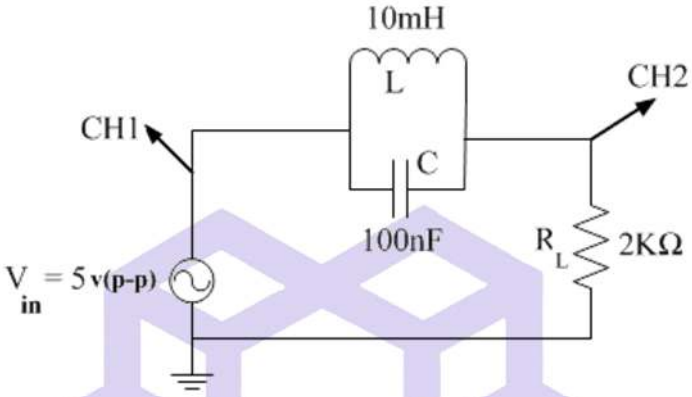
با توجه به برابر بودن مقادیر مقاومت‌ها $(R_1 = R_2)$، باید همواره $V_{(out=R2)} = \frac{1}{2}V_{(in=g)}$ شود. علت کاهش ولتاژ همواره V_{R2} در فرکانس‌های بالا با ذکر فرمول و رابطه برداری بنویسید.

شرح آزمایش(۸-۲)

تعیین فرکانس روزنانس مدار LC موازی با تغییر فرکانس

مدار زیر را با سلف مورد نظر بسته و تغییرات ولتاژ دو سر مقاومت R را برحسب فرکانس در جدول یادداشت نمایید. سلف‌های **بشکه‌ای** شبیه خازن‌های الکترولیتی هستند ولی بدنه‌ای نامتقارن دارند.

Barrel Inductor



نکته مهم : پس از هر بار تغییر فرکانس سیگنال ژنراتور، دقت کنید که دامنه $V_{g(p-p)}$ همواره ثابت و 5V بماند.

$F(KHz)$	۰.۱	۰.۵	۱	۳	۵	۸	۱۵	۳۵	۶۰	۸۰	۱۰۰
$V_{R(p-p)}(v)$											
خطای مطلق V_R											
خطای نسبی V_R											

سؤال

۱) منحنی تغییرات $V_{R(p-p)}$ را برحسب تغییرات فرکانس رسم نمایید. فرکانس رزونانس یا تشدید را هم بصورت تئوری ($f_r = \frac{1}{(2\pi\sqrt{L\times C})}$) و هم از روی جدول بدست آورده، سپس با یکدیگر مقایسه کنید.

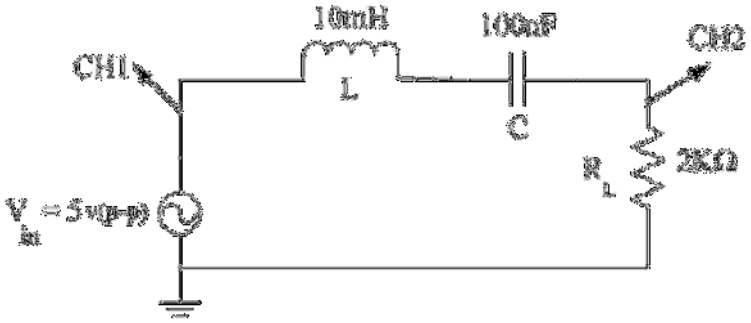
۲) نام این فیلتر چیست؟ چرا در فرکانس رزونانس بدست آمده مقدار ولتاژ خروجی نزدیک صفر نمی شود و با تحلیل‌های تئوری همخوانی کامل ندارد؟

۳) پهنای باند را از روی منحنی تغییرات ولتاژ خروجی بدست آورده و با استفاده از روابط تئوری صحت آنرا ثابت کنید.

۳-۸) تعیین فرکانس روزنانس مدار LC سری با تغییر فرکانس

شرح آزمایش(۸-۳)

مداری مطابق شکل زیر را ببندید و تغییرات ولتاژ دو سر مقاومت R را برحسب فرکانس در جدول یادداشت نمایید.



نکته مهم : پس از هر بار تغییر فرکانس سیگنال ژنراتور، دقت کنید که دامنه $V_{g(p-p)}$ همواره ثابت و 5V بماند.

$F(KHz)$	۰.۱	۰.۵	۱	۳	۵	۸	۱۵	۳۵	۶۰	۸۰	۱۰۰
$V_{R(p-p)}(v)$											
خطای مطلق V_R											
خطای نسبی V_R											

سؤال

۱) منحنی تغییرات $V_{R(p-p)}$ را برحسب تغییرات فرکانس رسم نمایید. فرکانس رزونانس یا تشدید را هم بصورت تئوری ($f_r = \frac{1}{(2\pi\sqrt{L\times C})}$) و هم از روی جدول بدست آورده، سپس با یکدیگر مقایسه کنید.

۲) نام این فیلتر چیست؟ چرا منحنی تغییرات ولتاژ خروجی در فرکانس‌های متفاوت، flat یا تقریبا دارای مقادیر نزدیک به هم می‌باشد ؟

۳) پهنای باند را از روی منحنی تغییرات ولتاژ خروجی بدست آورده و با استفاده از روابط تئوری صحت آنرا ثابت کنید.

۴) تفاوت بین سلف‌های مقاومتی و بشکه‌ایی در چیست؟