

یا لطیف



دانشکده مهندسی برق

گزارش کار آزمایشگاه اندازه گیری و مدار های الکتریکی

آزمایش شماره ۷: فیلتر پایین گذر RC و RL

تهیه کننده و نویسنده:

رضا آدینه پور

استاد مربوطه:

جناب اقای مهندس ملکی

تاریخ تهیه و ارائه:

آبان ماه ۱۳۹۹

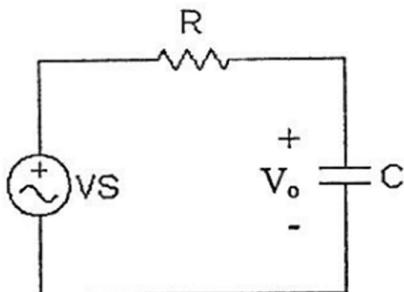
## بررسی پاسخ فرکانسی مدار های $RL$ و $RC$

یکی از کاربردهای مدار های  $RL$ ،  $RC$  و  $RLC$  در فیلتر هاست که در آنها سیگنال های ورودی به مدار را که در محدوده فرکانسی بخصوصی قرار داشته باشند از خود عبور داده و بقیه سیگنال ها که در این باند قرار ندارند را حذف میکند.

در این آزمایش به بررسی ساده ترین فیلتر های پایین گذر  $RC$  و  $RL$  خواهیم پرداخت.

### الف) فیلتر پایین گذر $RC$

در شکل زیر یک فیلتر پایین گذر  $RC$  نشان داده شده است:



به طور کیفی می توان گفت با توجه به این که  $Z_C = \frac{1}{Cj\omega}$  ، در فرکانس های خیلی کم خازن تقریباً مدار باز بوده و در نتیجه  $V_0 = V_S$  و در فرکانس های خیلی بالا که امپدانس خازن خیلی کوچک است، می توان آن را اتصال کوتاه در نظر گرفت ( $V_0 \cong 0$ )

اگر  $V_0$  و  $V_S$  را به طور کلی به صورت زیر در نظر بگیریم:

$$V_S = V_{Sm} \cos \omega t , \quad V_S = V_S \angle 0$$

$$V_0 = V_{0m} \cos(\omega t + \varphi) , \quad V_0 = V_{0m} \angle \varphi$$

در آن صورت  $A_V$  را پاسخ فرکانسی مدار می نامند، به عبارتی دیگر  $|A_V|$  را تابع فرکانسی منبع و منحنی تغییرات  $\varphi$  بر حسب فرکانس را مشخصه فاز مدار می گویند.

$$A_V = \frac{V_O}{V_S} = \left( \frac{V_{Om}}{V_{Sm}} \right) \angle \varphi$$

$$|A_V| = \frac{V_{Om}}{V_{Sm}}$$

$$|A_V| = \frac{1}{\sqrt{1 + (RC\omega)^2}} \quad (1)$$

$$\varphi = \tan^{-1}(-RC\omega) \quad (2)$$

بدیهی است که در فرکانس های خیلی پایین  $0 \cong \varphi$  و در فرکانس های خیلی بالا  $|A_V| = 0$  و  $\varphi = 90^\circ$  خواهد بود. به این دلیل به مدار فوق فیلتر پایین گذر گویند.

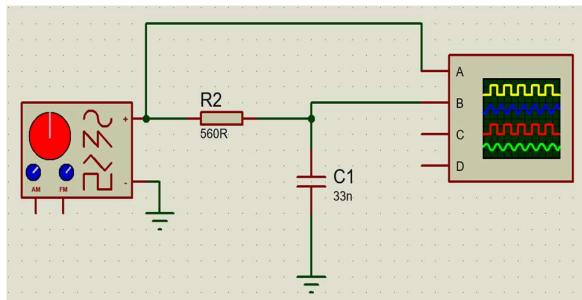
فرکانس قطع که با  $\omega_c$  نشان داده می شود، فرکانسی است که در آن توان خروجی، نصف توان ورودی و یا ولتاژ خروجی از نظر دامنه،  $70^\circ$  برابر ولتاژ ورودی است که در نتیجه خواهیم داشت:

$$A_V = \left( \frac{V_{Om}}{V_{Sm}} \right) = \frac{\sqrt{2}}{2} \rightarrow \frac{1}{\sqrt{1 + (RC\omega)^2}} = \frac{\sqrt{2}}{2} \rightarrow \omega_c = \frac{1}{RC} \rightarrow f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

- با توجه به این که  $20 \log \frac{\sqrt{2}}{2} = 3 dB$ ، این فرکانس را فرکانس قطع ۳ دسی بل نیز می نامند.

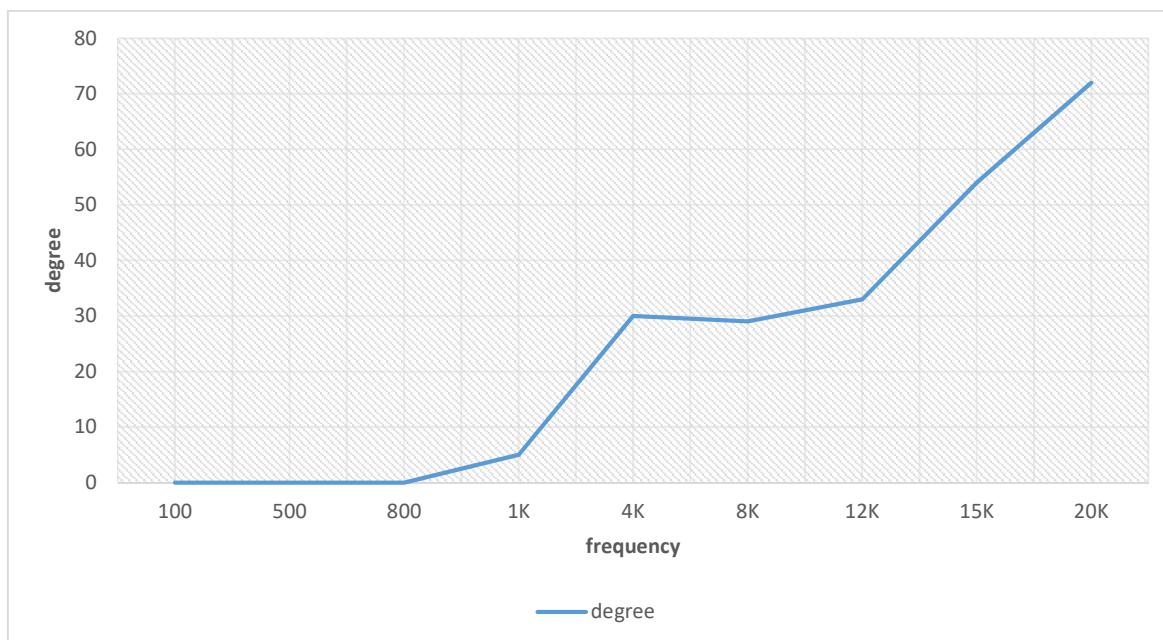
مدار تحت آزمایش را در نرم افزار به صورت زیر بسته و با تغییر دادن فرکانس سیگنال ژنراتور مطابق با جدول زیر، ولتاژ خروجی و اختلاف فاز آن را نسبت به ولتاژ ورودی در اسیلوسکوپ مشاهده نموده و در جدول یادداشت می نماییم:

- در تمامی مراحل آزمایش، ولتاژ ورودی را ۲ ولت در نظر گرفتیم

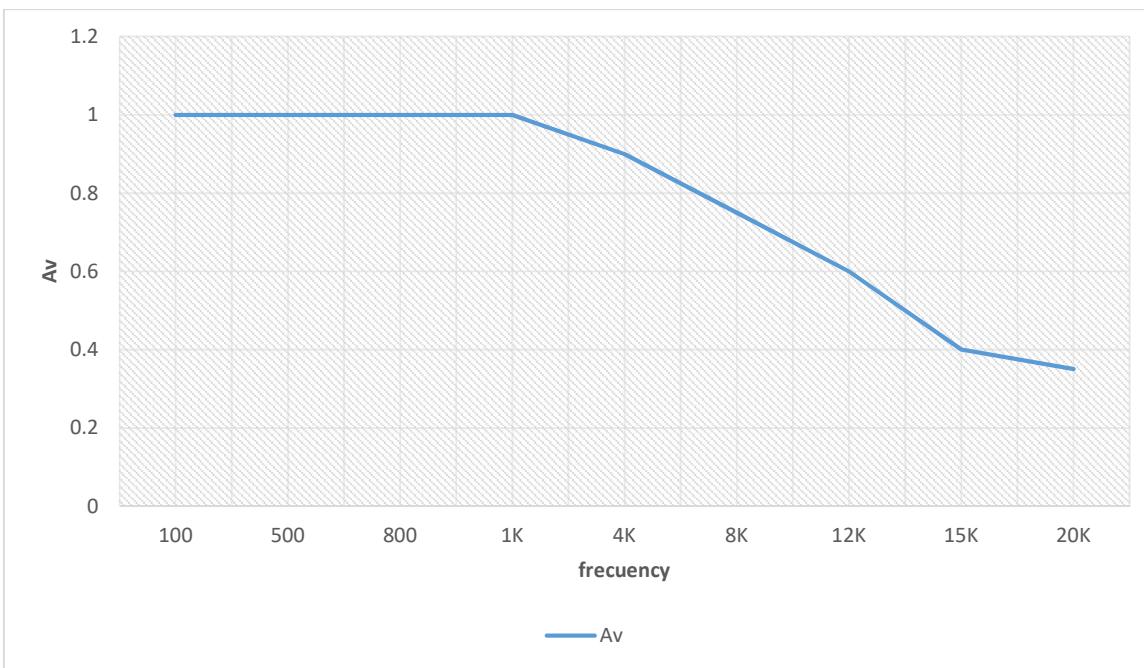


<b>f(HZ)</b>	<b>100</b>	<b>500</b>	<b>800</b>	<b>1K</b>	<b>4K</b>	<b>8K</b>	<b>12K</b>	<b>15K</b>	<b>20K</b>
<b><math>V_o (P - P)</math> (V)</b>	۲	۲	۲	۲	۱,۸	۱,۵	۱,۲	۰,۸	۰,۷
<b><math>\phi(degree)</math></b>	۰	۰	۰	۵	۳۰	۲۹	۳۳	۵۴	۷۲
<b><math> A_V  = \frac{ V_o }{ V_s }</math></b>	۱	۱	۱	۱	۰,۹	۰,۷۵	۰,۶	۰,۴	۰,۳۵

نمودار تغییرات  $\varphi$  بر حسب فرکانس به صورت زیر می شود:



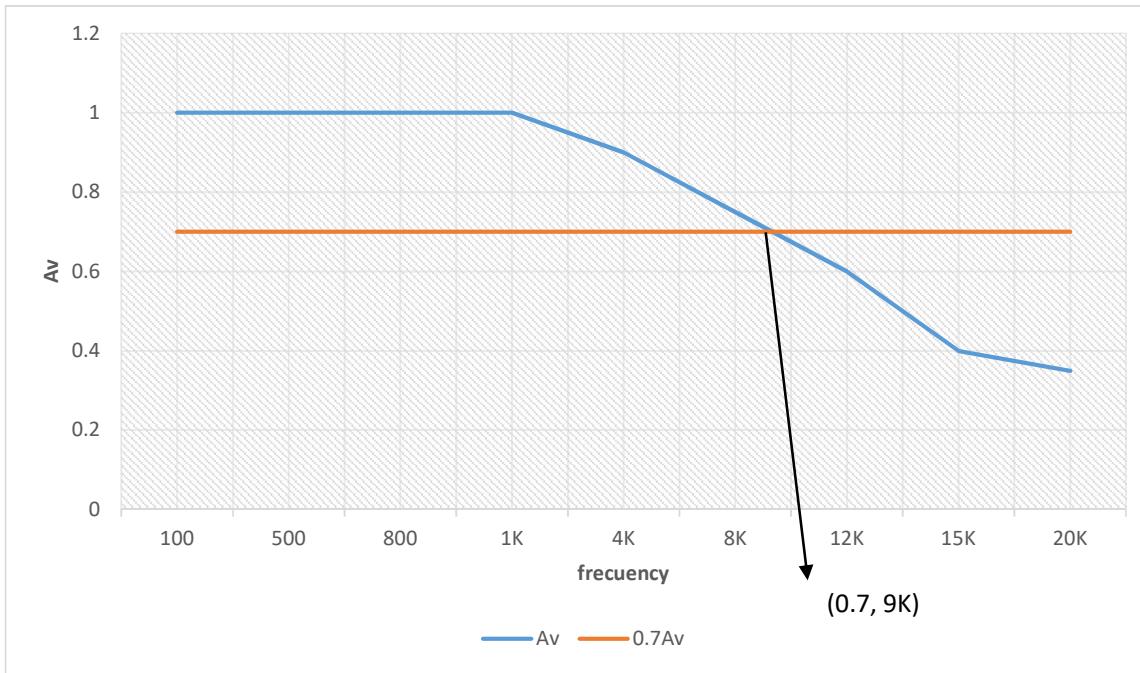
همچنین نمودار تغییرات  $|A_V|$  بر حسب فرکانس نیز به صورت زیر به دست می‌آید:



سپس فرکانس قطع را به دست می‌آوریم:

به این منظور  $0.7 \times |A_V|_{Max}$  را به دست می‌آوریم و این مقدار را با نمودار پاسخ فرکانسی قطع می-

دهیم



- از روی نمودار مشاهده می شود که فرکانس قطع این فیلتر ۷ کیلو هرتز به دست آمده و مقدار زاویه قطع نیز با توجه به جدول و مقدار فرکانس قطع به دست آمده،  $30^\circ$  درجه به دست می آید.
- با استفاده از رابطه ۳ درستی مقدار فرکانس قطع به دست آمده را اثبات می کنیم:

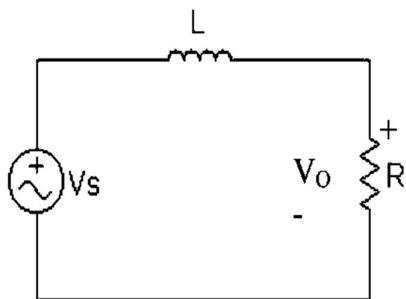
$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad R = 560 \text{ ohm}, \quad C = 33nF$$

$$f_c = \frac{1}{2 \times \pi \times 560 \times 33 \times 10^{-9}} \cong 8000 \text{ Hz}$$

مشاهده می شود که مقدار به دست آمده با تقریب مناسبی با مقدار شبیه سازی شده برابر است.

## ب) فیلتر پایین گذر $RL$ :

مدار تحت آزمایش به صورت زیر است:



در اینجا بطور کیفی می‌توان گفت:

با توجه به اینکه  $Z_L = Lj\omega$  می‌باشد اگر فرکانس مدار را زیاد کنیم امپدانس  $Z_L$  نیز زیاد شده در نتیجه در فرکانس‌های خیلی بالا سلف مدار باز می‌شود و  $V_O = 0$  در فرکانس‌های خیلی پایین امپدانس سلف نیز خیلی کم شده و در نتیجه در فرکانس‌های خیلی پایین سلف را می‌توان به صورت اتصال کوتاه در نظر گرفت و  $V_O = V_S$ .

در نتیجه مدار بصورت یک فیلتر پایین گذر عمل می‌کند. چنان‌چه به طور کلی  $V_S$  و  $V_O$  را به شکل زیر در نظر بگیریم:

$$V_S = V_{Sm} \cos \omega t$$

$$V_O = V_{Om} \cos(\omega t + \varphi)$$

$$V_S = V_{Sm} \angle 0$$

$$V_O = V_{Om} \angle \varphi$$

$A_V$  پاسخ فرکانس مدار به صورت زیر می‌باشد:

$$A_V = \frac{V_O}{V_S} = \left( \frac{V_{Om}}{V_{Sm}} \right) \angle \varphi$$

مشخصه دامنه  $|A_V| = \frac{V_{Om}}{V_{Sm}}$  (1)

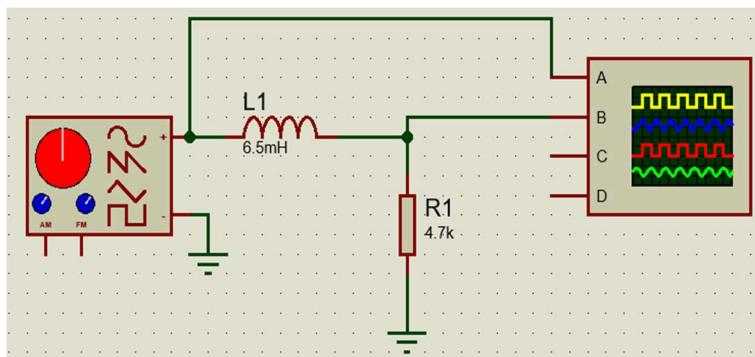
مشخصه فاز  $\varphi = \tan^{-1} \left( \frac{-\omega L}{R} \right)$  (2)

در فرکانس‌های خیلی پایین :  $\varphi = 0$  و  $|A_V| \approx 1$

در فرکانس‌های خیلی بالا :  $\varphi = 90^\circ$  و  $|A_V| \approx 0$

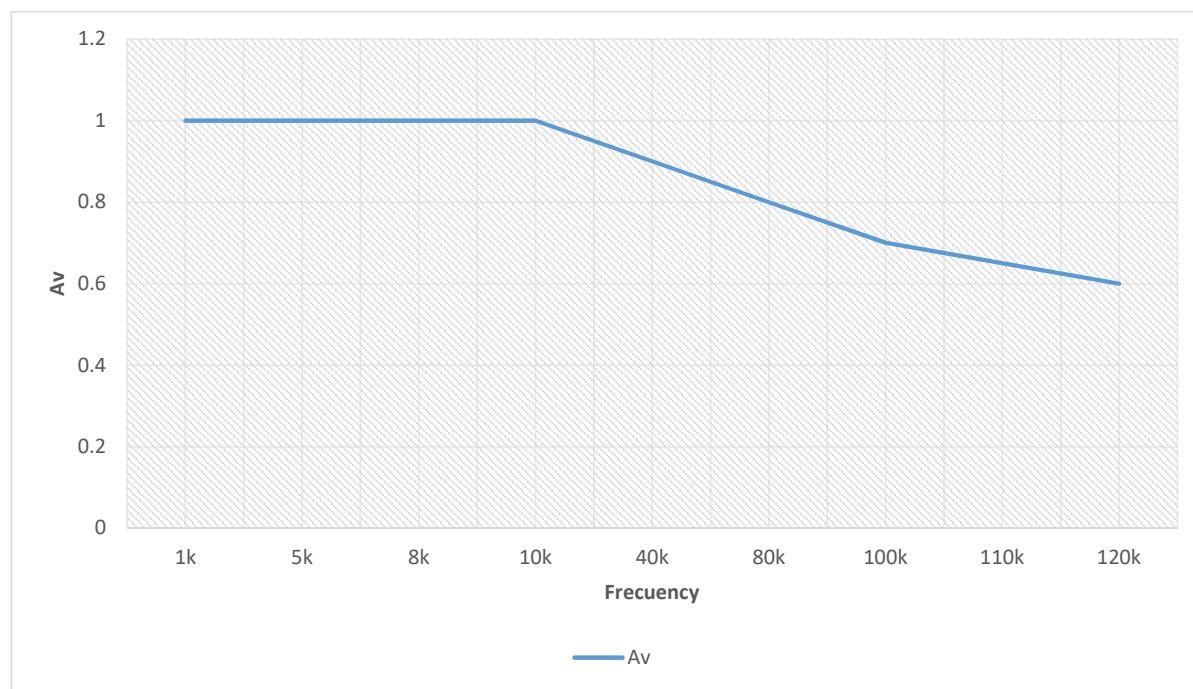
$$|A_V| = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega L}{R}\right)^2}}, \quad f_c = \frac{R}{2\pi L} \quad (3)$$

مداری مطابق با شکل زیر بسته و با تغییر دادن فرکانس سیگنال ژنراتور، شکل موج‌های ورودی و خروجی را هم زمان روی اسکوپ مشاهده نموده و ولتاژ خروجی و اختلاف فاز آن را نسبت به ولتاژ ورودی در جدول زیر یاد داشت می‌کنیم:

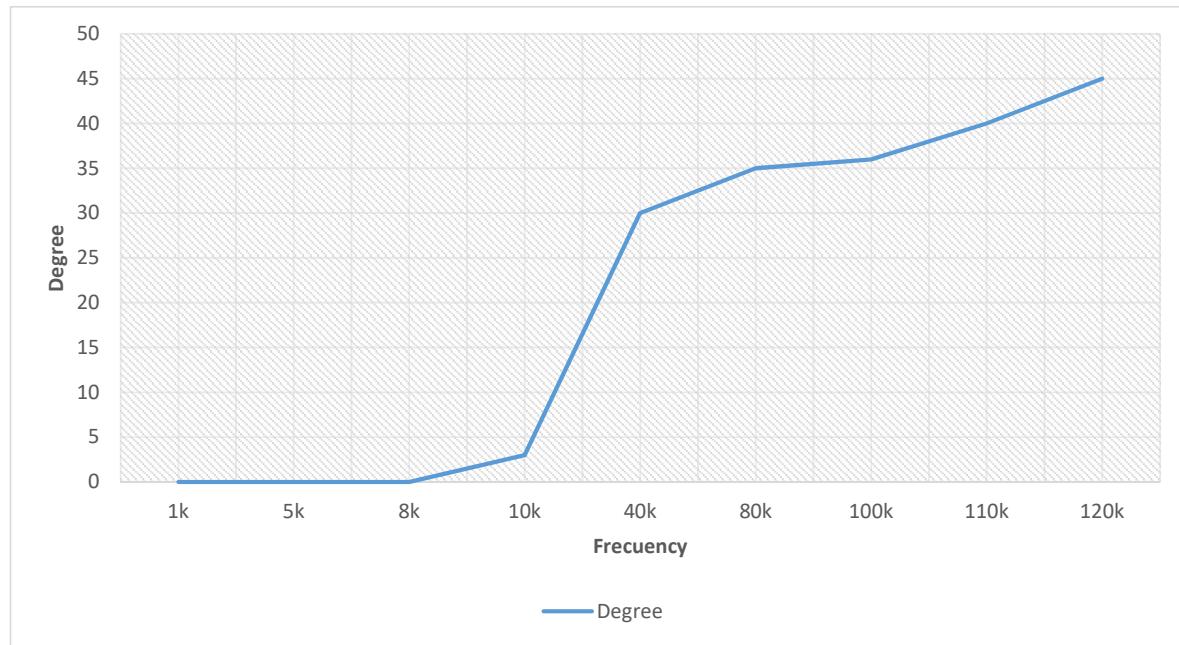


f(HZ)	1K	5K	8K	10K	40K	80K	100K	110K	120K
$V_o (P - P) (V)$	۲	۲	۲	۲	۱,۸	۱,۶	۱,۴	۱,۳	۱,۲
$\varphi (degree)$	۰	۰	۰	۳	۳۰	۳۵	۳۶	۴۰	۴۵
$ A_V  = \frac{ V_o }{ V_s }$	۱	۱	۱	۱	۰,۹	۰,۸	۰,۷	۰,۶۵	۰,۶

- نمودار  $|A_V|$  را بر حسب فرکانس به صورت زیر رسم می کنیم:

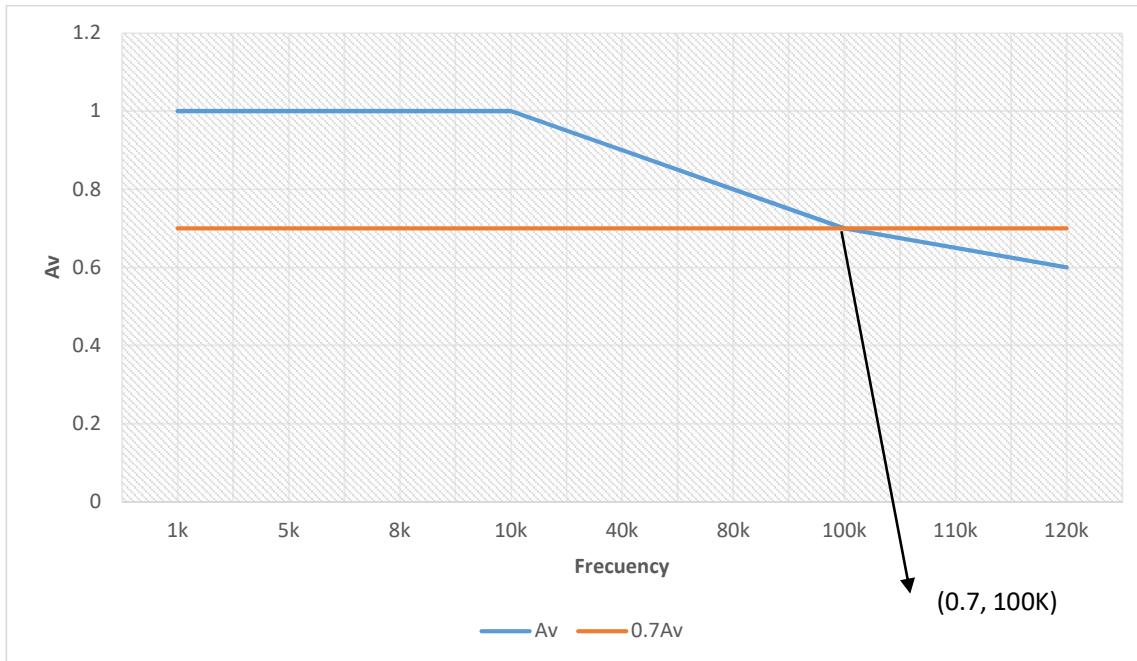


- نمودار اختلاف فاز بر حسب فرکانس به صورت زیر می شود:



سپس فرکانس قطع را به دست می آوریم:

به این منظور  $|A_V|_{Max} \times 0.7$  را به دست می آوریم و این مقدار را با نمودار پاسخ فرکانسی قطع می دهیم



- از روی نمودار مشاهده می شود که فرکانس قطع این فیلتر ۱۰۰ کیلو هرتز به دست آمد و مقدار زاویه قطع نیز با توجه به جدول و مقدار فرکانس قطع به دست آمد، تقریباً ۳۶ درجه به دست می آید.

- با استفاده از رابطه ۳ درستی مقدار فرکانس قطع به دست آمد را اثبات می کنیم:

$$f_c = \frac{R}{2\pi L} \quad L = 6.5 \text{ mH} \quad , \quad R = 4.7 \text{ Kohm}$$

$$f_c = \frac{4.7 \times 10^3}{2 \times \pi \times 6.5 \times 10^{-3}} \cong 110000 \text{ Hz} = 110 \text{ KHz}$$

مقدار به دست آمد با تقریب مناسبی با مقدار شبیه سازی شده برابر است.