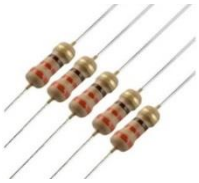


بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه صنعتی قم

آزمایشگاه فیزیک پایه ۲

برای کلیه رشته‌ها

گردآورندگان:

دکتر مهناز محمدی

خانم مریم محمدی

فهرست

عنوان | صفحه

قواعد نوشتن گزارش کار ۲

نکات ایمنی در هنگام کار در آزمایشگاه فیزیک الکتریسیته ۳

اندازه‌گیری خطا ۳

رسم نمودار با اکسل ۶

آشنایی با وسایل آزمایشگاهی ۹

آشنایی با قطعات الکترونیکی ۱۳

آزمایش ۱: اندازه‌گیری مقاومت و تحقیق قانون اهم $\mathbf{R=\frac{V}{I}}$ ۲۱

آزمایش ۲: بهم بستن مقاومت‌ها به صورت سری و موازی ۲۵

آزمایش ۳: تحقیق قانون ($\mathbf{R=\frac{\rho l}{A}}$)(مقاومت ویژه) ۲۹

آزمایش۴ : پل وتستون ۳۲

آزمایش۵ : پل تار ۳۶

آزمایش ۶: قوانین کیرشهف ۳۸

آزمایش ۷ : مقاومت درونی منبع تغذیه ۴۱

آزمایش ۸ : بررسی مدارهای **R-R** و **R-C** ۴۳

آزمایش ۹ : خازن‌ها ۴۷

آزمایش ۱۰: مطالعه سلف ۵۰

آزمایش ۱۱: اندازه‌گیری میدان مغناطیسی زمین ۵۴

آزمایش ۱۲: شارژ و دشارژ خازن و اندازه‌گیری ثابت زمانی ۵۶

آزمایش ۱۳: قوانین القای فارادی ۵۸

آزمایش ۱۴: آشنایی با اسیلوسکوپ ۶۱

آزمایش ۱۵: بررسی مدارهای **R-R** با استفاده از اسیلوسکوپ ۶۷

آزمایش۱۶: بررسی مدارهای **R-L**، **R-C** و **R-L-C** ۷۱

قواعد نوشتن گزارش کار

مهم‌ترین کار در آزمایشگاه تهیه گزارش است. گزارش کار ارتباطی بین شخص آزمایشگر و مربی آزمایشگاه برقرار می‌کند تا وی از کم و کاستی آزمایش و کارهای که دانشجو انجام داده است اطلاع پیدا کند. یک گزارش خوبه باید شامل مراحل زیر باشد:

- نام و نام خانوادگی اعضای گروه، تاریخ انجام آزمایش، موضوع آزمایش، هدف آزمایش
- وسایل لازم برای انجام آزمایش و میزان دقت آنها
- مطالب علمی یا تئوری مربوط به آزمایش
- ارائه توضیح مختصر درباره نحوه انجام آزمایش و رسم شکل‌های لازم
- انجام محاسبات مربوط
- به دست آوردن کلیه روابط لازم برای انجام محاسبات (در صورتی که روابط واضح نباشد)
- نتایج حاصل از انجام آزمایش
- رسم نمودار با ذکر مختصات، مقیاس و واحدها
- محاسبه خطاهای نسبی و مطلق مقادیر به دست آمده
- پاسخ به پرسش های پایان دستور کار

نکات ایمنی در هنگام کار در آزمایشگاه فیزیک الکتریسیته

۱- قبل از شروع کار تایید مسئول مربوطه را بدست آورید این عمل سبب جلوگیری از بروز حوادث و صرفه جویی در وقت می‌شود.

۲- ابزار و وسائل را بطور صحیح بکار ببرید و اگر در شرایط مساعد کاری نیستند آه‌ها را بکار نبرید و از ابزار معادل بجای ابزار صحیح استفاده نکنید.

۳- از شوخی و بی احتیاطی بپرهیزید، همواره در آزمایشگاه خطر برق گرفتگی را جدی بگیرید.

۴- قبل از اینکه کلید برق اصلی را وصل کنید مدار خود را یکبار دیگر کنترل کنید.

۵- برای استفاده از دستگاه‌های اندازه‌گیری (ولت‌متر و آمپرمتر و ...) ابتدا قبل از وصل به مدار میزان صحیح را انتخاب کنید تا از سوختن دستگاه‌های مزبور جلوگیری به عمل آید.

۶- محل لوازم و تجهیزات ایمنی، نظیر جعبه کمک‌های اولیه، کپسول آتش نشانی و غیره را بطور دقیق مطلع باشید.

۷- بعد از اتمام آزمایش کلید اصلی برق را خاموش کرده و وسایل را مرتب کنید.

اندازه‌گیری خطا

یکی از مهم‌ترین مواردی که باید در نوشتن گزارش کار به آن توجه نمود محاسبه‌ی خطای آزمایش است. عوامل مختلفی در حین انجام آزمایش باعث ایجاد خطا می‌شوند مانند خطای ناشی از محیط آزمایش که در آن عواملی از قبیل نور، رطوبت، فشار، دما و.... تاثیر گذارند که غیر قابل کنترل می‌باشند. همچنین در بسیاری از آزمایشگاه‌ها نیز ممکن است از دستگاه‌هایی استفاده شود که مرغوبیت لازم را دارا نبوده و موجب بروز خطا در آزمایش شوند.

از جمله عامل دیگر در انجام آزمایش خطای ناشی از شخص اندازه‌گیر است که بهترین راه برای بدست آوردن جواب صحیح تکرار آزمایش می‌باشد. در ادامه روش محاسبه خطا آموزش داده می‌شود.

خطای نسبی و مطلق

باید توجه داشت که مقدار واقعی هیچ کمیتی به طور دقیق مشخص نمی‌باشد، منظور از مقدار واقعی یک کمیت، مقداری است که از دقیق‌ترین آزمایش انجام شده برای اندازه‌گیری آن کمیت تاکنون گزارش شده است.

برای اندازه‌گیری کمیتی مانند **x** توسط یک آزمایشگر تا به اندازه دقیق آن نزدیک باشد باید این کمیت چندین مرتبه اندازه‌گیری شود.

$x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n$

مقدار میانگین = $X_m=(x_1+x_2+\ldots.x_n)/n$

سپس خطای مطلق که برابر قدر مطلق اختلاف میان اندازه‌گیری شده در آزمایش و یا مقدار بدست آمده ناشی از محاسبه با مقدار واقعی آن کمیت است که دارای بعد است.

خطای مطلق = $\left|\text{مقدارآزمایش(مقدارمیانگین)} - \text{مقدارواقعی}\right|$

$\Delta X=|X - X_m|$

چون **n** بار آزمایش تکرار شده است:

$\Delta X_1=|X_1 - X_m|$

$\Delta X_2=|X_2 - X_m|$

$\Delta X_3=|X_3 - X_m|$

....

$\Delta X_n=|X_n - X_m|$

برای بدست آوردن خطای مطلق باید بین ΔX های بدست آمده بزرگترین را به عنوان بیشترین خطای محاسبه شده در نظر گرفت:

$\Delta X= \max(\Delta X_1, \Delta X_2, \ldots \Delta X_n)$

منظور از خطای نسبی حاصل تقسیم خطای مطلق بر مقدار واقعی کمیت است که معمولا بر حسب درصد نیز بیان می‌شود و بدون بعد است. همچنین میزان دقت آزمایشگر را نشان می‌دهد.

$$\text{درصدخطای نسبی} = \frac{\left|\text{مقدار آزمایش} - \text{مقدارواقعی}\right|}{\text{مقدارواقعی}} \times 100$$

خطای وسایل اندازه‌گیری

کمترین مقداری که از روی درجه‌بندی وسیله‌ی اندازه‌گیری خوانده می‌شود، دقت وسیله‌ی اندازه‌گیری نامیده می‌شود. به عبارت ساده‌تر، دقت وسیله‌ی اندازه‌گیری برابر با تفاضل دو عدد متوالی روی دستگاه اندازه‌گیری، تقسیم بر تعداد فواصل مساوی بین دو عدد است.

محاسبه‌ی خطا در چهار عمل اصلی

خطای مجموع: در صورتی که $x = a+b$ باشد خطای مطلق $\Delta x = \Delta a+\Delta b$ و خطای نسبی $\frac{\Delta x}{x} = \frac{\Delta a+\Delta b}{a+b}$ آن خواهد بود.

خطای تفاضل: در صورتی که $x = a-b$ باشد خطای مطلق $\Delta x = \Delta a-\Delta b$ و خطای نسبی $\frac{\Delta x}{x} = \frac{\Delta a+\Delta b}{a-b}$ خواهد بود.

خطای حاصل ضرب: در صورتی که $x=a.b$ باشد خطای مطلق برابر $\Delta x=a\Delta b+b\Delta a$ و خطای نسبی $\frac{\Delta x}{x} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b}$ خواهد بود. به همین ترتیب اگر باشد.

$$\frac{\Delta x}{x} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b} + \frac{\Delta c}{c} + \dots$$

در نتیجه خطای نسبی حاصل ضرب چند مقدار برابر مجموع خطاهای نسبی آنهاست.

خطای خارج قسمت: در صورتی که $x = \frac{a}{b}$ باشد خطای مطلق آن برابر $\Delta x = \frac{b\Delta a - a\Delta b}{a.b}$ و خطای نسبی $\frac{\Delta x}{x} = \frac{\Delta a}{a} - \frac{\Delta b}{b}$ خواهد بود. چون علامت Δa و Δb معلوم نیست برای محاسبه حداکثر خطا باید خطای نسبی $\frac{\Delta a}{a}$ و $\frac{\Delta b}{b}$ را با هم جمع کرد یعنی $\frac{\Delta x}{x} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b}$.

به طور کلی، در رابطه‌ی $\frac{\Delta x}{x}$ اگر Δx به اندازه‌ی کافی کوچک باشد و بتوانیم آن را دیفرانسیل x بدانیم اندازه‌ی خطای نسبی x برابر دیفرانسیل Lx می شود:

$$dLx = \frac{dx}{x}$$

در صورتی که $x=f(a,b,\dots)$ باشد اندازه‌ی خطای نسبی آن را می‌توان از رابطه‌ی زیر بدست آورد:

$$\frac{dx}{x} = dLf(a,b,\dots)$$

بنابراین از طرفین رابطه ابتدا لگاریتم طبیعی و سپس دیفرانسیل می‌گیریم و به جای دیفرانسیل هر کمیت، مقدار خطای مربوط را قرار می‌دهیم و میزان خطای نسبی را محاسبه می‌کنیم.

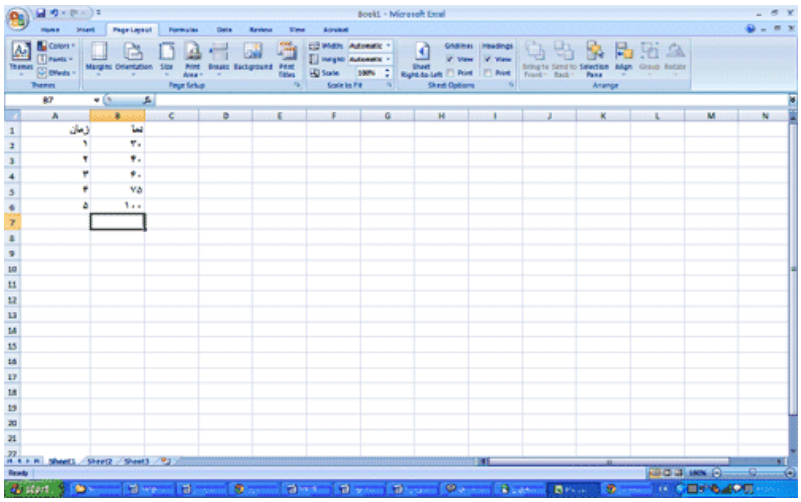
رسم نمودار با اکسل

رسم نمودار اکسل یکی از پرکاربردترین قابلیت‌های اکسل می‌باشد. کاربران برای نمایش داده‌های خود و ارائه‌ی آنها به منظور بررسی سریع نتایج و تغییرات نیاز به رسم نمودار در اکسل دارند. در این قسمت به توضیح مختصری در مورد رسم نمودار می‌پردازیم.

رسم نمودار در اکسل انواع گوناگونی دارند، که بنا به نیاز خود و ماهیت داده‌هایشان بتوانند از آن‌ها استفاده نمایند. انواع این نمودارها مانند: نمودار خطی، نمودار ستونی، نمودار سطح و....

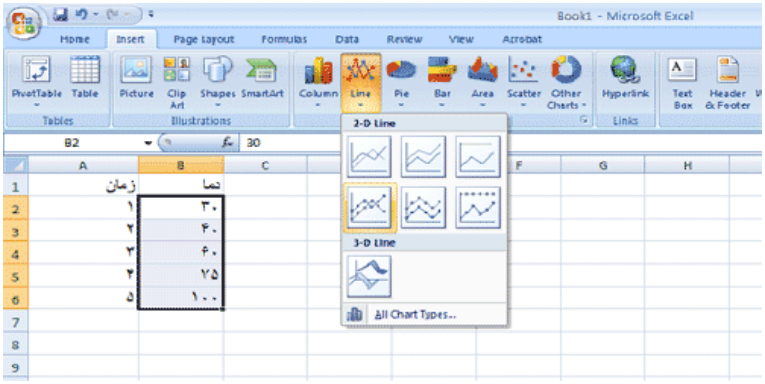
نمودار خطی در اکسل

رسم نمودار خطی (**Line**) در اکسل برای رسم تغییرات داده‌های پیوسته و نشان دادن نمودارهای رشد پارامترها استفاده می‌گردد. نمودار خطی از پرکاربردترین نمودارها در اکسل می‌باشد، می‌توان در این دسته از نمودارها داده‌ها را به صورت نقطه نقطه ترسیم نمود و یا نقاط را به صورت خطی یا غیر خطی به یکدیگر متصل کرد. برای رسم نمودار خطی باید دو ستون **x** و **y** داشته باشیم که در دو ستون در اکسل داده‌ها را بشکل زیر وارد می‌کنیم و سپس دو ستون را انتخاب می‌کنیم و با رفتن به قسمت **Insert** و انتخاب الگوی **Linear** نمودار مورد نظرتان را رسم می‌نمایید.

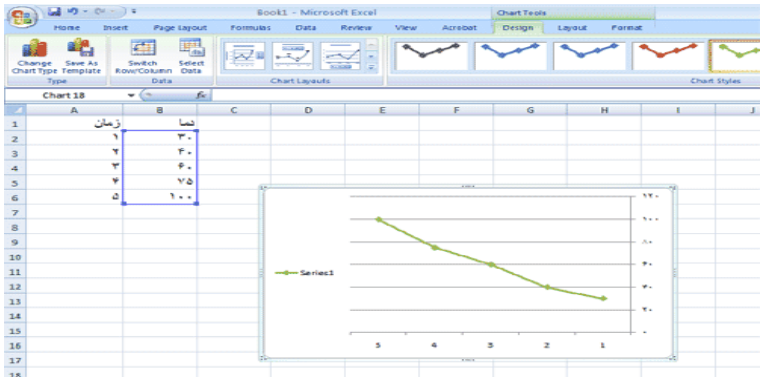


شکل۹- ستون داده‌ها در اکسل

هنگام انتخاب داده‌ها فقط ستون مربوط به متغیر وابسته را انتخاب کنید و نام ستون را انتخاب نکنید. برنامه به طور خودکار ستون مربوط به متغیر مستقل را روی محور افقی نمایش می‌دهد.



شکل ۱۰– انتخاب گزینه LINE از قسمت INSERT



شکل ۱۱– نمودار خطی

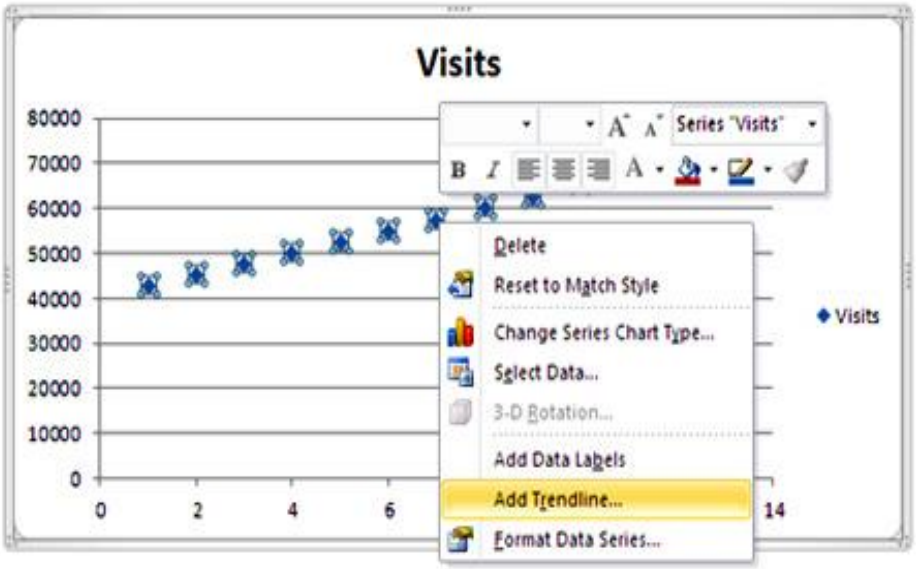
برای تغییر مشخصات نمودار می‌توانید روی آن کلیک کنید در بالای صفحه قسمت منو، سربرگ‌های **Layout**، **Design**، **Format** پدیدار می‌شوند. از آن‌ها برای ایجاد تغییرات گوناگون در نمودارتان استفاده کنید. برای مثال می‌توانید در قسمت

Layout --> Axes --> primery horizontal axes --> show left to right axes

جهت نمودار را چپ به راست کنید. یا در قسمت **Axis Titles** برای محورهای افقی و عمودی نمودار تیتر انتخاب کنید.

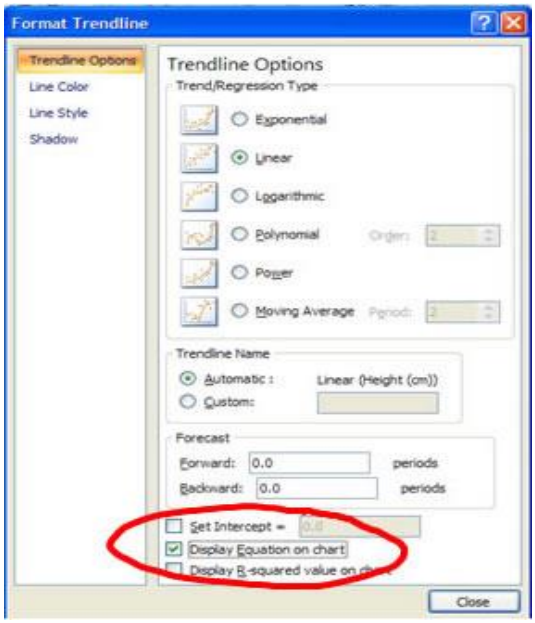
پیدا کردن معادله‌ی خط:

برای پیدا کردن معادله‌ی خط پس از رسم نمودار خطی در اکسل، بر روی نمودار کلیک راست نموده و گزینه‌ی **Add Trendline** را بزنید. مشابه با تصویر زیر:



شکل۱۲- گزینه‌ی ADD TRENDLINE

سپس یک صفحه باز می‌شود که در قسمت **Options** یک گزینه وجود دارد به نام **Display equation on chart** این گزینه را انتخاب نموده و **Ok**را بزنید. مشابه تصویر زیر:



شکل۱۳- گزینه‌ی DISPLAY EQUATION ON CHART

خط **Trendline** ایجاد می‌شود و شما می‌توانید معادله نمودارتان را ببینید. همان‌طور که می‌دانید معادلات خطی به صورت **y=mx+b** است که در آن **m** شیب خط می‌باشد.

آشنایی با وسایل آزمایشگاهی

۱– مولتی‌متر: مولتی‌متر دستگاهی است که بسته به نوع و مدل آن می‌توان برای مشاهده چندین کمیت الکتریکی از قبیل ولتاژ یا اختلاف پتانسیل، جریان، ظرفیت خازن، تست دیود و تست اتصال کوتاه و مقاومت الکتریکی از آن استفاده کرد و همچنین می‌توان با آن سلامت قطعات یا مشخصات یک قطعه را ارزیابی کرد به همین دلیل به آن اندازه‌گیری چندگانه یا مولتی‌متر می‌گویند.

مولتی‌مترها را می‌توانیم به دو دسته کلی **Auto Range** و غیر**Auto Range** یا **Manual** تقسیم‌بندی کرد. در نوع غیراتوماتیک، برای اندازه‌گیری هر پارامتر نظیر ولتاژ، مقاومت و ... باید حدود مورد نظر را روی مولتی‌متر انتخاب کنیم. مولتی‌متر دارای یک سلکتور مشخص کننده کمیت‌های الکتریکی است که برای استفاده از آن لازم است شما با هر کدام از آن کمیت‌ها آشنا باشید که برای هریک، یک واحد مشخص اندازه‌گیری تعیین می‌شود. مثلا اگر می‌خواهیم ولتاژ ۱۲ ولت را اندازه‌گیری کنیم باید سلکتور مولتی‌متر را در قسمت ولتاژ روی ۲۰ قرار دهیم که بتوانیم ولتاژهای زیر ۲۰ ولت را با دقت خوبی اندازه‌گیری کنیم.

انواع مولتی‌مترهای دیجیتالی قادر به اندازه‌گیری ولتاژ از چند صد میلی‌ولت تا ۱۰۰۰ ولت به صورت خودکار هستند و نیاز به تنظیم رنج دستی ندارند، فقط کافیست کاربر جهت انتخاب ولتاژ **AC** سلکتور را روی قسمت **AC** و جهت انتخاب ولتاژ **DC** سلکتور را روی قسمت **DC** قرار دهیم، مانند مولتی‌مترهای اتوماتیک که صرفا باید نوع پارامتر را مشخص کنیم، مثلا برای اندازه‌گیری ولتاژ باتری سلکتور مولتی‌متر را روی ولتاژ مستقیم قرار می‌دهیم و اقدام به اندازه‌گیری کنیم. ولتاژ هر چقدر که باشد (در بازه‌ی مجاز مولتی‌متر) روی صفحه نمایش ظاهر می‌شود.

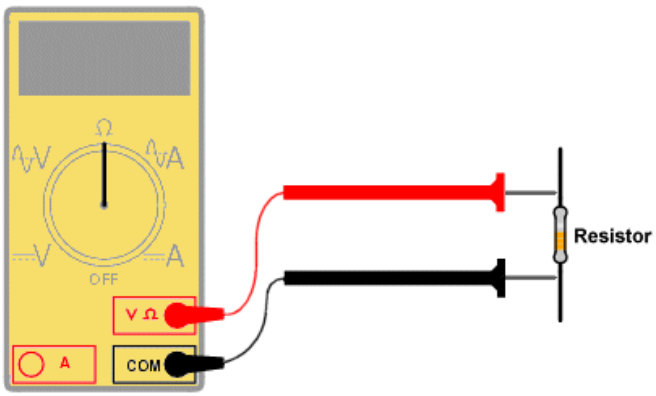
شکل ۲– مولتی غیر اتوماتیک، اتوماتیک و مولتی متر رومیزی

طریقه‌ی قرار گرفتن ولت متر، آمپر متر و اهم متر در مدار

۱-ولت‌متر: این وسیله برای اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل بین دو نقطه در مدار استفاده می‌شود. بدین صورت که ولت‌متر را با توجه به ولتاژ مربوطه تعیین و آن را به صورت موازی در مدار قرار می‌دهیم دوسر سیم‌ها به دو نقطه مورد اندازه‌گیری و دو سر دیگر به **COM** و **V** مولتی‌متر وصل می‌شود. باید دقت داشت که شروع اندازه-گیری باید از رنج‌های بزرگتر باشد تا باعث صدمه خوردن به ولت متر نشود.

۲-آمپرمتر: برای اندازه‌گیری شدت جریان گذرنده از یک شاخه مدار آمپرمتر را به صورت سری در مدار قرار می‌دهیم برای این کار باید ابتدا آن قسمت مدار را که می‌خواهیم جریان آن را اندازه‌گیری نماییم باز کنیم تا بتوانیم دستگاه را به آن متصل کنیم سپس دو سر قطع شده را به **COM** و **mA** یا **A** وصل می‌کنیم.

۳- اهم‌متر: برای اندازه‌گیری مقاومت، مولتی‌متر (اهم‌متر) را در حالت **Ω** قرار داده و دو سر مقاومت را مانند شکل از طریق سیم‌های رابط به **COM** و **Ω** وصل می‌کنیم که در حالت مقدار مقاومت بدست می‌آید.



شکل۳- شماتیک اندازه‌گیری مقاومت

۲-منبع تغذیه: منبع تغذیه دستگاهی است که از آن به عنوان منبع انرژی الکتریکی استفاده می‌شود که خروجی آن برای تغذیه و راه اندازی مدارهای الکتریکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. منابع تغذیه دارای ویژگی‌هایی هستند که نیاز بار اعمالی (یعنی همان وسیله‌ای که توسط منبع تغذیه، تغذیه می‌شود) را تامین می‌کند. از این ویژگی‌ها می‌توان به ولتاژ خروجی، حداکثر جریان خروجی، شکل موج خروجی، دقت و در عین حال پایداری مشخصات خروجی اشاره کرد.

منابع تغذیه به و دسته‌ی منابع تغذیه جریان مستقیم **DC** و جریان متناوب **AC** تقسیم می‌شوند. منبع تغذیه **DC** می‌تواند باتری و یا یک مدار الکتریکی باشد که ولتاژ متناوب برق شهر را به ولتاژ مستقیم **DC** تبدیل می-

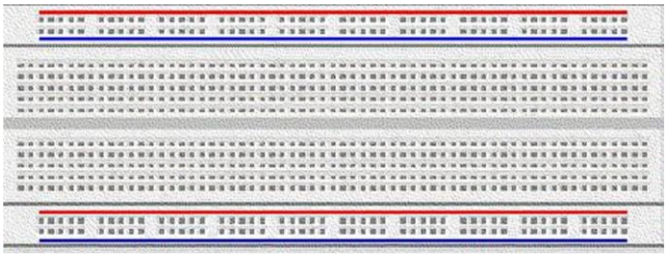
نماید. منبع تغذیه مورد نیاز در محیط‌های آزمایشگاهی و مهندسی برق و الکترونیک، همان منبع تغذیه **DC** با استفاده از برق شهر است که قابلیت تغییر پارامترهای منبع تغذیه مانند ولتاژ و جریان را دارا می‌باشد. به این منابع تغذیه منابع تغذیه **DC** متغیر گفته می‌شود.

شکل٤- منابع تغذیه **DC/AC** و **DC**

۳–گالوانومتر: نوعی وسیله‌ی اندازه‌گیری است که برای تشخیص مقدارهای کم جریان الکتریکی از آن استفاده می‌شود، در گالوانومتر جریان الکتریکی که باید اندازه‌گیری شود از یک پیچه‌ی کوچک سیمی می‌گذرد. همان‌طور که می‌دانیم عبور جریان الکتریکی از رسانا، میدان مغناطیسی مربوط به خود را به وجود می‌آورد که باعث می‌شود عقربه‌ی گالوانومتر منحرف شود.

شکل ٥- گالوانومتر

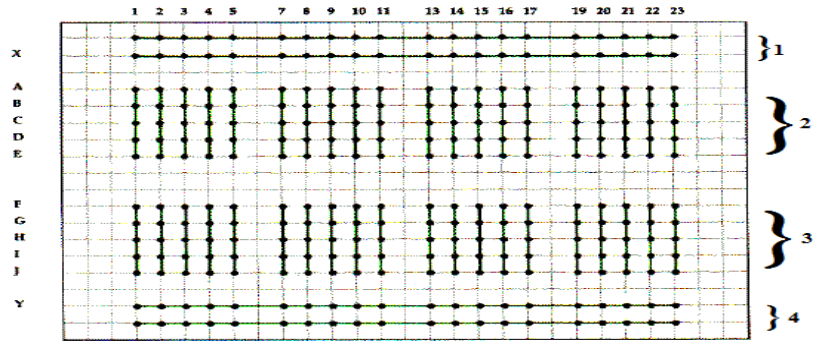
۴–بردبورد: بردبورد یکی از ضروری‌ترین ابزارهای پایه‌ای الکترونیک است که برای مقاصد آموزشی، آزمایش‌های قبل و بعد از طراحی مدار و مواردی مشابه استفاده می‌شود. به همین منظور در این قسمت نحوه‌ی استفاده از آن را به صورت مختصر توضیح خواهیم داد. بردبورد صفحه‌ای است که قطعات مدارهای الکترونیکی روی آن جای می‌گیرند، و می‌توان قبل از تهیه یک برد مدار چاپی، ابتدا مدار مورد نظر را روی آن بسته و نتایج حاصل را بررسی کرد. در شکل زیر نمایی از بردبورد را ملاحظه می‌کنید.



شکل٦: بردبورد

آموزش نحوه‌ی کار با بردبورد:

کار با بردبورد بسیار ساده است، زیرا دارای سوراخ‌های بسیار زیادی است که این امکان را به کاربر می‌دهد تا آزمایش را از هر جا که خواست آغاز نماید.



شکل۷: نمایی از اتصال سوراخ‌ها در بردبورد

همانطور که در شکل بالا هم مشخص است تمام سطرها با حروف انگلیسی، و تمام ستون‌ها نیز با اعداد نام-گذاری شده‌اند. این کار برای این است که کاربر در هنگام جای‌گذاری قطعات در سوراخ دچار اشتباه و خطا نشود. همچنین نکته مهم در استفاده از بردبورد نحوه اتصال این همه سوراخ به یکدیگر است. که در شکل کاملا مشخص شده است. در بخش ۱ و ٤ سوراخ‌ها به صورت افقی به هم اتصال دارند و از این دو قسمت بـه عنـوان تغذیـه یـا زمین (**COM**) در مدار استفاده می‌شود. قسمت ۲ و ۳ سوراخ‌ها به صورت عمودی با هم اتصال برقرار مـی‌کننـد و برای قرار دادن قطعات و بستن مدار مورد استفاده قرار می‌گیرد.

چند نکته:

- اگر قطعات را طوری قرار دهیم که پایه‌ها به هم متصل باشند(یعنی پایه‌های یـک قطعـه را در یـک ردیف یا یک ستون که سوراخ‌هایش به هم متصل هستند قرار دهیم، یا به کمک سیم اشتباها به هـم

متصل کنیم، معمولا این کار باعث سوختگی قطعات می‌شود. همچنین این کار می‌تواند باعث قطع اتصال سوراخ‌های بردبورد از داخل شود.

- قطعاتی که دارای پایه‌های ضخیم هستند را مستقیما روی بردبورد نصب نکنید، چون محل‌های اتصال را خراب می‌کنند، و یا ممکن است موجب شکستگی شوند. برای اتصال آن‌ها قبل از نصب، یک سیم نازکتر مناسب را به پایه‌های آن قطعه مورد نظر لحیم کنید.

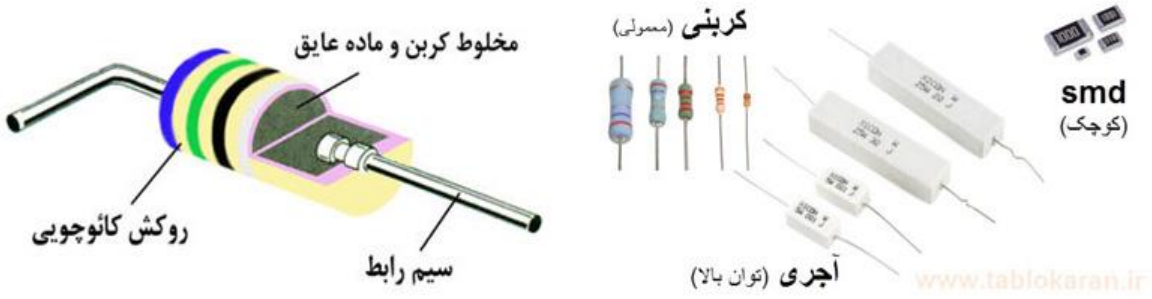
آشنایی با قطعات الکترونیکی

۱–انواع مقاومت‌ها

مقاومت ثابت: این نوع از مقاومت‌ها مقدار ثابتی دارند و در مدار مقدارشون تغییر نمی‌کند. از این نوع مقاومت‌ها به عنوان مثال می‌توان مقاومت کربنی را نام برد.

تلرانس مقاومت: هر مقاومتی یک درصد خطایی دارد مثلا وقتی می‌گویند مقاومتی ۱۰۰ اهم است و تلرانس آن ۵ درصد است به این معنی می‌باشد که ۵ اهم خطا دارد و ممکن است مقاومت به اندازه ۵ اهم حول ۱۰۰ اهم تغییر کند.(مثلا ممکن است ۹۵ اهم شود)

مقاومت متغیر: این نوع از مقاومت‌ها در مدار مقدار مقاومت‌شان بسته به نوع مقاومت ممکن است در اثر تغییر ولتاژ، جریان، نور محیط، توسط خودمان و ... مقدار مقاومت‌شان تغییر کند. مقاومت متغیر مانند: رئوستا و پتانسیومتر.



شکل۸– انواع مقاومت‌ها

از آنجا که اشکال مختلفی از مقاومت تولید شده و در بازار موجود است برای جلوگیری از استفاده کردن اشتباه مقاومت در مدارهای مختلف، شماتیک مختلفی برای انواع مقاومت در نظر گرفته شده است. در تصویر زیر شماتیک مقاومت، پتانسیومتر و مقاومت متغیر نشان داده شده است.

شکل۹- شماتیک انواع مقاومت در مدارات الکتریکی

رئوستا: یکی از انواع مقاومت‌های متغیر که دارای سه ترمینال هستند رئوستا نامیده می‌شوند. جنس رئوستاها از سیم بوده و بدین خاطر از توان بالاتری نسبت به مقاومت‌های متغیر کربنی برخوردارند. دو ترمینال ثابت و یک ترمینال متحرک که روی سیم پیچی قادر به حرکت است و از طریق این ترمینال متحرک مقاومت کم یا زیاد می-شود.

شکل۱۰- رئوستا

پتانسیومتر: پتانسیومتر(ولوم) یک مقاومت متغیر است که از سه پایه تشکیل شده است که پایه وسط معمولا پایه متغیر آن است. به این پایه متغیر یک دکمه چرخان(ولوم) متصل بوده که قابل تنظیم برای تقسیم ولتاژ است و با حرکت این پایه متحرک، مقادیر مقاومتی متغیری ایجاد می‌شود. بنابراین با تغییر مقدار مقاومت ولتاژهای متفاوتی را در هر نقطه خواهیم داشت (نقطه تقسیم ولتاژ).

شکل۱۱- پتانسیومتر و نماد آن در مدارات الکتریکی

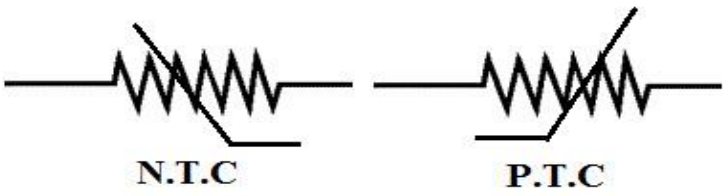
پتانسیومتر و رئوستا هر دو مقاومت متغیر هستند، با این تفاوت که از پتانسیومتر برای کنترل ولتاژ یا پتانسیل و از رئوستا برای کنترل جریان استفاده می‌شود.

جعبه مقاومت: جعبه مقاومت به گونه‌ای است که تعدادی مقاومت با مقدار مشخص به صورت متوالی درون جعبه‌ای قرارداده می‌شوند و با انتخاب هر تعداد از آنها، می‌توان مقادیر مشخصی را در ترمینال خروجی ایجاد کرد.

شکل۱۲- جعبه مقاومت

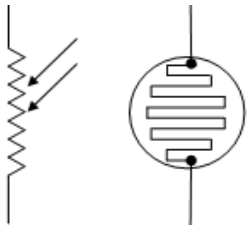
۱-۱- مقاومت‌های تابع عوامل محیطی

مقاومت‌های تابع حرارت(ترمیتور): تاثیر حرارت بر مقدار مقاومت به دو گونه می‌تواند باشد. اگر در اثر افزایش دما، مقاومت آنها کاهش یابد به آنها مقاومت‌های با ضریب حرارتی منفی یا **N.T.C** می‌گویند. دسته دیگری از این مقاومت‌ها با افزایش دما، مقاومتشان افزایش می‌یابد و به آنها مقاومت‌های با ضریب حرارتی مثبت یا **P.T.C** می‌گویند.



شکل۱۳- نماد مقاومت‌های تابع حرارت در مدارات الکتریکی

مقاومت تابع نور: مقاومت تابع نور یا **L.D.R** به مقاومتی گفته می‌شود که با تغییرات نور تابیده شده به سطح آن، مقدار مقاومتشان تغییر کند یعنی مقاومت به شدت نور تابیده شده به آن وابسته است.

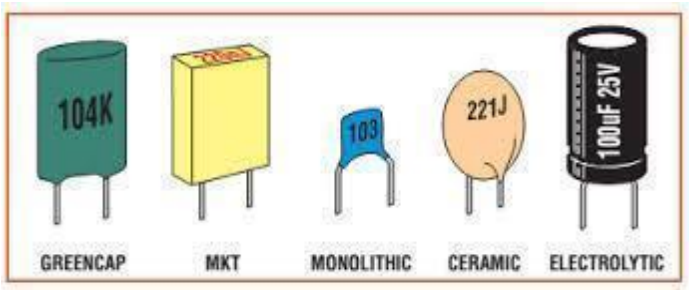


شکل۱٤- نماد مقاومت تابع نور در مدرات الکتریکی

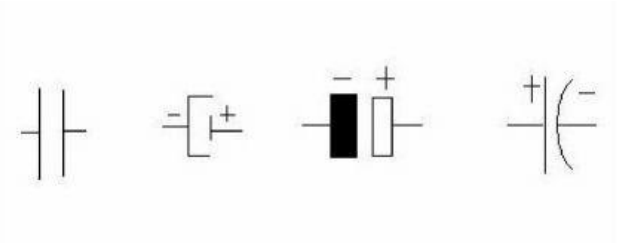
۲- خازن‌ها

خازن یکی دیگر از قطعات پرکاربرد در الکترونیک می‌باشد که در مدارها مقداری انرژی الکتریکی را ذخیره و بعدا آزاد می‌کند. خازن در جریان متناوب **AC** جریان را عبور می‌دهد و شارژ و دشارژ می‌شود ولی در جریان مستقیم **DC** سریعا شارژ شده و جریان را عبور نمی‌دهد. در زیر انواع نمادهایی که برای آن در مدارات الکتریکی و الکترونیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد را می‌توانید مشاهده نمایید. ساختمان داخلی خازن از دوقسمت صفحات هادی و عایق بین هادی‌ها (دی الکتریک) تقسیم می‌شود. هر گاه دو هادی در مقابل هم قرار گرفته و در بین آن‌ها عایقی قرار داده شود، تشکیل خازن می‌دهند. عایق بین صفحات از جنس هوا، میکا، پلاستیک، سرامیک و غیره هستند.

ظرفیت خازن: نسبت بارالکتریکی ذخیره شده در خازن به ولتاژ آن را ظرفیت خازن می‌نامند و با رابطه‌ی $\mathbf{C=\frac{q}{V}}$ یعنی نسبت بارالکتریکی به ولتاژ تعریف می‌شود. مقدار ظرفیت خازن فقط به مشخصاتی از قبیل فاصله صفحات و اندازه و جنس دی الکتریک وابسته است و بر حسب فاراد (**F**) بیان می‌گردد.



شکل۱۵– انواع خازن



شکل۱٦– انواع نماد برای خازن در مدارهای الکتریکی

ولتاژ کار ماکزیمم: به ولتاژی که به دو سر خازن اعمال می‌شود بدون اینکه دی‌الکتریک میان صفحات یونیزه شود و خازن بتواند در شرایط عادی کار کند ولتاژ کار ماکزیمم می‌گویند و مقدار آن به فاصله صفحات و جنس دی-الکتریک وابسته است. معمولا این ولتاژ روی بدنه خازن به همراه ظرفیت خازن نوشته می‌شود.

ضریب حرارتی: وابستگی ظرفیت خازن به حرارت را ضریب حرارتی خازن می‌گویند.

حداکثر فرکانس کار: خازن در مدارهای متناوب از خود یک مقاومت ظاهری نشان می‌دهد که با رابطه‌ی زیر به ظرفیت خازن و فرکانس مربوط می‌شود.

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

بنابراین تا جایی که با افزایش فرکانس این امپدانس روند کاهشی داشته باشد خازن درست کار می‌کند ولی از یک فرکانس مشخص به بالا تغییر خاصیت داده به این حد فرکانسی، حداکثر فرکانس کار خازن می‌گویند. در رابطه‌ی بالا **f** فرکانس منبع و **C** ظرفیت خازن است.

ضریب کیفیت خازن(Q): ضریب کیفیت خازن به صورت نسبت مقاومت ظاهری به مقاومت در یک فرکانس خاص تعریف می‌شود:

$$Q = \frac{X_C}{R} = \frac{1}{2\pi f C R}$$

که در آن **R** مقاومت اهمی صفحات خازن، **C** ظرفیت آن و **f** فرکانس منبع است.

۲-۱- انواع خازن

خازن‌های ثابت: این خازن‌ها دارای ظرفیتی معین هستند که در وضعیت معمولی تغییر پیدا نمی‌کنند. این نوع از خازن‌ها را براساس نوع ماده‌ی دی‌الکتریک به کار رفته در آن‌ها تقسیم‌بندی و نام‌گذاری می‌کنند و از آن‌ها در مصارف مختلف استفاده می‌کنند. از جمله این خازن‌ها می‌توان به خازن‌های سرامیکی، ورقه‌ای (کاغذی و پلاستیکی)، میکا، الکترولیتی، روغنی، گازی و نوع خاص فیلم **Film** را نام برد. که در اینجا به اختصار برخی از این خازن‌ها را به توضیح خواهیم داد.

خازن کاغذی: دراین نوع خازن، نوار کاغذی آغشته به پارافین را بین دو نوار فلزی بسیار نازک معمولاً از آلومینیوم یا قلع قرار می‌دهند و سپس روی نوار کاغذ دیگری که آن هم آغشته به پارافین است می‌گذارند و می‌پیچند تا به شکل استوانه درآید.

خازن میکایی: صفحه‌های نازک فلزی و ورقه‌های میکا را یک در میان روی هم قرار می‌دهند به طوری که صفحه‌های فلزی یکی بیشتر از صفحه‌های میکا باشد.

خازن‌های سرامیکی: خازن سرامیکی (**Ceramic capacitor**) معمولی‌ترین خازن غیر الکترولیتی است خازن‌های که در آن دی الکتریک بکار رفته از جنس سرامیک است. ثابت دی الکتریک سرامیک بالا است، از این

رو امکان ساخت خازن‌های با ظرفیت زیاد در اندازه‌ی کوچک را در مقایسه با سایر خازن‌ها به وجود آورده است. ظرفیت این نوع خازن‌ها معمولا ۵ پیکوفاراد تا ۰/۱ میکرو فاراد است. این نوع خازن به صورت دیسکی (عدسی) و استوانه‌ای تولید می‌شود و فرکانس کار آن‌ها بالای ۱۰۰ مگاهرتز است و در ولتاژهای بالا کار می‌کنند. عیب بزرگ این خازن‌ها وابسته بودن ظرفیت آن‌ها به دمای محیط است، زیرا با تغییر دما ظرفیت خازن تغییر می‌کند.

خازن‌های الکترولیتی: در میان خازن‌ها بیش‌ترین ظرفیت را خازن‌های الکترولیتی دارند. این ظرفیت زیاد ناشی از به کار بردن یک لایه‌ی دی الکتریک نازک با ضخامت تقریبی یک نانومتر است. در عمل چنین لایه‌ای را به وسیله‌ی اکسیداسیون آندی یک فلز مناسب تهیه می‌کنند. برخلاف خازن‌های عدسی، این خازن‌ها اکثرا دارای قطب مثبت و منفی است که روی بدنه‌ی آن‌ها کنار پایه منفی علامت (–) نوشته شده است بنابراین باید توجه داشت که حین کار، دو قطب آنها جابه جا نشوند در صورت اشتباه متصل کردن دو قطب خازن الکترولیتی، واکنش‌های شیمیایی درون خازن روی می‌دهد و خازن معیوب می‌شود. این نوع خازن‌ها در رنج میکروفاراد هستند. نام دیگر آن‌ها خازن‌های شیمیایی است. علت نامیدن آن‌ها به این نام این است که دی الکتریک این خازن-ها را به نوعی مواد شیمیایی آغشته می‌کنند که در عمل، حالت کاتالیزگر را دارا می‌باشند و باعث بالا رفتن ظرفیت خازن می‌شوند. مقدار واقعی ظرفیت ولتاژ قابل تحمل آن‌ها نیز روی بدنه درج شده است. خازن‌های الکترولیتی از نظر داشتن مواد دی الکتریک در دو نوع آلومینیومی و تانتالیومی ساخته می‌شوند.

خازن‌های متغیر: خازن‌هایی هستند که ظرفیت آن‌ها را در هر لحظه می‌توان از حداقل تا حداکثر تغییر داد. از این خازن‌ها در فرکانس‌های پایین، متوسط و بالا استفاده می‌شود. از انواع این خازن‌ها، خازن هوا و تریمر را می‌توان نام برد.

ظرفیت خازن را می‌توان با تغییر سه عامل تغییر داد:

الف)تغییر فاصله‌ی صفحات

ب) تغییر سطح صفحات

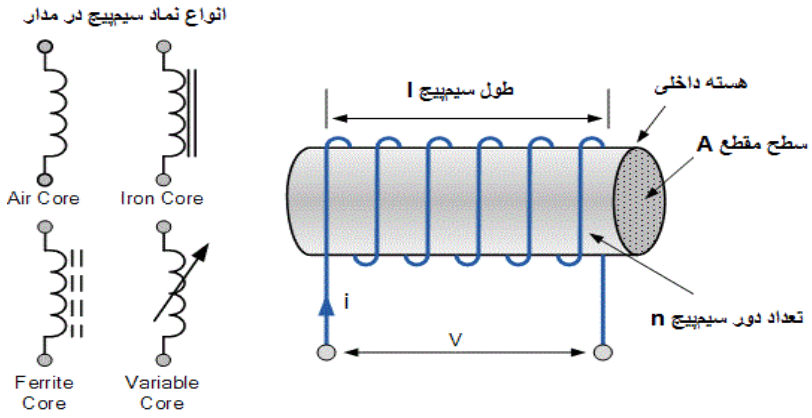
ج) تغییر دی الکتریک

از سه روش فوق رایج‌ترین روش تغییر سطح موثر صفحات است.

۳– سیم‌پیچ (سلف)

سلف (**inductor**) که به نام‌های مانند پیچه یا القاگر هم شناخته می‌شود، یک المان الکترونیکی است که در مقابل تغییرات جریان الکتریکی از خود مقاومت نشان می‌دهد. سلف دارای یک رسانا مانند سیم است که به صورت پیچه (سیم‌پیچ) درآمده است که به دور یک هسته معمولا از جنس آهن یا کربن پیچیده شده است.

هنگام عبور جریان از سلف، شاری از داخل حلقه‌های سیم‌پیچ می‌گذرد. در زمان گذرا باید شار تغییر کرده باشد و طبق قانون فارادی، نیروی محرکه الکتریکی القایی در سیم‌پیچ القا شده باشد. این نیروی محرکه الکتریکی القایی در جهتی خواهد بود که با تغییرات شار مخالفت کند، یعنی با ایجاد شار ناشی از عبور جریان مخالفت کند. چون در اینجا باتری جریان را داخل مدار می‌فرستد، نیروی محرکه الکتریکی خودالقایی باید در خلاف جهت باتری باشد، به همین علت آن را نیروی محرکه ضد الکتریکی می‌نامند.



شکل۱۷- سیم‌پیچ(سلف) و انواع نماد آن در مدارات الکتریکی

در اینجا خوب است که ثابتی را معرفی کنیم که این نیروی ضد محرکه الکتریکی را به آهنگ زمانی تغییرات جریان مربوط کند. به این ترتیب:

$$\mathcal{E} = -\mathbf{L}\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

که در آن $\mathbf{L}$ را خودالقایی سیم‌پیچ می‌نامند و $\mathcal{E}$ را نیروی محرکه الکتریکی است که بر اثر تغییر جریان گذرنده از سیم‌پیچ در آن القا شده است. یکی از مشخصه‌های مهم سلف، خودالقایی آن است. خود القایی یک سلف مخالفت آن سلف را در مقابل تغییر جریان الکتریکی نشان می‌دهد.

$$L = \frac{\varphi}{I}$$

که واحد L هانری است و واحدهای کوچک آن میلی هانری و میکروهانری هستند. عوامل مختلفی روی ضریب خودالقایی سلف تاثیر می‌گذارد، مانند تعداد دور سیم پیچ، قطر سیم به کار رفته، قطر حلقه‌های سیم‌پیچ و طول سیم‌پیچ.

یکی دیگر از مشخصات سلف ضریب کیفیت (Q) آن است. همانطور که گفته شد سلف با طول معینی از یک سیم هادی ساخته شده است. بنابراین دارای مقاومت نیز می‌باشد. یک سلف واقعی از یک سلف ایده‌آل و یک مقاومت سری با آن تشکیل شده است. کیفیت یک سلف را به صورت:

$$Q=\frac{X_L}{R}=\frac{2\pi fL}{R}$$

تعریف می‌شود که در آن $X_L = 2\pi fL$ را راکتانس سلف و R را مقاومت آن در یک فرکانس معین می‌نامند. مشخصه‌ی بعدی سلف ماکزیمم فرکانس کاری است. از ضریب کیفیت می‌دانیم که با افزایش فرکانس، راکتانس سلف افزایش می‌یابد. در عمل این افزایش در امپدانس سلف تا فرکانس مشخصی صورت می‌گیرد و از یک حد فرکانس به بالا سلف خواص دیگری را از خود نشان می‌دهد مثلا ممکن است اثر خازن در آن ظاهر شود که امپدانس آن را کاهش می‌دهد.

.

آزمایش ۱:

اندازه‌گیری مقاومت و تحقیق قانون اهم $R=\frac{V}{I}$

الف) اندازه‌گیری مقاومت:

هدف آزمایش: آشنایی با اندازه‌گیری مقاومت به وسیله‌ی مولتی‌متر دیجیتالی و مقایسه با کدهای رنگی

وسایل آزمایش: چند جعبه مقاومت، مولتی متر، سیم‌های رابط.

مبانی نظری:

اگر دو سر یک رشته سیم را به اختلاف پتانسیل V وصل کنیم، از سیم جریان الکتریکی عبور می‌کند، این جریان به هدایت سیم یا مقاومت الکتریکی آن بستگی دارد. هدایت معرف قابلیت عبور جریان الکتریکی از سیم است و مقاومت سیم یعنی نسبت اختلاف پتانسیل به شدت جریان عبوری از سیم، که عکس هدایت است. مقاومت سیم با توجه به جنس آن تابعی از ولتاژ و یا جریان الکتریکی و نیز درجه حرارت است. چنین رشته‌ای را مقاومت الکتریکی می‌نامیم. اندازه‌گیری مقاومت به دو روش مستقیم و غیر مستقیم امکان‌پذیر است. در ادامه با اندازه‌گیری مقاومت با توجه به کدهای رنگی و نیز با استفاده از مولتی‌متر آشنا می‌شویم.

روش انجام آزمایش:

۱- انتخابگر (سلکتور) مولتی‌متر رادر محدوده‌ی اندازه‌گیری مقاومت آورده و آن را به اهم‌متر تبدیل کنید.

۲- فیش سیاه رنگ مولتی‌متر را در پایانه‌ی منفی (**Com -**) و فیش قرمز رنگ را در پایانه‌ی مثبت (+) قرار دهید.

۳- سه مقاومت رنگی انتخاب و با استفاده از کدهای رنگی جدول زیر و مولتی‌متر دیجیتالی اندازه‌ی هر مقاومت را تعیین کنید.

جدول۱. کدهای مقاومت رنگی

نوار سیاه	عدد مربوط (کد)	توان عدد ده	درصد خطای نسبی
سیاه	–	۰	–
قهوه‌ای	۱	۱	۱
قرمز	۲	۲	۲
نارنجی	۳	۳	–
زرد	۴	۴	–
سبز	۵	۵	۰/۵
آبی	۶	۶	۰/۲۵
بنفش	۷	۷	۰/۱
خاکستری	۸	۸	۰/۰۵
سفید	۹	۹	–
طلایی	–	-۱	۵
نقره‌ای	–	-۲	۱۰
بی‌رنگ	–	–	۲۰

در معادله‌ی روبرو $\%RE$ درصد خطای نسبی است که با توجه به رنگ آخر بر روی مقاومت تعیین می‌شود و R هم مقاومت خوانده شده از روی رنگ‌ها می‌باشد .

$$\Delta R = \frac{\%RE \times R}{100}$$

ردیف	نوار اول	نوار دوم	نوار سوم	نوارچهارم	درصد خطای نسبی	R از روی رنگ	R ازروی مولتی‌متر	R±ΔR
۱								
۲								

								۳

ب) تحقیق قانون اهم

هدف آزمایش: آشنایی با اندازه‌گیری ولتاژ و جریان مستقیم با استفاده از مولتی‌متر و تحقیق قانون اهم $R=\frac{V}{I}$

وسایل آزمایش: جعبه مقاومت، مولتی‌متر، منبع تغذیه *DC*، سیم‌های رابط

مبانی نظری:

ساده‌ترین مدارالکتریکی شامل یک مقاومت (R) است که دو سرآن به یک منبع تغذیه ولتاژ مستقیم وصل شده است. دراثر اختلاف پتانسیل (V) ایجاد شده در دو سر مقاومت یک جریان الکتریکی (I) از آن عبور خواهد کرد که در رابطه‌ی $R=\frac{V}{I}$ صدق می‌کند کمیت‌های $I،V$ و R را می‌توان با استفاده از مولتی‌متر اندازه‌گیری کرد و رابطه‌ی $R=\frac{V}{I}$ را تحقیق کرد.

روش انجام آزمایش:

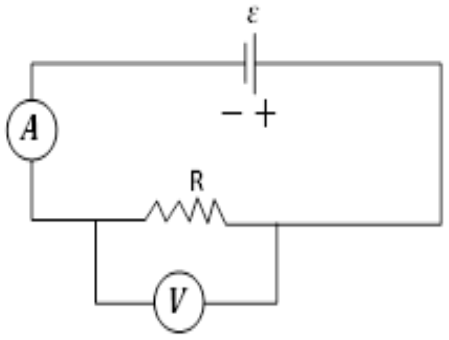
۱- یک جعبه مقاومت را انتخاب کنید.

۲- با استفاده از مولتی‌متر اندازه مقاومت را به طور مستقیم تعیین نموده و مقدار آن را در جدول یادداشت کنید. (تئوری **R**)

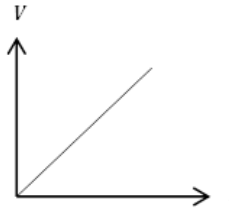
۳- منبع تغذیه ولتاژ مستقیم (**DC**) را درحالی که خاموش است مطابق شکل به کمک سیم‌های رابط به دو سر مقاومت متصل کنید.

٤- با انتخاب مناسب انتخابگر مولتی‌متر، مولتی متر را به ولت متر و آمپرمتر تبدیل کنید.

۵- با توجه به قطب‌های مثبت و منفی، آمپرمتر را به طور سری و ولت‌متر را به طور موازی برای اندازه‌گیری جریان عبور از مقاومت و ولتاژ دو سرآن در مدار قرار دهید.



٦- پس از بستن مدار فوق ولتاژ منبع تغذیه را ۵ بار تغییر داده و هربار مقدار عددی ولت‌متر و آمپرمتر را یادداشت کنید و جدول را کامل کنید سپس مقدار **R** را از روی نمودار به دست آورید برای این کار نمودار **V** بر حسب **I** را رسم کرده شیب نمودار مقدار **R** میانگین را می‌دهد و در آخر خطای مطلق و نسبی را به دست آورید.



$$tan\,\theta = \frac{\Delta V}{\Delta I} = \bar{R}$$

ردیف	V	I	$R=\frac{V}{I}$ عملی	از روی نمودار $\bar{R}$	$\Delta R=\bar{R}- R_i$	$max\Delta R$=خطای مطلق	درصد خطای نسبی $=\frac{\text{مطلق}}{\bar{R}}\times ۱۰۰$
۱							
۲							
۳							
٤							
۵							

سوالات:

۱- از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

۲- عوامل مؤثر بر خطا در آزمایش را ذکر کنید؟

آزمایش ۲:

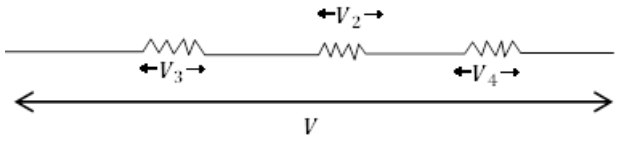
بهم بستن مقاومت‌ها به صورت سری و موازی

هدف آزمایش: به دست آوردن مقاومت معادل به صورت سری و موازی

وسایل مورد نیاز: سه عدد مقاومت رنگی، منبع تغذیه *DC*، مولتی‌متر ۲ عدد، سیم‌های رابط

الف) بررسی مقاومت‌های متوالی:

هنگامی که چند مقاومت پشت سرهم به یکدیگر متصل شده باشند اصطلاحاً می‌گوییم که آن مقاومت‌ها به طور متوالی (سری) به هم بسته شده‌اند. شکل زیر سه مقاومت R_1 و R_2 و R_3 را درحالت سری نشان می‌دهد.



با وصل کردن دو سر این مجموعه به اختلاف پتانسیل V حالات زیر برقرار خواهند بود.

۱- شدت جریان در تمام قسمت‌های مدار یکسان است (اصل پایستگی بار) $I=I_1=I_2=I_3$

۲- اختلاف پتانسیل دو سر مجموعه، برابر است با مجموعه اختلاف پتانسیل‌های دو سر هر یک از مقاومت‌ها (اصل پایستگی انرژی) $V=V_1+V_2+V_3$

۳- نسبت (ولتاژ به جریان) مقدار ثابتی را نشان می‌دهد که همان مقاومت معادل است. $R=V/I$

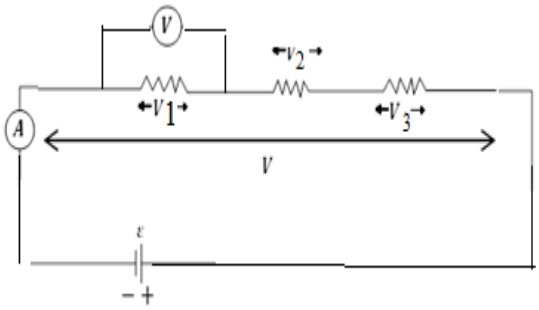
مقاومت معادل مدار مقاومتی است که اگر به جای مجموعه‌ی مقاومت‌های مدار گذاشته شود به ازای همان اختلاف پتانسیل V همان جریان I از مدار عبور می‌کند.

٤- مقاومت معادل با توجه به درست بودن قانون اهم برای تک تک مقاومت‌ها، برابر است با جمع مقاومت‌ها

$$R=R_1+R_2+R_3$$

روش انجام آزمایش:

دو سر تک تک مقاومت‌ها را به مولتی‌متر وصل کرده و مقدار عددی آن را یادداشت کنید سپس مدار زیر را بسته و مقدار ولتاژ و جریان را یادداشت کنید و جدول را کامل کنید.

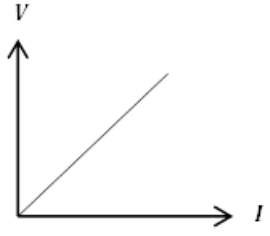


در همه مدارها آمپرسنج به صورت سری در مدار قرار می‌گیرد و فرقی نمی‌کند که بین R_1,R_2 یا R_2,R_3 و یا قبل از R_1 و یا بعد از R_3 قرار گیرد ولی ولت‌متر همیشه به صورت موازی در مدار قرار می‌گیرد.

مقدار مقاومت معادل از لحاظ تئوری برابر است با: $R=R_1+R_2+R_3$

و از لحاظ عملی پس از بستن مدار و صحت از درست بودن، آن مقدار V و I از روی مولتی‌متر خوانده و برای اینکه بتوان آزمایش را ٥ بار تکرار کنیم از طریق منبع تغذیه ولتاژ را ٥ بار تغییر داده و مقادیر را در جدول ثبت می‌کنیم و در آخر نمودار V بر حسب I را رسم کرده و از روی شیب به دست آمده R میانگین را به دست می‌آوریم. پس خطای مطلق و نسبی را به دست آورید.

$$\boldsymbol{tan\,\theta = \frac{\Delta V}{\Delta I} = \overline{R}}$$



ردیف	V	I	$R=\frac{V}{I}$عملی	$\bar{R}$از روی نمودار	$\Delta R=\lvert\bar{R}-R_i\rvert$	خطای نسبی=$\frac{max\,\Delta R}{\bar{R}}\times 100$
۱						
۲						
۳						
٤						
٥						

بررسی اثر ولتاژ:

دراین بخش از آزمایش می‌خواهیم اثبات کنیم که ولتاژ کل مدار در حالت سری برابر است با مجموع ولتاژ تک‌تک مقاومت‌ها $V=V_1+V_2+V_3$

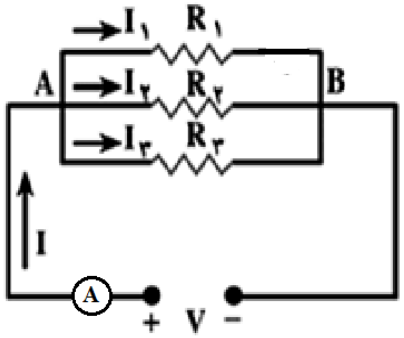
سوالات:

۱- عوامل مؤثر بر خطا را ذکر کنید؟

۲- رابطه‌ی $\mathbf{R=R_1+R_2+R_3}$ را تحقیق کنید؟

ب) بررسی مقاومت‌های موازی:

شکل زیر مقاومت R_1 وR_2 و R_3 را در حالت موازی نشان می‌دهد.



با وصل کردن دو سر این مجموعه به اختلاف پتانسیل V حالات زیر برقرار خواهند بود.

۱- جریان کل مدار برابر است با مجموع تک‌تک جریان‌های عبوری از مقاومت‌ها (اصل پایستگی بار)
$\mathbf{I=I_1+I_2+I_3}$

۲- اختلاف پتانسیل دوسر تمام مقاومت‌ها برابر با اختلاف پتانسیل کل (اصل پایستگی انرژی)
$\mathbf{V=V_1=V_2=V_3}$

۳- نسبت ولتاژ به جریان، مقدار ثابتی را نشان می‌دهد که همان مقاومت معادل است. $\boldsymbol{R=\frac{V}{I}}$

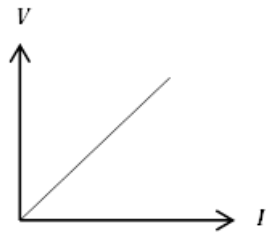
مقاومت معادل مدار مقاومتی است که اگر به جای مجموعه‌ی مقاومت‌های مدار گذاشته شود به ازای همان اختلاف پتانسیل $\boldsymbol{V}$ همان جریان I از مدار عبور می‌کند.

٤- مقاومت معادل، با اعمال قانون اهم در روابط بالا از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید. $\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{R}}=\frac{\mathbf{1}}{R_1}+\frac{\mathbf{1}}{R_2}+\frac{\mathbf{1}}{R_3}$

روش انجام آزمایش:

سه جعبه مقاومت را انتخاب نموده از طریق مولتی‌متر عدد آن را به دست آورده و یادداشت کنید، سپس مدار قبل را بسته و پس از صحت از درست بودن مدار منبع تغذیه را روشن کرده و همانند توضیحات قبل ولت‌متر به صورت موازی و آمپرمتر به صورت سری در مدار بسته می‌شود. به هنگام بستن ولت‌متر، فرقی نمی‌کند که به دو سر کدام یک از مقاومت‌ها بسته شود چون ولتاژ درهر حالت برابر است. $V=V_1=V_2=V_3$

برای تکرار آزمایش ولتاژ منبع تغذیه را ٥ بار تغییر داده و هر بار V و I را یادداشت کنید و جدول را کامل کنید، همچنین نمودار V بر حسب I را رسم کرده واز روی آن $\overline{\boldsymbol{R}}$ معادل را به دست آورید سپس خطای مطلق و نسبی را به دست آورید. $\boldsymbol{tan\,\theta=\frac{\Delta V}{\Delta I}=\overline{R}}$



ردیف	V	I	$\mathbf{R}=\frac{V}{I}$ عملی	از روی نمودار $\overline{\mathbf{R}}$	$\Delta\mathbf{R}=\lvert\overline{R}-R_i\rvert$	خطای نسبی $=\frac{max\,\Delta R}{\overline{R}}\times 100$
١						
٢						
٣						
٤						
٥						

بررسی اثر ولتاژ:

دراین بخش می‌خواهیم اثبات کنیم که ولتاژ کل مدار موازی برابر است با ولتاژ تک‌تک مقاومت‌ها $V=V_1=V_2=V_3$

پرسش

۱- عوامل مؤثر بر خطا را ذکر کنید؟

رابطه‌ی $\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}$ را تحقیق کنید؟

آزمایش ۳:

تحقیق قانون ($R = \rho \frac{l}{A}$) (مقاومت ویژه)

هدف‌آزمایش: بررسی رابطه‌ی بین مقاومت یک سیم رسانا با طول سطح مقطع و جنس آن و به دست آوردن مقاومت ویژه هر سیم

وسایل مورد نیاز: تخته‌ی مقاومت شامل سیم با جنس و طول‌های متفاوت و سطح مقطع‌های مختلف، مولتی‌متر ۲ عدد، منبع تغذیه.

مبانی نظری:

دریک دمای معین، مقاومت یک هادی با طول آن (L) نسبت مستقیم و با سطح مقطع آن (A) نسبت عکس دارد. ضریب تناسب را مقاومت ویژه (*Resistivity*) می‌نامند و آن را با $\boldsymbol{\rho}$ نشان می‌دهند.

بنابه تعریف، مقاومت ویژه برابر است با مقاومت سیمی به طول واحد و به سطح مقطع واحد. از این رو مقاومت یک سیم هادی را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$\boldsymbol{R = \rho \frac{L}{A}} \quad (۱)$$

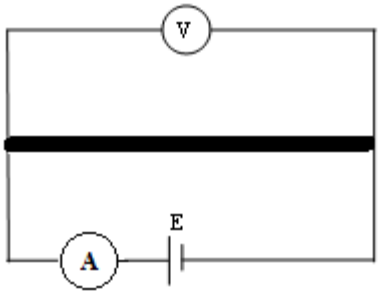
در دستگاه *SI* که مقاومت، طول و سطح مقطع به ترتیب، برحسب اهم، متر و متر مربع بیان می‌شود، واحد مقاومت ویژه اهم در متر ($\boldsymbol{\Omega.m}$) است. مقاومت ویژه را نیز می‌توان به صورت $\boldsymbol{\rho = \frac{E}{J}}$ تعریف نموده که در آن E شدت میدان الکتریکی و J چگالی جریان در داخل سیم رسانا است. ($\boldsymbol{I = \int \vec{J}.dA}$). هرچه مقاومت‌ویژه بیش‌تر باشد، شدت میدان بیش‌تری برای ایجاد چگالی جریان معین لازم است.

در جدول ۱ مقاومت ویژه چند ماده‌ی مختلف آمده است.

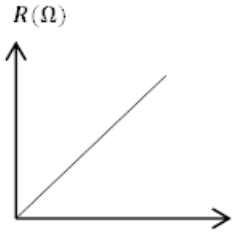
نام ماده	$P(\Omega.m)$
مس	$۱/۷ \times ۱۰^{-۸}$
تنگستن	$۵/۵ \times ۱۰^{-۸}$
نیکروم	۱۰۰×۱۰^{-۸}
کربن	$۳/۵ \times ۱۰^{-۵}$
برنج	$۵-۱۰ \times ۱۰^{-۸}$
شیشه	$۱۰^{۱۰} - ۱۰^{۱۴}$
میکا	$۱۰^{۱۱} - ۱۰^{۱۵}$

الف) بررسی رابطه‌ی مقاومت با طول سیم و اندازه‌گیری مقاومت ویژه:

روش انجام آزمایش: ابتدا یک رشته سیم از جنس نیکل کروم در مدار موجود در آزمایشگاه را انتخاب کرده (مطابق شکل) و با منبع تغذیه با ولتاژ پایین درحد ۰/۵ ولت وصل کنید، تا سیم‌ها در اثر جریان عبوری گرم نشوند هریک از سیم‌ها را با آمپرسنج به صورت سری و با ولت متر به صورت موازی می‌بندیم.



طول هر رشته سیم یک متر است و به فاصله‌های ۲۵ سانتی‌متر تقسیم شده است. برای سیم مورد نظر مقدار V و I را برای طول‌های $۱m$ و $۷۵cm$ $۵۰cm$ و $۲۵cm$ به دست آورده و جدول زیر را پرکنید و سپس نمودار R برحسب I را رسم کرده شیب نمودار را محاسبه کرده و مقدار مقاومت ویژه را از روی نمودار به دست آورید.



$$tan\theta = \frac{\Delta R}{\Delta L} \qquad \rho = \frac{R}{L} = tan\,\theta \times A$$

ردیف	$\mathbf{V}$	$\mathbf{I}$	$\mathbf{R}=\frac{V}{I}$	$\boldsymbol{\rho}=\frac{R}{L}\mathbf{A}$	$\Delta\boldsymbol{\rho} = \lvert\boldsymbol{\rho} - \boldsymbol{\rho_i}\rvert$	درصد خطای نسبی $=\frac{max\ \Delta\rho}{\rho}\times$ ۱۰۰
۱۰۰cm						
۷۵cm						
۵۰cm						
۲۵cm						

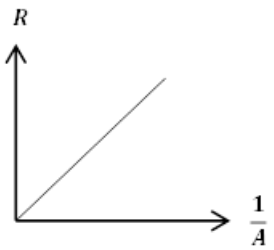
ب) بررسی رابطه‌ی مقاومت با سطح مقطع سیم و اندازه‌گیری مقاومت ویژه:

۱- آزمایش قبل را تکرارکنید با این تفاوت که از برد مقاومت سیمی با طول و جنس یکسان اما سطح مقطع متفاوت استفاده کنید.

۲- با اندازه‌گیری مقاومت معلوم قطر سیم (**d**) سطح مقطع آن (**A**) و طول یک متر و مقدار **V** و **I** در مدار جدول زیر را کامل کنید و خطای مطلق و نسبی را به دست آورید.

$\mathbf{d}$	$\mathbf{A}=\pi r^2$	$\mathbf{V}$	$\mathbf{I}$	$\mathbf{R}=\frac{V}{I}$	$\Delta\boldsymbol{\rho} = \lvert\boldsymbol{\rho} - \boldsymbol{\rho_i}\rvert$	درصد خطای $=\frac{max\ \Delta\rho}{\rho}\times$ ۱۰۰
۰/۷mm						
۰/۵mm						
۰/٤mm						
۰/۲mm						

سپس نمودار R برحسب $\frac{1}{A}$ را رسم کرده و از روی شیب به دست آمده مقاومت ویژه ($\boldsymbol{\rho}$) رابدست آورید.



$\tan\theta=\frac{\Delta R}{\Delta\frac{1}{a}}$

سوالات:

۱- مقاومت ویژه را تعریف کنید؟

۲- به نظر شما چرا باید مقاومت سیم با طول آن نسبت مستقیم و با سطح مقطع آن نسبت عکس داشته باشد؟

۳- اگر سطح مقطع سیم ثابت نباشد، چگونه می‌توان رابطه‌ی بین مقاومت و مقاومت ویژه را به دست آورد؟

٤- عوامل مؤثر بر خطا را ذکر کنید؟

آزمایش۴:

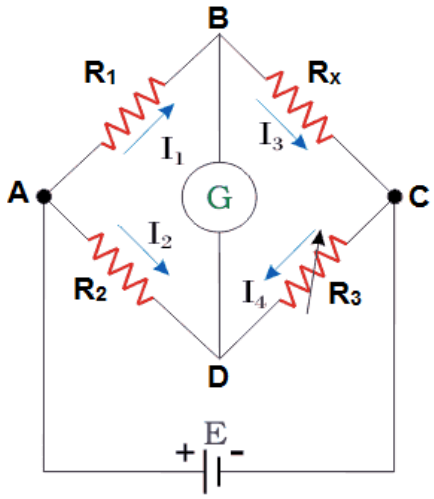
پل وتستون

هدف آزمایش: تعیین مقاومت مجهول به روش پل وتستون و پتانسیومتر

وسایل مورد نیاز: تعدادی جعبه‌ی مقاومت، مقاومت متغیر، گالوانومتر، منبع تغذیه *DC*، سیم‌های رابط

مبانی نظری:

مدار پل‌وتستون طبق شکل زیر، برای اندازه‌گیری سریع و دقیق مقاومت مجهول یک رسانا، بسیار متداول است این شیوه اندازه‌گیری درسال ۱۸٤۳ میلادی توسط یک فیزیکدان انگلیسی به نام چارلز وتستون ابداع شده است.



دراین مدار مقاومت‌های R_1 و R_2 هردو معلوم هستند، مقاومت R_3 را می‌توان به طور دلخواه تغییر داد و R_x مقاومت مجهول است که باید مقدار آن را تعیین کرد.

برای به کارگیری پل وتستون، باید مقاومت R_3 را آن قدر تغییر دهید

که عقربه گالوانومتر روی عدد صفر قرارگیرد، دراین حالت اختلاف پتانسیل نقاط B و D صفراست بنابراین باید پتانسیل آن‌ها نسبت به هریک از دو نقطه A و C یکسان باشد به عبارت ساده‌تر داریم:

$$V_A - V_B = V_A - V_D$$
$$V_B - V_C = V_D - V_C$$

ازآن جایی که از گالوانومتر جریانی عبور نمی‌کند، داریم:

$$\boldsymbol{V_B = V_D}$$

از طرف دیگر با استفاده از قانون اهم، می‌توان نوشت:

$$\mathbf{R_2 I_2 = R_1 I_1} \qquad \mathbf{R_3 I_3 = R_x I_x}$$

از تقسیم این دو رابطه بریکدیگر و با توجه به روابط قبل نتیجه زیر به دست می‌آید:

$$\frac{\boldsymbol{R_3 I_3}}{\mathbf{R_X I_X}} = \frac{\mathbf{R_2 I_2}}{\mathbf{R_1 I_1}} \rightarrow \frac{\mathbf{R_3}}{\mathbf{R_X}} = \frac{\mathbf{R_2}}{\mathbf{R_1}}$$

و بدین ترتیب خواهیم داشت:

$$R_X = \frac{\boldsymbol{R_3 R_1}}{\boldsymbol{R_2}}$$

برای به خاطر سپردن این رابطه، کافی است این نکته را به یاد داشته باشید که به هنگام صفر شدن جریان گالوانومتر، حاصل ضرب مقاومت‌های روبه‌رو با یکدیگر برابر است.

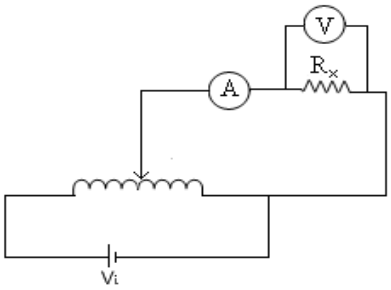
روش انجام آزمایش:

ابتدا مقدار مقاومت‌ها را توسط مولتی‌متر اندازه‌گیری کرده (تئوری R_X) مدار پل وتستون را بسته سپس به منبع تغذیه یک ولتاژ معین مثلاً ۲ ولت می‌دهیم. دراین حالت سلکتورهای مقاومت متغیر را که قبل از آزمایش همه در حالت صفر قراردارند را آنقدر تغییر می‌دهیم تا عقربه گالوانومتر صفر شود دراین حالت با قراردادن مقدار مقاومت متغیر در فرمول $R_X = \frac{R_3 R_1}{R_2}$ عملی و با داشتن R_1 و R_2 می‌توان مقدار مقاومت مجهول را به دست آورد. این آزمایش را برای مقاومت‌های مختلف به دست آورده و نتایج را در جدول ثبت کنید. خطای مطلق و نسبی را به دست آورید.

$\mathbf{R_1}$	$\mathbf{R_2}$	$\mathbf{R_3}$	$\mathbf{R_X}$ (تئوری)	$\mathbf{R_{X_{عملی}}} = \frac{\mathbf{R_3 R_1}}{\mathbf{R_2}}$	$\Delta\mathbf{R} = \left\lvert \mathbf{R_{عملی}} - \mathbf{R_{تئوری}} \right\rvert$	درصد خطای نسبی $= \frac{\Delta\mathbf{R}}{\mathbf{R_{تئوری}}} \times \mathbf{100}$

روشی دیگر: تعیین مقاومت مجهول با استفاده از پتانسیومتر

ابتدا مدار شکل زیر را ببندید.

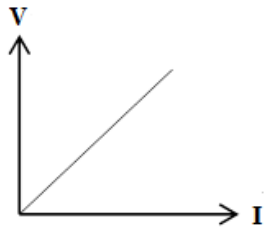


ولتاژ منبع تغذیه را روی عدد دلخواهی کمتر از ۵ ولت تنظیم نمایید و تا آخر آزمایش به آن دست نزنید. با تغییر دادن لغزنده پتانسیومتر جریان و ولتاژهای مختلفی را اعمال کنید و این مقادیر را در جدول یادداشت نمایید.

با استفاده از قانون اهم برای هر جفت از جریان‌ها و مقاومت‌های بدست آمده مقدار مقاومت مجهول را از رابطه قانون اهم بدست آورید. سپس با روش ترسیم نمودار مقاومت مجهول میانگین را تعیین نمایید

.

I	V	$R=\frac{V}{I}$



$$\overline{R} = \frac{\sum_{R=1}^{n} R}{n}$$

پرسش

۱- موارد استفاده از پل وتستون را بنویسید؟

۲- عوامل مؤثر بر خطا درآزمایش را ذکر کنید؟

۳- روش های دیگری برای اندازه‌گیری مقاومت مجهول نام ببرید؟

آزمایش۵ :

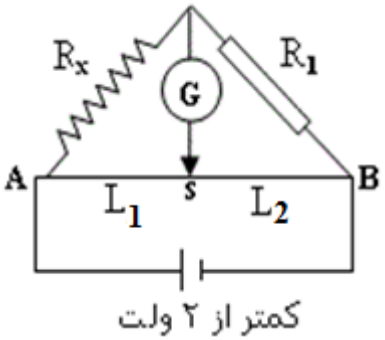
پل تار

هدف آزمایش: اندازه‌گیری مقاومت مجهول به روش پل تار

وسایل مورد نیاز: ۲ عدد جعبه مقاومت، گالوانومتر، منبع تغذیه *DC*، سیم‌های رابط، مولتی‌متر.

مبانی نظری:

شکل زیر پل تار را نشان می‌دهد. که شامل یه رشته سیم یکنواخت که طول آن معمولاً یک متر است، می‌باشد. R_1 مقاومت معلوم و R_X مقاومت مجهول است که باید اندازه‌گیری شود. لغزنده‌ای در مدار وجود دارد می‌تواند روی سیم حرکت کند.



برای کار با پل تار لغزنده S را روی سیم آن قدر جابه جا می‌کنیم که عقربه‌ی گالوانومتر روی عدد صفر قرار گیرد. دراین حالت مقاومت‌های R_1 و R_X و سیم‌های L_1 و L_2 مانند چهارشاخه‌ی پل وتستون عمل می‌کند. مشابه با همان اثباتی که در مورد پل وتستون داشتیم دراین جا نیز داریم:

$$\frac{R_x}{R_1} = \frac{L_1}{L_2} = \frac{\rho_1 L_1/A_1}{\rho_2 L_2/A_2}$$

اما از آنجا که $\boldsymbol{\rho_1 = \rho_2}$ و $A_1=A_2$ است خواهیم داشت:

$$\frac{R_X}{R_1} = \frac{L_1}{L_2} \rightarrow R_X = \frac{R_1 L_1}{L_2}$$

روش انجام آزمایش:

ابتدا مقدار مقاومت‌های $\boldsymbol{R_1}$ و $\boldsymbol{R_X}$ را توسط مولتی‌متر اندازه‌گیری می‌کنیم. سپس به منبع تغذیه ولتاژ در حدود ۲ ولت می‌دهیم سپس در اثر روشن کردن منبع تغذیه عقربه گالوانومتر منحرف می‌شود در این صورت لغزنده‌ی (S)

را آنقدر روی سیم حرکت می‌دهیم تا جایی که عقربه‌ی گالوانومتر روی صفر تنظیم شود و بدین ترتیب می‌توان مقدار R_X را به دست آورد.

آزمایش را برای مقادیر متفاوت مقاومت مجهول اندازه‌گیری کرده سپس خطای مطلق و نسبی را به دست آورید و جدول زیر را کامل کنید.

R_1	L_2	L_1	R_X (تئوری) از روی مولتی‌متر	$R_{X\,\text{عملی}} = \frac{R_1 L_1}{L_2}$	$\Delta R = \lvert R_{\text{عملی}} - R_{\text{تئوری}} \rvert$	درصد خطای $= \frac{\Delta R}{R_{\text{تئوری}}} \times 100$

پرسش

۱- موارد استفاده از پل تار را تحقیق کنید؟

۲- چرا ولتاژ منبع تغذیه باید کمتر از ۲ ولت باشد؟

۳- یکی از مواردی که ممکن است خطای زیاد در انجام آزمایش ایجاد کند آن است که L_2 و L_1 اختلاف زیادی داشته باشند علت را توضیح دهید.

آزمایش ۶:

قوانین کیرشهف

هدف آزمایش: تحقیق و بررسی قوانین کیرشهف در مدارهای الکتریکی.

وسایل موردنیاز: چند عدد جعبه‌ی مقاومت، منبع تغذیه *DC*، مولتی‌متر ۳ عدد، سیم‌های رابط

مبانی نظری:

برای پیدا کردن شدت جریان یا اختلاف پتانسیل در مدارهایی که چند شاخه دارند از قوانین کیرشهف استفاده می‌شود. قوانین کیرشهف به صورت زیربیان می‌شوند.

۱- قانون گره: درهر گره از مدار، جمع جبری جریان‌های ورودی و خروجی برابر است با صفر به عبارتی دیگر در هر نقطه از یک مدار الکتریکی، مجموع جریان‌های وارد شده برابر است با مجموع جریان‌های خارج شده: $\sum \boldsymbol{I} = \mathbf{0}$

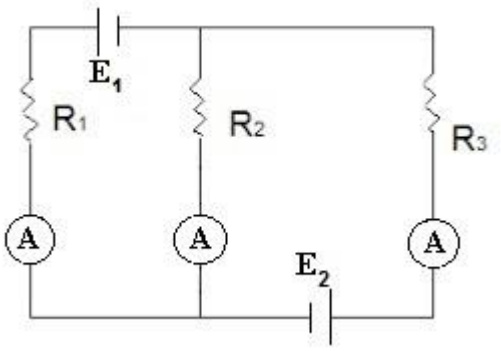
۲- قانون حلقه: درهر مدار بسته‌ی الکتریکی، جمع جبری اختلاف پتانسیل‌ها، برابر است با صفر: $\sum \boldsymbol{V} = \mathbf{0}$

- بنابر قرارداد، جریان‌های ورودی را با علامت مثبت و جریان‌های خروجی را با علامت منفی مشخص می‌کنیم.
- هرگاه که در جهت جریان، از مقاومتی مثل **R** عبور کنیم، پتانسیل به اندازه‌ی **IR** کاهش پیدا می‌کند و اگر همین مقاومت را در خلاف جهت جریان پشت سربگذاریم، پتانسیل به اندازه‌ی **IR** افزایش پیدا می‌کند.
- هرگاه از درون منبع تغذیه و از پایانه‌ی منفی به پایانه‌ی مثبت منبع تغذیه عبور کنیم (بدون توجه به جهت جریان)، پتانسیل به اندازه‌ی نیروی محرکه، منبع تغذیه **E**، افزایش می‌یابد و اگر در داخل منبع تغذیه، از قطب مثبت به قطب منفی عبور کنیم(باز هم بدون توجه به جهت جریان)، پتانسیل به اندازه‌ی نیروی محرکه، منبع تغذیه **E**، کاهش پیدا می‌کند.
- جهت طی کردن حلقه در مدارهای انشعابی، اختیاری است و نیز با توجه به این که در بسیاری از مدارها جهت جریان از ابتدا مشخص نیست می‌توان یک جهت جریان دلخواه در هر شاخه از مدار انتخاب کرده و سپس از نوشتن قوانین کیرشهف و انجام محاسبات، جهت درست جریان را با توجه به علامت جریان‌های به دست آمده تعیین نمود.

روش انجام آزمایش:

الف)

۱- سه جعبه مقاومت مختلف را انتخاب کرده و پس از تعیین اندازه‌ی آن‌ها توسط مولتی‌متر، آنها را در روی برد مخصوص این آزمایش وصل کنید و دو منبع تغذیه ولتاژ مستقیم را نیز در روی برد ببندید.



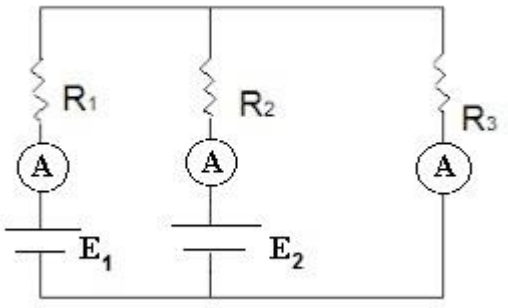
۲- منبع تغذیه را روشن کرده و $\mathbf{E_1}$ را در منبع تغذیه بر روی ولتاژ متغیر **۶V** و$\mathbf{E_2=5V}$ تنظیم می‌کنیم. شدت جریان عبوری از هر مقاومت را به صورت نظری با توجه به قوانین کیرشهف و پس از عملیات جبری $\mathbf{I_1}$ و $\mathbf{I_2}$ و $\mathbf{I_3}$ را به دست آورید.

۳- مقدار تجربی شدت جریان عبوری از هر مقاومت را با اندازه‌گیری مستقیم به وسیله‌ی آمپرمتر به دست آورده و جدول زیر را کامل کنید خطای مطلق و نسبی را محاسبه کنید.

I تئوری			I عملی			خطای مطلق			درصد خطای نسبی		
$\mathbf{I_1}$	$\mathbf{I_2}$	$\mathbf{I_3}$	$\mathbf{I_1}$	$\mathbf{I_2}$	$\mathbf{I_3}$	$\mathbf{\Delta I_1}$	$\mathbf{\Delta I_2}$	$\mathbf{\Delta I_3}$	$\frac{\mathbf{\Delta I_1}}{\text{تئوری} I_1} \times \mathbf{100}$	$\frac{\mathbf{\Delta I_2}}{\text{تئوری} I_2}$	$\frac{\mathbf{\Delta I_3}}{\text{تئوری} I_3}$

ب) مداری مطابق شکل زیر بسته و مطابق آزمایش انجام شده قوانین کیرشهف را برای آن تحقیق کنید.

جدولی مانند جدول فوق رسم کرده مقادیر I_1 و I_2 و I_3 را از لحاظ تئوری و عملی به دست آورده سپس خطای مطلق و نسبی را محاسبه کنید. $E_2=5$ $E_1=4$



سوالات:

۱- برای مدار قسمت (الف و ب) مقادیر $\mathbf{I_1}$ و $\mathbf{I_2}$ و $\mathbf{I_3}$ را با نوشتن کامل روابط به دست آورید؟

۲- عوامل مؤثر بر خطا را در آزمایش ذکر کنید؟

آزمایش ۷ :

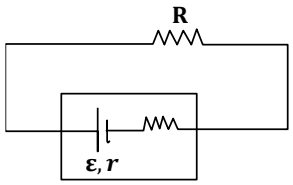
مقاومت درونی منبع تغذیه

هدف آزمایش: اندازه‌گیری مقاومت درونی یک منبع تغذیه

وسایل مورد نیاز: چند عدد جعبه مقاومت، منبع تغذیه *DC*، مولتی‌متر، سیم‌های رابط.

مبانی نظری:

هنگامی که از یک منبع تغذیه، جریان الکتریکی می‌گیریم، جریان الکتریکی از خود منبع تغذیه نیز عبور می‌کند. هر منبع تغذیه دارای یک مقاومت درونی است که مقدار آن، به ویژگی‌های اجزای تشکیل دهنده‌ی منبع تغذیه بستگی دارد. از این رو، مقداری از انرژی الکتریکی تولید شده در منبع، صرف غلبه بر مقاومت درونی آن می‌شود. اتلاف انرژی در داخل منبع تغذیه، باعث کاهش اختلاف پتانسیل دوسر منبع می‌شود.



مطابق شکل مداری را در نظر می‌گیریم که شامل مقاومت R و یک منبع تغذیه با نیروی محرکه E و مقاومت درونی r است در این صورت از قضیه‌ی حلقه داریم: $E - Ir - IR = 0 \Rightarrow \boldsymbol{r} = \frac{\boldsymbol{E-IR}}{\boldsymbol{I}}$ (۱)

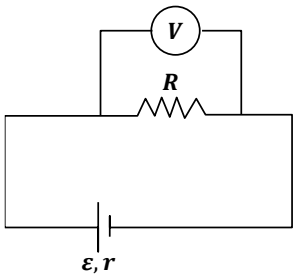
اگر اختلاف پتانسیل دوسر مقاومت $V=IR$ باشد با توجه به رابطه (۱) می‌توان مقاومت درونی منبع را محاسبه کرد.

$\mathbf{r}=\frac{\boldsymbol{R\,(E-V)}}{\boldsymbol{V}}$ (۲)

روش انجام آزمایش:

۱- مبنع تغذیه را روشن کرده و اختلاف پتانسیل دو سرآن را با ولت‌متر اندازه بگیرید و آن را یادداشت کنید. اندازه‌ای که ولت‌متر نشان می‌دهد، برابر با نیروی محرکه‌ی منبع تغذیه است (**E**). اگر ولتاژ منبع تغذیه قابل تنظیم است آن را روی مقدار بسیار کمی تنظیم کنید. (چرا؟)

۲- مداری مطابق شکل زیر ببندید.



۳- مقاومت‌های مختلفی را انتخاب نموده وآن‌ها را به ترتیب، به عنوان مقاومت مدار انتخاب کنید. (بهتر است مقدار مقاومت‌ها کوچک انتخاب شود و متناسب با مقدار مقاومت‌ها ولتاژ نیز کوچک انتخاب شود.)

ولت‌متر را به طور موازی به دو سر مقاومت وصل کرده و هربار اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت را بخوانید. سپس اندازه‌ی r را از رابطه‌ی (۲) به دست آورید و در جدول زیر یادداشت کنید. خطای مطلق و نسبی را محاسبه کنید.

R	V	E	$r=\frac{R(E-V)}{V}$	$\Delta r = \lvert \bar{r} - r_i \rvert$	درصد خطای نسبی $= \frac{\max \Delta r}{\bar{r}} \times 100$

پرسش

۱- مقاومت درونی منبع تغذیه به چه عواملی بستگی دارد؟

۲- مقاومت درونی منبع تغذیه تا چه حدی می‌تواند در اندازه‌گیری شما موثر باشد؟

۳- عوامل مؤثر بر خطا در آزمایش را ذکر کنید؟

آزمایش ۸ :

بررسی مدارهای R-R و R-C

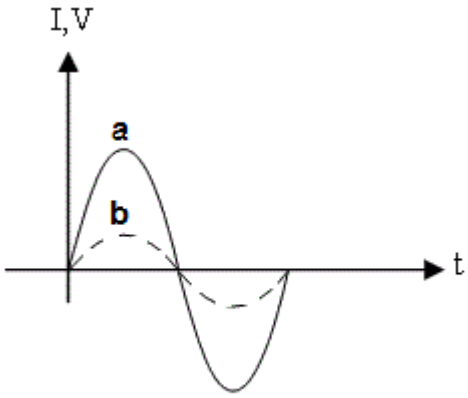
هدف آزمایش: اندازه‌گیری ولتاژ ورودی و خروجی و نیز تعیین اختلاف پتانسیل فازین ولتاژ ورودی و خروجی در مدار *R-R*

وسایل مورد نیاز: جعبه مقاومت، سیم‌های رابط، منبع تغذیه *AC/DC* و مولتی‌متر.

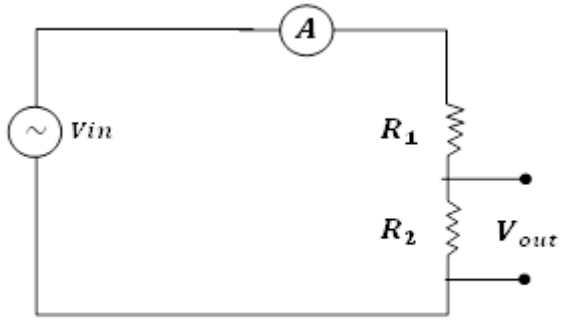
مبانی نظری:

الف) مدارهای ***R-R***

مقاومت در مدارهای الکترونیکی برای کاهش جریان به کار می‌رود. و این نقش برای مقاومت به نوع جریان بستگی ندارد. به عبارت دیگر برخلاف خازن و سیم پیچ، مقاومت جریان‌های متناوب (*AC*) و مستقیم (*DC*) را به طور یکسان از خود عبور داده و فرکانس دراین باره تأثیری ندارد یعنی دریک مدار *R-R* بین ولتاژ ورودی و خروجی اختلاف فاز به وجود نخواهد آمد (توجه داشته باشید که عامل ایجاد اختلاف فاز فرکانس است). درشکل (۱) اگر منحنی (*a*) نمایش تغییرات ولتاژ متناوب اعمال شده به یک مقاومت باشد تغییرات جریان به صورت منحنی (*b*) بوده که دقیقاً با نمودار (*a*) هم‌فاز است و فقط دامنه‌ی آن تغییر نموده است.



شکل ۱



شکل ۲

شکل (۲) یک نمونه مدار *R-R* را نشان می‌دهد که با توجه به شکل اگر ولتاژ ورودی به صورت $V_{in} = V_m \sin \omega t$ و جریان مدار *I* باشد دراین صورت می‌توان نوشت:

$$Vin = IR_1 + IR_2 = I(R_1 + R_2)$$

$$I = \frac{Vin}{R_{1+R_2}} = \frac{Vm}{R_{1+R_2}} \sin \omega t$$

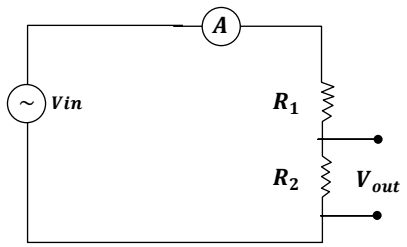
و از آنجا V_{out} یعنی ولتاژ دوسر مقاومت R_2 برابر است با :

$$sin\omega t\, V_{out} = IR_2 = \frac{Vm\, R_2}{R_1 + R_2}$$

و از تقسیم این رابطه بر V_{in} خواهیم داشت : $\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$

روش انجام آزمایش:

الف) مدار روبه رو را بسته و مقدار $\mathbf{R_1}$ و $\mathbf{R_2}$ را توسط مولتی‌متر اندازه‌گرفته و یادداشت می‌کنیم.



V_{in} ولتاژ ورودی مدار است که برای اندازه‌گیری آن می‌توان مستقیماً مولتی‌متر را به منبع تغذیه وصل کرد و یا در صورتی که منبع تغذیه به صورت دیجیتالی نشان دهد ولتاژ را یادداشت نموده و V_{out} ولتاژ خروجی دو سر مقاومت R_2 می‌باشد.

برای تکرار آزمایش پیچ ولتاژ منبع تغذیه را ۵ بار تغییر داده و هربار I و V_{in} و V_{out} را یادداشت می‌کنیم. و جدول را کامل کرده و خطای مطلق و نسبی را یادداشت می‌کنیم

V_{in}	V_{out}	I	مقدارعملی $= \frac{Vout}{V\,in}$	مقدار تئوری $= \frac{R_2}{R_1 + R_2}$	|مقدار تئوری- مقدار عملی|	خطای درصد نسبی $= \frac{max\Delta(\frac{V_{out}}{V_{in}})}{\text{مقدار تئوری}} \times 100$

سوالات:

٤- نمودار تغییرات V_{in} برحسب **I** را با استفاده از جدول بالا رسم کنید و از این نمودار چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

۵- عوامل مؤثر بر خطا درآزمایش را ذکر کنید؟

ب) بررسی مدارهای R-C

هدف آمایش: بررسی اثر خازن در مدارهای جریان متناوب و نیز تعیین اختلاف فاز بین ولتاژ ورودی و خروجی در مدارهای *R-C*

وسایل مورد نیاز: جعبه مقاومت، جعبه خازن، منبع تغذیه *AC*، سیم‌های رابط و مولتی‌متر

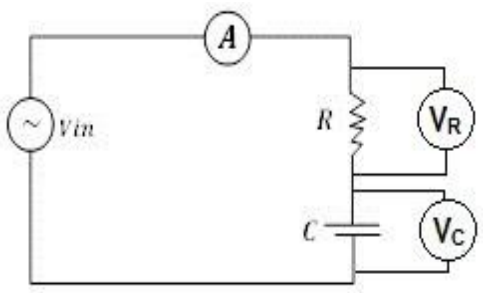
مبانی نظری:

نمونه‌ای از مدارهای *R-C* که ترکیبی است از خازن و مقاومت در شکل زیر نشان داده شده است هم چنانکه می‌دانیم خازن جریان‌های *DC* را سد کرده و مقاومتی که از خود در برابر آن نشان می‌دهد بی نهایت است درحالی که این مقاومت در مقابل جریان‌های *AC* محدود است به عبارت دیگر جریان‌های *AC* برخلاف *DC* می‌توانند از خازن عبور کنند.

مقاومتی را که خازن در این حالت از خود نشان می‌دهد، مقاومت ظاهری گفته و به فرکانس جریان متناوب و ظرفیت خازن بستگی دارد این بستگی به نسبت عکس فرکانس و ظرفیت بوده و برابر است با:

$$X_C = \frac{1}{C\omega} = \frac{1}{2\pi fC}$$

از طرفی وجود فرکانس سبب می‌شود که اختلاف فازی معادل $\frac{\pi}{2}$ بین ولتاژ اعمال شده به یک خازن و جریانی که از آن می‌گذرد ایجاد گردد، یعنی اگر خازنی را با یک مقاومت به طور سری در یک مدار جریان متناوب قرار دهیم شدت جریان مدار نسبت به ولتاژ خازن به اندازه‌ی $\frac{\pi}{2}$ جلو می‌افتد.



نکته قابل توجه اینکه، وجود اختلاف فاز سبب می‌شود که ما نتوانیم جمع عددی را بین ولتاژهای خازن و مقاومت برقرار کنیم، بلکه بایستی جمع برداری را برای آن‌ها به کار ببریم. $\boldsymbol{V_{in} = \vec{V}_R + \vec{V}_C}$

مقدار اختلاف فاز بین ولتاژ کل وجریان مدار (یا ولتاژ کل و ولتاژ مقاومت) از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

$$tan\theta=\frac{V_C}{V_R}$$

از طرفی دیگر چون $V_C = I_{XC}$ و $V_R = IR$ است رابطه بالا چنین می‌شود:

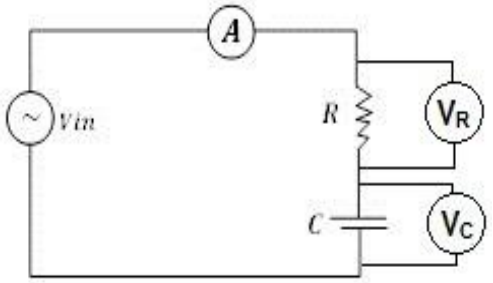
$$tan\theta=\frac{I_{XC}}{IR}=\frac{X_C}{R}=\frac{1}{2\pi fCR}$$

و کل مقاومت مدار که به آن امپدانس مدار گفته می‌شود از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌گردد.

$$Z=\sqrt{R^2+X_C^2}=\sqrt{R^2+\frac{1}{C^2\omega^2}}$$

روش انجام آزمایش:

۱- ابتدا مدار روبه رو را بسته و توسط یک ولت‌متر و آمپرمتر خازن و منبع تغذیه و نیز جریان مدار را اندازه گرفته و در جدول یادداشت کنید.



ردیف	V_R	V_C	V_{in}	I	$X_C=\frac{V_C}{I}$	$C=1/2\pi fX_C$	$Z=\frac{V_{in}}{I}$ عملی	$Z=\sqrt{R^2+\frac{1}{C^2\omega^2}}$ تئوری	ΔZ	$\frac{\Delta z}{z}\times 100$ تئوری
۱										
۲										
۳										

۲- نمودار برداری ولتاژ را رسم کرده و به کمک آن اختلاف فاز بین جریان مدار و ولتاژ کل را به دست آورید.

۳- بااستفاده از جدول بالا مقادیر **Z** و X_C را به دست آورید. $X_C=\frac{V_C}{I}$.

٤- مقدار **Z** را با توجه به رابطه‌ی گفته شده محاسبه کرده و با نتیجه‌ی بالا مقایسه کنید.

۵- ظرفیت خازن را مجهول فرض کرده و مقدار آن را از روی X_C به دست آورید. (**f=50 HZ**)

آزمایش ۹:

خازن‌ها

هدف آزمایش: به دست آوردن ظرفیت خازن و ثابت دی‌الکتریک و بهم بستن خازن‌های سری و موازی

وسایل مورد نیاز: دو صفحه رسانا، دی‌الکتریک، مولتی‌متر، سیم‌های رابط، جعبه خازن.

مبانی نظری:

هرگاه دو جسم رسانا توسط عایقی از یکدیگر جدا شده باشند تشکیل خازن می‌دهند. دو صفحه‌ی فلزی نزدیک به هم، دو رشته سیم فاز و نول، سیم و زمین، دو کره رسانا را می‌توان خازن محسوب کرد. دو صفحه‌ی رسانا را جوشن و ماده عایق بین آن‌ها را دی‌الکتریک گویند. متداول‌ترین دی‌الکتریک‌ها هوا، شیشه، میکا، روغن و کاغذ آغشته به روغن هستند. اگر دو قطب خازنی را به پیلی وصل کنیم برای مدتی کوتاه جریانی از آن ها عبور می‌کند و جوشن‌ها دارای بار الکتریکی می‌شوند تا موقعی که اختلاف سطح دو سرخازن با اختلاف پتانسیل دوسر پیل مساوی شود درآن صورت جریان به صفر می‌رسد. دراین مدت مقدار بار الکتریکی روی هر یک از جوشن‌ها جمع می‌شوند که مساوی‌اند ولی علامت‌های مختلف دارند. اگر مولد از مدار خارج شود بارهای ذخیره شده جریانی در خلاف جهت جریان اولیه به وجود می‌آورند. بنابراین خازن می‌تواند مقداری الکتریسته را درخود ذخیره کند و در موقع لزوم آن را پس دهد. مقدار بار الکتریکی ذخیره شده با اختلاف سطح دو سرخازن متناسب است $q=CV$ که دراین رابطه C را ظرفیت خازن گویند. ظرفیت خازن برحسب فاراد محاسبه می‌شود و آن ظرفیت خازنی است که اگر دوسر آن را به اختلاف پتانسیل سطح یک ولت وصل کنیم یک کولن الکتریسته درآن جمع می‌شود. چون فاراد بسیار بزرگ است واحدهای کوچکتر ازآن به کار می‌برند که عبارتند از:

$mF=10^{-3}F$ میلی فاراد

$\mu F=10^{-6}F$ میکرو فاراد

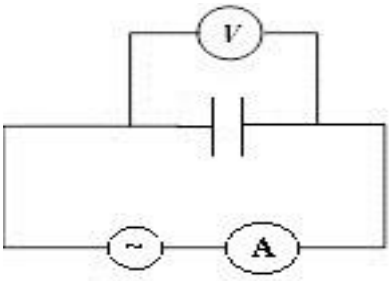
$nF=10^{-9}F$ نانوفاراد

$pF=10^{-12}F$ پیکوفاراد

خازن‌ها در الکترونیک موارد استعمال فراوانی دارند و بسته به نقشی که در مدارهای مختلف ایفا می‌کنند انواع و اشکال مختلفی پیدا می‌کنند که در ابتدای جزوه توضیح داده شده است.

روش انجام آزمایش:

برای انجام این آزمایش یک خازن را که شامل دو صفحه دایره‌ای ویک دی‌الکتریک بین آن‌هاست استفاده می‌کنیم و با تغییر ولتاژ منبع تغذیه هربار ولتاژ دو سرخازن و جریان عبوری از مدار را یادداشت می‌کنیم و با به دست آوردن ظرفیت خازن می‌توان ثابت دی‌الکتریک را به دست آورد. سپس جدول زیر را کامل کنید، خطای مطلق و نسبی را به دست آورید.



(۱) $\mathbf{X_C=\frac{V}{I}}$ (۲) $\mathbf{C=\frac{1}{2\pi fXC}}$ فرکانس شهر $\mathbf{f=50HZ}$

از طرف دیگر داریم:

$$\mathbf{C=\varepsilon_0 k\frac{A}{d}} \qquad \mathbf{\varepsilon_0=8/58\times10^{-12}\ \frac{C^2}{N.m^2}}$$

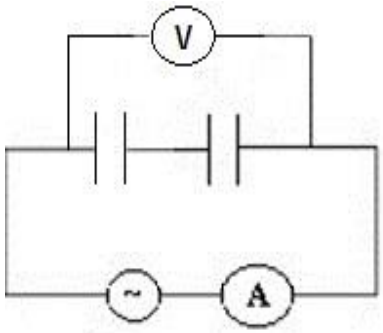
K: ثابت دی‌الکتریک

A: سطح مقطع صفحات

d: فاصله بین صفحات که با کولیس اندازه‌گیری می‌کنیم.

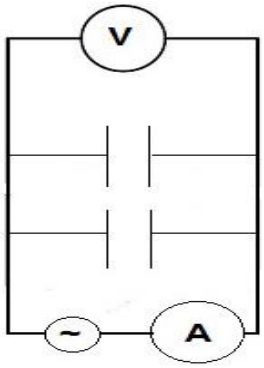
V	I	$\mathbf{X_C=\frac{V}{I}}$	$\mathbf{C=\frac{1}{2\pi F X_C}}$	$\mathbf{K=\frac{Cd}{\varepsilon oA}}$	$\Delta C=\lvert\overline{C}-C_i\rvert$	$\mathbf{\frac{\Delta c}{\overline{C}}\times 100}$	$\Delta K=\lvert\overline{K}-K_i\rvert$	$\mathbf{\frac{Max\Delta K}{\overline{K}}\times 100}$

ب) دو جعبه خازن را به صورت سری بسته و ظرفیت معادل را به دست آورید سپس جدول را کامل کرده خطای مطلق و نسبی را به دست آورید و با مقدار تئوری آن که از رابطه‌ی $\mathbf{\frac{1}{C}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}}$ بدست می‌آید مقایسه کنید.



C_1 و C_2	V	I	$X_C = \frac{V}{I}$	$C_{\text{عملی}} = 1/2\pi f X_C$	$C_{\text{تئوری}} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$	$\Delta C = \lvert C_{\text{عملی}} - C_{\text{تئوری}} \rvert$	$\frac{\Delta C}{C_{\text{تئوری}}} \times 100$

ج) دو جعبه خازن را به صورت موازی بسته و ظرفیت معادل را به دست آورید سپس جدول را کامل کرده و خطای مطلق و نسبی را به دست آورید. و با مقدار تئوری آن که از رابطهٔ $C = C_1 + C_2$ به دست می‌آید مقایسه کنید.



C_1 و C_2	V	I	$X_C = \frac{V}{I}$	$C = 1/2\pi f X_C$	$C_{\text{تئوری}} = C_1 + C_2$	$\Delta C = \lvert C_{\text{عملی}} - C_{\text{تئوری}} \rvert$	$\frac{\Delta C}{C_{\text{تئوری}}} \times 100$

سوالات:

۱- رابطه‌های ظرفیت معادل درحالت سری و موازی را به دست آورید؟

۲- علت اختلاف مقادیر اندازه گیری شده ظرفیت با مقدار اسمی آن چیست؟

۳- کدام روش مقدار ظرفیت را دقیق تر نشان می دهد؟

٤- عوامل خطا در هر قسمت آزمایش را ذکر کنید؟

آزمایش ۱۰:

مطالعه سلف

هدف آزمایش: به دست آوردن ضریب خود القای سلف و همچنین به دست آوردن مقدار سلف‌های معادل درحالت سری و موازی

وسایل مورد نیاز: سلف، سیم‌های رابط، مولتی‌متر، منبع تغذیه *AC/DC*

مبانی نظری:

دو سر سیمی به مقاومت R را به ولتاژ V مربوط می‌کنیم پس از مدت کوتاهی شدت جریان برابر I می‌شود که مقدار آن مطابق قانون اهم از رابطه‌ی $I=\frac{V}{R}$ به دست می‌آید. حال اگر این سیم را به صورت سیم پیچی درآوریم، موقع وصل جریان، مدتی طول می‌کشد که تا شدت جریان به مقدار ثابت و ماکسیمم خود برسد. زیرا موقعی که جریان از صفر به یک مقداری می‌رسد، شار مغناطیسی در مدار تغییر می‌یابد و این تغییر شار باعث نیروی محرکه‌ی خودالقایی می‌شود و بنابراین قانون لنز با عامل به وجود آورنده‌ی خود مخالفت و از رسیدن جریان به مقدار ماکزیمم جلوگیری می‌کند. در نتیجه در لحظه‌های اول علاوه بر مقاومت اهمی مدار، مقاومت دیگری نیز ظاهر می‌شود.

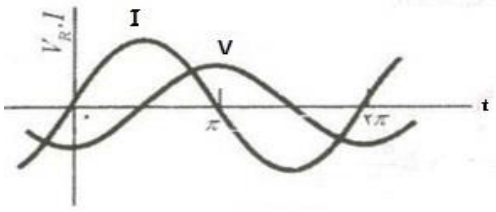
در صورتی که سیم پیچ به یک جریان متناوب مربوط شود، چون جهت جریان لحظه به لحظه تغییر می‌یابد براثر آن شار مغناطیسی تغییر می‌کند و همواره نیروی محرکه‌ی خودالقایی در مدار به وجود می‌آید و در مدار مقاومتی ایجاد می‌شود که این مقاومت را مقاومت ظاهری سیم پیچ گویند و مقدارش $X_L=2\pi fL$ است دراین رابطه f بسامد جریان متناوب و L ضریب خودالقایی سیم پیچ است که با تعداد دور سیم‌پیچ و سطح آن متناسب است و به جنس ماده‌ای که در داخل سیم‌پیچ قرار دارد بستگی دارد. چنانچه یک موج سینوسی $\boldsymbol{I = I_m sin\omega t}$ به دو سر یک سلف اعمال شود نیروی محرکه‌ای در مدار با اندازه $\boldsymbol{\varepsilon = L\frac{dI}{dt}}$ در مدار القا می شود.

بنابراین

$$\boldsymbol{\varepsilon = L\frac{dI}{dt} = LI_m\omega Cos\omega t \rightarrow \varepsilon = LI_m\omega Sin(\omega t + \frac{\pi}{2})}$$

چون $\boldsymbol{\varepsilon = \varepsilon_m Sin(\omega t + \frac{\pi}{2})}$ است، بنابراین $\boldsymbol{\varepsilon_m = LI_m\omega}$ یا $\boldsymbol{\frac{\varepsilon_m}{I_m} = L\omega}$

به طوری که ملاحظه می‌شود بین اختلاف پتانسیل و شدت جریان اختلاف فاز ایجاد می‌شود و جریان از ولتاژ عقب می‌افتد (شکل زیر).



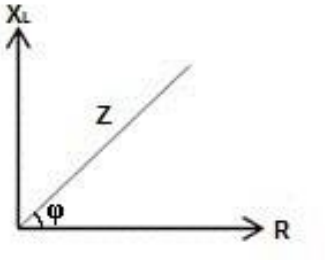
در عمل سلف دارای مقامت داخلی $\acute{R}$ است، بنابراین ولتاژ دو سر سلف را می توان به شکل زیر نوشت:

$$V_L = \sqrt{V_{\acute{R}}^2 + V_L^2}$$

و مقاومت در مقابل جریان، برآیند این دو بردار است که آن را با Z_L نمایش می‌دهیم و مقاومت ظاهری کل سلف یا آمپدانس می‌گویند.

$$\mathbf{Z_L} = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

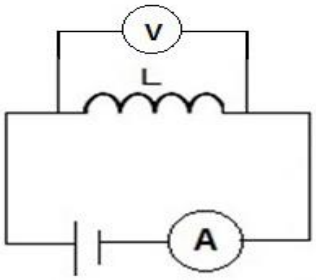
مقدار اختلاف فاز برابر است با:



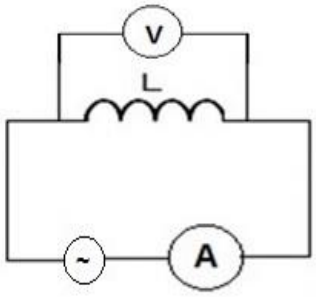
$$cos\varphi = \frac{R}{Z} \qquad\qquad tan\varphi = \frac{X_L}{R}$$

روش انجام آزمایش:

مدار زیر را می‌بندیم آمپرسنج را به صورت سری و ولت‌سنج را به صورت موازی در مدار قرار می‌دهیم مدار را یکبار به DC وصل می‌کنیم و مقدار $R=\frac{V}{I}$ را به دست می‌آوریم.



و بار دیگر همین مدار را از حالت DC خارج کرده و به منبع تغذیه AC وصل می‌کنیم و مقدار مقاومت ظاهری کل مدار را به دست می‌آوریم.



$$DC:\ R=\frac{V}{I} \qquad AC:\ Z=\frac{V}{I}$$

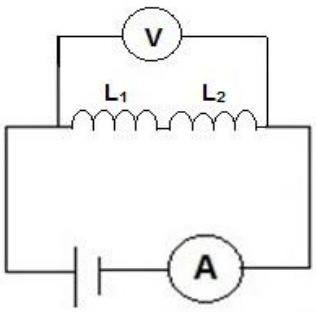
از طرفی می‌دانیم که : $\begin{matrix} X_L = L\omega \\ Z^2 - R^2 = X_L^2 \end{matrix} \Rightarrow L=\sqrt{\frac{Z^2-R^2}{\omega^2}}$ و $Z=\sqrt{R^2+X_L^2}$

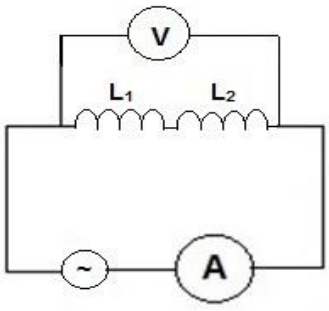
نکته: بر روی هر سیم پیچ اطلاعاتی از قبیل n: تعدا دورهای سیم پیچ، L ضریب خودالقایی، R مقاومت اهمی، I مقدار ماکزیمم جریان عبوری، نوشته شده است.

بدین ترتیب آزمایش را ۳ بار تکرار کرده و جدول را کامل کنید و خطای مطلق و نسبی را به دست آورید.

N	V_{DC}	I_{DC}	$R=\frac{V}{I}$	V_{AC}	I_{AC}	$Z=\frac{V}{I}$	L تئوری	$L_{عملی}=\sqrt{\frac{Z^2-R^2}{\omega^2}}$	$\Delta L=\lvert L_{عملی}-L_{تئوری}\rvert$	$\frac{\Delta L}{L_{تئوری}}\times 100$

ب) حال دو سلف را به صورت سری ببندید و مقدار ضریب خودالقایی معادل را به دست آورید. سپس جدول را کامل کنید درحالت سری مقدار معادل از رابطه‌ی $L=L_1+L_2$ بدست اورید.

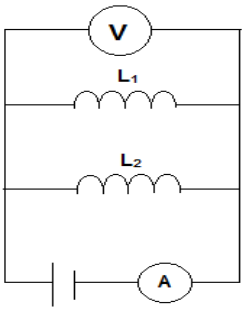


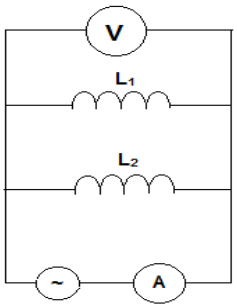


$$L=\sqrt{\frac{Z^2-R^2}{\omega^2}} \qquad AC:Z=\frac{V}{I} \qquad DC:R=\frac{V}{I}$$

n_1,n_2	V_{DC}	I_{DC}	$R=\frac{V}{I}$	V_{AC}	I_{AC}	$Z=\frac{V}{I}$	$L_{تئوری}=L_1+L_2$	$L_{عملی}=\sqrt{\frac{Z^2-R^2}{\omega^2}}$	$\Delta L=\lvert L_{عملی}-L_{تئوری}\rvert$	$\frac{\Delta L}{L_{تئوری}}\times 100$

ج) دراین قسمت دو سلفی را که دراختیار دارید به صورت موازی ببندید و مقدار ضریب خودالقایی معادل را به دست آورید. سپس جدول را کامل کنید درحالت موازی مقدار معادل از رابطه‌ی $\frac{1}{L}=\frac{1}{L_1}+\frac{1}{L_2}$ به دست آورید.





n_1,n_2	V_{DC}	I_{DC}	$R=\frac{V}{I}$	V_{AC}	I_{AC}	$Z=\frac{V}{I}$	$L=\frac{L_1L_2}{L_1+L_2}$	$L_{عملی}=\sqrt{\frac{Z^2-R^2}{\omega^2}}$	$\Delta L=\lvert L_{عملی}-L_{تئوری}\rvert$	$\frac{\Delta L}{L_{ت}}\times 100$

سوالات:

۱- رابطه‌های سلف‌های معادل را درحالت سری و موازی به دست آورید؟

۲- عوامل خطا درهر قسمت آزمایش را ذکر کنید؟

آزمایش ۱۱:

اندازه گیری میدان مغناطیسی زمین

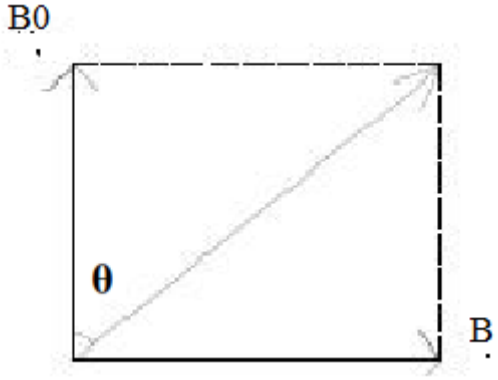
هدف آزمایش: اندازه‌گیری میدان مغناطیسی زمین با استفاده از میدان حاصل از یک سیم‌پیچ را بر روی سیم حامل جریان

وسایل مورد نیاز: دستگاه گالوانومتر تانژانت، مولتی‌متر، رئوستا، سیم‌های رابط، منبع تغذیه *DC*

مبانی نظری:

روش ما مبتنی بر خاصیت برداری میدان مغناطیسی است. طبق قانون بیوساوار اگر از یک سیم پیچ در یک میدان مغناطیسی جریان I عبور کند برهر بازوی مؤثر آن نیروی F وارد می‌شود که این نیرو به صورت یک زوج بر هسته اثر کرده و در نهایت گشتاور محرک را به وجود می‌آورد. که در نتیجه اعمال این گشتاور سیم پیچ حول محور به گردش درآمده و به دنبال آن توسط فنر مقاوم گشتاور، گشتاور مخالف تولید گردیده و نهایتاً با تساوی دو گشتاور حالت تعادل برقرار شده و عقربه در مقابل یک نقطه در روی صفحه مندرج ثبت می‌شود. بنابراین با استفاده از میدان مغناطیسی سیم پیچ‌هایی که به دور گالوانومتر پیچیده شده می توان میدان مغناطیسی را اندازه گرفت، با توجه به شکل مقابل چنانچه B میدان مغناطیسی ناشی از سیم پیچ در مرکز آن باشد و B_0 میدان مغناطیسی زمین باشد قطب نما زاویه گرفته و برای زاویه حاصل از قطب‌نما داریم:

$$\theta = tan^{-1}\frac{B}{B_0}$$



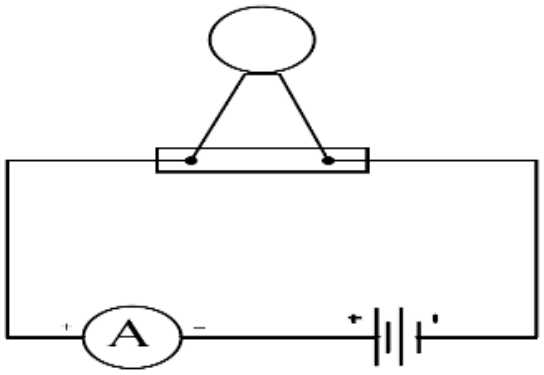
با توجه به اینکه میدان در مرکز یک سیم‌پیچ از رابطه مقابل بدست می آید می‌توانیم میدان زمین را اندازه‌گیری کنیم.

$$B = B_0 \tan\theta \qquad \text{و} \qquad B = \frac{n\mu_0 I}{2R}$$

روش انجام آزمایش:

ابتدا پایه‌های گالوانومتر تانژانت را کاملاً افقی کنید سپس قطب‌نما را آنقدر چرخانده تا شاخص قطب نما روی صفر درجه ایستاده سطح سیم‌پیچ نیز در راستای آن قرار بگیرد بدین صورت گالوانومتر طوری قرار گرفته که سطح و عقربه‌ی مغناطیسی درراستای شمال- جنوب مغناطیسی زمین باشد. و میدان مغناطیسی حاصل از سیم پیچ عمود براین راستا خواهد بود.

حال مداری طبق شکل زیر ببندید که شامل یک آمپرسنج رئوستا دستگاه گالوانومتر تانژانت و یک منبع تغذیه *DC* است و برای کم کردن خطا درآزمایش بهتر است آمپرسنج و اشیاء فلزی در فاصله‌ی دورتری از میدان مغناطیسی قرار گیرند سپس به منبع تغذیه یک ولتاژ می‌دهیم در اثر عبور جریان در مدار عقربه قطب‌نما از صفر منحرف می‌شود حال زاویه را می‌خوانیم و با قرار دادن در روابط بالا میدان مغناطیسی زمین را محاسبه کنید و جدول زیر را کامل کنید.



ردیف	**N**	**I**	θ	**tan θ**	**B_0**	**B**
۱	۵۰					
۲	٤۰					
۳	۳۰					

پرسش

۱- عوامل خطا در آزمایش را ذکر کنید؟

۲- منشا میدان مغناطیسی زمین چیست؟

۳- رابطه خطای نسبی میدان را بدست آورید؟

آزمایش ۱۲:

شارژ و دشارژ خازن و اندازه گیری ثابت زمانی

هدف آزمایش: بررسی تجربی قوانین شارژ و دشارژ خازن‌ها، انداز گیری ثابت زمانی

وسایل موردنیاز: منبع تغذیه **DC**، خازن الکترولیتی، مقاومت، کرنومتر، مولتی متر دیجیتالی، سیم های رابط

مبانی نظری:

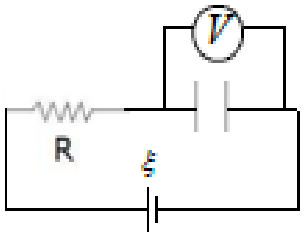
اگر به صفحات یک خازن ولتاژ ثابت وصل شود بار از باتری به خازن منتقل شده و در روی صفحات آن ذخیره می شود. بار ذخیره شده متناسب با ولتاژ است و از رابطه $\boldsymbol{C = \frac{q}{v}}$ تبعیت می کند که در آن **C** ظرفیت خازن می باشد. واحد ظرفیت فاراد می‌باشد. ظرفیت خازن به مشخصات فیزیکی خازن مانند مساحت و فاصله صفحات بستگی دارد.

در مدار مقابل جریان در مدار برقرار گردیده و بارها شروع به ذخیره شدن در صفحات خازن می‌کنند. بدلیل حضور مقاومت در مدار خازن بلافاصله باردار نخواهد شد بلکه بارها به مرور بر روی صفحات قرار می گیرند. جریان تا زمانی که ولتاژ دو سر خازن با ولتاژ باتری برابر شود برقرار است. یعنی اگر ضمن باردار شدن خازن ولتاژ دو سر آن اندازه‌گیری شود مشاهده می شود که ولتاژ به آرامی زیاد می‌شود. برای مدار می‌توانیم بنویسیم

$$\boldsymbol{\varepsilon = V_R + V_C \rightarrow \varepsilon = R\frac{dq}{dt} + \frac{q}{C}}$$

با حل معادله دیفرانسیلی بالا بدست می‌آوریم:

$$\boldsymbol{q = C\varepsilon\left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right) \rightarrow V_C = \varepsilon\left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right) \xrightarrow{t=RC} V_C = 0.63\varepsilon}$$



در رابطه بالا $\boldsymbol{RC}$ را ثابت زمانی می گوییم.

با حذف باتری از مدار در این حالت خازن شروع به دشارژ می کنند.

بنابراین داریم

$$\boldsymbol{0 = V_R + V_C \rightarrow 0 = R\frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} \rightarrow q = q_0 e^{-\frac{t}{RC}} \rightarrow}$$

$$\boldsymbol{V_C = \varepsilon e^{-\frac{t}{RC}} \xrightarrow{t=RC} V_C = 0.37\varepsilon}$$

روش انجام آزمایش:

مرحله اول (رسم نمودار شارژ خازن و محاسبه ظرفیت):

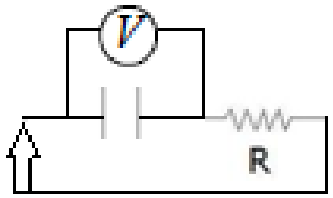
مدار مقابل را ببندید و ولتاژ منبع تغذیه را روی ۱۰ ولت تنظیم کنید. به محض روشن کردن منبع تغذیه ولتاژ دو سر خازن را هر ۵ ثانیه یکبار یادداشت کنید تا ولتاژ آن به ۹/۸ ولت برسد. نمودار ولتاژ خازن بر حسب زمان را رسم کنید و ثابت زمانی و سپس ظرفیت خازن را بدست آورید.

با توجه به ظرفیت نوشته شده روی بدنه خازن خطای نسبی را بدست آورید.

مرحله دوم (رسم نمودار شارژ خازن و محاسبه ظرفیت):

پس از شارژ کامل خازن دو فیش منبع تغذیه را جدا کرده و سپس آنها را بهم ببندید. و سپس بلافاصله هر ۵ ثانیه یکبار ولتاژ دو سر خازن را یادداشت کنید تا ولتاژ آن به ۰/٤ ولت برسد. نمودار ولتاژ خازن بر حسب زمان را رسم کنید و ثابت زمانی و سپس ظرفیت خازن را بدست آورید.

با توجه به ظرفیت نوشته شده روی بدنه خازن خطای نسبی را بدست آورید.



سوالات:

۱- علت اختلاف ظرفیت اندازه‌گیری شده با مقدار اسمی آن چیست؟

۲- روابط شارژ و دشارژ را اثبات کنید؟

۳- علت استفاده از مقاومت در مدار چیست؟

۴- رابطه اندازه مقاومت با زمان شارژ و دشارژ چیست؟

آزمایش ۱۳:

قوانین القای فارادی و قانون لنز

هدف آزمایش: بررسی قانون القای فارادی، بررسی قانون لنز

وسایل مورد نیاز: سلف، منبع تغذیه متناوب، منبع تغذیه مستقیم، مولتی متر، سیم‌های رابط، آهنربای میله‌ای، گالوانومتر

مبانی نظری:

قانون القای الکترومغناطیسی فارادی که توسط مایکل فارادی ابداع شده، بیان می‌کند که هرگاه میزان شار مغناطیسی‌ای از یک مدار بسته می‌گذرد تغییر کند، نیروی محرکه‌ای در آن القا می‌شود که بزرگی آن با آهنگ تغییر شار مغناطیسی متناسب است. این قانون را می‌توان با رابطه زیر بیان کرد:

$$\boldsymbol{\varepsilon = -\frac{d\varphi}{dt}}$$

در این رابطه $\boldsymbol{\varepsilon}$ نیروی محرکه القایی بر حسب ولت $\frac{d\varphi}{dt}$ آهنگ تغییر شار مغناطیسی بر حسب وبر بر ثانیه است.

این قانون را همچنین در حالت چند حلقه هم می توان بیان کرد که به شکل زیر می‌شود:

$$\boldsymbol{\varepsilon = -N\frac{d\varphi}{dt}}$$

از آن جا که شار از رابطه $\boldsymbol{\emptyset = ABcos\theta}$ به‌دست می‌آید، بنابراین مقدار شار می‌تواند بر اثر تغییر هر یک از سه کمیت $\mathbf{B}$ ، $\mathbf{A}$ و $\emptyset$ تغییر کند.

البته لازم به ذکر است که نیروی محرکه القایی با مقدار منفی تغییرات شار مغناطیسی گذرنده از مدار متناسب است و این علامت منفی از قانون لنز حاصل می‌گردد.

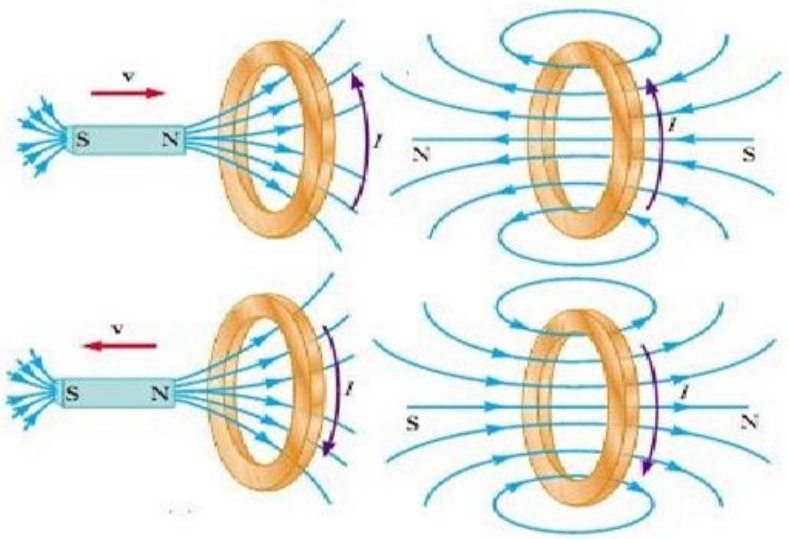
قانون لنز:

قانون لنز بیان می‌کند که در یک حلقه رسانای بسته جریان القایی در جهتی برقرار می‌شود که با تغییری که آن را بوجود می‌آورد، مخالفت کند. این قانون که برای جلوگیری از نقض اصل پایستگی انرژی بیان می‌شود، مربوط به جریان‌های القایی است و در مورد نیروی محرکه القایی صادق نیست.

به بیان دیگر، این قانون فقط در مورد حلقه‌های رسانای بسته بکار می‌رود. اگر حلقه نباشد، معمولا می‌توان تصور کرد که اگر بسته بود، چه اتفاقی می‌افتاد و از این راه می‌توان جهت نیروی محرکه القایی را معین نمود. اگر

طبق قانون لنز عکس آن چیزی که گفته شد، عمل شود، یعنی اگر جریان القایی به تغییری که باعث بوجود آمدنش شده است، کمک کند، در این صورت قانون پایستگی انرژی نقض می‌شود.

شکل زیر جهت جریان القایی با حرکت آهنربا را نشان می دهد.

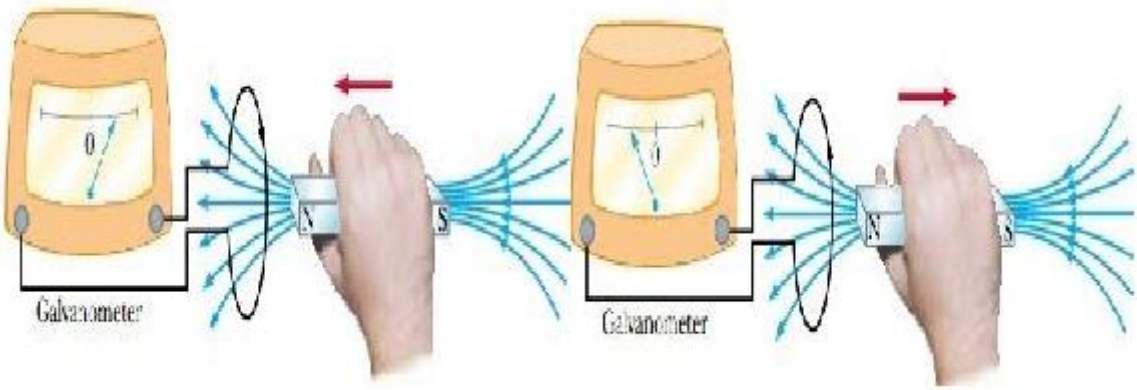


جهت جریان القایی در اثر حرکت آهنربا (تحقیق قانون لنز و فاراده)

روش انجام آزمایش:

سیم پیچی را مطابق شکل به گالوانومتر وصل کنید و آهنربایی که در اختیار دارد را در نزدیکی آن حرکت دهید.

حال با توجه به مشاهدات خود به سوالات زیر پاسخ دهید.



۱- جریان القایی چه نام دارد؟

۲- جریان القایی از چه مرتبه ای است؟

۳- تاثیر حرکت تند و یا کند آهنربا در جریان چیست؟

٤- با نزدیک شدن و دور شدن آهنربا علت تغییر جهت جریان را توضیح دهید؟

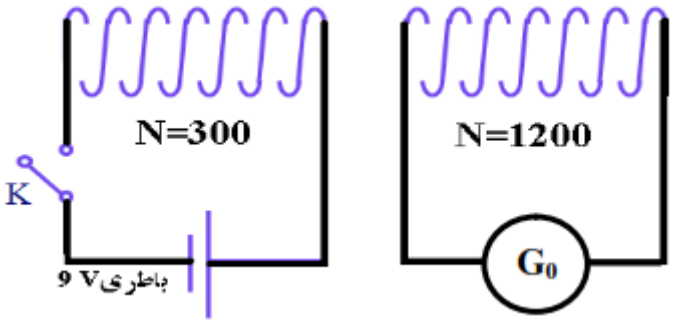
۵- تعداد دورهای سیم پیچ چه تاثیری در اندازه جریان دارد؟

٦- اگر دو آهنربا را با قطب های موافق در کنار یکدیگر قرار دهید و آزمایش را تکرار کنید جریان چگونه تغییر می کند؟

٧- اگر دو آهنربا را با قطب‌های مخالف در کنار یکدیگر قرار دهید و آزمایش را تکرار کنید جریان چگونه تغییر می کند:

آزمایش دوم:

این بار از دو سیم پیچ مطابق شکل استفاده کنید و آنها را نزدیک به هم قرار دهید. و سپس به سوالات زیر پاسخ دهید.



١- با بستن کلید در گالوانومتر چه چیزی مشاهده می کنید؟

٢- باطری را حذف کرده و بجای آن از یک منبع تغذیه متناوب استفاده کنید. این بار تغییرات گالوانومتر چگونه است؟

٣- علت تفاوت این دو آزمایش را توضیح دهید؟

٤- هسته آهنی را وارد سیم پیچ کنید. مشاهدات خود را بیان کنید؟

٥- چرا هسته آهنی موجب تغییر اندازه جریان می شود؟

آزمایش ۱۴:

آشنایی با اسیلسکوپ

هدف آزمایش: آشنایی با اسیلسکوپ، کالیبره کردن اسیلسکوپ

مبانی نظری:

نوسان‌نما یا اسیلوسکوپ دستگاهی الکترونیکی است که امکان مشاهده ولتاژ، فرکانس، طول موج را فراهم می‌کند. غالباً مقدار ولتاژ به صورت نموداری دو بعدی نمایش داده می‌شود که محور افقی، زمان و محور عمودی آن ولتاژ است. از نوسان‌نما عموماً برای نمایش دقیق موج استفاده می‌شود. علاوه بر دامنه، معمولاً نوسان‌نماها قادر به اندازه‌گیری و نمایش دیگر پارامترها مانند عرض پالس و دوره تناوب هستند.

عموماً دستگاه‌های اندازه‌گیری براساس اعمال نیروی مکانیکی (کوپل مکانیکی) یا حرارت که موجب انحراف عقربه می‌شوند کار می‌کنند ولی با توجه به وجود اینرسی و اصطکاک معمولاً این ابزارها نمی‌توانند تغییرات سریع را نمایش دهند. با اختراع لامپ اشعه کاتدی و با توجه به وزن بسیار کم بازوی الکترونی (پرتوی کاتدی) امکان نشان دادن یک متغیر به صورت خطی با زمان فراهم و اسیلوسکوپ اولین وسیله‌ای بود که از این امکان بهره‌مند شد.

قسمت‌های مختلف اسیلوسکوپ

لامپ پرتو کاتدی:

اسیلوسکوپ از یک لامپ پرتو کاتدی که قلب دستگاه است و تعدادی مدار برای کار کردن لامپ پرتو کاتدی تشکیل شده است. قسمت‌های مختلف لامپ پرتو کاتدی عبارتند از:

تفنگ الکترونی:

تفنگ الکترونی باریکه متمرکزی از الکترون‌ها را بوجود می‌آورد که شتاب زیادی کسب کرده‌اند. این باریکه الکترون با انرژی کافی به صفحه فلوئورسان برخورد می‌کند و بر روی آن یک لکه نورانی تولید می‌کند. تفنگ الکترونی از رشته گرمکن، کاتد، شبکه آند پیش شتاب‌دهنده، آند کانونی‌کننده و آند شتاب دهنده تشکیل شده است.

الکترون‌ها از کاتدی که بطور غیر مستقیم گرم می‌شود، گسیل می‌شوند. این الکترونها از روزنه کوچکی در شبکه کنترل می‌گردند. شبکه کنترل معمولا یک استوانه هم محور با لامپ است و دارای سوراخی است که در مرکز آن قرار دارد. الکترون‌های گسیل شده از کاتد که از روزنه می‌گذرند (به دلیل پتانسیل مثبت زیادی که به آندهای پیش شتاب دهنده و شتاب دهنده اعمال می‌شود)، شتاب می‌گیرند. باریکه الکترونی را آند کانونی‌کننده، کانونی می‌کند.

صفحات انحراف‌دهنده:

صفحات انحراف‌دهنده شامل دو دسته صفحه است. صفحات انحراف قائم که بطور افقی نصب می‌شوند و یک میدان الکتریکی در صفحه قائم ایجاد می‌کنند و صفحات **y** نامیده می‌شوند. صفحات انحراف افقی بطور قائم نصب می‌شوند و انحراف افقی ایجاد می‌کنند و صفحات **x** نامیده می‌شوند. فاصله صفحات به اندازه کافی زیاد است که باریکه بتواند بدون برخورد با آنها عبور کند.

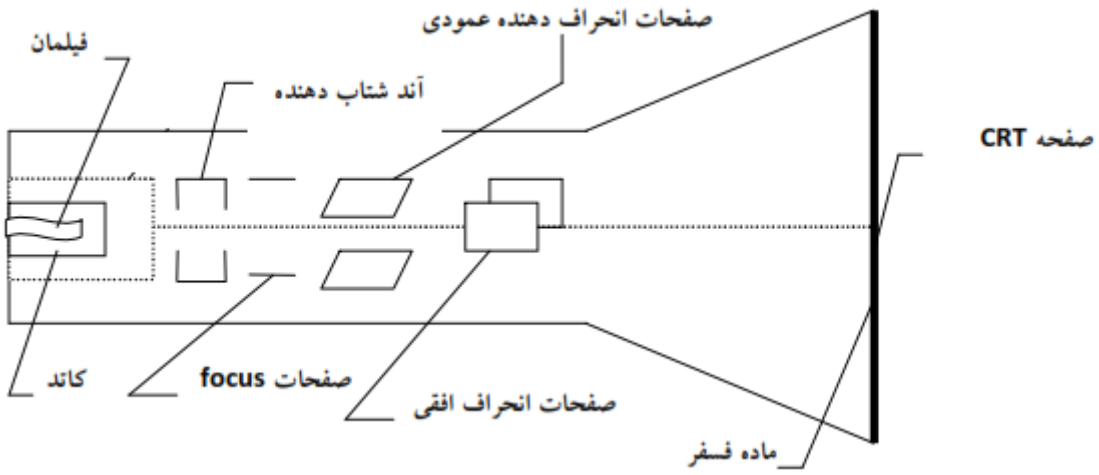
صفحه فلوئورسان:

جنس این پرده که در داخل لامپ پرتو کاتدی قرار دارد، از جنس فسفر است. این ماده دارای این خاصیت است که انرژی جنبشی الکترون‌های برخوردکننده را جذب می‌کند و آنها را به صورت یک لکه نورانی ظاهر می‌سازد. قسمت‌های دیگر لامپ پرتو کاتدی شامل پوشش شیشه‌ای، پایه که از طریق آن اتصالات برقرار می‌شود، است.

مولد مبنای زمان:

اسیلوسکوپ‌ها بیشتر برای اندازه‌گیری و نمایش کمیات وابسته به زمان بکار می‌روند. برای این کار لازم است که لکه نورانی لامپ روی پرده با سرعت ثابت از چپ به راست حرکت کند. بدین منظور یک ولتاژ مثبت به صفحات انحراف افقی اعمال می‌شود. مداری که این ولتاژ مثبت را تولید می‌کند، مولد مبنای زمان یا مولد رویش نامیده می‌شود.

شکل زیر نمایی از اسیلوسکوپ و اجزای آن می باشد.



انجام آزمایش:

در ادامه کلیه کلیدهای اسیلوسکوپ توضیح داده شده است. آنها را در اسیلوسکوپ مشاهده کرد و کار کردن با آنها را تمرین کنید.

کلیدهای روی اسیلوسکوپ در سه دسته تقسیم‌بندی می‌شود. اگرچه کلیدهای کنترلی اسکوپ‌های مختلف کمی با هم فرق می‌کند ولی در مجموع در اسکوپ های آنالوگ یک سری کلیدهای اساسی است که اگرچه در ظاهر تفاوت‌هایی وجود دارد ولی در نهایت وظیفه آنها در مدل‌های مختلف یکی است.

قسمت**vertical**

- ✓ **CH1**ورودی شماره یک اسیلوسکوپ
- ✓ **CH2**ورودی شماره دو اسیلوسکوپ
- ✓ کلید**(AC-GND-DC)**

مد **AC:** اگر کلید روی این قسمت قرار گیرد فقط سیگنال جریان متناوب وارد اسیلوسکوپ می‌شود و از نمایش ولتاژ **DC** جلوگیری می‌شود.

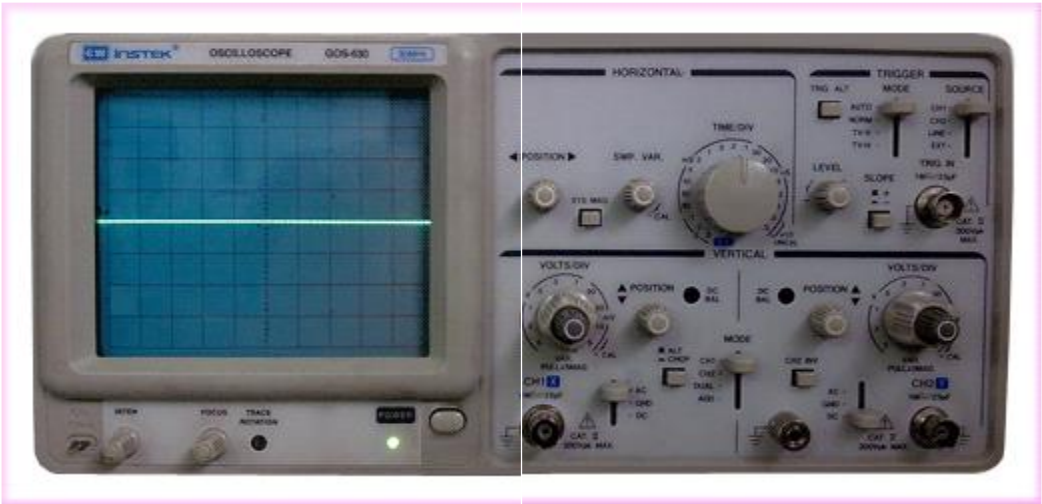
مد **DC :**اگر کلید روی این حالت تنظیم شود سیگنال ورودی هر چه باشد (اعم از **DC** یا **AC** یا ترکیبی از هر دو) روی صفحه نمایش داده می‌شود.

مد **GND:** اگر این حالت انتخاب شود, ورودی اسیلوسکوپ به زمین وصل می‌شود و ارتباط الکتریکی بین پروب و اسیلوسکوپ قطع می‌شود. این حالت برای تنظیم صفر اسیلوسکوپ کاربرد دارد.

- ولوم **VARIABLE:** که بر روی سلکتور **VOLT/DIV** قرار دارد و برای کالیبره کردن دستگاه بکار می‌رود که باید همیشه در منتها علیه سمت راست قرار گیرد (جهت عقربه های ساعت بچرخانید) تا ضریب ۱ داشته باشد.
- ولوم**POSITION** : با این ولوم می‌توان شکل موج روی صفحه نمایش را عمودی حرکت داد.
- کلید**mode** : این کلید چهار وضعیت دارد: الف) **CH1** ب) **CH2**ج)**DUAL** د)**ADD**

بسته به این که بخواهیم از کدام یک از ورودی‌های اسکوپ استفاده کنیم می‌توانیم کلید **MODE**رو تنظیم کنیم که به ترتیب از بالا به پایین اسکوپ، روی صفحه نمایش، کانال یک، کانال دو، دو موج را همزمان و در وضعیت**ADD** ، جمع ریاضی دو موج را نشان خواهد داد.

- ولوم**VOLT/DIV** : با تغییر این گزینه دامنه‌ی موجی که در صفحه نمایش ظاهر می‌شود, تغییر میکند.



نکته

با تغییر مقیاس مقدار **(VOLT/DIV)** می‌توان هر شکل موجی را بر روی صفحه نمایش نشان داد. اسیلوسکوپ هیچ نوع دخل وتصرفی در (مقدار دامنه یا پریود) موج نمی‌کند و تنها مقیاس را تغییر می‌دهد. (صحیح‌ترین انتخاب مقیاس برای نشان دادن موج این است که شکل موج در ماکزیمم دامنه قابل دید (بزرگترین حالت پیک تو پیک) و داشتن ۱ یا ۲ پریود میباشد.

- ✓ دکمه فشاری **ALT**: با فشار دادن این دکمه هر دو کانال با هم موج به اسیلوسکوپ داده و موج هر دو کانال با هم رسم می‌شود ولی شکل موج‌های آن در تمام لحظات با هم در صفحه اسیلوسکوپ دیده نمی-شود. بلکه یک در میان روی صفحه حساس ظاهر می‌شوند.
- ✓ دکمه فشاری**CHOP** : با فشار دادن این دکمه کانال ۱ و ۲ هر دو روشن شده و می‌توان دو موج جداگانه را توسط ورودی های این دو کانال به طور مجزا در صفحه سیلوسکوپ مشاهده نمود.

نکته:

یک دوره تناوب از یک موج رو به طور کامل و بسیار سریع نمایش می‌دهد و بعد موج کانال دیگر را. اما این تغییر انقدر سریع انجام می‌شود که ما آن رو حس نمی‌کنیم. اما وضعیت **CHOP** به صورت انتخابی بریده هایی از یک موج و بریده‌هایی از یک موج دیگر را هم زمان نشان می‌دهد که ممکن است شکل موج در فرکانس‌های پایین با نقطه هایی خالی نشان داده شود.

قسمت**TRIGER**

- ✓ **SOURSE**: برای نمایش یک شکل موج پایدار در صفحه اسیلوسکوپ لازم است شکل موج جاروب کننده **(SWEEPR)** با شکل موج ورودی سنکرون (همزمانی) داشته باشد لذا برای سنکرون کردن لازم است یک شکل موج به آن اعمال شود که نوع این سیگنال سنکرون کننده در محل **SOURSE** بصورت زیر تعیین می شود.

CH1 و **CH2** اگر در یکی از این دو وضعیت باشد, باید برای پایدار بودن موج هر کانال در قسمت **vertical** در وضعیت مشابه **sourse** باشد یعنی اگر **CH1** بود **SOURSE** , هم **CH1** و اگر **CH2** بود , **SOURSE**هم باید **CH2** باشد در این صورت اگر موج ثابت نشد از کلید **LEVEL** برای نگه داشتن موج استفاده می‌کنیم.

EXT: اگر در این وضعیت قرار گیرد می‌توان سیگنال جاروب‌کننده را از خارج توسط ترمینال **(EXT-TRIG)** راه انداز خارجی موج با فرکانس لازم را به صفحات افقی داد.

اگر فرکانس سیگنال همان فرکانس برق شهر باشد از دکمه‌ی **INE** برای تامین سیگنال جاروب‌کننده استفاده می‌کنیم.

- ✓ **LEVEL**: برای نگه داشتن موج به کار می‌رود.
- ✓ **SLOPE**: نمودار را نسبت به محور **V** قرینه می‌کند.
- ✓ **TRIC**: تحریک کننده مدار می‌باشد.

۱- قسمت **HORIZONTAL**

- ✓ ولوم **POSITION** : با این ولوم می‌توان شکل موج روی صفحه نمایش‌گر را در جهت افقی حرکت داد.
- ✓ سلکتور **TIME/DIV** : با تغییر این کلید پریود موج تغییر می‌کند. در نتیجه واحد زمان بر روی محور **T** ها عوض می‌شود. برای خواندن مقدار پریود واقعی یک موج تعداد واحدهای دیده شده را در عدد **TIM/DIV** ضرب می‌کنیم. در روی این سلکتور سه دسته تنظیمات بر حسب ثانیه **(S)** میلی‌ثانیه **(MS)** و میکرو- ثانیه (**μS**) وجود دارد که در موقع تبدیل باید به این واحدها توجه نمود.
- ✓ ولوم **SWP VAR** : با این ولوم می‌توان تعداد بیشتری شکل موج را روی صفحه منعکس کرد. (برای صفرکردن خطای فرکانس)
- ✓ کلید فشاری **MAG10**: با فشار دادن این کلید موج ۱۰ برابر می‌شود.

نحوه اندازه‌گیری با اسیلوسکوپ:

قبل از شروع کار با اسیلوسکوپ باید ابتدا آن را را کالیبره کنید:

- ✓ کلیدهای **Gain Variable Control** را که به صورت کلیدی کوچکتر بر روی کلیدهای **Volt/DiV** و **Time/Div** وجود دارد تا انتها در جهت عقربه های ساعت بچرخانید.

در اسیلوسکوپ‌های آنالوگ کلیدهای کشویی رو به بالا و کلیدهای فشاری همه بیرون باید باشد.

- ✓ کلید سه حالت **AC GND DC** رو برای هر دو کانال در حالت **GND** قرار بدید و با دستگیره **Position** محور عمودی را روی صفر قرار بدید. بوسیله کلیدهای **Intensity** و **Focus** به ترتیب شدت نور و نازکی موج رو تنظیم کنید و بعد از تنظیم زمین کلیدها رو در وضعیت **DC** قرار بدهید.

آزمایش ۱۵:

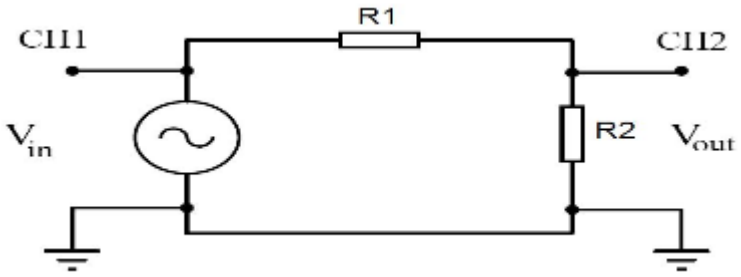
بررسی مدارهای R-R با استفاده از اسیلسکوپ

هدف آزمایش: اندازه‌گیری ولتاژ، اندازه‌گیری فرکانس، محاسبه اختلاف فاز میان دو موج

روش انجام آزمایش:

مشابه شکل زیر با استفاده از موج ساز و دو مقاومت و اسیلسکوپ یک مدار سری ببیند.

مولد را روی فرکانس **Hz ۵۰۰** بگذارید.



الف) اندازه گیری ولتاژ

تعداد خانه‌های عمودی محصور شده را از قله تا پایین‌ترین نقطه موج بشمارید و در **Volt/Div** کانال ضرب کنید. عدد به دست آمده اندازه‌ی دامنه **P-P** موج خواهد بود $V_{pp} = (\frac{V_m}{2})$. به عنوان مثال اگر در حالتی که **VOLT/DIV**روی عدد ۲ و تعداد خانه‌های محصور شده توسط موج در راستای عمودی برابر ۳,٤ باشد آنگاه برای بدست آوردن مقدار ولتاژ از ضرب این دو عدد داریم: دامنه (ولتاژ) = عدد × **volt/div** تعداد خانه‌های عمودی

3.4 × 2 = 6.8 V

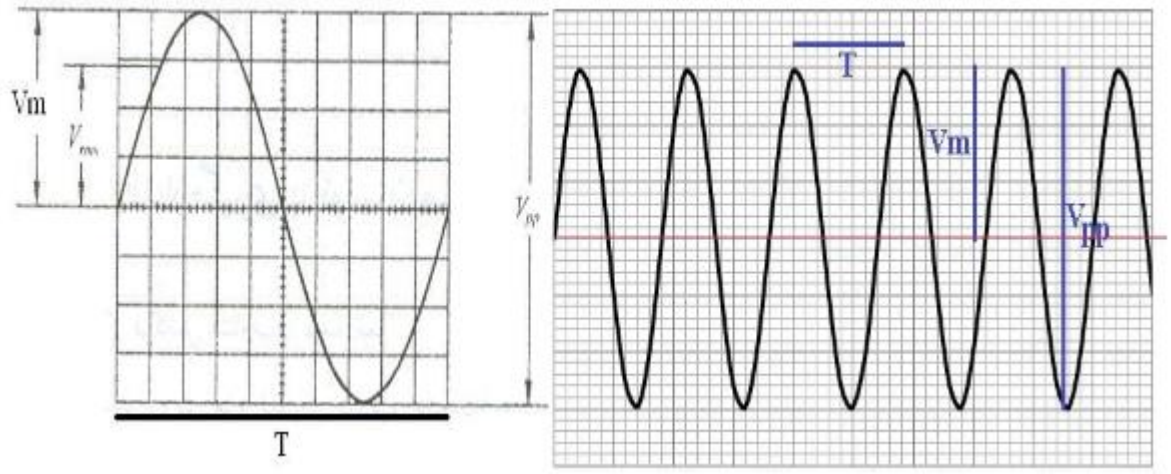
ولتاژ موثر:

یکی از تفاوت‌های اسیلوسکوپ با ولت‌متر این است که اسیلوسکوپ بستگی ولتاژ به زمان را نیز می‌تواند نشان دهد. در صورتی که ولت‌سنج فقط مقدار موثر ولتاژ V_{rms}را اندازه‌گیری می‌کند.

اگر یک موج سینوسی داشته باشیم ولتاژ موثر برابر است با

$$V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$$

رابطه بین سه ولتاژ معرفی شده در شکل زیر نمایش داده شده است.



ب) اندازه گیری فرکانس

الف) تعداد خانه‌های افقی را که در امتداد یک دوره تناوب قرار گرفته‌اند در واحد **Time/Div** ضرب کنید و عدد به دست آمده رو معکوس کنید تا فرکانس موج بدست بیاد. مثلا عدد **time/div** روی **50 ms** و تعداد خانه‌های افقی در یک دوره برابر ۵,۲

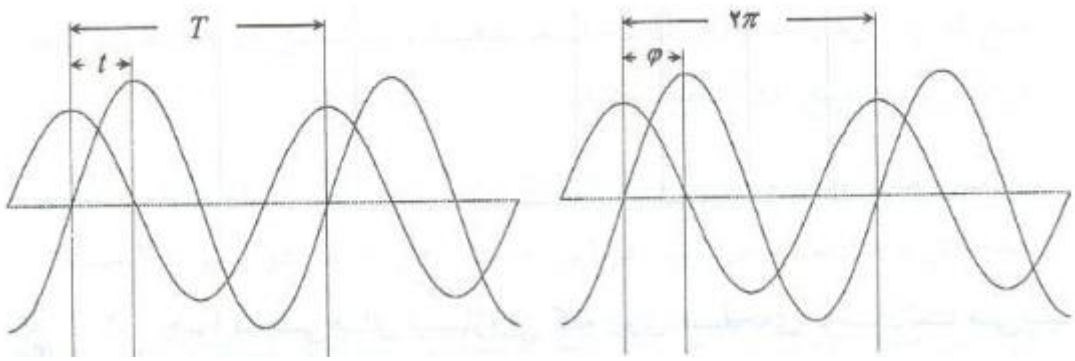
دوره = عدد × **time/div** تعداد خانه‌های افقی

5.2 × 50ms =260ms

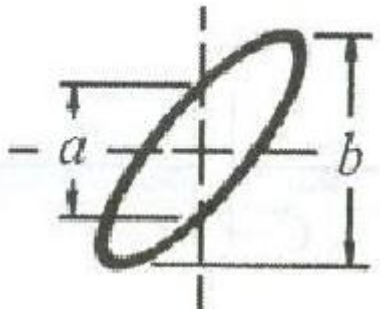
F=1/T=1/260ms=3.8Hzفرکانس

ج) اندازه گیری اختلاف فاز

الف) روش حوزه‌ی زمانی: در این روش اسیلوسکوپ را در مد **DUAL** قرار داده و سیگنال های کانال ۱ و ۲ را با هم نمایش می‌دهیم سپس از روی نمودار و با توجه به مقادیر **T** و $\mathbf{T_0}$ و از رابطه $\boldsymbol{\varphi = 2\pi \frac{t}{T}}$ اختلاف فاز را محاسبه می‌کنیم.



ب) روش ایساجوس: در روش ایساجوس برای محاسبه اختلاف فاز, اسیلوسکوپ را در مد **X-Y** قرار می‌دهیم و بعد از ظاهر شدن شکل موج ایساجوس پایدار با توجه به شکل ظاهر شده و رابطه $\boldsymbol{\varphi = \sin^{-1}\frac{a}{b}}$ و شکل زیر اختلاف فاز را محاسبه می‌کنیم .(بعد از وصل دو سیگنال به کانال‌ها ابتدا هر دو کانال را روی مد **GND** قرار می-دهیم تا نقطه نورانی ایجاد شده را در وسط محور مختصات تنظیم کنیم. و سپس روی مد **DC** قرار داده تا اختلاف فاز را به دست آوریم.)



سوالات

۱- دو سر مولد موج را به اسیلسکوپ وصل کنید و جدول زیر را کامل کنید؟

	شکل موج	ولت بر قسمت	تعداد خانه های عمودی	$V_{P.P}(v)$	$V_m = \frac{V_{P.P}}{2}(v)$	$V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}(v)$	$V_0(v)$ ولت‌متر	$\frac{\lvert V_{rms} - V_0 \rvert}{V_0} \times 100$
۱	سینوسی	۲(V)						
۲	سینوسی	۵۰(mv)						
	شکل موج	ولت بر قسمت	تعداد خانه های عمودی	$V_{P.P}(v)$	$V_m = \frac{V_{P.P}}{2}(v)$	$V_{rms} = V_m(v)$	$V_0(v)$ ولت‌متر	$\frac{\lvert V_{rms} - V_0 \rvert}{V_0} \times 100$
۱	مربعی	۵(V)						
۲	مربعی	۰/۵(V)						

۶- جدول زیر را با تغییر فرکانس مولد موج کامل کنید؟

	شکل موج	$f \pm \Delta f\,(Hz)$ مولد موج	زمان بر قسمت	تعداد خانه های افقی	$T\,(s)$	$f_{\exp}=\frac{1}{T}$	$\frac{\lvert f_{\exp}-f\rvert}{f}\times 100$
۱	سینوسی	۵۰۰					
۲	سینوسی	۱۰۰۰					
۳	مربعی	۳۰۰					
۴	مربعی	۸۰۰					

۷- مدار **R-R** را ببندید و جدول زیر را کامل کنید. سپس رابطه برای نسبت پتانسیل خروجی به ورودی بدست آورید.

R-R	$V_{in}(v)$	$V_{out}(v)$	$\frac{V_{out}}{V_{in}}$
۱			
۲			
۳			
۴			
۵			
۶			
۷			
۸			

۸- این بار بجای مقاومت $\mathbf{R_2}$ یک خازن در مدار قرار داده و جدول زیر را کامل کنید؟

$R=1000(\Omega)\quad,\quad C=1(\mu F)$							
$f(Hz)$	t	T	$\phi_{ex1}=2\pi\frac{t}{T}$	a	b	$\phi_{ex2}=\sin^{-1}(\frac{a}{b})$	$\phi_{th}=\tan^{-1}\left(\frac{1}{2\pi f R C}\right)$
۲۵۰							
۴۰۰							
$\frac{\lvert\phi_{ex1}-\phi_{th}\rvert}{\phi_{th}}\times 100$							
$\frac{\lvert\phi_{ex2}-\phi_{th}\rvert}{\phi_{th}}\times 100$							

آزمایش۱۶:

بررسی مدارهای R-L، R-C و R-L-C

هدف آزمایش: بررسی مدارهای **R-L** و **R-C** و **R-L-C**، بررسی اثر سلف بر مدار، اندازه‌گیری مقاومت ظاهری مدار و اختلاف فاز

وسایل مورد نیاز: منبع جریان متناوب، سلف (سیم پیچ)، مقاومت، خازن، ولت متر، آمپرمتر، سیم های رابط.

تئوری آزمایش:

چنانکه می‌دانیم خازن‌ها جریان **DC** را سد کرده و مقاومتی که از خود در برابر آن نشان می‌دهند بی‌نهایت است در حالی که این مقاومت در مقابل جریان **AC** محدود است. به عبارت دیگر جریان **AC** بر خلاف جریان **DC** می‌تواند از خازن عبور کند. به مقاومتی که خازن در این حالت از خود نشان می‌دهد، مقاومت ظاهری گفته می‌شـود و با فرکانس جـریان متناوب و ظرفـیت خازن نسبت عکس دارد و برابراست با:

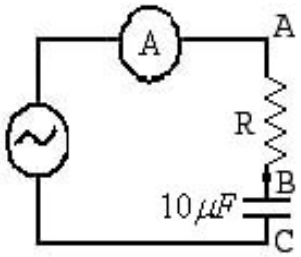
$$X_C = \frac{1}{C\omega} = \frac{1}{2\pi fC}$$

از طرفی جریان متناوب باعث می‌شود که اختلاف فازی به اندازه ی $\pi/2$ بین ولتاژ دو سر خازن و جریانی که از آن می‌گذرد ایجاد گردد که این اختلاف فاز سبب می‌شود که ما نتوانیم جمع اسکالر را بین ولتاژ دو سر خازن – که با جریان عبوری از مدار هم‌فاز است – و ولتاژ دو سر مقاومت برقرار کنیم بلکه بایستی جمع برداری را برای آنها به کار بریم.

هنگامی که از یک سیم‌پیچ جریان الکتریکی می‌گذرد در اطراف سیم‌پیچ میدان مغناطیسی ایجاد می‌شود اگر جریان الکتریکی ثابت باشد شار مغناطیسی که از داخل سیم‌پیچ می‌گذرد ثابت بوده و سیم‌پیچ مانند یک مقاومت معمولی عمل می‌کند، اما اگر جریان الکتریکی نسبت به زمان تغییر کند شار مغناطیسی متغیری به وجود می‌آید که در سیم-پیچ نیروی محرکه الکتریکی القا می‌کند. این نیروی محرکه طبق قانون لنز با عامل مولدش مخالفت می‌کند در نتیجه از مقدار جریان می‌کاهد و می‌توان گفت سیم‌پیچ در مقابل جریان متغیر مقاومت بیشتری از خود نشان می‌دهد، این مقاومت را که به فرکانس جریان و خصوصیات سیم پیچ بستگی دارد مقاومت ظاهری سیم‌پیچ نامیده و برابر است با: $X_L = L\omega$ در این رابطه **L** ضریب خود القایی می‌باشد. مشابه خازن در سیم‌پیچ نیز برای جریان‌های متناوب بین ولتاژی که در دو سر آن برقرار می‌شود با جریانی که از آن می‌گذرد اختلاف فازی وجود دارد، با این تفاوت که در خازن جریان نسبت به ولتاژ تقدم فاز دارد در حالی که در سیم پیچ تاخیر فاز دارد.

روش انجام آزمایش:

الف) مدار **R-C**



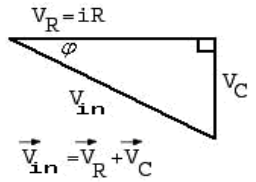
مداری مطابق شکل مقابل ببندید.

سپس ولتاژهای دو سر مقاومت (**V_R**)، دو سر خازن (**V_C**)

و دو سر مجموعه مقاومت و خازن (**V_{in}**) و نیز جریان گذرا از مدار

را اندازه گیری کنید.

برای محاسبه φ با توجه به شکل می توان نوشت:



$$\tan\varphi = \frac{V_C}{V_R}$$

از طرف دیگر چون **$V_C = i X_C$** و **$V_R = i R$** است رابطه بالا چنین می شود:

$$\tan\varphi = \frac{iX_c}{iR} = \frac{X_c}{R} = \frac{1}{2\pi fRC}$$

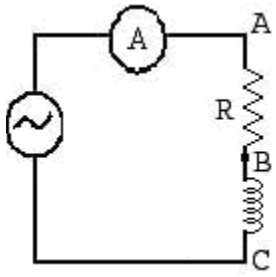
و مقاومت کل مدار که امپدانس خوانده می‌شود از دو رابطه زیر به دست می‌آید:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} = \sqrt{R^2 + \frac{1}{C^2\omega^2}} \quad \& \quad Z = \frac{V_{in}}{I}$$

۱- جدول زیر را کامل کنید.

I	**V_R**	**V_C**	**V_{in}**

ب) مدار **R-L**



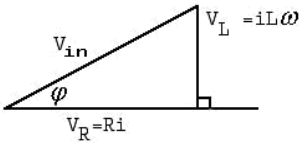
مداری مطابق شکل مقابل را ببندید.

ولتاژ های دو سر مقاومت (**V_R**)، دو سر سلف (**V_L**)

و دو سر مجموعه مقاومت و سلف (**V_{in}**) و نیز جریان گذرا از مدار

را اندازه گیری کنید.

برای محاسبه φ با توجه به شکل می توان نوشت:



$$\tan\varphi = \frac{V_L}{V_R}$$

از طرف دیگر چون $\mathbf{V_L = i\,X_L}$ و $\mathbf{V_R = i\,R}$ است رابطه بالا چنین می شود:

$$\tan\varphi = \frac{iX_L}{iR} = \frac{X_L}{R} = \frac{L\omega}{R} = \frac{2\pi fL}{R}$$

و مقاومت کل مدار یا امپدانس از دو رابطه زیر به دست می‌آید:

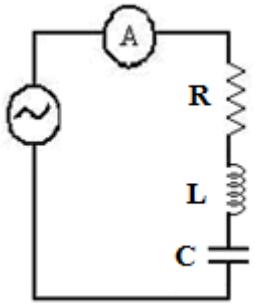
$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{R^2 + L^2\omega^2} \quad \& \quad Z = \frac{V_{in}}{I}$$

۱- جدول زیر را کامل کنید.

$\mathbf{V_{in}}$	$\mathbf{V_L}$	$\mathbf{V_R}$	**I**

۲- نمودار برداری ولتاژها را رسم کرده و به کمک آن مقدار $\boldsymbol{\varphi}$ را اندازه بگیرید.

۳- با استفاده از جدول بالا مقادیر **L**، $\mathbf{X_L}$**,Z** را حساب کنید،



ج) مدار **R-L-C**

این‌بار مداری مطابق شکل مقابل ببندید.

سپس ولتاژ های دو سر مجموعه مقاومت و سلف و خازن ($\mathbf{V_{in}}$)، دو سر مقاومت ($\mathbf{V_R}$)، دو سر سلف ($\mathbf{V_L}$) و دو سر خازن ($\mathbf{V_C}$) و نیز جریان گذرا از مدار را اندازه گیری کنید.

اختلاف فاز φ نیز از دو رابطه زیر محاسبه می شود:

$$\tan\varphi = \frac{|X_L - X_C|}{R} \quad \& \quad \tan\varphi = \frac{|V_L - V_C|}{V_R}$$

و مقاومت کل مدار یا امپدانس از دو رابطه زیر به دست می آید:

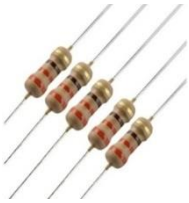
$$Z = \sqrt{R^2 + \left(X_L - X_C\right)^2} \quad \& \quad Z = \frac{V_{in}}{I}$$

۱- جدول زیر را کامل کنید.

$\mathbf{I}$	$\mathbf{V_R}$	$\mathbf{V_C}$	$\mathbf{V_L}$	$\mathbf{V_{in}}$

۲- با استفاده از جدول بالا نمودار برداری ولتاژها را رسم کرده و به کمک آن اختلاف فاز بین جریان مدار و ولتاژ کل را به دست آورید.

۳- با استفاده از جدول بالا مقادیر **C,L,Z** را به دست آورید**.**



A Labratoary Manual of electricity

By:

Dr. Mahnaz mohammadi

Maryam mohammadi