آزمایش شماره ۸

مطالعه سلف و خازن در جریان متناوب، اندازه‌گیری مقاومت فاهری سلف

وسایل مورد نیاز:

۱- منبع تغذیه ۲- خازن ۳- مقاومت ۴- سیم پیچ ۵- مولتی متر ۶- سیم رابط

تئوری آزمایش:

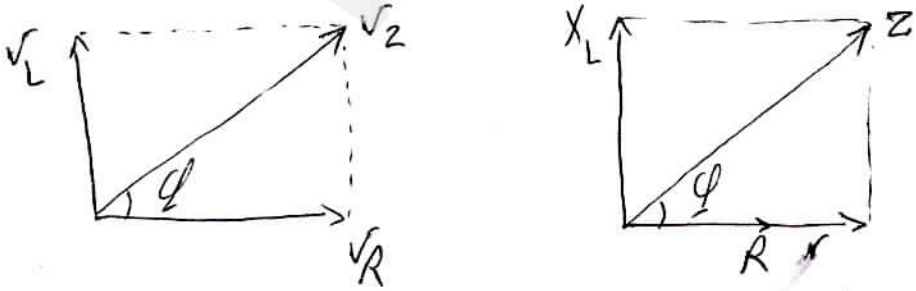
اگر دو سر سیم پیچی را به یک سیم‌پیچ وصل کنیم، حالتی به وجود می‌آید با آنچه در مورد یک مقاومت ساده دیده‌ایم تفاوت دارد. هنگامی که از سیم پیچ جریان الکتریکی ثابتی می‌گذرد، در اطراف سیم پیچ میدان مغناطیسی ایجاد می‌شود و شار مغناطیسی که از داخل سیم پیچی می‌گذرد ثابت بوده و سیم پیچ مانند یک مقاومت ساده عمل می‌کند ولی هرگاه جریان الکتریکی نسبت به زمان تغییر کند شار مغناطیسی نیز تغییر می‌کند. این شار متغیر در سیم پیچ نیروی محرکه الکتریکی القا می‌کند که مطابق قانون لنز با عامل بوجود آورنده خود، یعنی جریان متغیر مخالفت می‌نماید و در نتیجه از مقدار جریان می‌کاهد. در این حالت می‌توان پذیرفت که سیم پیچ در مقابل جریان مقاومت بیشتری نشان می‌دهد. این مقاومت را مقاومت ظاهری سلف می‌نامند و مقدار آن $X_L = L\omega = L(2\pi f)$ می‌باشد که L ضریب خود القایی سیم پیچ است که به تعداد دور سیم پیچ، اندازه حلقه‌ها و سطح آن‌ها و به جنس ماده‌ای که میان حلقه‌های سیم پیچ قرار دارد

www.tehrani.ir

بستگی دارد و f برگانس ولتاژ متناوب است.

در چنین حالتی بین اختلاف پتانسیل و شدت جریان اختلاف فاز ایجاد می‌شود، منظور از اختلاف فاز این است که تغییرات شدت جریان و ولتاژ همزمان نیستند، در مورد سلف جریان از ولتاژ عقب می‌افتد، یعنی تغییرات شدت جریان با مقداری تأخیر، مشابه تغییرات ولتاژ است. مقدار این تأخیر فاز، φ، از رابطه زیر بدست می‌آید: $tg\varphi = \frac{X_L}{r}$ ، r، مقاومت اهمی سلف است. از رابطه بالا پیداست که اگر مقاومت اهمی سلف یعنی (r) صفر باشد، مقدار تأخیر فاز φ صفر می‌شود. اگر همراه سلف مقاومت دیگری مانند R در مدار وجود داشته باشد مقدار اختلاف فاز کلی یعنی اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ منبع متناوب، به این صورت است: $tg\varphi = \frac{X_L}{R+r} = \frac{L(2\pi f)}{R+r}$

در مداری که شامل یک سلف و یک مقاومت بطور سری باشد اگر ولتاژ دو سر مقاومت و دو سر سلف و ولتاژ کل را به ترتیب با V_R و V_L و V_Z نمایش دهیم، ولتاژ دو سر مقاومت با جریان هم فاز است یعنی اختلاف فاز آنها صفر است درصورتیکه در سلف ولتاژ نسبت به شدت جریان و یا V_R به اندازه $\frac{\pi}{2}$ جلوتر است (مقاومت اهمی سلف صفر فرض شده است) بنابراین ولتاژ کل جمع عددی ولتاژهای دو سر مقاومت و دو سر سلف نیست بلکه جمع برداری آن دو می‌باشد. این جمع برداری در شکل زیر نشان داده شده است:



در عمل چون یک سیم پیچ دارای مقاومت اهمی نیز هست بردار V_L بر V_R عمود نیست. تصویر V_L روی V_R افت پتانسیل در اثر مقاومت اهمی سلف است و مؤلفه عمودی آن افت پتانسیل

مدار بوبین به مقاومت ظاهری سلف است. مقاومت کل مدار Z از رابطه زیر بدست می آید:

امپدانس

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

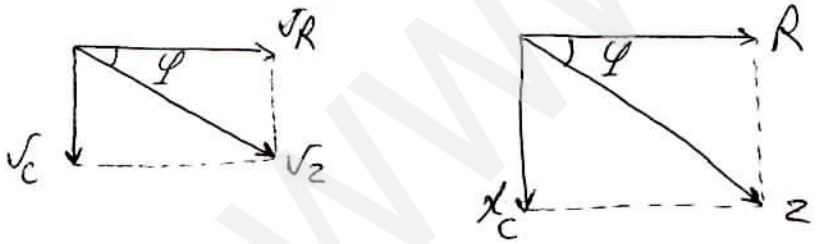
اگر به دو سر یک خازن ولتاژ متناوب وصل کنیم، صفحات خازن به طور متناوب دارای بار الکتریکی مثبت و منفی گردیده، بار الکتریکی متناوباً در دو جهت جریان حرکت می نماید و جریان بوجود می آید. مقاومتی که خازن در مقابل جریان متناوب نشان می دهد با رابطه روبرو مشخص می شود:

$$X_C = \frac{1}{C\omega} = \frac{1}{C(2\pi f)}$$

X_C را مقاومت ظاهری خازن می نامند. C ظرفیت خازن است و به مساحت و فاصله جوشن صفحات خازن بستگی دارد. هرگاه خازنی را با یک مقاومت به طور سری به ولتاژ متناوب وصل کنیم، شدت جریان با ولتاژ اختلاف فاز پیدا می کند. در این حالت شدت جریان نسبت به ولتاژ جلو می افتد. مقدار این اختلاف فاز φ درجه است. اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ منبع از رابطه زیر حاصل می شود:

$$tg\,\varphi = \frac{-X_C}{R} = \frac{-1}{R(C2\pi f)}$$

در این حالت نمودار بردار ولتاژها مانند شکل زیر است و مقدار مقاومت ظاهری مدار به صورت زیر می باشد:

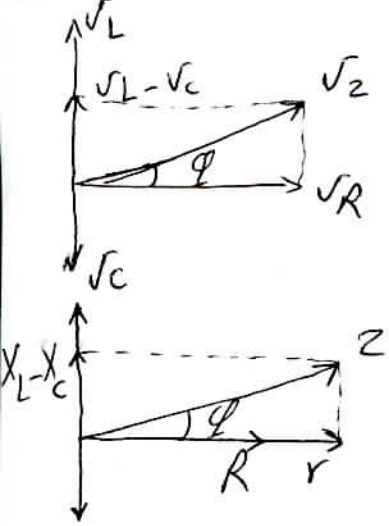


$$\text{امپدانس } Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

در حالت کلی یعنی هنگامیکه یک مقاومت، خازن و سلف بطور سری قرار گیرند مقاومت ظاهری از رابطه زیر بدست می آید:

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

در این حالت نمودارها به صورت زیر می باشد:

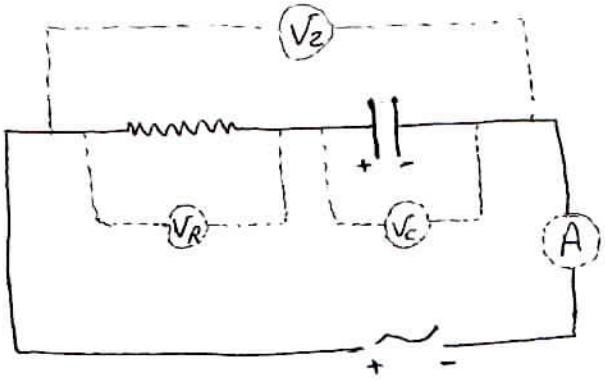


$$tg\,\varphi = \frac{X_L - X_C}{R+r}$$

www.ieun.ir

شرح آزمایش:

الف) مدار $R-C$:



۱- مداری مطابق شکل روبرو می بندیم:

۲- اختلاف پتانسیل دوسر مقاومت، خازن و کل مدار و نیز شدت جریان را اندازه گیری کرده و در جدول یادداشت می کنیم.

۳- V_Z را بوسیله فرمول های زیر محاسبه کرده و در جدول زیر یادداشت می کنیم.

۴- Z (امپدانس) را نیز با استفاده از فرمول های زیر یادداشت کرده و در جدول زیر وارد می کنیم.

۵- نمودار برداری ولتاژها را رسم کرده و با استفاده از فرمول $tg\varphi = \frac{-X_C}{R}$ اختلاف فازی را که خازن بین شدت جریان و ولتاژ کل ایجاد نموده است (φ) را محاسبه می کنیم.

V_Z عملی	V_R (V)	V_C (V)	I (mA)	R (kΩ)	C (μF)	F (HZ)	Z	V_Z محاسباتی	φ
٤/٥٢	٤/٤٩	٠/٠١	٠/٨٣	٤/٧ kΩ	٢٢ μF	٥٠٠٠	٤٧٠٠/٠٠	٤/٤٩	٠/٠١٧٦

$V_R = V_m \sin(\omega t)$

$V_C = V_m \sin(\omega t - \frac{\pi}{2})$

$V_Z = \sqrt{V_R^2 + V_C^2}$

همچنین $Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$

$tg\varphi = \frac{-X_C}{R}$

$X_C = \frac{1}{C\omega} = \frac{1}{C(2\pi f)}$

$V_Z = \sqrt{V_R^2 + V_C^2} = \sqrt{(٤/٤٩)^2 + (٠/٠١)^2} = ٤/٤٩$

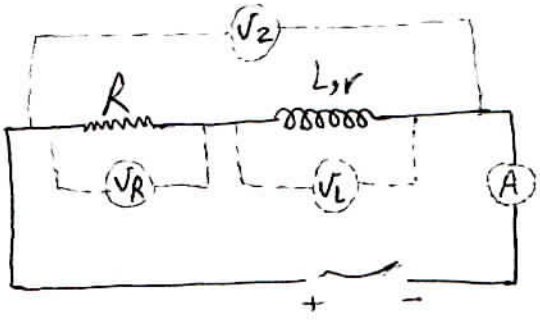
$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} = \sqrt{(٤/٧ \times ١٠^3)^2 + (١/٤٤ V)^2} = ٤٧٠٠/٠٠$

$X_C = \frac{1}{C\omega} = \frac{1}{C(2\pi f)} = \frac{1}{٢٢ \times ١٠^{-6} \times ٢ \times ٣/١٤ \times ٥٠٠٠} = ١/٤٤ V$

$tg\varphi = \frac{-١/٤٤ V}{٤/٧ \times ١٠^3} = -٣/٠٧٨٧ \times ١٠^{-4} \Rightarrow \varphi = Arctg(-٣/٠٧٨٧ \times ١٠^{-4}) = ٠/٠١٧٦$

www.ieuni.ir

ب) مدار R-L :



۱- مداری مطابق شکل روبرو می بندیم :

۲- اختلاف پتانسیل دوسر مقاومت بسته و کل مدار و نیز شدت جریان را اندازه گیری کرده و در جدول یادداشت می کنیم .

۳- V_2 و Z را بین راه استفاده از فرمول ها محاسبه کرده و در جدول وارد می کنیم .

۴- نمودار برداری ولتاژها را رسم کرده و با استفاده از فرمول $tg\varphi = \frac{X_L}{R+r}$ اختلاف فازی را که بین شدت جریان و ولتاژ کل ایجاد نموده است (φ) را محاسبه می کنیم .

V_2 (V) عملی	V_R (V)	V_L (V)	I (mA)	L mH	r Ω	R kΩ	C μF	f Hz	Z محاسباتی	V	φ
٤,٥٣	٤,٥١	٠,٢٨	٠,٨٢٦ mA	١٢ mH	٨,٥ Ω	٤,٧ kΩ	٢٢٠٠	٥٠٠٠	٤٧٢٣,٥٥ Ω	٤,٥٢	٤,٥٧٥

$V_R = V_m \sin(\omega t)$

$V_L = V_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$

$V_2 = \sqrt{V_R^2 + V_L^2}$

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

$tg\varphi = \frac{X_L}{R+r}$

$X_L = L\omega = L(2\pi f)$

$V_2 = \sqrt{V_R^2 + V_L^2} = \sqrt{(٤,٥١)^2 + (٠,٢٨)^2} = ٤,٥٢$

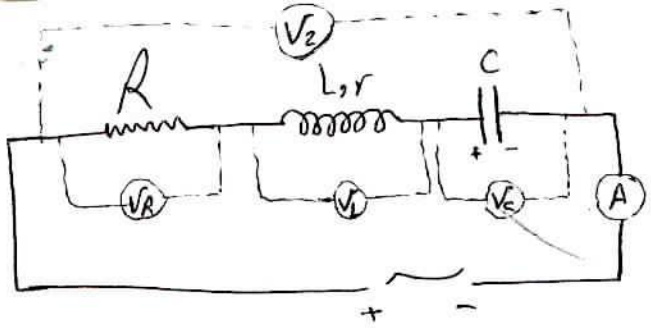
$Z = \sqrt{(R+r)^2 + X_L^2} = \sqrt{(٤,٧\times١٠^3 + ٨,٥)^2 + (٣٧٦,٨)^2} = ٤٧٢٣,٥٥$

$X_L = L\omega = L(2\pi f) = ١٢\times١٠^{-3} \times ٢ \times ٣,١٤ \times ٥٠٠٠ = ٣٧٦,٨$

$tg\varphi = \frac{X_L}{R+r} \Rightarrow tg\varphi = \frac{٣٧٦,٨}{٤,٧\times١٠^3 + ٨,٥} = ٠,٠٨٠ \Rightarrow \varphi = ٤,٥٧٥$

www.tetun.ir

ج) مدار R-L-C :



۱- مداری مانند شکل روبرو می بندیم :

۲- اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت، خازن، سلف و کل مدار و نیز شدت جریان را اندازه گیری کرده و در جدول یادداشت می کنیم.

۳- V_2 و Z را با استفاده از فرمول های زیر محاسبه کرده و در جدول زیر یادداشت کنیم.

۴- نمودار بردارهای ولتاژها را رسم کرده و با استفاده از فرمول $tg\varphi = \frac{X_L - X_C}{R+r}$ اختلاف فازی را که خازن و سلف بین شدت جریان و ولتاژ کل ایجاد نموده است (φ) را محاسبه می کنیم.

V_2 (ولت)	V_R (ولت)	V_L (ولت)	V_C (ولت)	I (mA)	L (mH)	r (Ω)	R (kΩ)	C (μF)	f (Hz)	Z	V_2 (ولت)	φ
۴٫۵۳	۴٫۴۸	۰٫۲۸	۰٫۰۱	۰٫۸۴۸	۱۲	۸٫۵	۴٫۷	۲۲	۵۰۰۰ Hz	۴۷۲۳٫۴۳	۴٫۵۱	۴٫۵۵

$$V_2 = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2} \qquad V_2 = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2} = \sqrt{(4{,}48)^2 + (0{,}28 - 0{,}01)^2} = 4{,}51$$

$$Z = \sqrt{(R+r)^2 + (X_L - X_C)^2} \qquad Z = \sqrt{(R+r)^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{(4{,}7 \times 10^3 + 8{,}5)^2 + (3764{,}8 - 1{,}432)^2} = 4723{,}43$$

$$tg\varphi = \frac{X_L - X_C}{R+r}$$

$$tg\varphi = \frac{X_L - X_C}{R+r} = \frac{3764{,}8 - 1{,}432}{4{,}7 \times 10^3 + 8{,}5} = 0{,}797 \Rightarrow \varphi = 4{,}55$$

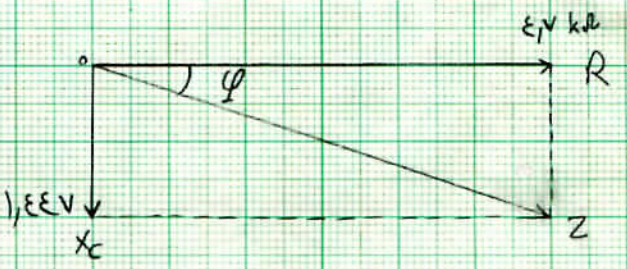
$$X_C = \frac{1}{C\omega} = \frac{1}{C(2\pi f)}$$

$$X_L = L\omega = L(2\pi f)$$

www.jeuni.ir

R-C

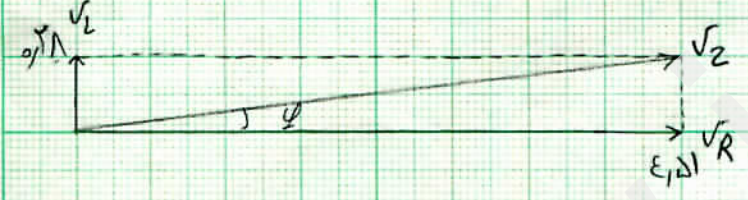
R-C



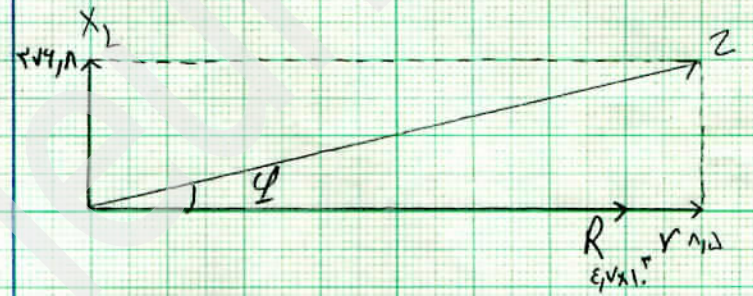
$$tg\varphi = \frac{-X_C}{R} = \frac{-1,44V}{4,7\times10^{3}} = -3,07\times10^{-4}$$

$$\Rightarrow \varphi = -0,017°$$

R-L



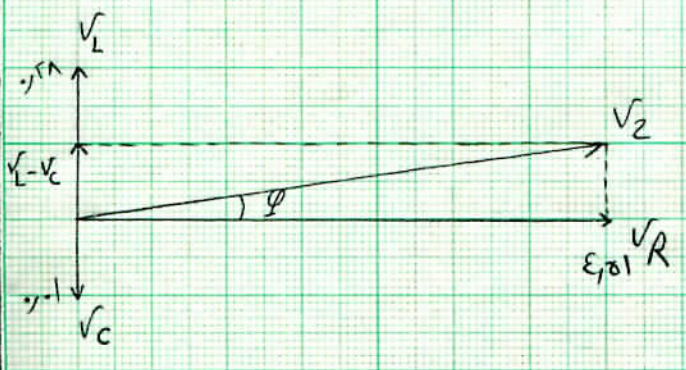
R-L



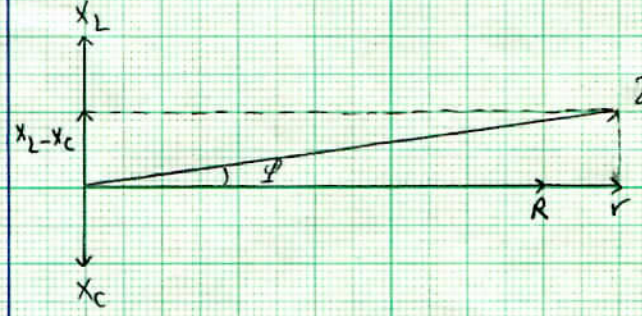
$$tg\varphi = \frac{X_L}{R+r} = \frac{379,8}{4,7\times10^{3}+37,8} = 0,08$$

$$\Rightarrow \varphi = 4,58°$$

R-L-C



R-L-C



$$tg\varphi = \frac{X_L-X_C}{R+r} = \frac{379,8-134,2}{4,7\times10^{3}+37,8} = 0,0517$$

$$\varphi = 2,88°$$