

# آزمایشگاه مدارهای جریان متناوب



عنوان درس:

# آزمایشگاه مدارهای جریان متناوب

استاد:

سرکار خانم مهندس کرم زاده

اعضای گروه:

حمید فتاحی ، علی زلفی و رضا یارپرور

ترم اول سال تحصیلی ۸۹-۱۳۸۸

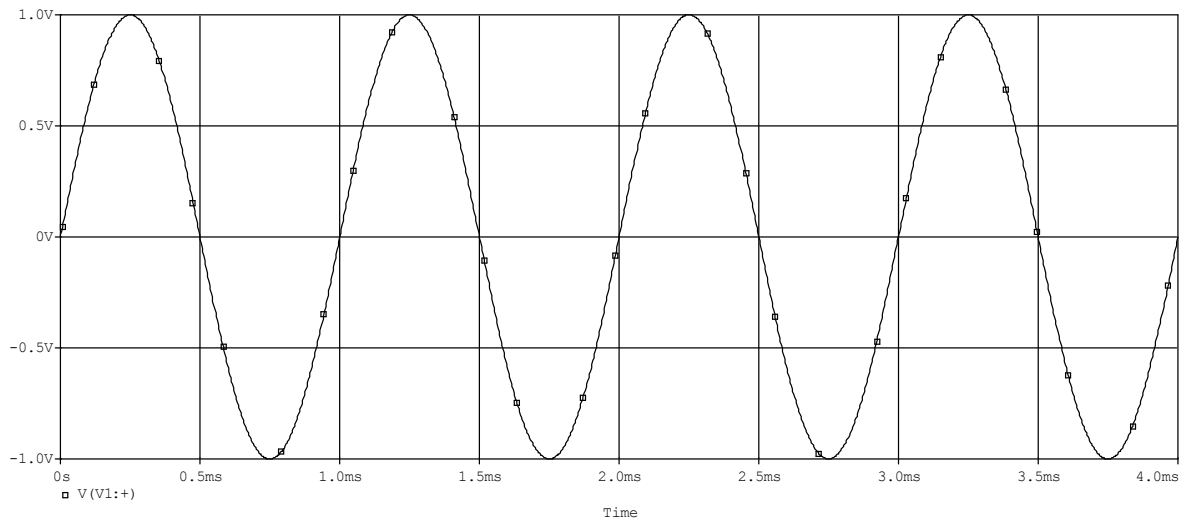
## فهرست آزمایش ها

عنوان	شماره صفحه
بررسی شکل موج سینوسی .....	۴
بررسی مدار RC پائین گذر .....	۶
بررسی مدار RC بالا گذر .....	۹
فیلتر میان گذر .....	۱۲
مدار RLC سری .....	۱۹
مدار RLC موازی .....	۳۰
مدار RC پایین گذر .....	۳۶

## آزمایش شماره ۱:

## بررسی شکل موج سینوسی

۱ - یک موج سینوسی با دامنه ۲ ولت و فرکانس ۱KHz را توسط سیگنال ژنراتور می سازیم و روی اسیلوسکوپ مشاهده می کنیم که در شکل زیر نشان داده شده است ، مقدار  $V_{p-p}$  را اندازه گیری می کنیم و فروجی سیگنال ژنراتور را به ولتمتر متصل می کنیم و ولتاژ را قرائت می کنیم.



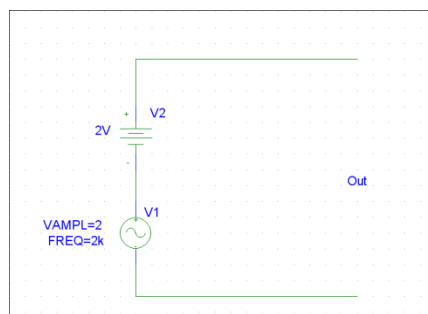
با استفاده از روابط مداری شکل موج های سینوسی داریم:

$$v(t)_{dc} = \frac{1}{T} \int_0^T v(t) dt = 0$$

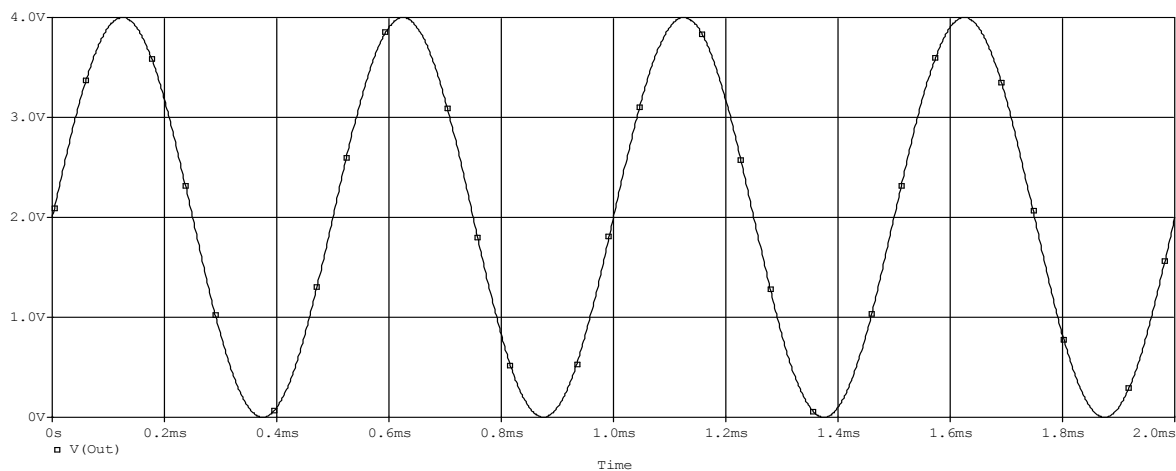
$$v(t)_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v^2(t) dt} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0.707 \text{ v}$$

در آزمایشگاه با استفاده از ولتمتر مقدار RMS سیگنال 0.71v و مقدار DC سیگنال حدود 0v بدست آمد.

۲ - مدار زیر را می‌بندیم و شکل موج خروجی را روی اسیلوسکوپ مشاهده می‌کنیم و آن را در زیر نشان داده ایم.



در آزمایشگاه، خروجی مدار فوق بصورت زیر در روی صفحه ی اسیلوسکوپ نمایش یافت.



در آزمایشگاه با استفاده از ولتمتر مقدار RMS سیگنال 1.35v و مقدار DC سیگنال 2v بدست آمد.

همچنین با استفاده از روابط مداری شکل موج های سینوسی داریم:

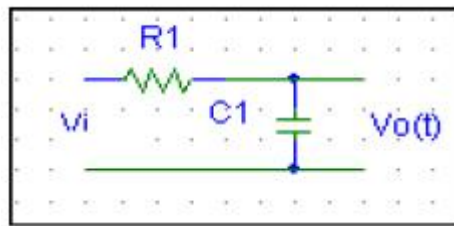
$$v(t)_{dc} = \frac{1}{T} \int_0^T v(t) dt = 2$$

$$v(t)_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v^2(t) dt} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = \frac{2}{\sqrt{2}} = 1.41 \text{ v}$$

## آزمایش شماره ۲

## فیلتر پایین گذر

شکل زیر مدار RC سری را نشان می دهد. هنگامی که یک موج سینوسی با دامنه  $V_{in}$  و فرکانس متغیر  $f$  به دو سر ورودی این مدار را اعمال می کنیم ، ولتاژ خروجی ( یا پاسخ مدار ) نیز موجی سینوسی ولی با دامنه فازی متفاوت با ولتاژ ورودی خواهد بود . و بطور کلی تابعی از فرکانس ورودی خواهد بود.



بنابراین اگر ولتاژ ورودی بصورت :

$$V_{in} = V_m \sin \omega t$$

باشد ، می توان ولتاژ خروجی زیر نوشت :

$$V_o = V_m \sin(\omega t + \varphi)$$

نسبت ولتاژ خروجی به ورودی تابعی از فرکانس بوده و به تابع پاسخ فرکانسی یا تابع انتقال موسوم بوده و با رابطه نشان داده شده می شود :

$$A_v = \frac{V_o}{V_{in}}$$

بطوریکه خواهیم دید ،  $\varphi$  و  $\left| \frac{V_o}{V_{in}} \right|$  تابع فرکانس  $f$  خواهد بود . منحنی نمایش تغییرات  $\left| \frac{V_o}{V_{in}} \right|$  نسبت به فرکانس ( مشفصه پاسخ دامنه ) و منحنی تغییرات  $\varphi$  نسبت به فرکانس به ( مشفصه پاسخ فاز ) موسوم است .

اکنون مدار RC شکل فوق را در نظر بگیریم . تابع پاسخ فرکانسی برای این مدار بصورت زیر می شود :

$$V_{out} = \left( -\frac{1}{j\omega C} \right) I \quad \text{و} \quad V_{in} = \left( R + \frac{1}{j\omega C} \right) I$$

$$|A_v| = \left| \frac{V_o}{V_{in}} \right| = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}}$$

## گزارشکار آزمایشگاه مدارهای جریان متناوب

این رابطه نشان می دهد که در فرکانس های پایین وقتی که  $\omega RC \ll 1$  ،  $A_v \approx 1$  خواهد . همچنین در فرکانس های بالا  $\omega RC \gg 1$  ،  $A_v \approx 0$  است . پس مدار فوق که ولتاژ های بالا با فرکانس پایین را از خود عبور می دهد و ولتاژ های با فرکانس بالا را به شدت تضعیف می کند به فیلتر پایین گذر موسوم است .

## فرکانس قطع یا فرکانس نصف قدرت :

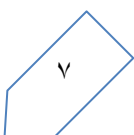
فرکانس قطع یا فرکانس نصف قدرت که با  $f_c$  نشان داده می شود ، فرکانس است که صافی پائین گذر ، فرکانس های بالاتر از آن را بشدت تضعیف می کند و در این فرکانس ، اندازه توان فروبی به  $\frac{1}{2}$  ماکزیمم توان فروبی می رسد . بنابراین فرکانس قطع برابر است با :

$$F_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

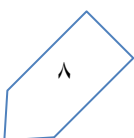
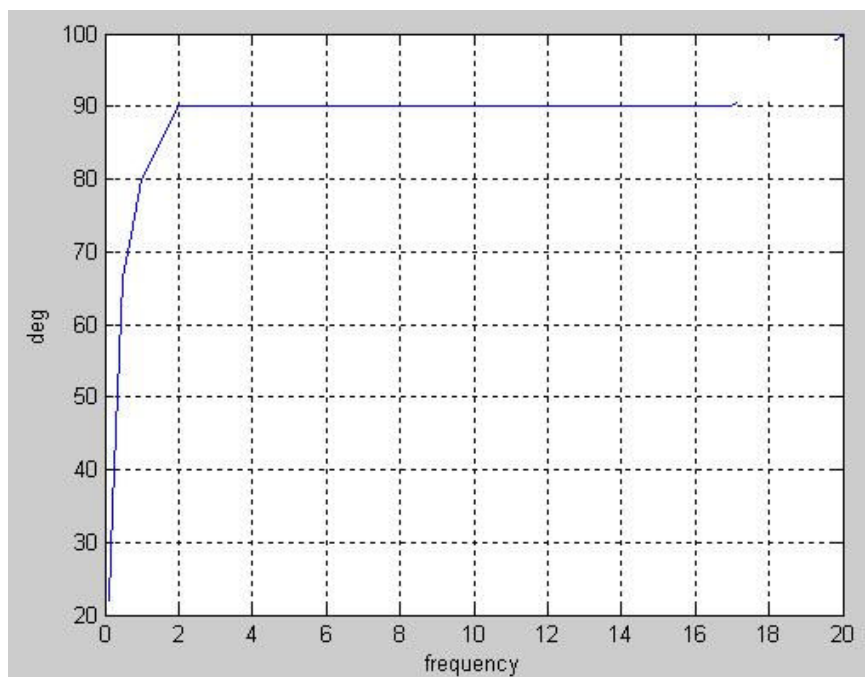
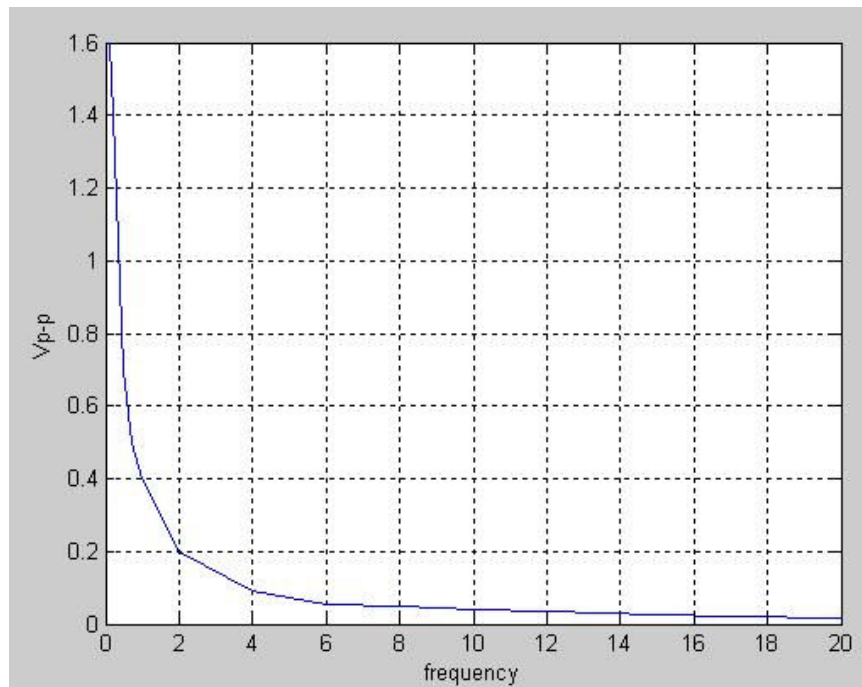
## نحوه آزمایش :

با استفاده از مقاومت  $R = 10k\Omega$  و  $C = 0.1\mu f$  ، مداری مطابق شکل زیر را می بندیم . بوسیله نوسان ساز یک موج سینوسی با مقدار پیک ۲ ولت ( $V_m = 2$ ) به مدار اعمال می کنیم و با فرکانس هایی که در جدول زیر قید شده است مقدار ولتاژ را بوسیله نوسان نگار اندازه گرفته و در جدول مربوطه یادداشت می کنیم و باید دقت بکنیم که هنگامیکه فرکانس نوسان ساز را تغییر می دهیم . ولتاژ ورودی تغییر نکند و همواره روی ۲ ولت پیک ثابت باشد .

$f$	0.1	0.2	0.5	0.7	1	2	4	6	8	10	12	15	17	20
$V_o$	1.6	1.4	0.7	0.5	0.4	0.2	0.09	0.05	0.08	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01
$\phi_o$	22	36	66	72	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90



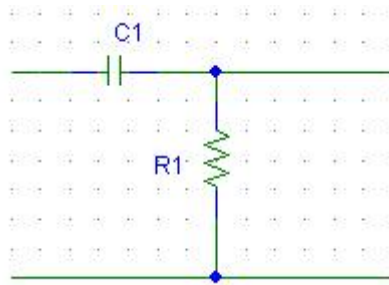
رسم شکل منحنی  $V_o$  و  $\phi_o$  را بر حسب فرکانس :



## آزمایش شماره ۳

## فیلتر بالا گذر

شکل زیر یک مدار  $RC$  سری را نشان می دهد. هنگامی که یک موج سینوسی با دامنه ثابت  $V_{in}$  و فرکانس متغییر  $f$  به دو سر ورودی این مدار می کنیم، ولتاژ خروجی (یا پاسخ مدار) نیز موجی سینوسی ولی با دامنه فازي متفاوت با ولتاژ ورودی خواهد بود.



بطور کلی تابعی از فرکانس موج ورودی خواهد بود. بنابراین اگر ولتاژ ورودی بصورت:

$$V_{in} = V_m \sin \omega t$$

باشد، می توان ولتاژ خروجی را بصورت زیر نوشت:

$$V_o = V_m \sin(\omega t + \varphi)$$

نسبت ولتاژ خروجی به ورودی تابعی از فرکانس بوده و به تابعی پاسخ فرکانس یا تابع انتقال موسوم بوده و با رابطه داده می شود:

$$A_v = \frac{V_o}{V_{in}} = \frac{j\omega RC}{1 + j\omega RC}$$

$$|A_v| = \frac{\omega RC}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}}, \quad \varphi = \arctan\left(\frac{1}{\omega RC}\right)$$

در فرکانس های بالا، وقتی که  $\omega RC \gg 1$  است، خواهیم داشت  $\varphi = 0^\circ$  و  $A_v \cong 1$  و وقتی که  $\omega RC \ll 1$  باشد،  $\varphi = 90^\circ$  و  $A_v \cong 1$  و این ترتیب مدار فوق، که فرکانس های بالا را از خود عبور می دهد، صافی بالا گذر موسوم است. در این حالت نیز فرکانس قطع جایی است که ولتاژ خروجی به  $\frac{1}{\sqrt{2}}$  برابر ولتاژ ورودی در فرکانس عبور کاهش می یابد، بنابراین داریم:

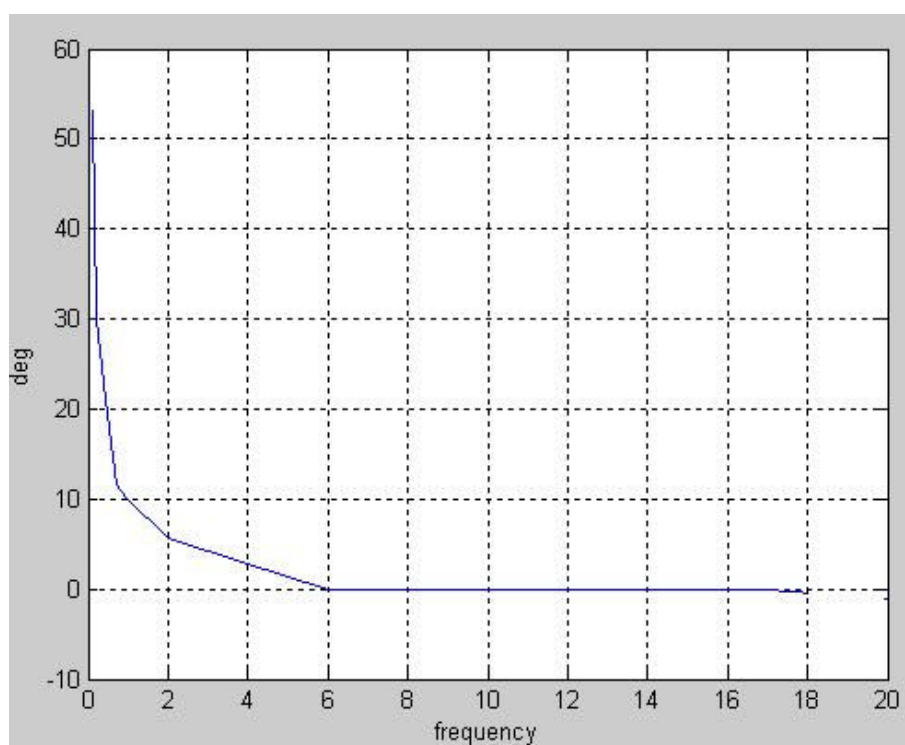
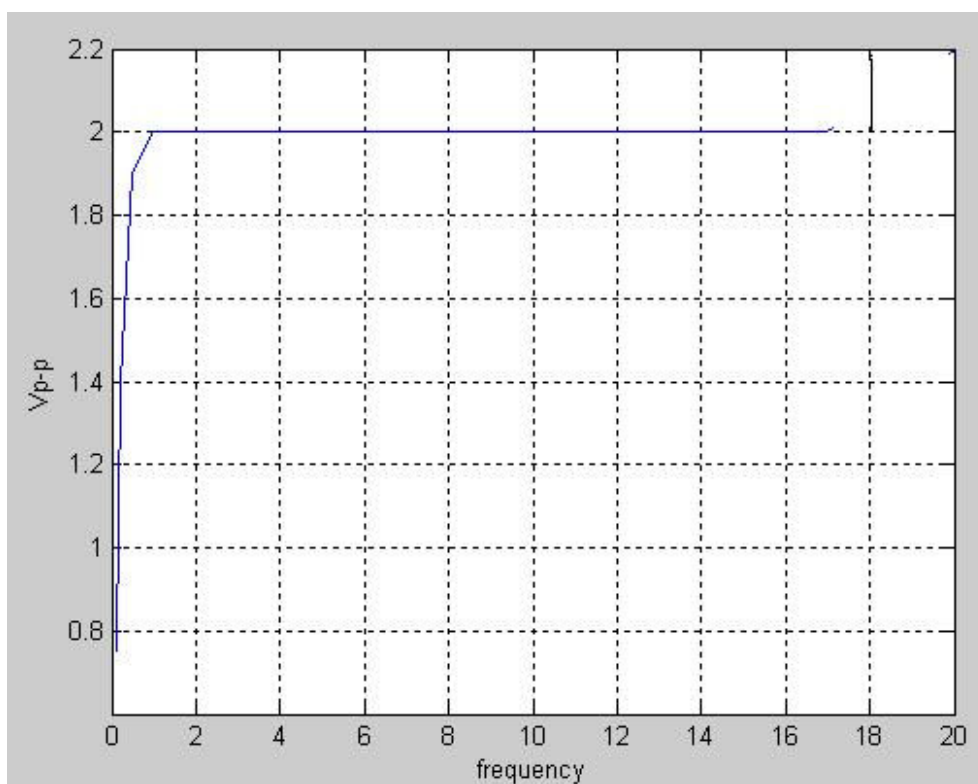
$$F_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

### نحوه آزمایش :

با استفاده از یک مقاومت  $R = 10k\Omega$  و  $C = 0.1\mu f$  ، مداری مطابق شکل فوق بر روی برد مورد می بندیم و یک موج سینوسی با ولتاژ پیک ۲ ولت به مداری اعمال می کنیم و برای فرکانس های داده شده در جدول زیر ، مقدار فرومی و اختلاف فاز را اندازه گیری می نماییم و باید توجه کرد که هنگامیکه فرکانس نوسان ساز را تغییر نکند و همواره ثابت باشد .

$f$	0.1	0.2	0.5	0.7	1	2	4	6	8	10	12	15	17	20
$V_o$	0.75	1.4	1.8	1.9	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
$\phi_o$	53	30	19	11	10	5.7	2.8	0	0	0	0	0	0	0

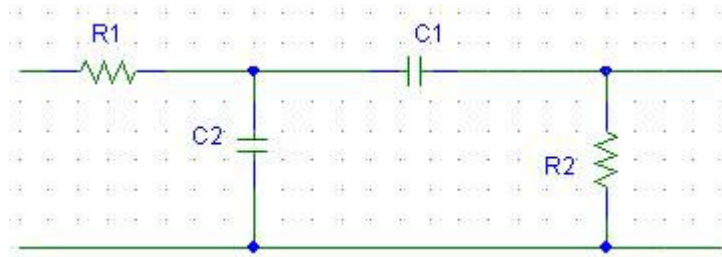
رسم شکل منمنی  $V_o$  و  $\phi_o$  را برمسب فرکانس :



## آزمایش شماره ۴

## فیلتر میان گذر

با ترکیب دو فیلتر پایین گذر و بالاگذر آزمایش های قبلی مدار زیر بدست می آید .



تابع فرکانسی برای این مدار عبارت است از :

$$A_v = \frac{j\omega RC}{1 + 3j\omega RC - (\omega RC)^2}$$

$$|A_v| = \frac{\omega RC}{\sqrt{(1 - \omega^2 R^2 C^2)^2 + 9\omega^2 R^2 C^2}}$$

$$\varphi = 90^\circ - \arctan \frac{3\omega RC}{1 - \omega^2 R^2 C^2}$$

در فرکانس های بالا (  $\omega RC \gg 1$  ) و همچنین در فرکانس های پایین (  $\omega RC \ll 1$  ) خواهیم داشت :  
 $|A_v| \cong 0$  لذا فروبی در بعضی فرکانس های میانی به حداکثر مقدار خود می رسد و با تغییر فرکانس بصورت صعودی و یا نزولی فروبی کاهش خواهد یافت لذا این مدار به صافی میان گذر موسوم است.

فرکانسی که در آن فروبی به ماکزیمم خود می رسد ، فرکانس مرکزی یا میانی نامیده می شود و با  $f_0$  نشان داده می شود . اختلاف بین دو فرکانس که در آن فروبی به  $\frac{1}{\sqrt{2}}$  برابر ماکزیمم خودش می رسد پهنای باند نامیده می شود .

$$F_0 = \frac{1}{2\pi RC}$$

مماسبه پهنای باند :

$$|A_v| = \frac{1}{3\sqrt{2}} \rightarrow R^4 C^4 \omega^4 - 11\omega^2 R^2 C^2 + 1 = 0$$

$$B.W = f_1 - f_2 \quad , \quad f_1 = \frac{\omega_1}{2\pi} \quad , \quad f_2 = \frac{\omega_2}{2\pi}$$

### طریقه آزمایش :

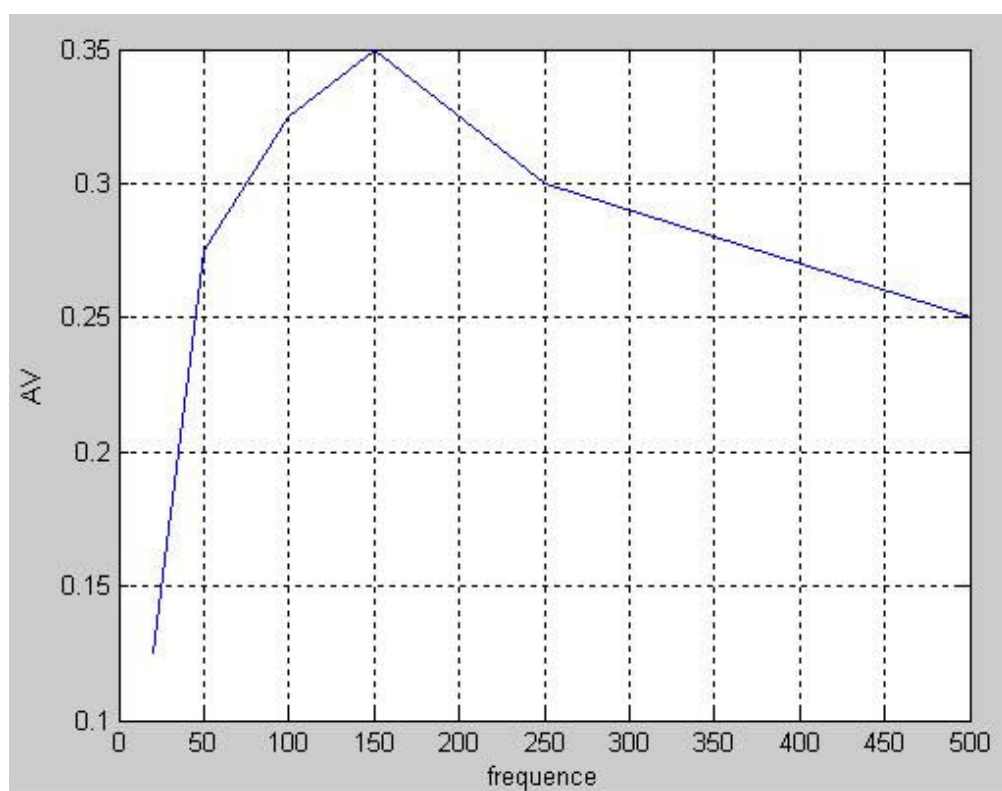
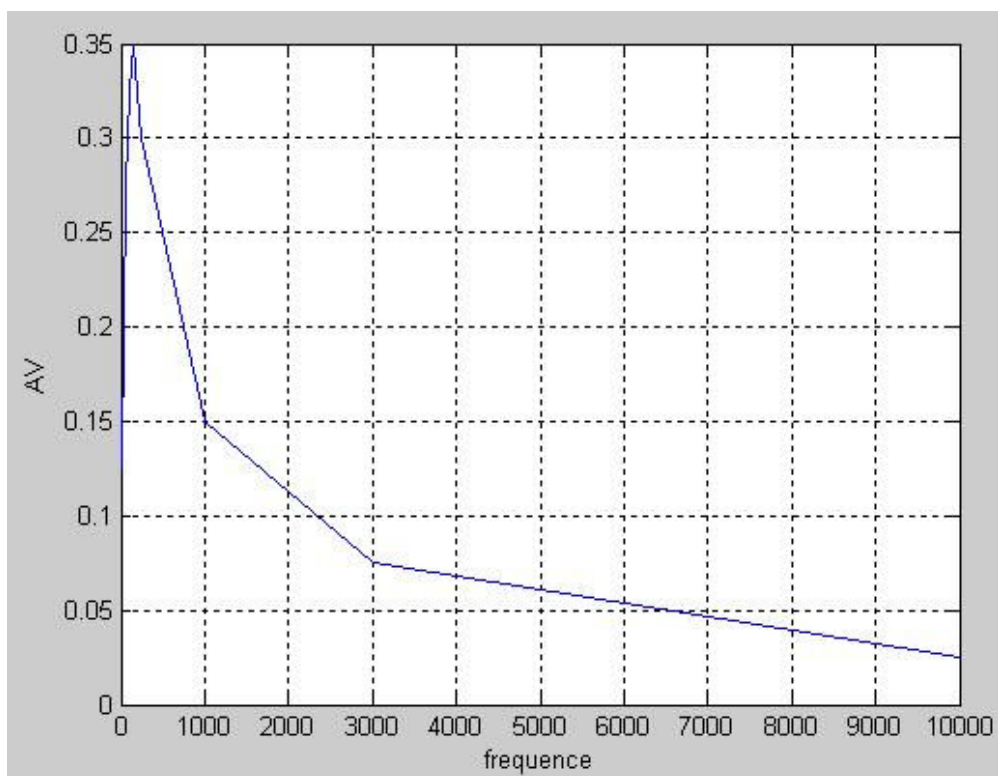
با استفاده از یک مقاومت  $R = 10k\Omega$  و  $C = 0.1\mu f$  مدار میان گذر شکل فوق را می سازیم و یک منبع سینوسی با ولتاژ پیک ۲ ولت به مدار اعمال می کنیم و برای فرکانس داده شده طبق جدول زیر مقدار ولتاژ خروجی و افتلاف فاز را اندازه گیری می کنیم و باید دقت کرد که هنگامی فرکانس نوسان ساز را تغییر می دهیم ولتاژ ورودی تغییر نکند و همواره روی ۲ ولت پیک ثابت بماند.

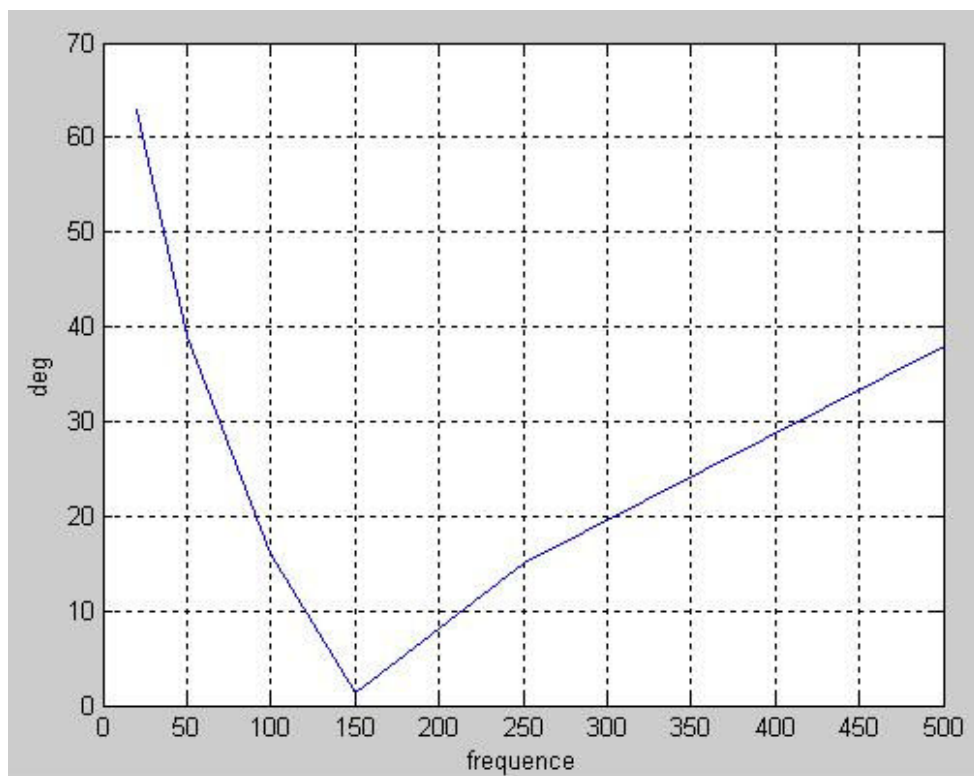
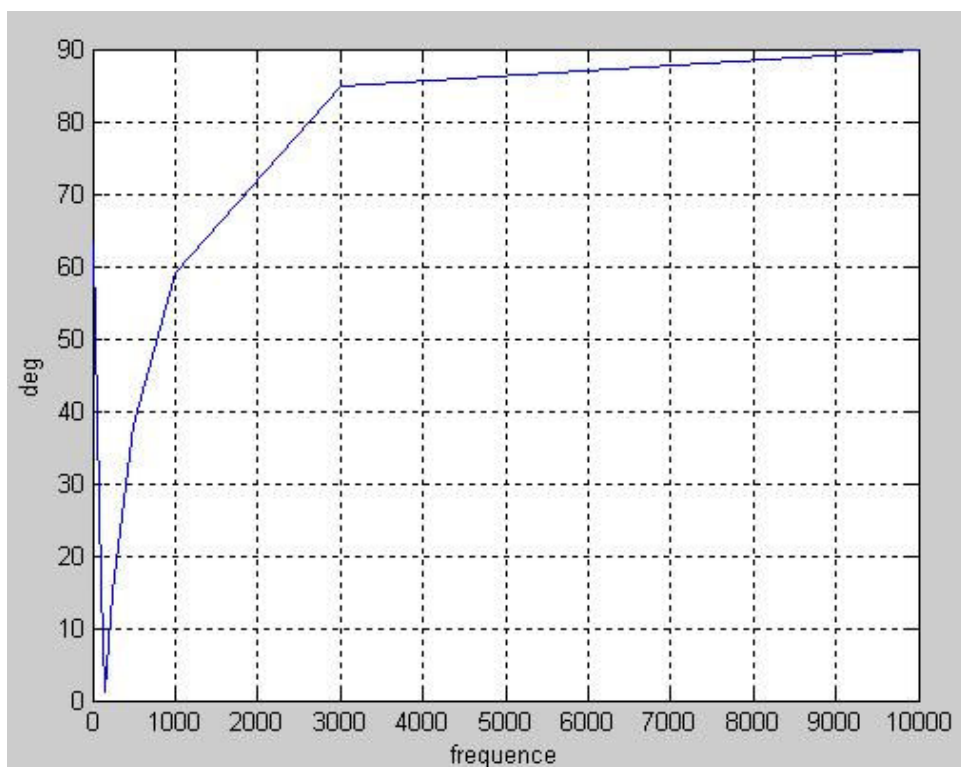
فرکانس $f$	$V_o$ (اندازه گیری)	$V_o$ (مماسبه)	$\phi$ (اندازه گیری)	$\phi$ (مماسبه)
20 Hz	0.5	0.46	63	69.09
50 Hz	1.1	0.96	39	43.80
100 Hz	1.3	1.26	16	17.86
150 Hz	1.4	1.32	1.3	2.30
250 Hz	1.2	1.26	15	17.28
500 Hz	1	0.96	38	43.27
1000 Hz	0.6	0.58	59	63.91
3000 Hz	0.3	0.20	85	80.94
10000 Hz	0.1	0.06	90	87.26

رسم شکل منمنی  $V_o$  و  $\phi_o$  را برمسب فرکانس و فرکانس مرکزی و فرکانس های قطع بالا و پایین و همچنین پهنای باند عبور را پیدا کنید .

$$f_0 = KHz$$

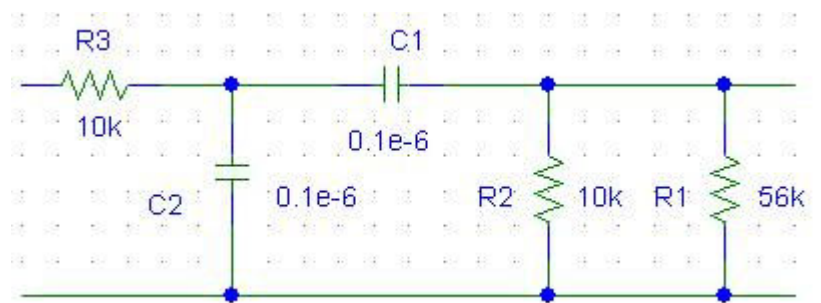
$$B.W = 477.46 \text{ Hz} \quad \text{و} \quad f_2 = 47.74 \text{ Hz} \quad \text{و} \quad f_1 = 525 \text{ Hz}$$





## قسمت دوم آزمایش:

مدار زیر را بسته و تاثیر مقاومت بار را در فرکانس مرکزی و فرکانس های قطع و پهنای باند فیلتر میان گذر از طریق اندازه گیری بدست آورید. برای این کار جدولی مانند جدول فوق را رسم می کنیم.

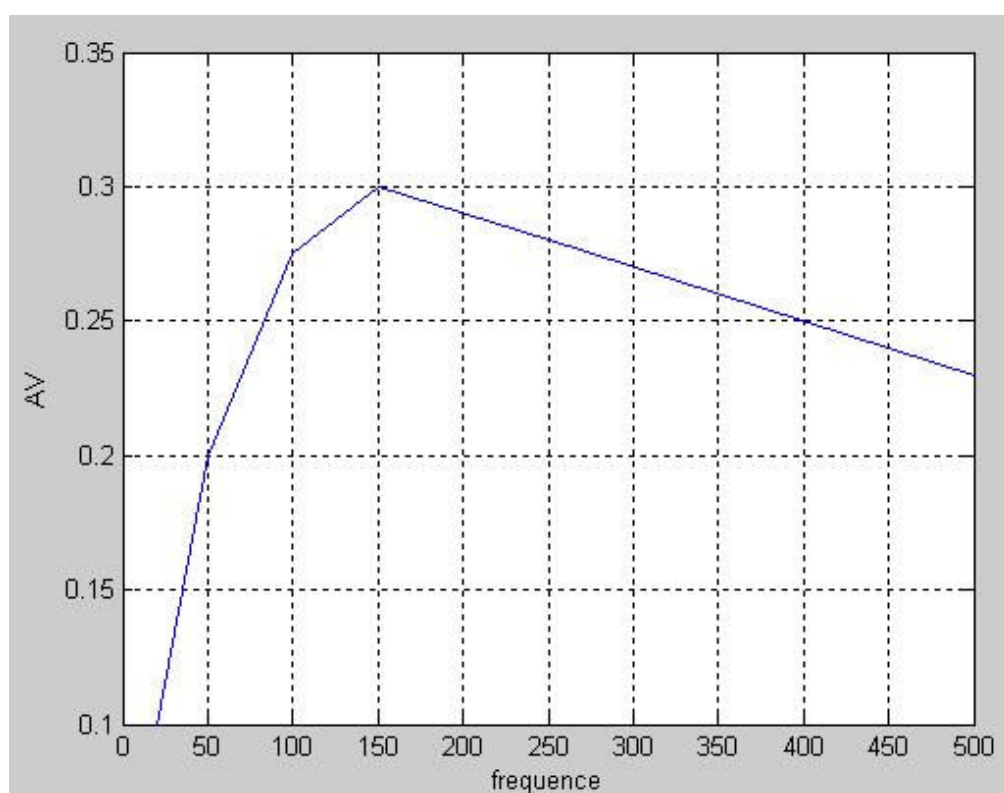
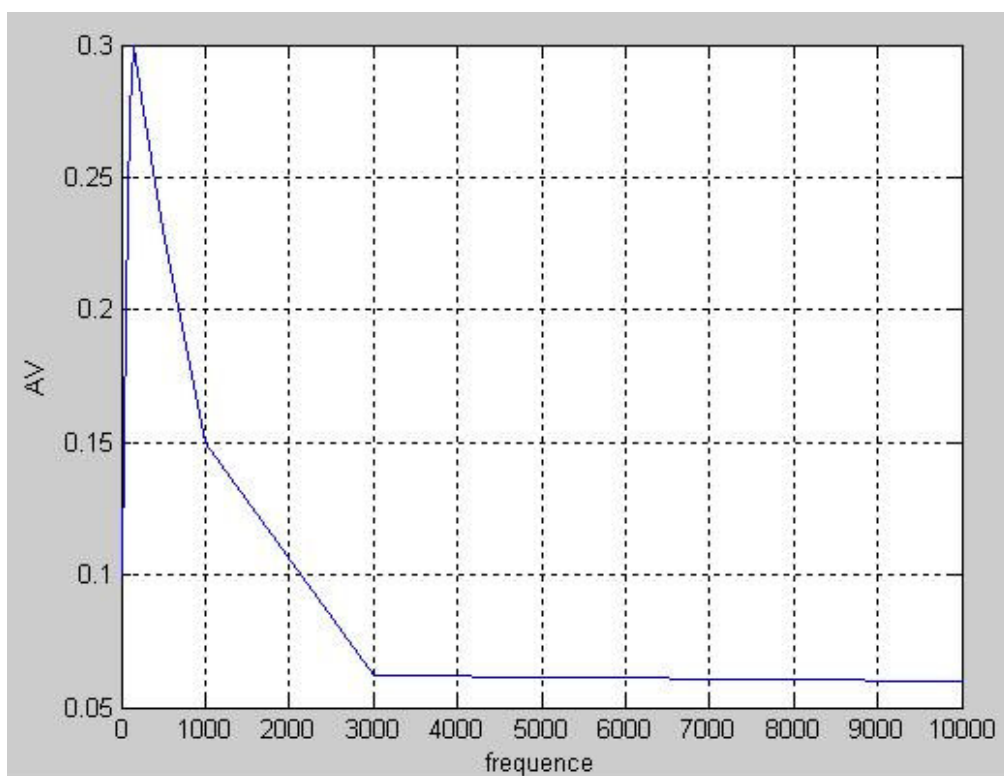


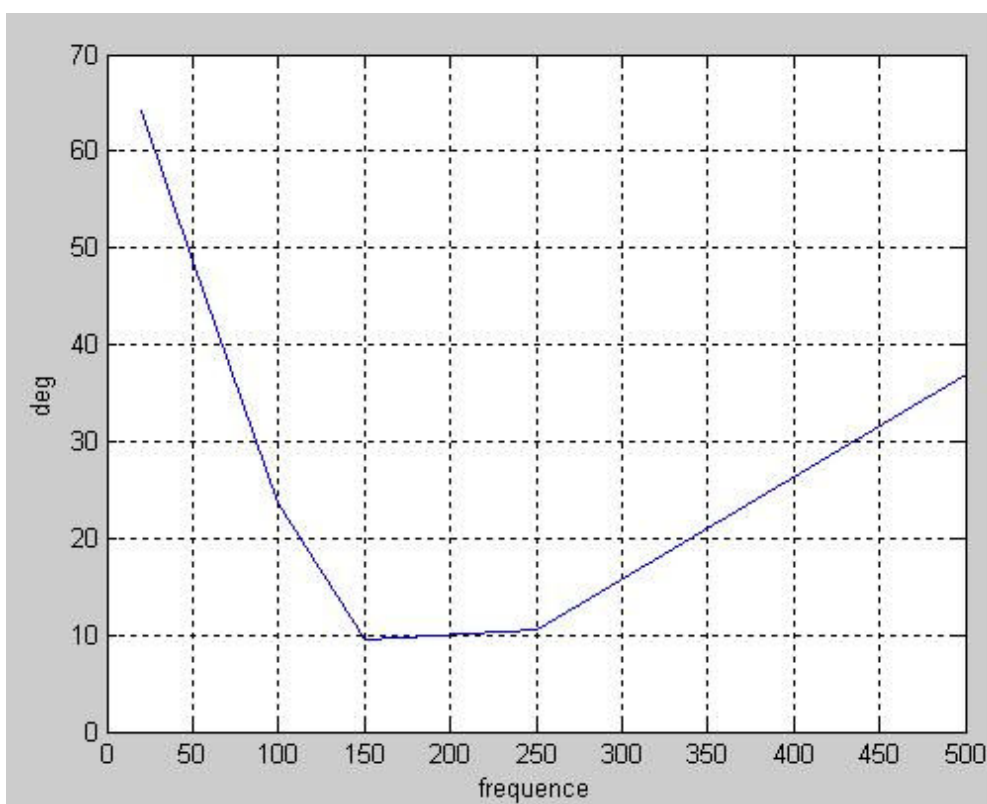
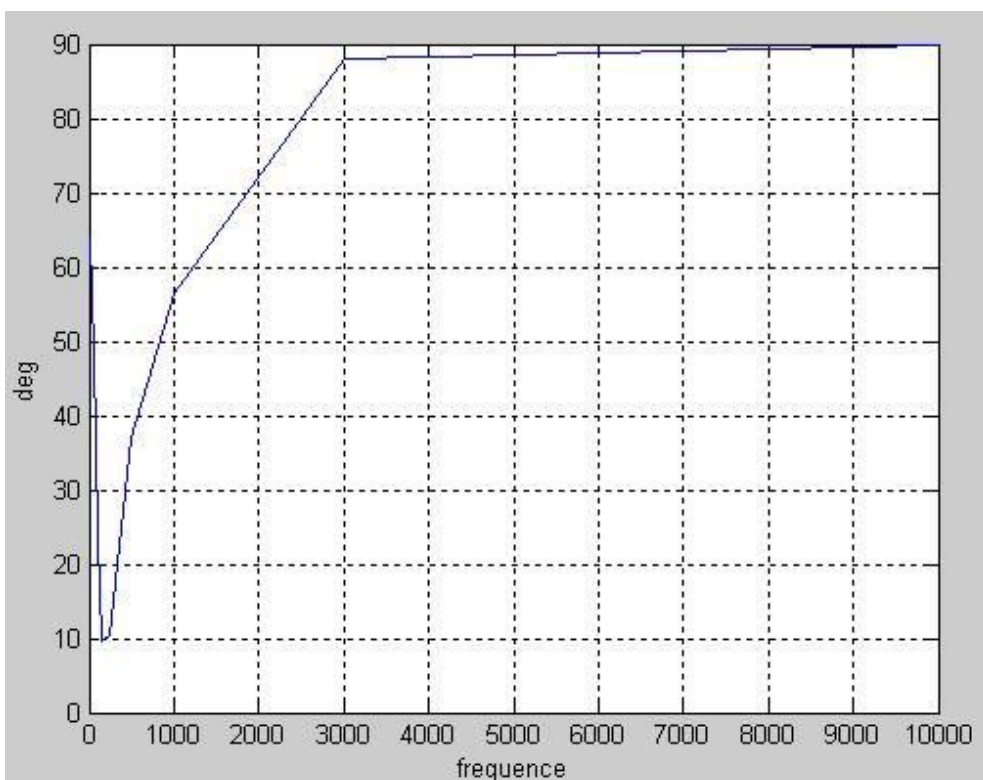
فرکانس $f$	$V_o$ (اندازه گیری)	$V_o$ (مماسیه)	$\phi$ (اندازه گیری)	$\phi$ (مماسیه)
20 Hz	0.4	0.4	64.15	72.17
50 Hz	0.8	0.86	48.59	49.59
100 Hz	1.1	1.21	23.57	24.27
150 Hz	1.2	1.32	9.59	8.65
250 Hz	1.15	1.3	10.47	10.3
500 Hz	0.95	1.06	36.86	37.39
1000 Hz	0.6	1.2	56.44	59.79
3000 Hz	0.25	0.5	90	79.36
10000 Hz	0.25	0.074	90	86.79

رسم شکل منحنی  $V_o$  و  $\phi_o$  را برمسب فرکانس و فرکانس مرکزی و فرکانس های قطع بالا و پایین و همچنین پهنای باند عبور را پیدا کنید.

$$f_0 = 188 \text{ KHz}$$

$$B.W = 619.35 \text{ Hz} \quad \text{و} \quad f_2 = 56.2 \text{ Hz} \quad \text{و} \quad f_1 = 500 \text{ Hz}$$





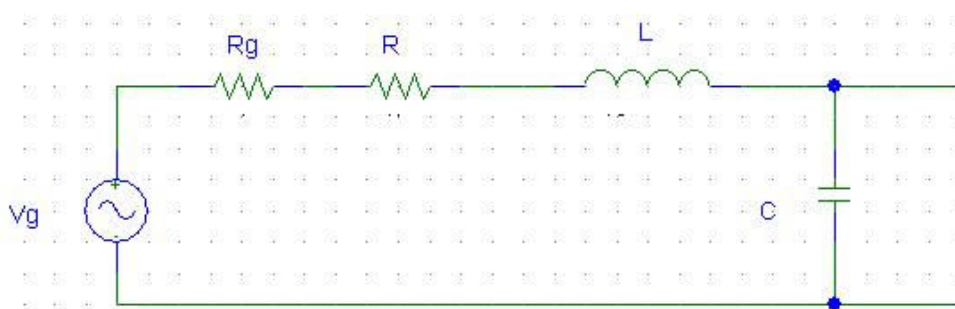
## آزمایش ۵

## پاسخ فرکانسی مدار RLC سری

مدار RLC را می توان برای نمایش هر نوع شبکه بکار برد ، زیرا کلیه شبکه ها ترکیبی از مقاومت ، خازن و القاگر می باشد . ترکیب سری یا موازی اجزا  $R$  ،  $L$  و  $C$  اصولاً دارای یک پاسخ طبیعی یا فرکانس طبیعی معینی می باشد. هنگامیکه این مدار ها با یک منبع سینوسی که فرکانس آن برابر و یا ترکیب به فرکانس طبیعی مدار است . تمریک می شود ، اثر جالبی از آنها بروز می کند که به تشدید موسوم است . در این مدار تشدید RLC سری را مورد بررسی قرار می دهیم :

## ولتاژ خروجی ( ولتاژ خازن )

شکل زیر یک مدار RLC سری را نشان می دهد که فروبی از دو سر خازن گرفته شده است . هنگامیکه فرکانس نوسان ساز تغییر می کند و ولتاژ ثابت می ماند ، پاسخ مدار یا جریان  $I$  تغییر می کند . امپدانس مدار که از دو سر منبع دیده می شود برابر است با :



$$Z = R_e + j \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right)$$

که در آن  $R_e = R_g + R$  مقاومت کل مدار است .

با مناسبه  $f_s$  از رابطه امپدانس به این نتیجه می (سیم) که در فرکانس :

$$f_s = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$$

امپدانس مدار به مداخل یعنی  $Z = Z_s = R_e$  کاهش می یابد . بدیهی است که در این فرکانس ، مدار مداخلتر خواهد بود و مقدار آن برابر است با :

$$I = I_s = \frac{V_s}{R_e}$$

فرکانس  $f_s$  که در ای مدار بصورت مقاومت خالص در می آید به فرکانس تشدید موسوم است ، در فرکانس تشدید ، روابط بین ولتاژ دو سر خازن و دو سر القاگر با ولتاژ منبع برابر است و عبارتند از :

$$|V_{cs}| = \frac{1}{\omega_s C} I_s = \frac{1}{\omega_s C} \cdot \frac{V_g}{R_t} = Q_s V_g$$

$$|V_{ls}| = \omega_s L I_s = \omega_s L \cdot \frac{V_g}{R_t} = Q_s V_g$$

که در آن :

$$Q_s = \frac{1}{\omega_s C R_t} = \frac{L \omega_s}{R_t}$$

ضریب کیفیت مدار سری در فرکانس تشدید است . روابط بالا نشان می دهند که ولتاژ دو سر خازن ، سلف در فرکانس تشدید برابر هستند و در صورتیکه  $Q_s > 1$  باشد ، ولتاژ دو سر خازن و سلف  $Q_s$  برابر ولتاژ منبع است ، به این ترتیب مدار فوق بصورت یک تقویت کننده ولتاژ عمل می کند .

### مشخصه پاسخ فرکانس

با توجه به مدار فوق خواهیم داشت :

$$A_v = \frac{V_o}{V_g} = \frac{1}{1 - LC\omega^2 + j R_t C \omega}$$

$$|A_v| = \frac{1}{\sqrt{(1 - LC\omega^2)^2 + R_t^2 C^2 \omega^2}}$$

$$\varphi = \arctan \left( \frac{R_t C \omega}{LC\omega^2 - 1} \right)$$

در فرکانس بسیار پایین  $|A_v| \cong 1$  و  $\phi = 0$  می باشد. که همانطور که قبلاً گفته شد در صورتیکه  $Q_s > 1$  باشد، مدار بصورت یک تقویت کننده عمل می نماید. لذا در فرکانس مشخص باید ولتاژ فازن به ماکزیمم مقدار برسد. برای مناسبه مقدار ماکزیمم ولتاژ از  $|A_v|$  نسبت به  $\omega$  مشتق می گیریم:

$$|A_v| = \frac{d|A_v|}{d\omega} = 0 \rightarrow \omega_1 = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2 L}{2L^2}} \rightarrow f_1 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{2L}}$$

$$f_1 < f_s$$

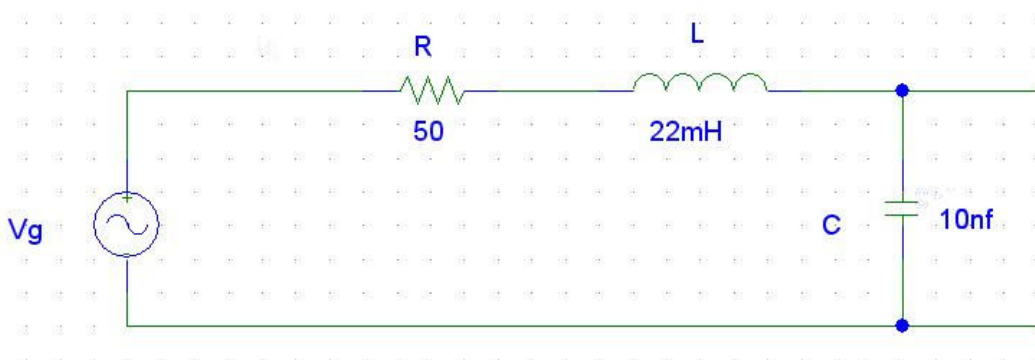
$$|A_v| = \frac{Q_s}{\sqrt{1 - \frac{R^2}{4L}}}$$

شرط  $Q_s > 1$ ،  $R^2 < \frac{L}{C}$  است ولی شرط وجود نقطه ماکزیمم برای ولتاژ فازن  $R^2 < \frac{2L}{C}$  می باشد.

### روش آزمایش

#### ۱- پاسخ فرکانسی از دو سر خازن:

مداری مطابق شکل زیر ساخته و یک موج سینوسی با مقدار پیک  $4V_{p-p}$  به آن اعمال می کنیم.



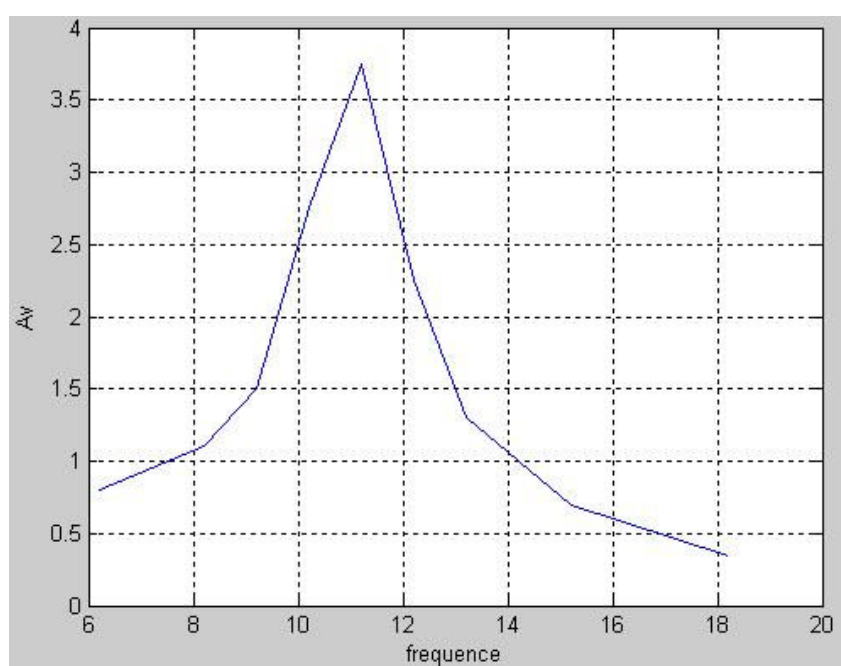
مالا فرکانس منبع را تغییر داده تا جریان مدار ماکزیمم گردد. در این حالت ( حالت تشدید ) مدار مقاومتی بوده و اگر سلف L ایده آل باشد ولتاژ دو سر AB صفر خواهد شد. لذا چون در عمل سلف ایده آل نیست، ماکزیمم

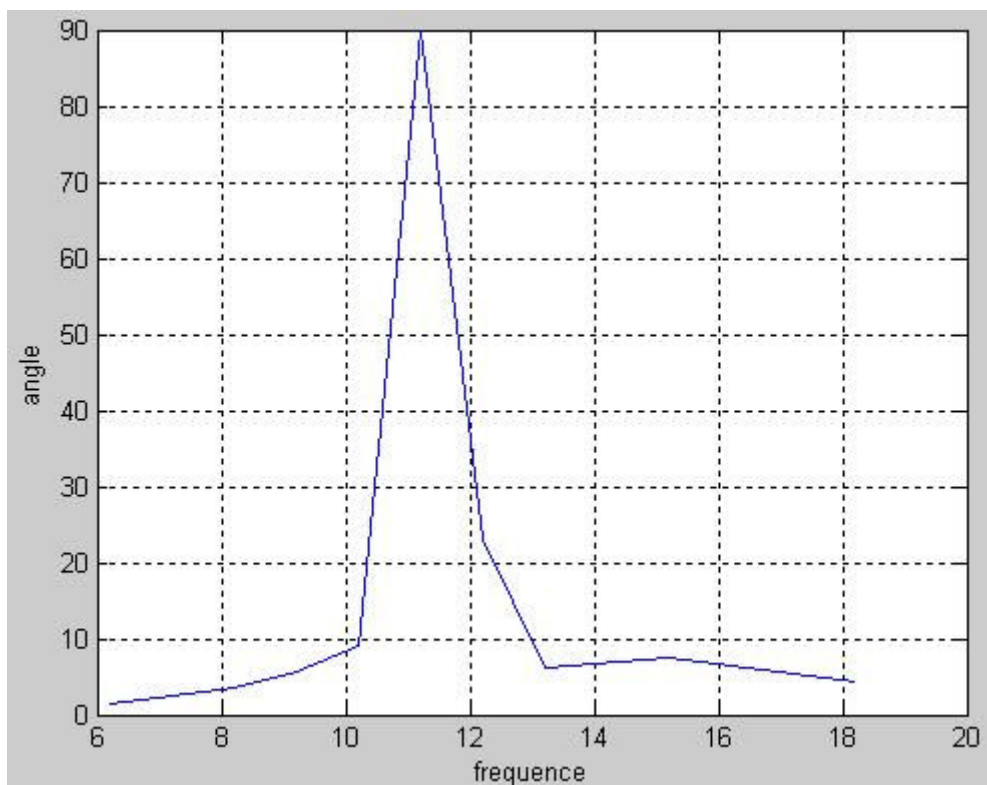
## گزارشکار آزمایشگاه مدارهای جریان متناوب

جریان با مینیمم شدن ولتاژ دو سر AB حاصل می گردد. فرکانس تشدید را با اسیلوسکوپ اندازه گیری نموده و در جدول زیر مقابل  $f_s$  قرار می دهیم. بعد برای هر فرکانس در جدول زیر اختلاف فاز بین ولتاژ خروجی فازن را اندازه گرفته و در جدول یادداشت می کنیم. و باید توجه کرد در سراسر آزمایش دامنه ورودی ثابت باشد.

فرکانس $KHz$	مقدار فرکانس $KHz$	$V_o$ (اندازه گیری)	$V_o$ (مماسیه)	اختلاف فاز (اندازه گیری)	اختلاف فاز (مماسیه)
$f_s - 5$	6.2	3.2	2.8	1.5	1.51
$f_s - 3$	8.2	4.4	4.26	3.5	2.59
$f_s - 2$	9.2	6	6.06	5.7	4.69
$f_s - 1$	10.2	11	11.14	9	9.66
$f_s$	11.2	15	59.4	90	79.75
$f_s + 1$	12.2	9	10.97	23	20
$f_s + 2$	13.2	5.2	2.57	6.1	6
$f_s + 4$	15.2	2.8	2.41	7.6	6.5
$f_s + 7$	18.2	1.4	1.23	4.3	5

منحنی  $A_v$  بر حسب  $f$

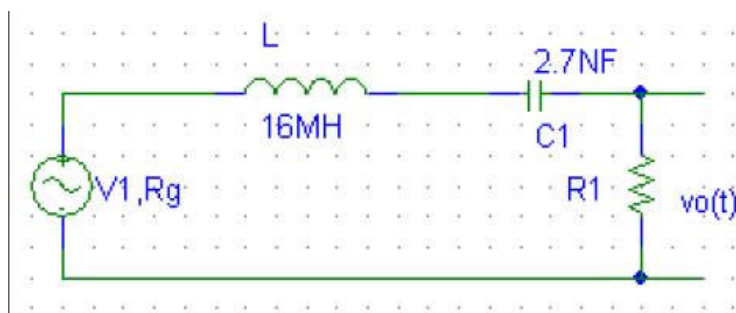


منحنی  $\varphi$  بر مبنای  $f$ 

$$f_s = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \cong 11.2 \text{ KHz}$$

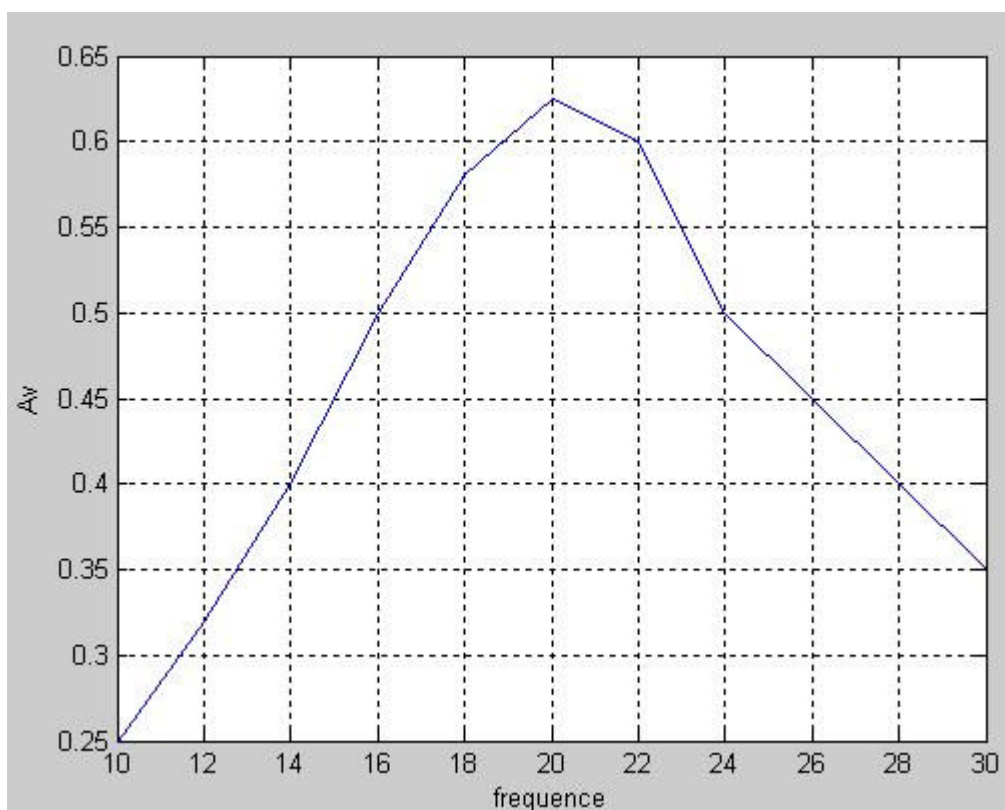
## ۲- پاسخ فرکانسی خروجی از دو سر مقاومت

مدار شکل زیر را بسته و به ازای مقاومت های مختلف جدول زیر را کامل می کنیم . و قبل از آن فرکانس تشدید را که به ازای آن  $V_o$  حداکثر می شود. را بدست می آوریم.



فرکانس $KHz$	مقدار فرکانس $KHz$	دامنه $V_o$		
		$R = 1.8K$	$R = 1.5K$	$R = 1.2K$
$f_s - 10$	10	1	0.9	0.8
$f_s - 8$	12	1.3	1.2	1
$f_s - 6$	14	1.6	1.5	1.2
$f_s - 4$	16	2	1.9	1.8
$f_s - 2$	18	2.35	2.4	2.2
$f_s$	20	2.5	2.6	2.4
$f_s + 2$	22	2.4	2.4	2.2
$f_s + 4$	24	2	2.1	2
$f_s + 6$	26	1.8	1.8	1.6
$f_s + 8$	28	1.6	1.6	1.4
$f_s + 10$	30	1.42	1.4	1.2

منحنی  $A_v$  بر حسب  $f$  برای مقاومت  $R = 1.8K$  و فرکانس های میانی و فرکانس قطع پایین و بالا و پهنای باند.

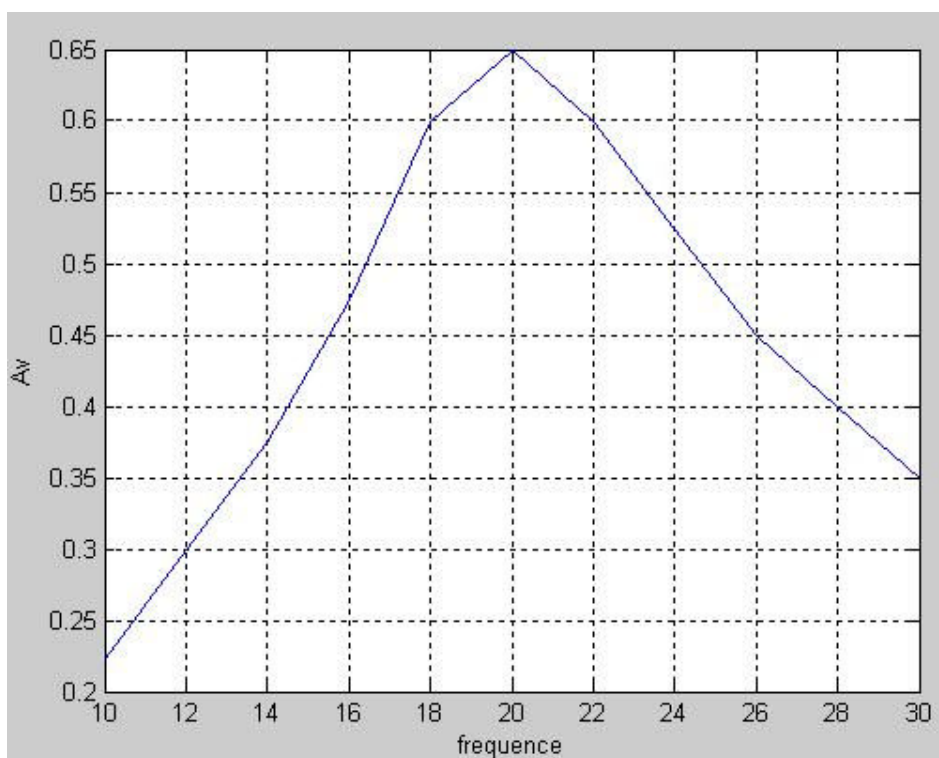


$$B.W = \frac{R}{2\pi L} = 13.02 \text{ KHz}$$

$$f_H = f_s + \frac{B.W}{2} = 27.16 \text{ KHz}, f_L = f_s - \frac{B.W}{2} = 14.14 \text{ KHz}$$

$$f_s = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = 20.65 \text{ KHz}$$

منحنی  $A_v$  بر حسب  $f$  برای مقاومت  $R = 1.5K$  و فرکانس های میانی و فرکانس قطع پایین و بالا و پهنای باند.

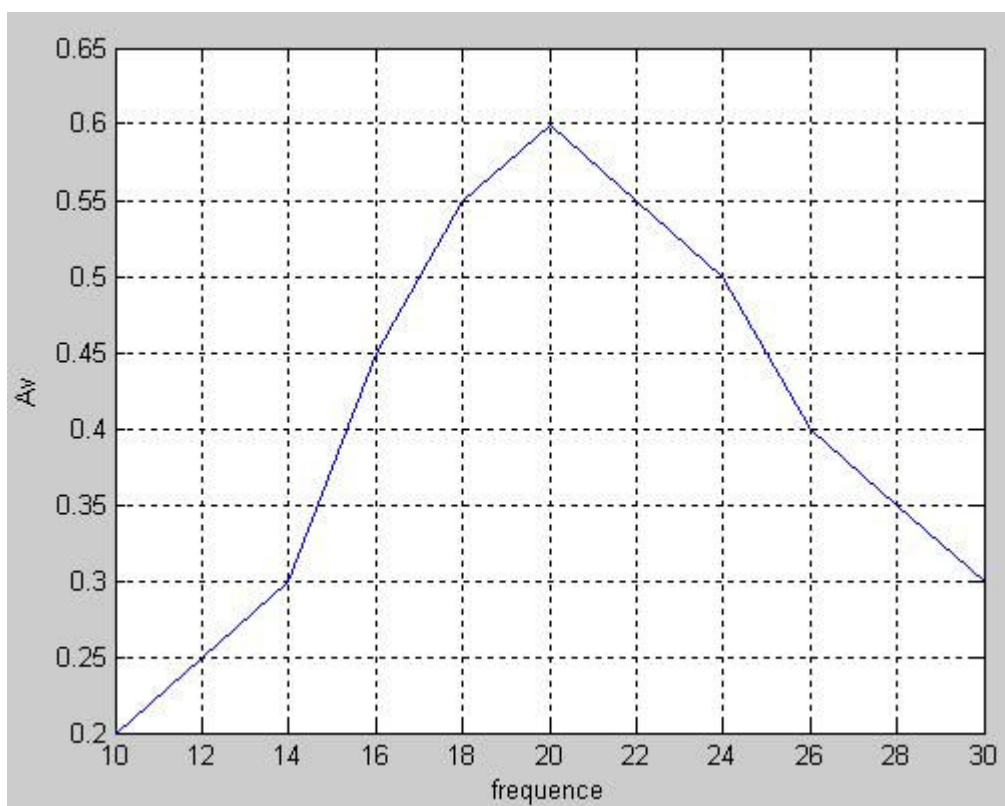


$$B.W = \frac{R}{2\pi L} = 10.85 \text{ KHz}$$

$$f_H = f_s + \frac{B.W}{2} = 26.087 \text{ KHz}, f_L = f_s - \frac{B.W}{2} = 15.225 \text{ KHz}$$

$$f_s = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = 20.65 \text{ KHz}$$

منحنی  $A_v$  بر حسب  $f$  برای مقاومت  $R = 1.2K$  و فرکانس های میانی و فرکانس قطع پایین و بالا و پهنای باند.



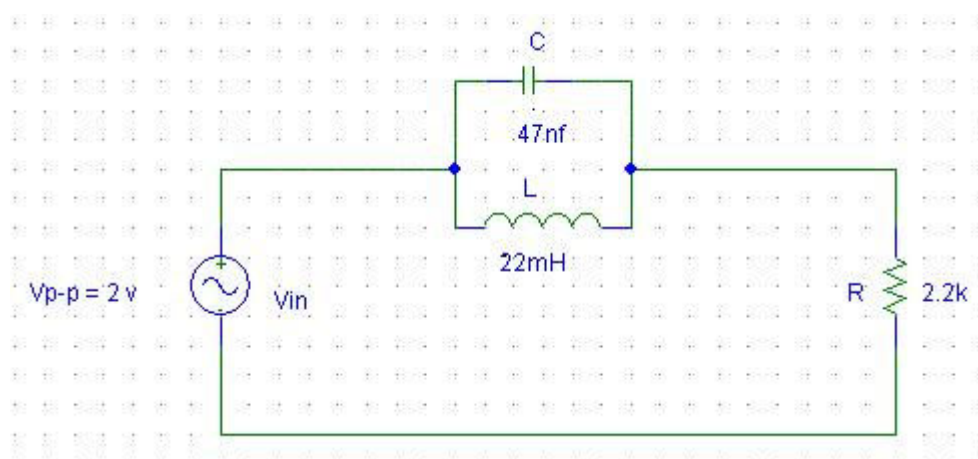
$$B.W = \frac{R}{2\pi L} = 8.68 \text{ KHz}$$

$$f_H = f_s + \frac{B.W}{2} = 24.99 \text{ KHz}, f_L = f_s - \frac{B.W}{2} = 16.31 \text{ KHz}$$

$$f_s = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = 20.65 \text{ KHz}$$

## ۳- پاسخ فرکانسی خروجی از دو سر مقاومت (LC موازی)

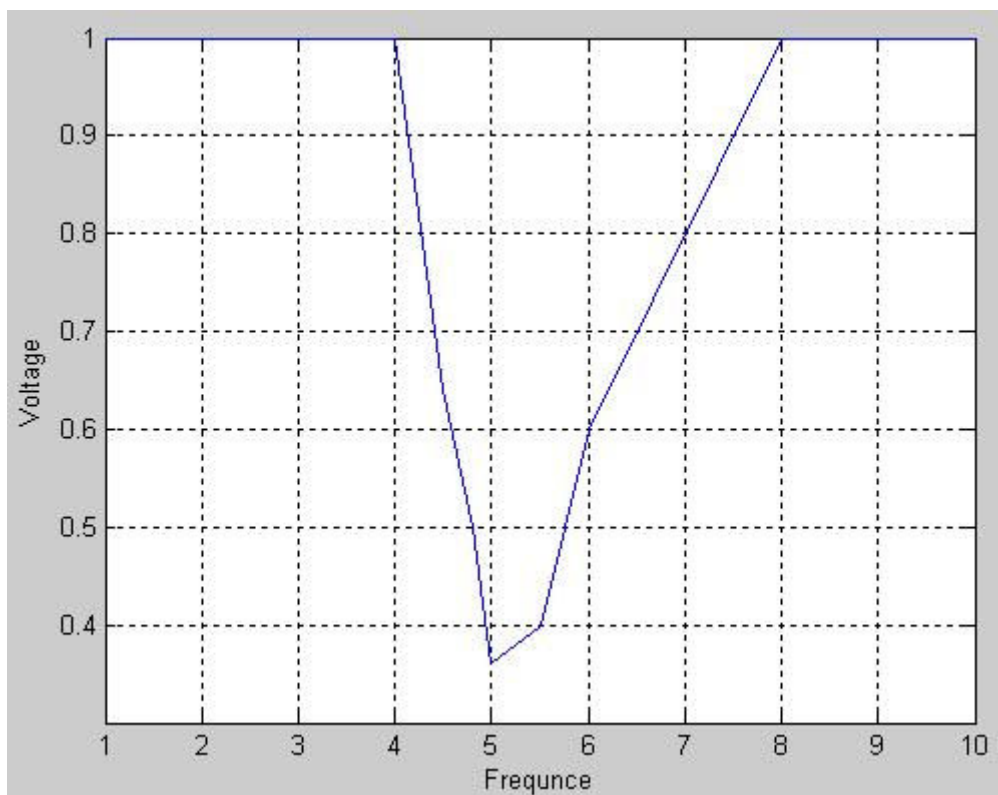
مدار شکل زیر را می بندیم و ولتاژ دو سر مقاومت را در فرکانس های مختلف اندازه گیری می کنیم و در جدول زیر یادداشت می کنیم .



نتایج بدست آمده از آزمایش :

$f \text{ (KHZ)}$	1	2	3	4	4.5	4.8	5	5.5	6	8	10
$V_L (V_{p-p})$	0.9	0.9	0.9	0.9	0.64	0.5	0.36	0.4	0.6	0.9	0.9
$\phi$	2.7	6.3	12.2	24.47	39	55	70	60	36	15	11

منحنی  $V_L(V_{p-p})$  را بر حسب  $f$



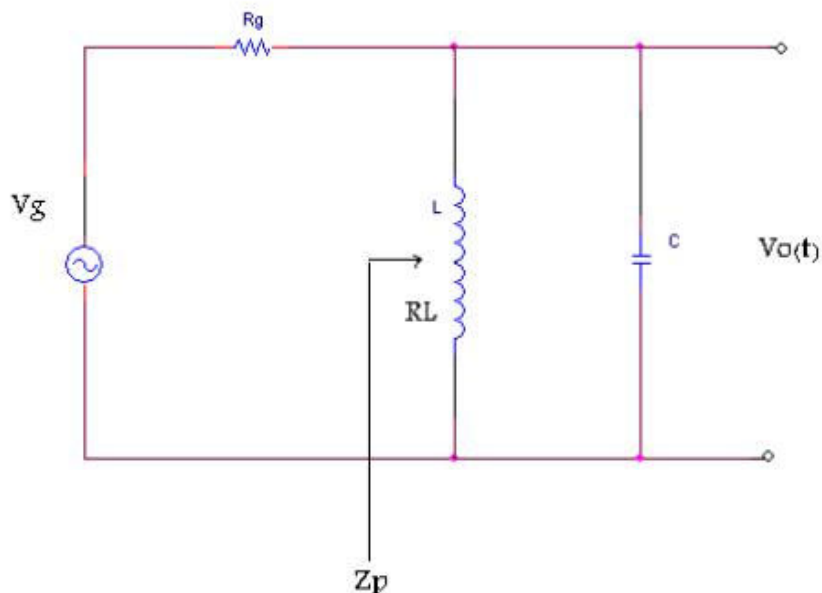
$$f_s = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \cong 5.1 \text{ KHz}$$

با توجه به منحنی می توان گفت فرکانس تشدید مدوداً برابر  $5 \text{ KHz}$  است که تقریباً با مقدار بدست آمده توسط فرمول یکسان است.

## آزمایش شماره ۶

## پاسخ فرکانسی مدار RLC موازی

در آزمایش پاسخ فرکانسی مدار RLC سری مشاهده گردید، بطوریکه در فرکانس معینی مدار به حالت تشدید در می آید. همین کیفیت در مدار موازی با شکل زیر ظاهر می شود. از ویژگی های حالت تشدید در این مدار آن است که  $I_{\text{eff}}$  مینیمم،  $Z_p$  کاملاً مقاومتی و  $V_{\text{eff}}$ ،  $I_{\text{eff}}$  هم فاز هستند (در فرکانس شدید). به علت تبادل انرژی بین اجزا واکنشی ملقه فازن - سلف، مدار موازی را مدار تانک (Tank Circuit) و به جریان ملقه، جریان تانک  $I_{\text{tank}}$  گفته می شود.



مدار فوق را در نظر می گیریم: ادمیتانس مدار موازی عبارتست از:

$$Y = Y_L + Y_C$$

$$Y = \frac{1}{R_L + j\omega L} + j\omega C$$

$$Y = \frac{R_L}{R_L^2 + \omega^2 L^2} - j \left( \frac{\omega L}{R_L^2 + \omega^2 L^2} - \omega C \right)$$

بررسی رابطه فوق نشان می دهد که حالت تشدید وقتی رخ می دهد که قسمتی موهومی برابر صفر باشد ، بنابراین فواید داشت:

$$\omega_p = \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R_L}{L}\right)^2}$$

در حالیکه می توان نوشت :

$$\omega_p = \omega_s \sqrt{1 - \frac{1}{Q_s^2}}$$

که در آن  $\omega_s$  فرکانس تشدید مدار RLC و  $Q_s = \frac{L\omega_s}{R_L}$  ضریب کیفیت مدار سری در فرکانس تشدید است . بدیهی است که مقادیر  $Q_s$  فرکانس مدار تشدید موازی  $\omega_p$  ، برابر  $\omega_s$  است . در فرکانس تشدید ، فاز جریان و فاز ولتاژ منبع یکی است . بعبارت دیگر ضریب قدرت برابر واحد است و امپدانس ورودی  $Z_p$  مقاومت خالص و برابر است با :

$$Z_p = \frac{R_L^2 + \omega_p^2 L^2}{R_L} = R_L + Q_p L \omega_p = R_L (1 + Q_p^2)$$

برای مقادیر بزرگ  $Q_p$  می توان نوشت :

$$Z_p \cong R_L Q_p^2$$

با این ترتیب با انتخاب مناسب L و C می توان مقاومت های ورودی متفاوتی بدست آورد . بدیهی است که اگر  $Z_p = R_g$  باشد ماکزیمم مقدار قدرت از منبع به بار منتقل می شود . روابط بین فازن و جریان القاگر با جریان منبع در فرکانس تشدید عبارتست از :

$$|I_C| \cong \left| \frac{V_o}{X_C} \right| = \omega_p C |V_o|$$

$$|I_g| = \left| \frac{V_o}{Z_p} \right| = \frac{C R_L}{L} |V_o|$$

$$\Rightarrow |I_C| = Q_p |I_g|$$

بنابراین می توان گفت که مدار بصورت یک تقویت کننده جریان عمل می نماید . از این روست که در ورودی گیرنده های رادیویی یا تلویزیونی عموماً از مدار تشدید موازی استفاده می شود.

پاسخ فرکانسی مدار RLC موازی عبارتست از :

$$A_v = \frac{V_c}{V_G} = \frac{Z_p}{Z_p + Z_s}$$

نظر به اینکه در فرکانس تشدید ،  $Z_p$  ماکزیمم مقدار خود را دارا است ، لذا ولتاژ فروبی به حداکثر مقدار خود رسد. در فرکانس های کمتر و یا بیشتر از فرکانس تشدید ، ولتاژ فروبی کاهش می یابد . رابط بین فرکانس های قطع و نیز پهنای باند مثل مدار سری :

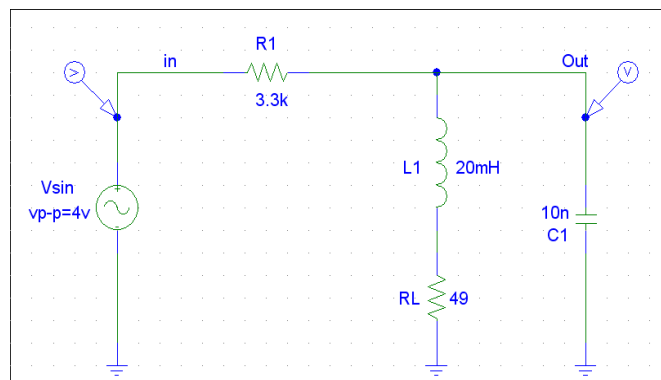
$$B.W = \frac{\omega_p}{Q_p}$$

$$B.W = \frac{R_L}{L} \left( 1 + \frac{R_L}{R_g} + \frac{\omega_p^2 L^2}{R_g R_L} \right)$$

$$\omega_p = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

### نحوه آزمایش

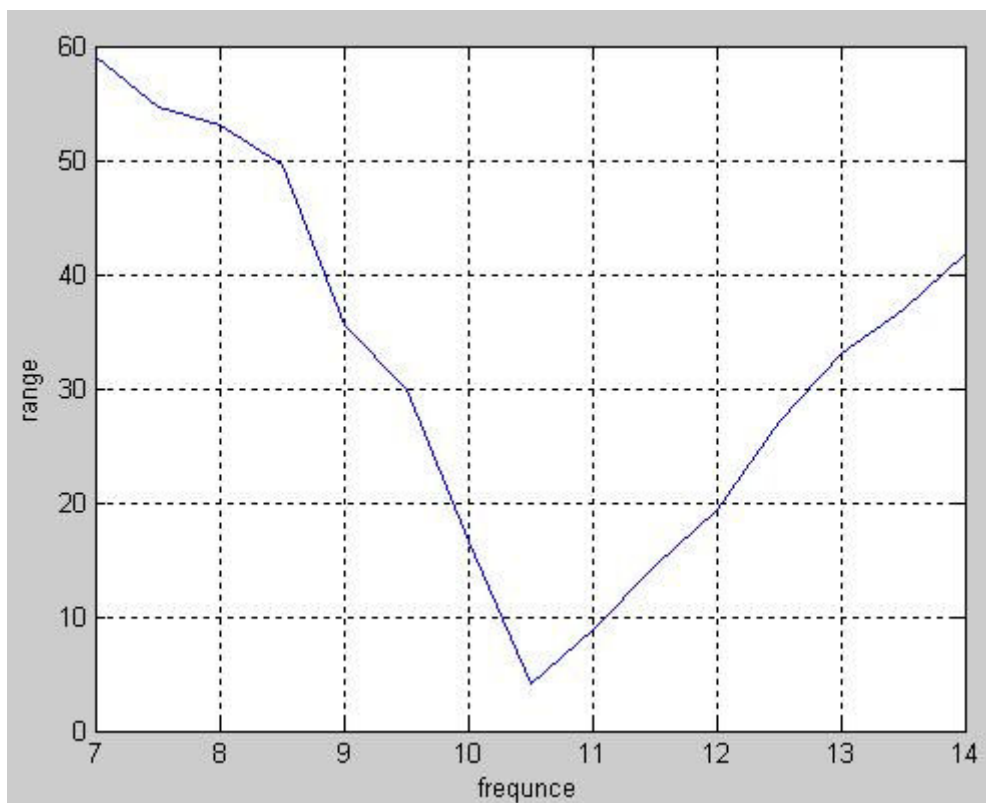
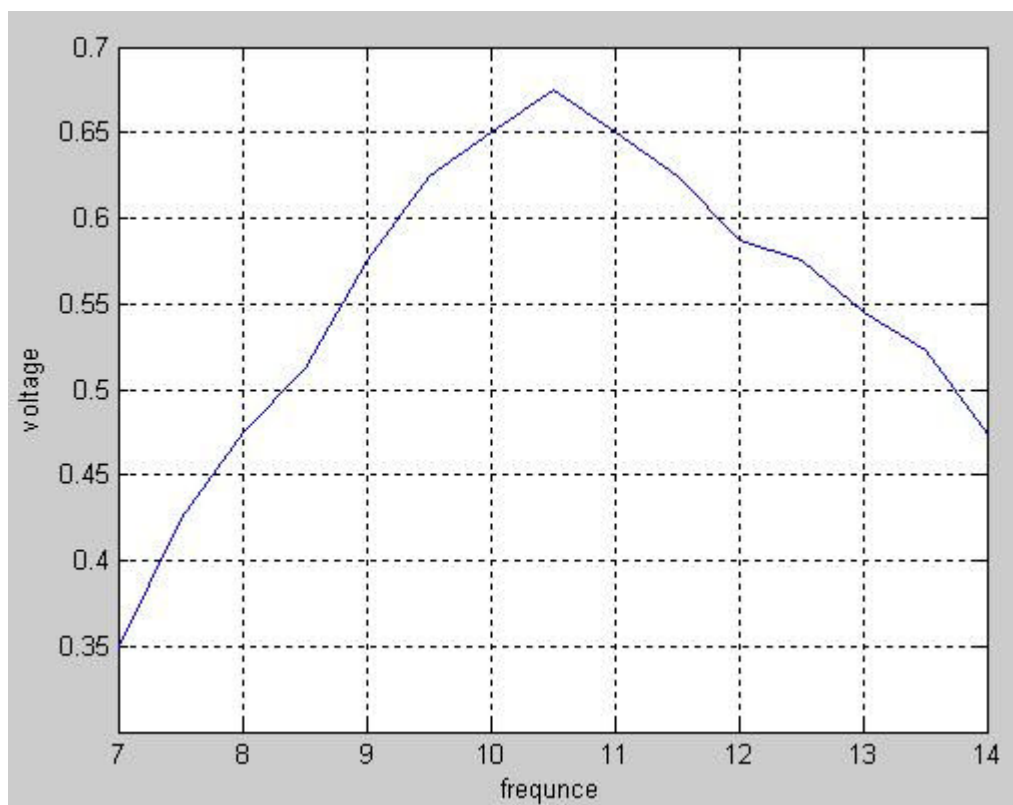
مداری مطابق شکل زیر با  $R = 3.3K\Omega$  و یک موج سینوسی با مقدار پیک ۲ ولت به مدار اعمال می نماییم و با تغییر دادن فرکانس منبع ، ماکزیمم ولتاژی که در فروبی ظاهر می شود اندازه می گیریم و در جدول زیر یادداشت می نماییم . سپس با فرکانس های داده شده آزمایش را تکرار و ولتاژ فروبی و اختلاف فاز آن را با ولتاژ منبع در هر فرکانس اندازه گیری می کنیم و در جدول زیر یادداشت می کنیم.



تذکر: قبل از انجام آزمایش مقدار اهمی  $R_L$  و سلفی  $L$  را با اهم متر اندازه گیری می نماییم.

### نتایج بدست آمده از آزمایش:

فرکانس تشدید $KHz$	مقدار فرکانس $KHz$	$V_o(p-p)$	افتلاف فاز $\varphi$
$f_p - 6$	7	1.4	59
$f_p - 4$	7.5	1.7	54.73
$f_p - 3$	8	1.9	53.13
$f_p - 2$	8.5	2.05	49.63
$f_p - 1.5$	9	2.3	32.57
$f_p - 1$	9.5	2.5	30
$f_p - 0.5$	10	2.6	16.60
$f_p$	10.5	2.7	4.09
$f_p + 0.5$	11	2.6	8.84
$f_p + 1$	11.5	2.5	14.47
$f_p + 1.5$	12	2.35	19.47
$f_p + 2$	12.5	2.3	27.03
$f_p + 3$	13	2.1	33.05
$f_p + 4$	13.5	2.05	36.86
$f_p + 6$	14	1.9	41.8

منحنی  $\phi$  بر حسب  $f$ منحنی  $A_v$  بر حسب  $f$ 

## گزارشکار آزمایشگاه مدارهای جریان متناوب

فرکانس قطع فیلتر و فرکانس مرکزی مدار

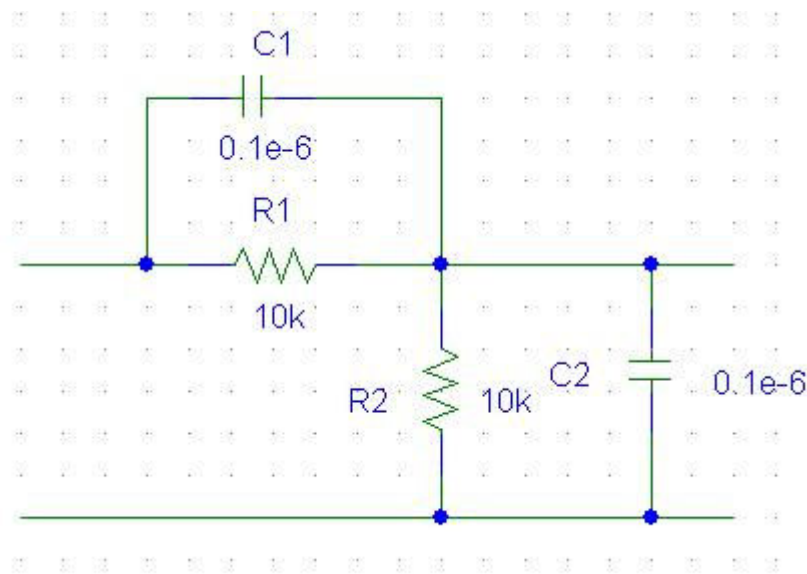
$$f_z = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = 10.73 \text{ KHz}$$

با توجه به منحنی می توان گفت که فرکانس تشدید مدوفاً برابر 10.5 KHz است که تقریباً با مقدار بدست آمده توسط فرمول یکسان است .

## آزمایش شماره ۷

## مدار RC پایین گذر

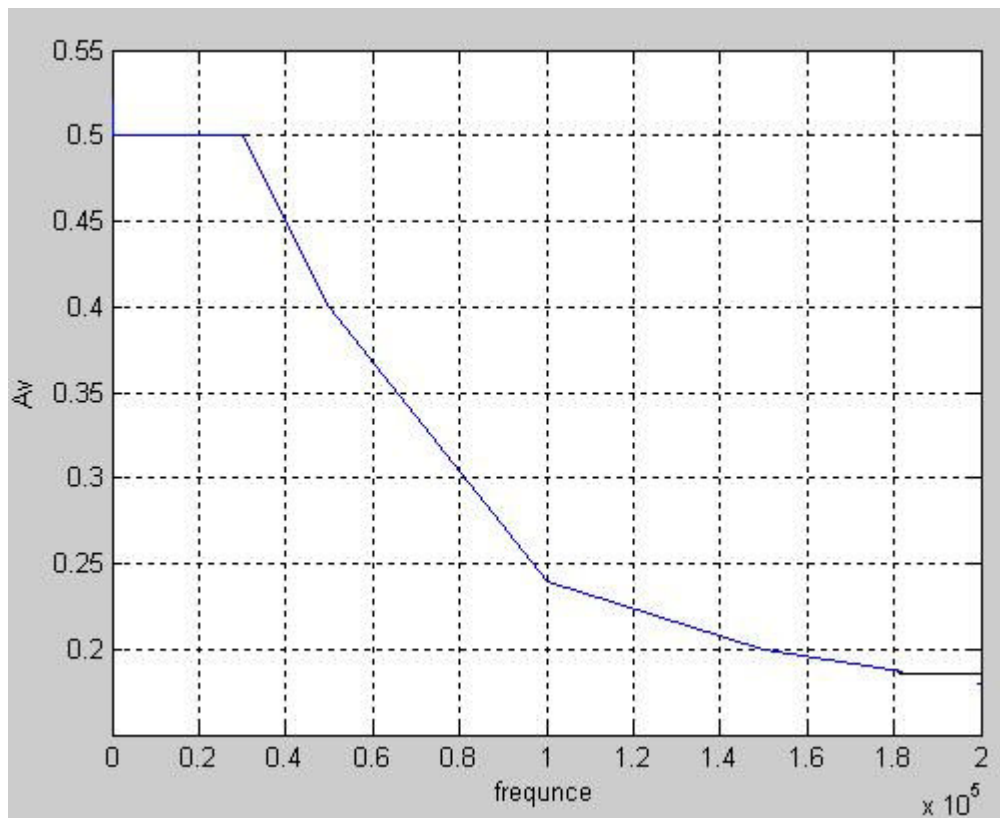
این مدار زیر یک مدار پایین گذر می باشد. که با اعمال ورودی ۴ ولت پیک تا پیک فروقی را در فرکانس های مختلف بدست می آوریم . چون مدار همانگونه که گفتیم پایین گذر می باشد در فرکانس های پایین مقدار ولتاژ فروقی زیاد می باشد و هرچه مقدار فرکانس زیاد می شود مقدار ولتاژ فروقی مقدارش کم می شود. که برای پی بردن به درستی این مطلب مدار زیر را می بندیم و نتایج زیر را بدست می آوریم.



$$A_v = \frac{V_o}{V_{in}}$$

نتایج بدست آمده از آزمایش :

$f(Hz)$	10	20	50	100	500	1K	5K	10K	20K	30K	50K	100K	150K	200K
$V_o$	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1.6	0.95	0.8	0.8
$\phi$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.5	4.5	5.5	7.2

منحنی  $A_v$  بر حسب  $f$ منحنی  $\varphi$  بر حسب  $f$ 