دانشکده فیزیک

آزمایشگاه فیزیک پایه (۲)

مخصوص دانشجویان فنی و علوم پایه

بسم الله الرحمن الرحیم

عنوان کامل جزوه : آزمایشگاه فیزیک (۲)

مولف : جعفریان – سعیدی – شهیدی

تاریخ آخرین ویرایش : بهمن ۹۴

صفحه آرایی : فاطمه شبانی

کلیات.....۴

آزمایش ۱ : آشنایی با طرز کار اسیلوسکوپ ، مشاهده شکل موج ها ، اندازه گیری ولتاژ قله به قله موج ،اندازه گیری فرکانس ، اندازه گیری ولتاژ یک نقطه دلخواه از موج ، به دست آوردن ولتاژ دامنه و ولتاژ موثر ۱۵

آزمایش ۲ : آشنایی با دستگاههای اندازه گیری ، بستن مدار ، قرار دادن ولتمتر و آمپرمتر در مدار ، تعیین ولتاژ دوسر مقاومت و اندازه گیری جریان عبوری از مقاومت و اندازه گیری مقاومت توسط اهم متر وبااستفاده ازکدرنگی ۲۴

آزمایش ۳ : مطالعه مدارهای مشتق گیر و انتگرال گیر ۳۹

آزمایش ۴: مشاهده و اندازه گیری اختلاف فاز ، تعیین فرکانس مجهول با استفاده از اشکال لیساژو...۴۶

آزمایش ۵ : تعیین مقاومت بااستفاده از پل وتستون و پل تار ۵۰

آزمایش ۶ : بررسی قوانین اهم و کیرشهف ، تحقیق در مدارهای سری و موازی ۵۳

آزمایش ۷ : مطالعه شارژ و دشارژ خازن ، اتصال سری و موازی خازن ها ۵۹

آزمایش ۸ : تعیین میدان مغناطیسی در حلقه و سیم لوله ۶۳

آزمایش ۹ : تعیین مولفه افقی میدان مغناطیسی زمین به کمک حلقه حامل جریان ۶۷

آزمایش ۱۰ : بررسی مقاومت ، خازن ، القاگر در مدارهای AC ۷۰

دستورکلی برای انجام کارهای آزمایشگاه :

دانشجویان بایستی به این مطلب توجه کنند که در این دانشکده ضمن فراگرفتن مطالب نظری ، خود را برای کارهای تحقیقی و علمی عملی در آزمایشگاه مهیا سازند و این تنها با صرف وقت و تمرین و ممارست میسر است . برای اینکه بتوان از کار در آزمایشگاه نتیجه مطلوب بدست آورد بایستی نکات زیر که شما را برای کار در آزمایشگاه ماهرتر و تواناتر می کند مورد توجه قرار دهید .

۱)احاطه به موضوع کار :

هر دانشجو موظف است قبل از اینکه به آزمایشگاه بیاید ، آزمایش مورد نظر را به دقت مطالعه نماید تا در هنگام انجام آزمایش از هدف انجام آزمایش و تئوری آن اطلاع کامل داشته باشد . در این خصوص اگر تئوری موجود در دستور کار دارای ابهام باشد از کتابهای فیزیک پایه مانند : فیزیک پایه هالیدی – فیزیک دانشگاهی زیمانسکی و..... می توان استفاده نمود .

۲) مواظبت وسایل :

احتیاط و دقت در بکار بردن لوازم آزمایشگاه لازمه کار در آزمایشگاه است و برای جلوگیری از شکستن و یا خراب شدن آنها قبل از هر آزمایش باید لوازم مربوط به آن را بررسی نموده و با آنها آشنا گردید . وسایلی را که با طرز کار آنها آشنا نیستید بدون اجازه مربی آزمایشگاه دست نزنید و اگر در هنگام انجام آزمایش در اسباب خود گیر و یا اشکالی مشاهده کردید مطلقآ متوسل به زور نشوید بلکه از مربی آزمایشگاه کمک بگیرید .

وسایل آزمایشگاهی را که در آزمایشگاه بکار می برید پس از پایان آزمایش مرتب نمایید و وسایل برقی را حتمآ خاموش کنید .

۳) تنظیم و تقسیم کار :

با توجه به محدود بودن وقت بایدهرگروه به شکل مناسبی کارهای مربوط به آزمایش را بین افراد گروه تقسیم نماید در این خصوص باید سعی شود که تمام افراد گروه در انجام آزمایش مشارکت نمایند .

۴) نظم و ترتیب :

به دلیل گران قیمت بودن وسایل آزمایشگاهی نظم و ترتیب در آزمایشگاه از اهمیت خاصی برخوردار است و باید دستورهای زیر را هنگام کار کردن با لوازم آزمایشگاهی بکار ببندید

الف) اسبابها و وسایل اندازه گیری را طوری مرتب بچینید که به هم تکیه نکنند و حتی الامکان مانع کارهای یکدیگر نشوند .

ب) دقت کنید که اسبابهای اندازه گیری را هیچگاه برای اندازه گیری مقادیری بیش از حداکثری که بر روی آنها تعیین شده بکار نبرید .

ج) سعی کنید دستگاهها رامطابق شکل سوار کنید .

د) از جابجایی و آوردن وسایل از میزهای کار دیگر جدا خودداری نمایید .

۵) علاقمندی به کار :

انجام یک آزمایش در آزمایشگاه تنها برای ادای تکلیف انجام نمی گردد و چنانچه علاقه و شوق نسبت به انجام آزمایش نداشته باشید نه تنها به نتیجه مطلوب نمی رسید بلکه وقت خود و سایر دانشجویان را بیهوده تلف کرده اید . دانشجویان باید بدانند که انجام کارهای آزمایشگاه برای آنها مفید است و در نتیجه با عشق و علاقه کافی به انجام یک تجربه در آزمایشگاه دست بزنید .

۶) اشتباهات اندازه گیری :

انجام یک اندازه گیری دقیق در آزمایشگاه عملی است مشکل و توفیق در آن بستگی به طبیعت و چگونگی موضوع آزمایش و همچنین به وسایل اندازه گیری و دستگاههای آزمایشگاه دارد . حال عوامل مهمی را که تاثیر کلی در آزمایش داشته و ما را از اشتباهات برحذر می دارند گوشزد می کنیم .

الف) دستگاههای اندازه گیری :

اکثر خطاهایی که در آزمایشها رخ می دهند مربوط به دستگاهها و وسایل اندازه گیری است . بنابراین لازم است که قبلا موارد زیر را بدانیم .

۱- حساسیت :

دستگاهی را حساس می گوئیم که با آن بتوان کوچکترین تغییر کمیت مورد نظر آزمایش را تشخیص داد .

۲- درستی :

دستگاهی را درست می گوئیم که نتایج سنجش ان با مقدار واقعی کمیت مورد نظر اندازه گیری خیلی به هم نزدیک باشند .

۳- قابلیت :

دستگاهی را قابل اطمینان گویند که نتایج اندازه گیری مکرر آن همیشه یکسان بوده و با هم اختلاف نداشته باشد.

ب) روش آزمایش :

روشی را که برای انجام آزمایش انتخاب می شود در حصول نتیجه صحیح تاثیر بسزایی دارد که دراینجا به دلیل محدود بودن دقت دانشجویان، روش آزمایش در دستور کار آزمایشگاه داده شده است .

ج) مهارت شخص آزمایش کننده :

دانشجو باید قبل از هر آزمایش موضوع مورد آزمایش را به دقت مطالعه نماید و با آمادگی و آگاهی کافی به انجام آزمایش بپردازد و به همین دلیل در اول هرجلسه و قبل از شروع آزمایش یک کوئیز در مورد آزمایش همان جلسه از دانشجو گرفته می شود که قسمتی از نمره نهایی دانشجو را شامل می گردد .

همچنین دانشجو باید در پایان آزمایش گزارشی از مشاهدات و نتایج آزمایش ارائه دهد که این گزارش شامل قسمتهای مختلفی از جمله عنوان و هدف آزمایش ، جداول و محاسبات مربوطه ، رسم منحنی ها و محاسبات خطا ، نتیجه آزمایش و نظریات دانشجو می باشد .

علاوه برموارد فوق باید سوالات هر آزمایش که در دستور کار مشخص شده کتبا در برگه گزارشکار پاسخ داده شود .

لازم به ذکر است که تمیزی و مرتب بودن برگه گزارشکار نشانه دقت عمل و سلیقه دانشجو بوده و نیز بخشی از نمره مربوط به گزارشکار را شامل می شود .

رسم منحنی ها :

در رسم منحنی ها نکات زیر را مراعات کنید .

۱- منحنی را همیشه روی کاغذ میلیمتری رسم کنید .
۲- کمیت هایی را که برهر محور بکار می برید کنار آن یادداشت کنید .
۳- مقیاس ها را چنان انتخاب کنید که حتی الامکان تمام طول هر دو محور استفده شود . برای اینکه اغلب لازم است که از نشان دادن مبدا روی محور مختصات صرف نظر کنید مگر اینکه بدون نشان دادن مبدا بر روی صفحه کاغذ منحنی ناقص بماند دراین صورت مقیاس را کوچک بگیرید .
۴- نقاط به دست آمده از آزمایش رابایک نقطه پررنگ یا باعلامت ((X)) مشخص کنید .
۵- تمامی اعداد و حروف و نقاط منحنی و خود آن واضح باشد .
۶- هنگام رسم منحنی عموما نباید تمام نقاط آزمایش را به یکدیگر وصل کرد و یک خط شکسته تشکیل داد ، بلکه بایستی منحنی را طوری رسم کرد که نقاط آزمایشی کم و بیش در طرفین منحنی قرار گیرد .

۷- برای مدرج کردن محورها فقط اعدادی مانند ۱۰ و ۲۰ و ۳۰ و .... را درکنار آن بنویسید لازم نیست که اندازه های عددی تمام نقاط منحنی را در کنار محورها یادداشت کنید . همچنین از رسم خطوط برای یافتن آزمایشی خودداری کنید .

خطای اندازه گیری :

هر اندازه گیری با خطا یا عدم قطعیت همراه است . در هنگام انجام آزمایش با دقت در انجام آزمایش و استفاده صحیح و مناسب از وسایل آزمایش باید تا حد امکان خطا را کاهش داد ولی به دلیل محدودیت دقت وسایل اندازه گیری ، خطاهای اتفاقی و خطاهای ناشی از عوامل محیطی نمی توان خطا را در یک آزمایش به صفر رساند و به همین دلیل در یک آزمایش باید میزان خطا را محاسبه نمود تا دقت انجام آزمایش مشخص گردد .

خطای مطلق :

بعلت محدود بودن دقت وسایل اندازه گیری و مهارت و آزمودگی مشخص آزمایش کننده هیچوقت نمی توان اندازه واقعی یک کمیت را اندازه گیری کرد بلکه نتیجه اندازه گیری قدری به اندازه واقعی آن کمیت اختلاف دارد این اختلاف به خطا یا بیراهی مطلق مرسوم است .

اگر مقدار واقعی کمیت را با x' و مقداری که در نتیجه آزمایش بدست آمده با x نمایش دهیم در این صورت خطای مطلق برابر خواهد بود با :

$$\Delta x = | x' - x |$$

مقدار خطای مطلق و علامت آن معلوم نیست (زیرا اگر معلوم باشد دیگر خطا نیست) به همین جهت همیشه قدر مطلق ماکزیمم بیراهی مطلق را به حساب می آورند و می توان نوشت :

$$x - \Delta x \prec x' \prec x + \Delta x$$

خطای نسبی :

تنها خطای مطلق میزان دقت آزمایش را نشان نمی دهد بلکه در حقیقت بایستی دید که این خطا در اندازه گیری چه مقدار خطا رخ داده است . می توان خطای نسبی را به صورت زیر تعریف کرد .

مقدار واقعی / خطای مطلق = خطای نسبی

$$\text{خطای نسبی} = \frac{\Delta x}{x'}$$

دقت :

باتوجه به مطالب فوق می توان گفت که هر چه خطای نسبی کل کوچکتر باشد دقت روش بیشتر است ، بنابراین دقت را می توان به صورت زیر تعریف کرد :

دقت = $|x - x'|$ (دقت عبارت است از عکس خطای مطلق)

حساسیت :

وقتی عقربه دستگاهی مثلا عقربه یک ترازو در مقابل کوچکترین وزنه انحراف حاصل کند ، گوئیم آن ترازو یا بطور کلی آن دستگاه حساس است . (حساسیت مساوی است با عکس خطای نسبی اندازه گیری شده)

اشتباه :

چنانچه از حدود دقت لازم کمتر باشد مجاز است و اگر بیشتر باشد آن خطا را اشتباه گویند در این مواقع است که بایستی آزمایش از نو انجام گیرد .

محاسبات خطا :

بعضی از کمیت های فیزیکی قابل اندازه گیری هستند . برای این کمیات خطای مطلق در اندازه گیری کمیت برابر با کوچکترین میزان قابل سنجش توسط وسیله اندازه گیری است ، برای مثال اگر با خط کش معمولی یک جسم اندازه گیری شود خطای مطلق این اندازه گیری $\Delta x = 0/1cm$ است .

از طرفی اکثر کمیات مورد علاقه ما در فیزیک مستقیما قابل سنجش نیستند و با کمک فرمولهایی به کمیات قابل سنجش مرتبط می شوند . پس باید در حالت کلی بتوان درباره این کمیت ها نیز خطا را محاسبه نمود . در ساده ترین حالت یک کمیت ممکن است بصورت حاصل جمع ، تفاضل ، حاصل ضرب و خارج قسمت کمیت های دیگر باشد و درحالت کلی تر کمیت مورد نظر به صورت تابعی از کمیت ها قابل اندازه گیری است .

۱) خطای حاصل جمع :

اغلب برای اینکه کمیتی را اندازه گیری کنیم لازم است که قبلا چند کمیت را اندازه گیری کرده و سپس از روی آنها کمیت اصلی را بدست آوریم .

اگر $x = c + d$ باشد و حداکثر خطاهایی که در اندازه گیری مقادیر c ، d رخ می دهد به ترتیب برابر Δc و Δd باشد ، دراین صورت برای x مقداری برابر $x + \Delta x$ بدست می آید بطوری که :

$$x+\Delta x=(c+\Delta c)+(d+\Delta d)$$
$$\Rightarrow \Delta x=\Delta c+\Delta d$$

و میزان خطای نسبی برابر است با :

$$\frac{\Delta x}{x}=\frac{\Delta c}{c+d}+\frac{\Delta d}{c+d}$$

۲) خطای تفاضل :

اگر کمیت مورد نظر به صورت $x=c-d$ باید به طریق مشابهی نظیر محاسبه خطای حاصل ضرب می توان نوشت :

$$x+\Delta x=(c+\Delta c)-(d+\Delta d)$$
$$\Rightarrow \Delta x=\Delta c-\Delta d$$

اما چون عملا علامت های Δc و Δd معلوم نیستند بایستی حداکثر خطا را حساب کرد .

$$\Delta x=\Delta c+\Delta d$$
$$\frac{\Delta x}{x}=\frac{\Delta c}{c-d}+\frac{\Delta d}{c-d}$$

۳) حاضل ضرب :

اگر کمیت مورد اندازه گیری به صورت زیر باشد :

$$x=c.d$$

داریم :

$$x+\Delta x=(c+\Delta c).(d+\Delta d)$$
$$\Rightarrow \Delta x=c\Delta d+d\Delta c+\Delta c.\Delta d$$

چون $\Delta c.\Delta d$ در مقابل بقیه جملات بسیار کوچک است لذا از آن صر نظر می کنیم در این صورت :

$$\Delta x=c\Delta d+d\Delta c$$

خطای نسبی در مورد حاصل ضرب به صورت زیر است .

$$\frac{\Delta x}{x}=\frac{c\Delta d+d\Delta c}{c.d}=\frac{\Delta c}{c}+\frac{\Delta d}{d}$$

در حالت خاص یعنی وقتی که همه کمیتها باهم برابر باشند یعنی $x=c^n$ باشد خطای نسبی برابر است با :

$$\frac{\Delta x}{x} = n\frac{\Delta c}{c}$$

۴) خطای تقسیم (نسبت دو کمیت)

اگر کمیت به صورت $x = \frac{c}{d}$ باشد :

$$x + \Delta x = \frac{(c + \Delta c)}{(d + \Delta d)}$$
$$\Rightarrow \Delta x = \frac{c + \Delta c}{d + \Delta d} - \frac{c}{d} = \frac{d\,\Delta c - c\,\Delta d}{d^2 - d\,\Delta d}$$

چون Δd در مقابل d خیلی کوچک است لذا در مخرج کسر از $d\,\Delta d$ در مقابل d^2 صرف نظر می کنیم :

$$\Delta x = \frac{d\,\Delta c - c\,\Delta d}{d^2}$$

پس خطای نسبی تقسیم دو کمیت برابر است با :

$$\Rightarrow \Delta x = \frac{d\,\Delta c - c\,\Delta d}{d^2} \times \frac{d}{c} = \frac{\Delta c}{c} - \frac{\Delta d}{d}$$

چون واقعا علامتهایی Δc و Δd معلوم نیستند لذا بایستی حداکثر خطا منظور گردد لذا :

$$\Rightarrow \frac{\Delta x}{x} = \frac{\Delta c}{c} + \frac{\Delta d}{d}$$

قانون کلی محاسبه بیراهی نسبی (خطای نسبی) :

یک راه کلی برای محاسبه خطای نسبی $\frac{\Delta x}{x}$ از طریق دیفرانسیل گیری لگاریتمی است . اگر کمیت اندازه گرفتنی ما ، x ، با کمیت های $c,d,\mathrm{e},\mathrm{f},\ldots$ که مستقیما آزمایش می گردند از رابطه :

$$x = (c,d,\mathrm{e},\mathrm{f},\ldots)$$

به دست آید ابتدا از رابطه فوق لگاریتم گرفته و سپس دیفرانسیل می گیریم . سپس بجای دیفرانسیل های $c,d,\mathrm{e},\mathrm{f},\ldots$ بیراهی های ماکزیمم هرکدام را قرار می دهیم .

بعنوان مثال :

$$x = a.b$$
$$Lnx = Ln(a.b) = Lna + Lnb$$
$$\frac{dx}{x} = \frac{da}{a} + \frac{db}{b} \Rightarrow \frac{\Delta x}{x} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b}$$

مثال : به کمک یک کولیس با دقت 0.1 mm شعاع سکه ای را اندازه گیری نموده ایم اگر شعاع اندازه گیری شده برابر r = 11.1 mm باشد مطلوبست مقدار واقعی سطح سکه؟

حل : فرض می کنیم سطح واقعی سکه s' و سطح اندازه گیری شده s باشد بنابراین داریم :

$$s = \pi r^2 = \pi(11.1)^2 = 387mm^2$$

برای بدست آوردن Δs یعنی خطای اندازه گیری ، باید خطای نسبی را حساب کنیم :

$$s = \pi r^2 \Rightarrow Lns = Ln\pi + 2Lnr$$
$$\frac{ds}{s} = 0 + 2\frac{dr}{r} \Rightarrow \frac{\Delta s}{s} + 2\frac{\Delta r}{r} \Rightarrow \Delta s = 2\frac{\Delta r}{r} \times s$$
$$\Delta s = \frac{2 \times 0.1}{11.1} \times 387 = 7mm^2$$

بنابراین s' سطح واقعی سکه برابر است با :

$$s - \Delta s \prec s' \prec s + \Delta s$$
$$380mm^2 \prec s' \prec 394mm^2$$

بنابراین مقدار واقعی سطحی سکه بین دو حد بالا می باشد این موضوع را از راه اندازه گیری نیز می توان استنباط نمود .

کمترین مقدار ممکن برای شعاع سکه با توجه به دقت کولیس برابر است با :

$$r - \Delta r = 11.1 - 0.1 = 11mm$$

بنابراین حداقل سطح سکه برابر است با :

$$s = \pi r^2 = \pi(11) = 380mm^2$$

بیشترین مقدار ممکن برای شعاع سکه با توجه به دقت کولیس برابر است با :

$$r + \Delta r = 11.1 + 0.1 = 11.2mm$$

ودرنتیجه حداکثر سطح سکه برابر است با :

$$s = \pi r^2 = \pi(11.2) = 394mm^2$$

این همان نتیجه ای است که از طریق محاسبه لگاریتمی خطا محاسبه گردید .

ب) درصد خطا در اندازه گیری یک مقاومت:

مقدار واقعی یک مقاومت در عمل با مقداری که توسط سازنده قید می شود اختلاف دارد. این اختلاف ، درصد خطا نامیده می شود و آن را برحسب درصد بیان می کنند. میزان این خطا بستگی به تکنولوژی ساخت و دقت دستگاههای تولید مقاومت دارد و به همین علت سازنده مقاومت به همراه مقدار مقاومت، درصد خطا را نیز باید ذکر نماید. برای مثال یک مقاومت Ω ۱۰۰ با درصد خطای ۱۰ ٪ دارای مقاومت بین ۹۰ تا ۱۱۰ اهم است که ۹۰ اهم را واحد پایینی و ۱۱۰ اهم را واحد بالایی مقدار مقاومت مزبور می گویند و مقدار واقعی را تنها با اندازه گیری می توان بدست آورد. مقاومتها برحسب مقدار درصد خطا به ۴ دسته تقسیم می شوند:

۱- مقاومتهای معمولی با درصد خطای ٪۵ تا ٪۲۰
۲- -مقاومتهای نیمه دقیق با درصد خطای ٪۱ تا ٪۵
۳- مقاومتهای دقیق با درصد خطای ٪۰/۵ تا ٪۱
۴- مقاومتهای خیلی دقیق با درصد خطای کمتر از ٪۰/۵

مقاومتهای معمولی در وسایل الکترونیکی از قبیل رادیو و تلویزیون مورد استفاده قرار می گیرد که دارای خطای ٪۵ هستند. مقاومتهای دقیق و خیلی دقیق بیشتر در دستگاههای اندازه گیری با حساسیت بالا استفاده می شوند.

مطلب دیگری که باید در حل مسایل فیزیکی و در ازمایشگاه فیزیک بخاطر سپرد استفاده از سیستم های متختلف اندازه گیری می باشد .

سیستم هایی که در آزمایشگاه بیشتر مورد استفاده قرار می گیرد سیستم SI یا M.K.Sیا C.G.S می باشد که اولی سیستم اندازه گیری بین المللی است ، در این سیستم کمیاتی از قبیل طول ، جرم و زمان و کمیات اصلی و بقیه کمیتهای فرعی هستند .

کمیات اصلی کمیاتی هستند که برای تعیین مقدار آنها واحد مستقلی تعریف می کنیم مثل طول که در سیستم M.K.S با متر m و در سیستم C.G.S با سانتیمتر cm سنجیده می شود .

کمیات فرعی کمیاتی هستند که به وسیله فرمولهایی با کمیت های اصلی ارتباط پیدا می کنند . واحد این کمیات اصلی بوسیله این فرمولها مشخص می گردد . مثل سرعت که در سیستم M.K.S با متر برثانیهm/s و درسیستم C.G.S با سانتی متر بر ثانیه cm/s سنجیده می شود .

دستگاههایی که در این واحد آزمایشگاهی با آنها بیشتر سر وکار داریم به قرار زیرند:

مولتیمتر آنالوگ: جهت اندازه گیری ولتاژ، جریان و مقاومت

مولتیمتر دیجیتال: جهت اندازه گیری ولتاژ، جریان، مقاومت

منبع ولتاژ: جهت تامین ولتاژ DC (مستقیم) و AC (متناوب)

فانکشن ژنراتور(نوسان ساز): جهت تولید امواج متناوب با دامنه و فرکانسهای متغیر

اسیلوسکوپ: جهت نمایش انواع مختلف شکل موج ها

تسلامتر: جهت اندازه گیری میدان مغناطیسی

در آزمایشگاه فیزیک ۲ به نکات زیر دقت داشته باشید:

۱- هنگام استفاده از اسیلوسکوپ به نکاتی که کارشناس آزمایشگاه برای تنظیمات آن اشاره می کند دقت کنید.
۲- هنگام استفاده از مولتی متر رنج مناسب را انتخاب نمایید و اتصالات را صحیح ببندید.
۳- در آزمایشگاه هم منبع تغذیه DC و هم منبع تغذیه AC وجود دارد که به تناسب آزمایش مورد نظر از یکی از آنها باید استفاده شود.
۴- برای اندازه گیری جریان، مدار بصورت سری و برای اندازه گیری ولتاژ، مدار بصورت موازی بسته می شود.
۵- در هنگام شارژ و دشارژ خازن از درست بستن سرهای مثبت و منفی خازن به منبع تغذیه اطمینان حاصل نمایید.
۶- -جهت اندازه گیری هر کمیتی با مولتیمتر آنالوگ یا دیجیتال کلید انتخابگر رادر ناحیه مربوطه روی بیشترین رنج گذاشته و تنها در صورتی که دستگاه حساسیت زیادی نشان ندهد (مثلا عقربه مولتیمتر آنالوگ حرکت نکرد) کلید را به ترتیب روی رنجهای کمتر می گذاریم.
۷- جهت اندازه گیری مقاومت آن را ازمدار جدا کرده (لا اقل یک طرف آن) و سپس اقدام به اندازه گیری نمایید.

۸- -تمام دستگاهها را از محل مربوطه (کلید POWER) روشن و خاموش نمایید.

۹- در صورت مشاهده تغییرات زیاد در صفحه نمایش جریان منبع یا نشان دادن مقدار جریان بیش از حد مجاز توسط صفحه نمایش فورا منبع را خاموش نموده مدار خود را چک نمایید، احتمالا در مدار شما اتصال کوتاه رخ داده باشد.

توجه: در صورت آسیب دیدن وسایل هر یک از میزهای آزمایشگاهی مسئولیت جبران خسارت به عهده دانشجویان همان میز خواهد بود.

آزمایش ۱ :

- **آشنایی و طرز کار با اسیلوسکوپ**
- **مشاهده شکل موج ها**
- **اندازه گیری ولتاژ قله به قله یک موج**
- **اندازه گیری ولتاژ یک نقطه از موج**
- **اندازه گیری فرکانس**

مقدمه :

اسیلوسکوپ وسیله ای اساسی در آزمایشگاههای الکترونیک است . به کمک آن می توان کمیتهای مختلفی مانند شکل موج ، ولتاژ ،فرکانس ،اختلاف فاز و علائم الکترونیکی را مشاهده و اندازه گیری نمود. به طور کلی ساختمان اسیلوسکوپ شامل لامپ اشعه کاتدی (شکل شماره ۱) و همچنین تقویت کننده محور افقی ،تقویت کننده محور قائم ، مدار جاروب کننده ، مدار همزمانی و تغذیه و مدار تغذیه (ولتاژ زیاد و ولتاژ کم) می باشد .

تقویت کننده محور افقی و قائم برای تقویت علائم الکترونیکی ضعیف منظور شده است . لامپ اشعه کاتدی دارای خلا نسبی است که فشار آن در مدار 10^{-6} میلیمتر جیوه است و صفحه جلوی آن از لایه نازکی از یک ماده فلورسان پوشیده شده است . الکترونها بر اثر گرمای رشته از کاتد جدا شده و پس از شتاب گرفتن به وسیله کاتد که پتانسیل آن مثبت است از الکترود کانونی کننده عبور می کند و پرتو باریکی را تشکیل می دهد . این پرتو الکترونی از بین صفحات منحرف کننده افقی و قائم می گذرد و به صفحه فلوئور سان برخورد می کند و اثر آن روی صفحه به صورت نقطه روشن سبز رنگی دیده می شود .

چون انحراف پرتو الکترونی با ولتاژ صفحات منحرف کننده متناسب است پس با اعمال یک ولتاژ بین صفحات منحرف کننده افقی یا قائم، پرتو الکترونی متناسب با آن ولتاژ به طرف راست ،چپ ، بالا و یا پایین منحرف می شود .

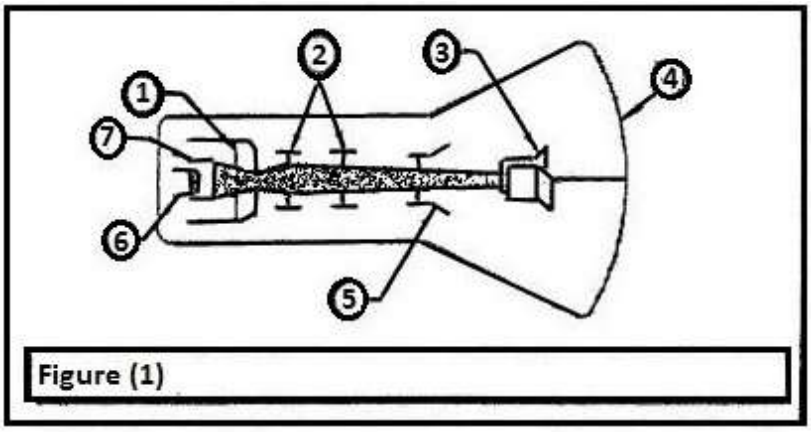


Figure (1)

۱) الکترود کانونی کننده

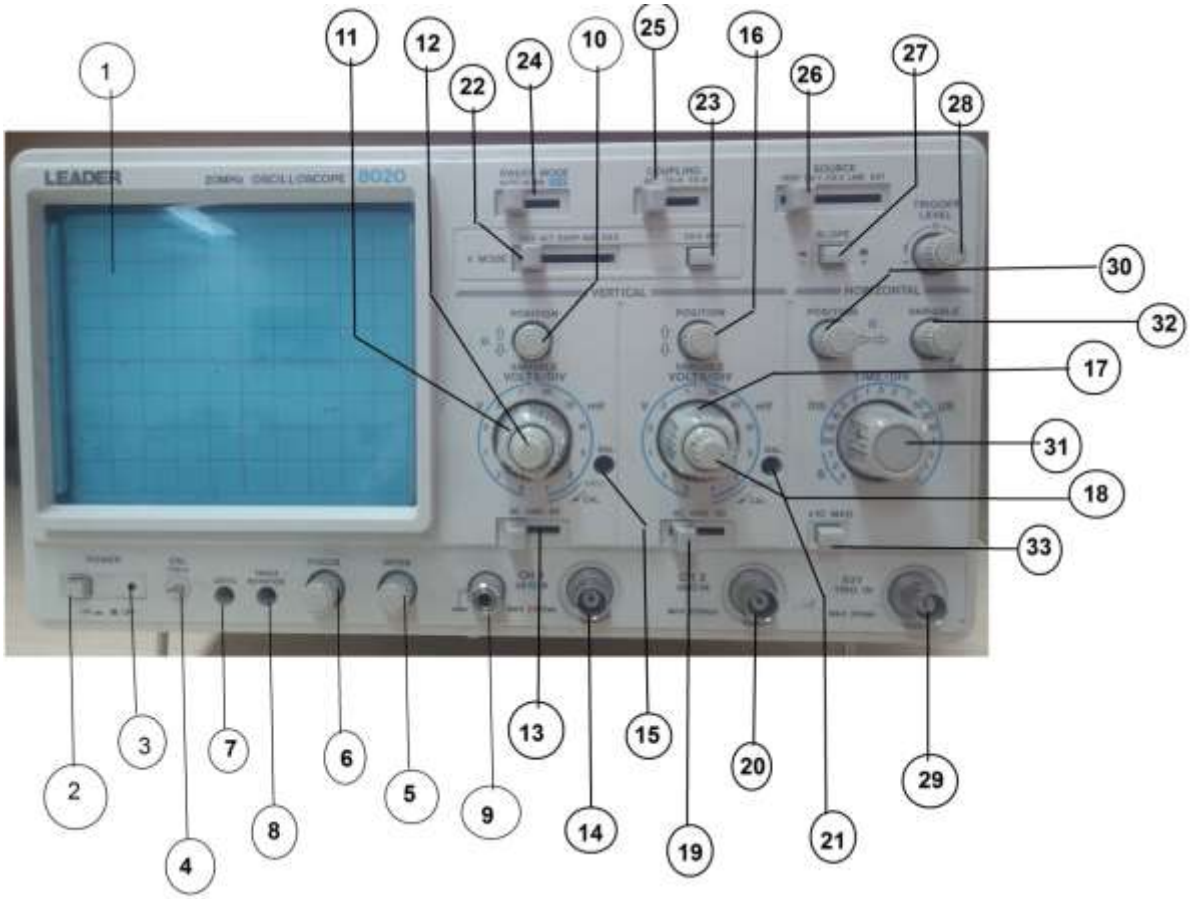
۲) آندهای شتاب دهنده

۳) صفخات منحرف کننده افقی

۴) لایه ی فلورسان

۵) صفخات منحرف کننده قائم

۶) فیلمان



قبل از کار کردن با اسیلوسکوپ مطالب زیر را با دقت بخوانید :

کنترل ها و نشانگرها و روابط :

۱) لامپ اشعه کاتدی : crt cathode ray tube صفحه داخل این لامپ شطرنجی مدرج گردیده و دارای هشت خانه عمودی و ده خانه افقی یک سانتیمتری است که در مجموع ۸۰ خانه مربعی به ابعاد یک سانتیمتر را شامل می شود .

۲) دکمه قطع و وصل منبع تغذیه : power switch on/off با فشار دادن این دکمه دستگاه روشن و با فشار دادن مجدد آن خاموش می گردد .

۳) لامپ تغذیه : Pilot Lamp این لامپ وقتی روشن می شود که دکمه قطع و وصل منبع تغذیه در حالت روشن (داخل) باشد .

۴) تنظیم پروب به وسیله ترمینال کالیبره : calibrminal سیگنال خروجی از این ترمینال یک موج مربعی با دامنه ای برابر یک ولت اوج به اوج و قطبیت مثبت سیگنال با فرکانس دو برابر فرکانس منبع تغذیه می سازد که جهت تنظیم پروب نوسان به کار می رود .

۵) تنظیم شدت نور : Intensity control جهت دستیابی به میزان روشنایی از این پیچ کنترل استفاده می گردد که اگر در جهت عقربه های ساعت چرخانده شود روشنایی تصویر بیشتر خواهد شد .

۶) تنظیم کانونی : focus control جهت دستیابی به واضح ترین تصویر نسبت به روشنایی از این پیچ کنترل استفاده می گردد .

۷) آستیکمات : astig control به همراه تنظیم کانون (focus -6) و تنظیم شدت نور (Intensity-5) جهت دستیابی به واضح ترین نقطه استفاده می گردد . پس از تنظیم اولیه به ندرت نیاز به تنظیم مجدد این پتانسیومتر می باشد .

۸) چرخش محور افقی : Trace Rotation توسط این پیچ کجی محور افقی کاملا در وضعیت افقی (خط مبنا) تصحیح می گردد . کجی محور افقی ممکن است مربوط به میدان مغناطیسی کره زمین باشد .

۹) اتصال زمین دستگاه : Gnd terminal اتصال زمین نوسان نما یا سایر دستگاه ها، هنگام استفاده ضروری است .

۱۰) پیچ کنترل تغییر مکان : Position control با چرخاندن این پیچ موج کانال ۱ (CH1) را می توان در جهت عمودی (بالا و پایین) تنظیم نمود و در حالت نمایش X-Y جهت تنظیم و تغییر مکان عمودی نمایشگر از این پیچ می توان استفاده نمود .

۱۱)کلید ولت بر قسمت : VOLT/DIV CONTROL تضعیف کننده عمودی مربوط به کانال ۱ (CH1) تنظیم مرحله به مرحله حساسیت عمودی را هنگامی که پیچ کنترل متغیر (VARIABLE) در وضعیت CAL (کالیبره) قرار گیرد عملی می سازد . در حالت نمایش X-Y از این کلید جهت تضعیف محور Y استفاده می گردد .

۱۲)پیچ کنترل متغیر : VARIABLE CONTROL با چرخاندن پیچ مربوط خاصیت عمودی کانال ۱ (CH1) را میتوان به طور دقیق تنظیم و کنترل نمود . هنگامی که در جهت حرکت عقربه های ساعت کاملا چرخانده شود تضعیف کننده عمودی کالیبره می گردد و در حالت نمایش X-Y تنظیم دقیق برای محور به کار می رود .

۱۳)اهرم سه وضعیتی (متناوب ، مستقیم ، زمین) : AC-GND –DC SWTCH

برای انتخاب سیگنال محور عمودی کانال ۱ (CH1) در حالت COUPLING است .

این اهرم در سه وضعیت مشروحه زیر به کار می رود

AC (متناوب) : راه را برمولفه DC سیگنال ورودی کانال می بندد .

GND (اتصال به زمین) : مسیر سیگنال را باز و ورودی تقویت کننده عمودی را به زمین وصل می کند. بدین ترتیب خط صفری به دست می آید که از آن می توان به منزله مبنا در اندازه گیری DC استفاده نمود .

DC (مستقیم) : هر دو مولفه DC و AC سیگنال ورودی را عبور می دهد .

حین عملکرد X-Y از این اهرم برای ورودی محور Y استفاده می شود .

۱۴)ترمینال ورودی : INPUT JACK محل اتصال سیگنال ورودی کانال (CH) و ورودی عمودی در حالت عملکرد X-Y می باشد .

۱۵) پیچ کنترل بالانس : به دلیل استفاده در مناطق و حرارتهای متفاوت می بایست (CH1 DC BALANCE) را تنظیم و با چرخاندن این پیچ و تنظیم آن می توان کلید انتخاب کننده VOLT/DIV را بدون اینکه خط (TRACE) به طرف بالا و پایین تغییر مکان نماید چرخاند . (این پنانسیومتر قبلا تنظیم شده است)

۱۶) پیچ کنترل تغییر مکان : Position control با چرخاندن پیچ مربوط موج کانال را می توان در جهت عمودی (بالا و پایین) تنظیم نمود .

۱۷)کلید ولت بر قسمت : VOLT/DIV CONTROL تضعیف کننده عمودی مربوط به کانال ۲ (CH2) را تنظیم می نماید . عملکرد این کلید شبیه کلید ولت بر قسمت کانال ۱ می باشد.در حالت عملکرد X-Y جهت تنظیم مرحله به مرحله حساسیت افقی از این کلید استفاده می شود .

۱۸)پیچ کنترل متغیر : VARIABLE CONTROL از این پیچ جهت تنظیم دقیق حساسیت عمودی کانال ۲ (CH2) استفاده می شود . عملکرد این پیچ دقیقا مانند پیچ کنترل (CH1) می باشد. در حالت عملکرد X-Y جهت تضعیف محورافقی به کار می رود .

۱۹)اهرم سه وضعیتی (متناوب ، مستقیم ، زمین) : AC-GND –DC SWTCH : عملکرد این اهرم مانند قسمت ۱۳ است و برای کانال ۲ (CH2) استفاده می شود . در وضعیت X-Y به عنوان کلید محورافقی به کار می رود .

۲۰) ترمینال ورودی : INPUT JACK محل اتصال سیگنال ورودی محور عمودی کانال ۲ در وضعیت عادی و ورودی محور افقی در وضعیت X-Y می باشد .

۲۱) پیچ کنترل بالانس : BALANCE CONTROL این پیچ مربوط به کانال ۲ می باشد و مانند قسمت ۱۵ عمل می نماید و برای تنظیم جریان مستقیم DC کانال ۲ می باشد .

۲۲) اهرم نمایش محور عمودی : Vertical Mode Selector Switch اهرم پنج حالتی: انواع مختلف نمایش محور عمودی روی صفحه نوسان نما را به ترتیب زیر تنظیم می کند .

CH1 (کانال۱) : فقط سیگنال ورودی به کانال ۱ (CH1) را نشان می دهد .

AC (متناوب) : سیگنالهای دو کانال بدون توجه به پایه زمانی (Sweep Time) متناوبا نمایش داده می شود .

CHOP : نمایش سیگنالهای دو کانال به صورت مقطع با فرکانس در حدود 250KHz بدون توجه به پایه زمانی (Sweep Time)

ADD : (مجموع) با قرار دادن در وضعیت (ADD) مجموع امواج کانالها ۱ و ۲ (CH1+CH2) روی صفحه نوسان نما نمایش داده می شود . هنگامی که پیچ کانال ۲ وارونه (CH2INV) فشار داده می شود . موج کانال ۲ (CH2) از امواج کانال ۱ (CH1) کم شده و تفاضل دو موج روی صفحه نمایشگر ظاهر می گردد .

CH2 : (کانال ۲) فقط سیگنال ورودی به کانال ۲(CH2) را نشان می دهد .

۲۳) دکمه وضعیت وارونه : INV –Switch در وضعیت عادی (دکمه بیرون) سیگنال ۲(CH2) عادی است . ولی اگر دکمه را فشار دهیم (داخل) سیگنال کانال ۲ وارونه خواهد شد .

۲۴) اهرم راه اندازی : Mode selector switch اهرم سه وضعیتی انتخاب نوع راه اندازی را به ترتیب زیر مشخص می کند :

خودکار (AUTO)

عادی (Norm) : راه اندازی پایه زمانی به طور عادی صورت می گیرد و بدون اعمال سیگنال راه انداز مناسب هیچگونه تصویری مشاهده نخواهد شد .

(X-Y) : سیگنال ورودی کانال ۱ (CH1) انحراف عمودی (محور Y) و سیگنال وردی کانال ۲ انحراف ۲ افقی (محورX) را موجب می شوند . در این حالت وضعیت نمایش Mode هیچ گونه اثری در نحوه عملکرد دستگاه ندارند .

۲۵) اهرم زمانی : coupling selector switch اهرم سه وضعیتی نوع همزمانی را جهت سیگنال راه انداز همزمان کننده به ترتیب زیر مشخص می کند .

حالت متناوب (AC) : سیگنال راه انداز از طریق شارژ و دشارژ خازنی به مدار راه انداز وصل می شود که این حالت برای اندازه گیری سیگنالهای معمولی به کار می رود .

TV-F : انتخاب پالس های همزمان کننده افقی از میان سیگنال مرکب ویدئویی و ارسال آنها به مدار راه انداز

TV-L : انتخاب پالس های همزمان کننده عمودی از میان سیگنال مرکب ویدئویی و ارسال آنها به مدار راه نداز

۲۶) اهرم منبع : Source selector switch اهرم پنج وضعیتی منبع (Source) راه اندازی پایه زمانی را به ترتیب زیر انتخاب می کنند :

VERT : منبع سیگنال راه اندازی به وسیله vert -mode در یکی از حالات CH1، ALT، CHOP، ADD قرار گیرد . سیگنال ورودی کانال ۱ منبع سیگنال ورودی خواهد بود .

CH1 (کانال ۱) : سیگنال کانال ۱ به عنوان منبع راه اندازی به کار می رود .

CH2 (کانال ۲) : سیگنال کانال ۲ به عنوان منبع راه اندازی به کار می رود .

LINE (تغذیه) : راه اندازی پایه زمانی توسط منبع تغذیه صورت می گیرد .

EXT (خارجی) : سیگنالی که به محل اتصال راه اندازی خارجی قسمت ۲۹ وصل می شود . سیستم جاروب پایه زمانی را کنترل می کند .

۲۷) دکمه شیب : Slope switch برای انتخاب قطبیت شیب (منفی – مثبت) سیگنال راه اندازی پایه زمانی هنگامی که دکمه خارج باشد . راه اندازی به وسیله سیگنال راه اندازی منبع ۱ هنگامی که شیب شکل موج به طرف بالا باشد صورت میگیرد و زمانی که دکمه داخل باشد راه اندازی به وسیله سیگنال راه انداز منبع (هنگامی که شیب شکل موج به طرف پایین باشد) صورت خواهد گرفت .

۲۸) پیچ کنترل راه انداز سطح : Trig Level Control جهت تنظیم ولتاژ راه انداز آستانه (Three Shold Level) یک نقطه روی شیب شکل موج آغازگر زمان جاروب خواهد بود .

۲۹) ترمینال ورودی جهت راه انداز خارجی : EXT Trig Input jack این ترمینال ورودی جهت اتصال سیگنال راه انداز خارجی هنگامی که اهرم (source) در وضعیت EXT باشد مورد استفاده قرار میگیرد سیگنال ورودی که به محل اتصال راه انداز خارجی وصل شده راه اندازی پایه زمانی را انجام می دهد . برای اندازه گیری سیگنالها معمولی به کار می رود .

۳۰) پیچ کنترل تغییر مکان : position control جهت حرکت دادن تصویر به سمت راست و چپ صفحه به طور افقی از این پیچ استفاده می شود .

۳۱) کلید کنترل زمان بر قسمت : sweep time /DIV control کلید انتخاب کننده پایه زمانی هنگامی که پیچ کنترل متغیر (variable) قسمت ۳۲ در وضعیت کالیبره (CAL) قرار گرفته باشد . (کاملا در جهت موافق حرکت عقربه های ساعت) می توان هر یک از پایه های زمانی کالیبره را انتخاب نمود .

۳۲) پیچ کنترل متغیر : variable control جهت تنظیم دقیق پایه زمانی از این پیچ استفاده می گردد . چنانچه پیچ مربوط در جهت حرکت عقربه های ساعت کاملا چرخانده شود پایه زمانی سیستم جاروب کالیبره (CAL) می شود .

۳۳) دکمه بزرگنمایی ده برابر : x 10 MAG Button با فشار دادن این دکمه تصویر ده برابر از سمت راست و چپ وسط صفحه CRT بزرگتر می شود .

سیگنال ژنراتور : دستگاهی است که می توان شکل موج های مختلف (مربعی ، سیسنوسی ، دندانه اره ای و غیره) را با فرکانس ها و دامنه ها متفاوت تولید کند .

اجرای آزمایش :

۱- مشاهده بعضی شکل موج ها :

با استفاده از مولد سیگنالی که در اختیار دارید سیگنال مختلفی از لحاظ شکل فرکانس دامنه به یکی از ورودی های اسیلوسکوپ بدهید و نمودار آنها را روی صفحه مشاهده کنید و این نمودار را روی کاغذ میلیمتری رسم نموده و در گزارشکار خود وارد نمائید .

۲- اندازه گیری ولتاژ :

الف) اندازه گیری ولتاژ قله به قله یک موج :

یک موج سیستمی را به یکی از ورودی های اسیلوسکوپ بدهید و کلید Volt/DIV را در حالت مناسب قرار دهید . حال یکی از نقاط مینیمم موج را بر یکی از خطوط افقی صفحه مماس کنید . فاصله قائم این نقطه تا نقطه ماکزیمم موج را برحسب تعداد درجات تعیین کنید . تعداد درجات را در ضریبی که کلید Volt/DIV نشان می دهد ضرب کنید تا ولتاژ قله به قله موج به دست آید . شکل موج و محاسبه را در گزارشکار خود قید کنید .

این عمل را برای شکل موج دیگر (مربعی ، دندان اره ای) تکرار کنید و در گزارشکار وارد کنید .

تعداد درجات x ضریب مربوط به کلید Volt/DIV = v_{pp}

ب) اندازه گیری ولتاژ یک نقطه از موج :

شکل موج دلخواهی را به یکی از ورودی ها بدهید . ورودی اسیلوسکوپ را در حالت GND قرار دهید تا سطح مبنای ولتاژ (خط افقی نورانی) تعیین شود . خط افقی نورانی را در خط افقی وسط صفحه منطبق کنید . حال ورودی اسیلوسکوپ را در حالت DC قرار دهید فاصله قائم نقطه مورد نظر تا خط افقی وسط را بر حسب تعداد درجات تعیین کنید . ولتاژ نقطه مورد نظر را از رابطه زیر به دیت آورید .

تعداد درجات x ضریب مربوط به کلید Volt/DIV = v

این عمل را برای نقطه دیگری از موج تکرار کنید .

نتایج به دست آمده را ضمن ترسیم نحوه کار در گزارشکار ذکر نمائید .

۳- اندازه گیری فرکانس :

یک موج سینوسی را به یکی از ورودی های اسیلوسکوپ بدهید . برای تعیین فرکانس این موج کلید Time/DIV را در حالتی قرار دهید که در ورودی صفحه بیش از دو سیکل از موج ظاهر نشود .

حال یکی از نقاط مینیمم موج را روی یکی از خطوط قائم صفحه قرار دهید . فاصله افقی این نقطه تا نقطه مینیمم بعدی برحسب تعداد درجات را در ضریبی که کلید Time/DIV نشان می دهد ضرب کنید تا زمان تناوب موج به دست آید . $F = \frac{1}{T}$ خواهد بود این عمل را برای یک موج دیگر (مربعی ، دندان اره ای) تکرار کنید . نتایج را در گزارشکار خود وارد کنید .

تعداد درجات x ضریب مربوط به کلید Time/DIV = T

(باید حداکثر دوشکل از موج در صفحه قرار داشته باشد)

پرسش :

۱) چگونه می توان با روش فوق ، فاصله زمانی بین هر دو نقطه از موج را اندازه گیری نمائید نتایج به دست آمده را ضمن ترسیم نحوه کار یادداشت نمائید .

۲) معادله موج ورودی $V = V_p \sin 2\pi f \tau$ را باتوجه به مقادیر به دست آمده کامل کنید .

۳) با توجه به رابطه $V_p = \frac{1}{2} V_{pp}$ و $V_{rms} = \frac{V_p}{\sqrt{2}}$ مقدار ولتاژ موثر را به دست آورید

ولتاژ موثر $V_{rms} = \frac{V_p}{\sqrt{2}} = \frac{V_{pp}}{2\sqrt{2}}$ ولتاژ دامنه $V_p = \frac{V_{pp}}{2}$

آزمایش ۲ :

- **آشنایی با دستگاههای اندازه گیری**
- **آشنایی با ساختمان و طرز کار گالوانومتر**
- **بستن مدار**
- **قرار دادن ولتمتر و آمپرمتر به مدار**

مقدمه :

دستگاههای اندازه گیری الکتریکی مترها، برای اندازه گیری کمیتهای مانند شدت جریان جریان ، اختلاف پتانسیل (ولتاژ) مقاومت انرژی و توان به کار می رود .

دستگاه ممکن است یک منظوره باشد مثل ولتمتر که برای اندازه گیری ولتاژ به کار می رود یا ممکن است برای چند منظور به کار رود . مثل مولتی مترها یا اوومترها که برای اندازه گیری کمیتهای مختلف الکتریکی مثل ولتاژ ، جریان و مقاومت مورد استفاده قرار می گیرد .

دستگاهها معمولا به دو صورت مورد استفاده قرار می گیرند :

۱) آنالوگ
۲) رقمی یا دیجیتال

درنوع آنالوگ یک عقربه روی صفحه ای که از قبل مدرج شده کمیت اندازه گیری را نشان می دهد و در نوع دیجیتال کمیت اندازه گیری شده به صورت عدد روی صفحه ظاهر می شود . معمولا وسایل اندازه گیری دیجیتال دارای دقت بیشتری هستند .

آوومتر آنالوگ :

آوومتر دستگاهی است که با تغییر یک کلید که روی آن نصب شده می توان آن را به سه دستگاه آوومتر ، ولتمتر ، اهم متر تبدیل نمود . حروف A و V و O به ترتیب اول کلمات ampere و volt و ohm می باشند . یک آوومتر معمولا از یک صفحه مدرج با یک عقربه و یک کلید دورانی S و یک پیچ تنظیم و دو جای پیچ تشکیل شده است که اندازه گیری با استفاده از آن انجام می شود . با تغییر دادن کلید به چند حالت می توان اندازه گیری های مختلف انجام داد .

اندازه گیری ولتاژ مستقیم DC.V

اندازه گیری ولتاژ متناوب AC.V

اندازه گیری جریان مستقیم DC.A

اندازه گیری جریان متناوب AC.A

اندازه گیری مقاومت Ω

کلید S در هر حالت چند پله برای تعیین رنج دارد .

رنج حداکثر محدوده اندازه گیری دستگاه درهر حالت انتخابی است .

آوومتر شکل ۱ دارای یک صفحه مدرج و یک کلید دورانی می باشد که با استفاده از آن می توان دستگاه را آماده اندازه گیری مقادیر ولتاژ و جریان متناوب یا مستقیم کرد و رنج مناسب را برای آن انتخاب نمود.

شکل (۱)

در آوومتر شکل ۲ نیز همانطور که در قبل گفته شد با تغییر صفحه مدرج رنج مناسب انتخاب می شود .

شکل (۲)

در شکل ۴ آوومتری که در آزمایشگاه مورد استفاده قرار می گیرد را مشاهده می کنید . این آوومتر قادر است اندازه گیری های ولتاژ و جریان مستقیم و متناوب و مقاومت را انجام دهد .

به طور مثال حالت DC.V دارای پنج رنج است که با تغییر کلید می توان رنجهای ۱۰۰۰ و ۲۰۰ و ۲۰ و ۲ و ۰.۲ را انتخاب کرد .

بدین معنی که در حالتی که کلید روی عدد ۲۰۰ ولت قرار گرفته باشد دستگاه قادر است تا ولتاژ ۲۰۰ ولت را اندازه گیری کند .

در این نوع آوومتر مانند آوومتر آنالوگ می توان مقدار ولتاژ و مقاومت و جریان را اندازه گیری نمود . یک دستگاه آوومتر دیجیتال از یک صفحه مونیتور یک کلید دورانی S یک دکمه روشن و خاموش و چند جای فیش برای اتصال سیم های رابط تشکیل شده است که اندازه گیری با استفاده از آنها انجام می شود . با تغییر دادن کلید به چند حالت می توان اندازه گیری های مختلف انجام داد .

این آوومتر قادر است اندازه گیری های ولتاژ و جریان مستقیم و متناوب و مقاومت را انجام دهد . به طور مثال حالت AC.V دارای پیچ رنج است که با تغییر کلید S می توان رنجهای مختلف را پیدا نمود . در حالتی که بخواهیم جریانها بیش از 200 ma را اندازه بگیریم از جا فیش های 10A و com استفاده می کنیم و همواره یکی از فیش ها در جا فیش com قرار می گیرد .

شکل (۴)

آشنایی با ساختمان و طرز کار گالوانومتر :

با توجه به اینکه ساختمان اصلی یک آوومتر اساس مکانیزم عمل و طرز کار گالوانومتر است . ابتدا ساختمان گالوانومتر را مورد بررسی قرار می دهیم .

ساختمان گالوانومتر شامل یک قاب با سیم پیچ است که روی یک هسته آهنی نرم قرار گرفته است و در یک میدان مغناطیسی دائم به طور مطلق متصل است . وقتی که یک جریان معین از سیم پیچ قاب عبور می کند قاب میچرخد و درنتیجه عقربه ای که به قاب متصل است منحرف شده و در زاویه معین می ایستد و عقربه روی صفحه مطرح عددی را نشان می دهد .

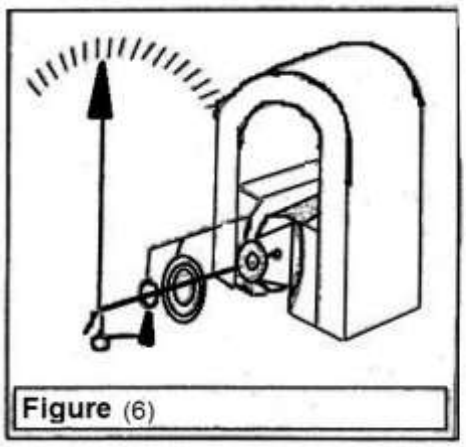


Figure (6)

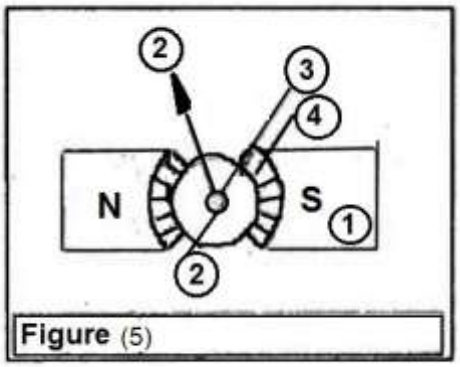
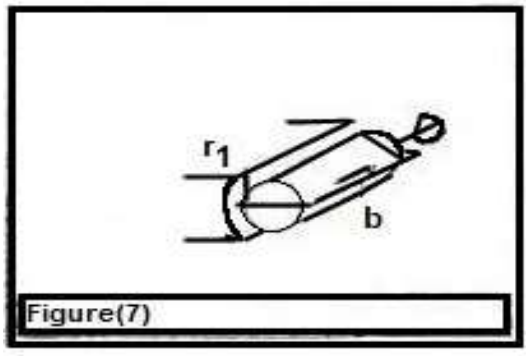


Figure (5)

می دانیم که اگر جریان از یک سیم که در یک میدان مغناطیسی قرار گرفته عبور کند به آن سیم نیرویی وارد می شود که مقدار آن از رابطه $F = IBL$ به دست می آید . I شدت جریان B شدت میدان L طول سیم و اگر تعداد سیم ها را N می گیریم . دراین صورت نیرو برابر است با $F = NIBL$ جهت این نیرو بستگی به جهت جریان دارد و چون در دو طرف سیم پیچ قاب جریانها در خلاف جهت یکدیگرند . بنابراین نیروهای وارد بر دو طرف قاب نیز در دو جهت خلاف هستند و تشکیل یک زوج نیرو می دهند و در نتیجه یک گشتاور به قاب سیم وارد می کنند که مقدار آن برابر است با:

$$\tau_e = d \times F = d \times NIBL = (dNBl) \times l = K_e - l$$

D قطر استوانه آهنی است که سیم پیچ بر روی آن بسته شده است .



Figure(7)

در اثر این گشتاور قاب حول محور خود شروع به چرخش می کند و این حرکت تا زمانی ادامه دارد که گشتاور مقاوم فنر با گشتاور الکتریکی برابر باشد . (از سایر گشتاور های الکتریکی هم صرف نظر می کنیم) از طرفی گشتاور مقاوم فنر نیز متناسب با زاویه چرخش قاب است یعنی : $\tau_m = K_f .\alpha$

$\tau_e = \tau_m$

درنتیجه در حالتی که قاب از چرخش می ایستد خواهیم داشت :

$K_e .\mathrm{I} = K_f .\alpha$

$I = \frac{K_f}{K_e}.\alpha = \mathrm{K}.\alpha$

بنابراین می بینیم که زاویه چرخش متناسب با مقدار جریان است و در نتیجه با تغییرات جریان زاویه و در نتیجه عقربه به طور یکنواخت نیز تغییر می کند . درجات صفحه اندازه گیری نیز یکنواخت می باشد .

حساسیت دستگاه :

نسبت زاویه چرخش به عامل چرخش را حساسیت یک دستگاه می نامند . حساسیت دستگاه گالوانومتر به ابعاد سیم پیچ ها و تعداد آنها و مقدار اندوکسیون مغناطیسی و ثابت فنر بستگی دارد . هرچه که میزان انحراف عقربه بر اثر عبور مقدار معینی جریان بیشتر باشد حساسیت دستگاه بیشتر است . به طور مثال اگر انحراف عقربه به یک آمپر یک میلی متر باشد حساسیت دستگاه برابر 1mm/A است .

نحوه ی عمل عقربه گالوانومتر هنگام عبور جریان :

زمانی که جریان از سیم پیچ گالوانومتر عبور می کند حرکت سیم پیچ و در نتیجه عقربه متصل به آن ممکن است یکی از سه حالت زیر را نمود بگیرد :

۱) حرکت نوسانی عقربه :

ابتدا بیشتر از حالت نهایی چرخیده و بعد در ضمن اینکه دامنه آن کم می شود (حول مقدار نهایی نوسان کرده) و سرانجام در مقدار نهایی می ایستد .

۲) حالت میرایی بحرانی :

در این حال عقربه به طور سریع به مقدار نهایی می رسد .

۳) حالت خزندگی :

در این حالت عقربه به آهستگی و کندی به مقدار نهایی می رسد .

کاربرد ولتمتر :

ولتمتر همیشه به طور موازی به دو سر کمیت مورد اندازه گیری وصل می شود و مقدار اختلاف سطح یا ولتاژ را به دست می دهد . انتخاب رنج بستگی به مقدار ولتاژ مورد اندازه گیری دارد .

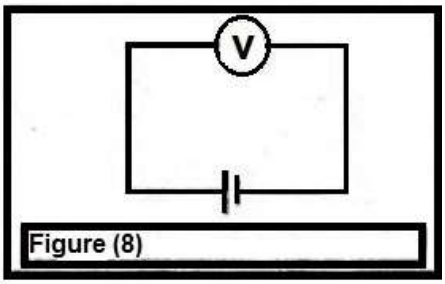


Figure (8)

مثال :

در شکل زیر کلید روی ۳ ولت DC قرار دارد و عقربه روی عدد ۲۰ از کمان منحرف شده و در نتیجه ولتمتر مقدار ۲ ولت را نشان می دهد .

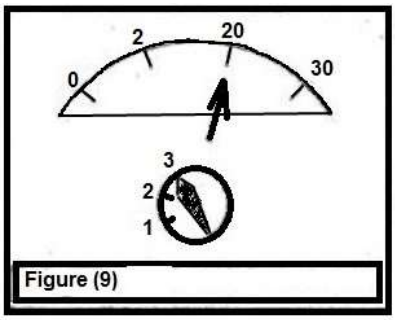


Figure (9)

کاربرد آمپر متر :

آمپر متر همیشه به طور سری در مدار قرار می گیرد زیرا شدت جریان مورد اندازه گیری باید از داخل آن عبور کند یعنی سیم از یک طرف مدار وارد یکی از جای فیشهای آمپرمتر شده و سیم دیگر از جای فیش دیگر خارج می شود در ابتدا کلید انتخاب رنج را در بیشترین مقدار انتخاب می کنیم . در مورد آمپرمتر آنالوگ اگر پس از عبور جریان انحراف عقربه ناچیز بود کلید را به رنج بیشتر می بریم تا آنجا که عقربه به طور محسوس منحرف شود .

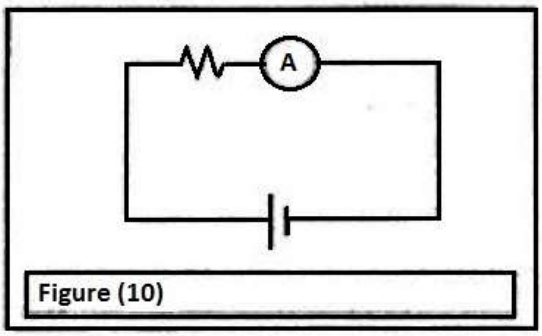
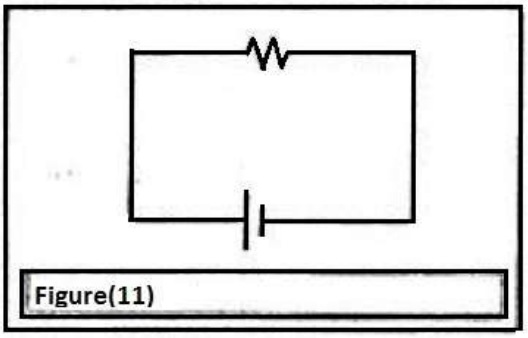


Figure (10)


Figure(11)

تشکیل یک مدار :

ساده ترین مدار ممکن است از یک منبع تغذیه و یک مقاومت تشکیل شده باشد .

منبع تغذیه :

ساده ترین منبع تغذیه یک باتری است . منبع تغذیه مورد استفاده در یک آزمایشگاه متشکل از یک سیم پیچ متغیر است که قادر است ولتاژ ۲۲۰ ولت برق شهر را به چندین ولتاژ از نوع متناوب و مستقیم تبدیل کند . با استفاده از جا فیش های مناسب می توان ولتاژ مستقیم یا متناوب را دریافت نمود و به کمک پیچ روی منبع تغذیه ولتاژ مناسب را می توان تنظیم کرد .

اجرای آزمایش :

مدار را مطابق شکل زیر ببندید .

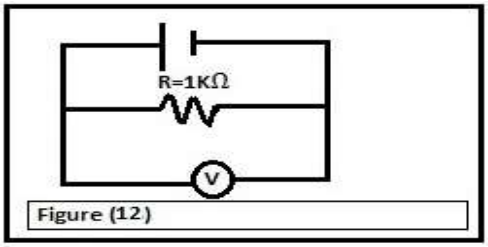


Figure (12)

پیچ تنظیم ولتاژ را در سه محل داده شده در جدول قرار داده و برای هر حالت ولتاژ دو سر مقاومت را توسط ولتمتر با انتخاب رنج مناسب بخوانید و وارد جدول زیر کنید .

تذکر : در موقع شروع کار دقت کنید که پیچ منبع در کمترین مقدار خود باشد و منبع را خاموش کنید .

محل پیچ تنظیم ولتاژ	2(VOLT)	8(VOLT)	11(VOLT)
رنج ولتمتر (آنالوگ)			
ولتاژ دوسر مقاومت(آنالوگ)			
رنج ولتمتر(دیجیتال)			
ولتاژ دوسر مقاومت(دیجیتال)			

مدار را مطابق شکل زیر ببندید .

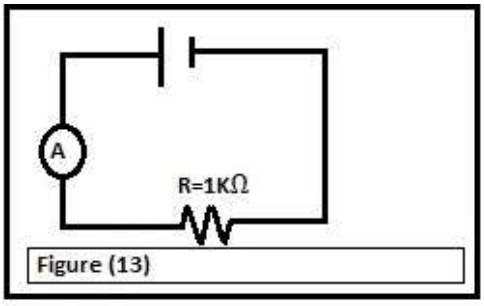


Figure (13)

پیچ تنظیم ولتاژ را در سه حالت داده شده تنظیم کنید و در هر حالت جریان را یادداشت کنید .

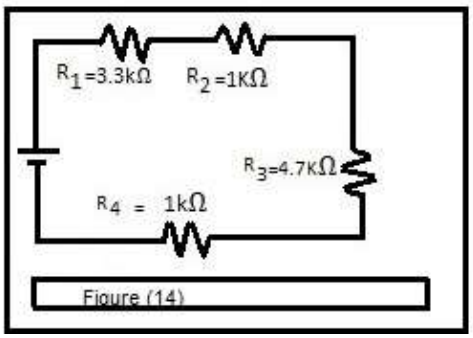
محل پیچ تنظیم ولتاژ	2(VOLT)	4(VOLT)	6(VOLT)
رنج آمپرمتر (آنالوگ)			
جریان مقاومت(آنالوگ)			
رنج آمپرمتر(دیجیتال)			
جریان مقاومت(دیجیتال)			

در اندازه گیری قسمت های فوق مقدار خطای آزمایش را نیز محاسبه کنید.

- **تعیین جریان عبوری از مقاومت**
- **تعیین ولتاژ دوسر مقاومت**

اجرای آزمایش :

مدار را مطابق شکل زیر ببندید .



$V_s = 10volt$	V_{R1}	V_{R2}	V_{R3}	V_{R4}	I_{R1}	I_{R2}	I_{R3}	I_{R4}	I
دیجیتال									
محاسبه									

حال ولتاژ را از ۱۰ ولت به ۳۰ ولت افزایش داده و مجددا افت ولتاژ و جریان مقاومتهای مدار را اندازه گیری نموده و در جدول مربوطه وارد نمایید .

$V_s = 30volt$	V_{R1}	V_{R2}	V_{R3}	V_{R4}	I_{R1}	I_{R2}	I_{R3}	I_{R4}	I
دیجیتال									
محاسبه									

پرسش ها :

۱) اگر جریان های وارد شونده و خارج شونده از یک مقاومت باهم برابرند. پس اختلاف پتانسیل یا افت ولتاژ مقاومت چگونه به وجود می آید ؟

۲) چرا باید ولتاژ منبع تغذیه را پس از وصل به مدار تنظیم نمود ؟

۳) چرا قرار دادن آمپرمتر به طور موازی یا دو نقطه از یک مدار ممکن است باعث صدمه دیدن مدار گردد ؟

۴) اختلاف پتانسیل یا ولتاژ بین دو نقطه از یک مدار را تعریف کرده و دلیل به وجود آمدن اختلاف پتانسیل الکتریکی را توضیح دهید .

۵) ماهیت جریان الکتریکی را توضیح داده شدت جریان را تعریف کنید .

۶) اگر بخواهیم توسط مولتی متر ولتاژ دوسر یک مقاومت را در یک مدار اندازه گیری کنیم چه نکاتی باید رعایت شوند؟

۷) در استفاده از یک آمپرمتر به منظور اندازه گیری شدت جریان یک مدار چه نکاتی را باید رعایت نمود ؟

مقاومت پوسته کربنی :

برای ساختن این نوع مقاومت بخار هیدروکربن خالص در دمایی حدود ۱۰۰۰ درجه از روی یک میله کوچک سرامیکی عبور داده می شود و در نتیجه این عمل بعضی از مولکولهای هیدروکربن شکسته می شوند و پوسته نازکی از کربن که هادی است روی سرامیک را می پوشانند . با تغییرات ضخامت این پوسته و نیز ایجاد شیارهای مارپیچی شکل بر روی سطح جانبی سرامیک می توان مقاومتهایی با مقادیر مختلف را به دست آورد .

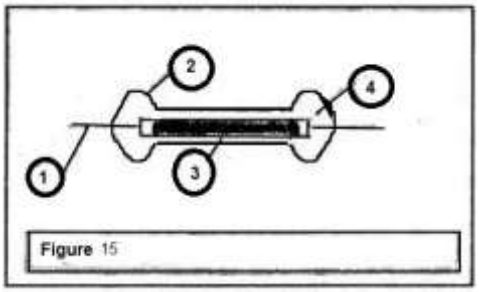


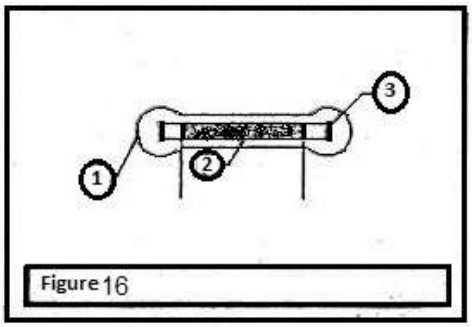
Figure 15

به دو سرمقاومت نیز کلاهکهایی کوچک از جنس مس نصب می کنند و سیمهای رابط را به این کلاهکها لحیم می کنند سپس پوسته مقاومت را با لاک و با رنگ عایق می پوشانند و چند نوار رنگی را برای نشان دادن مقادیر مقاومتها روی بدنه آن نقش می کنند . پوشش فوق به منظور حفاظت مقاومت در مقابل خراشیده شدن ونیز جلوگیری از اثر رطوبت در مقدار مقاومت است زیرا رطوبت در شرایطی که ولتاژ و جریان کم است موجب خوردگی الکترونیکی می شود . پایداری این مقاومت خوب و خطای آن از ۰.۱ کمتر است .

مقاومت سیمی :

این مقاومت از پیچیدن یک سیم مقاومت دار (معمولا نیکروم) به روی یک هسته سرامیکی درست می شود روی این سیم پیچ را یک رنگ نسوز و یا سیمان مخصوص می پوشانند و یا مطابق شکل ۳ می توان آن را در داخل یک محفظه قرار داد و نقاطی را که سرهای مقاومت بیرون می آید با یک سیمان مخصوص مسدود می شود .

مقاومتهایی که از نوع سیمی هستند دارای دقتی بیشتر از مقاومتهای پوسته کربنی اند آنها را در مواقعی که توان مصرفی در مقاومت بالاست (حدود ۲ وات یا بیشتر) به کار می برند . مدار این مقاومتها را معمولا به صورت عدد بر روی بدنه آنها نقش می زنند .



- **آشنایی با انواع متداول مقاومت**
- **اندازه گیری مقاومت توسط اهم متر**
- **خواندن مقاومت با استفاده از رمز الکتریکی**

مقدمه :

مقاومت الکتریکی عامل بازدارنده جریان الکتریکی در یک مدار است و در وسایل الکتریکی و الکترونیکی کاربرد بسیار زیادی دارد .

انواع متداول مقاومت که در وسایل برقی و الکترونیکی به کار می روند بیشتر از نوع ترکیبی ، پوسته کربنی ، سیمی و پوسته اکسید فلزی هستند .

مقاومت ترکیبی :

این مقاومت مطابق شکل از سه قسمت اصلی و مغزی و پوسته و سیم های رابط تشکیل شده است مغزی که قسمت اصلی مقاومت ترکیبی را تشکیل می دهد از مخلوطی از سرامیک گرافیت یا کربن سیاه و چسب مخصوصی درست می شود . پس از آماده کردن مخلوط خمیری این مواد آن را به صورت استوانه قالب سازی کرده و سیم های رابط را در دوسر قرار می دهند . سپس آن را در قالبهای مخصوص تحت فشار و حرارت قرار می دهند تا شکل ثابتی به خود بگیرد و خشک شود .

مقدار مقاومت عنصر بستگی به ابعاد مغزی و درصد گرافیت در مخلوط دارد . سیم های رابط از جنس مس با روکش قلع هستند که دوسر آن را به شکل قلاب در می آورند تا تماس کافی با مغزی داشته باشد . روکش قلعی از اکسیدشدن مس جلوگیری می کند .

معمولا فلزی را در داخل یک پوسته محکم که ممکن است از جنس شیشه ، سرامیک یا پلاستیک سخت باشد قرار می دهند . اگر پوسته از جنس شیشه یا سرامیک باشد انتهای آن را باید با سیمان یا چسب

مخصوص مسدود کرد ولی اگر از نوع پلاستیک سخت باشد درپلاستیک در موقع ذوب شدن و تحت فشار قرار گرفتن دو انتهای فوق را پر می کنند . بعداز تشکیل پوسته چند نوار رنگی روی بدنه مقاومت نقش می کنند که نشان دهنده مقدار مقاومت است .

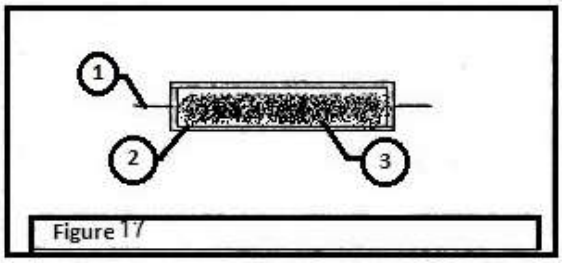


Figure 17

مقاومت پوسته اکسیدی :

پوسته مقاومت دار را با اندرون یک میله سرامیکی یا شیشه ای یا کلر و قلع و هیدرولیز کردن آن در دمای التهاب تهیه می کنند . این پوسته که به صورت اکسید قلع در می آید محکم بر روی میله سرامیکی می چسبند و این مقاومت از لحاظ شکل شبیه مقاومت پوشته کربنی است ولی از لحاظ مقاومت در مقابل رطوبت و حرارت بر آن برتری دارد .

اجرای آزمایش :

اندازه گیری مقاومت توسط اهم متر :

در ابتدا صفر اهم متر راتنظیم کنید . برای این کار دوسر سیم رابط را به دو جای فیش اهم متر وصل کنید و با انتخاب رنج مناسب مقدار مقاومت را بخوانید . توجه داشته باشید که در هر تغییر رنج باید صفر اهم متر را تنظیم کنید . مقادیر مختلف را که در اختیار دارید با اهم متر اندازه گیری کنید و جدول را کامل نمائید .

مقاومت	*I*	*II*	*III*
رنج انتخابی اهم متر دیجیتال			
مقاومت خوانده شده توسط اهم متر دیجیتال			

مقدار خطا را در اندازه گیری مقاومت ها محاسبه نمایید.

تعیین مقاومت با استفاده از نوار رنگی :

مقاومتها معمولا با نوارهای رنگی روی بدنه مشخص می شوند که با یادگیری طرز خواندن آنها به راحتی مقدار مقاومتها را می توان نشان داد . مقاومتهای کربنی معمولی دارای چهار نوار رنگی اند . نوار اول ، اولین رقم نوار دوم ، دومین رقم و نوار سوم تعداد صفرها را مشخص می کند . نوار چهارم نیز درصد خطا را نشان می دهد . مثلا اگر نوارهای رنگی اول تا چهارم به ترتیب زرد ، قرمز ، قرمز و طلایی باشد مقدار مقاومت برابر ۴۲۰۰ اهم می باشد .

جدول زیر مربوط به کد رنگها برای این نوع مقاومت است . مقاومتهای کربنی معمولا با قدرت های ۱.۸ و ۱.۴ و ۱.۲ و ۱ و ۲ ساخته می شوند .

جدول مربوط به کد رنگها برای مقاومت کربنی :

در مقاومت های کربنی از پیچ کربنی استفاده می شود. سه نوار اول مشخص کننده ارقام اول و دوم و سوم می باشد . نوار چهارم مشخص کننده ضریب و نوار پنجم مشخص کننده درصد خطا می باشد . جدول زیر مربوط به کد رنگی برای این نوع مقاومتها می باشد .

رنگ نوار	رقم اول	رقم دوم	رقم سوم	ضریب	درصد خطا
سیاه	0	0	0	10^0	-
قهوه ای	1	1	1	10^1	%1
قرمز	2	2	2	10^2	%2
نارنجی	3	3	3	10^3	%3
زرد	4	4	4	10^4	%4
سبز	5	5	5	10^5	-
آبی	6	6	6	10^6	-
بنفش	7	7	7	10^7	-
خاکستری	8	8	8	10^8	-
سفید	9	9	9	10^9	-
طلایی	-	-	-	10^{-1}	%5
نقره ای	-	-	-	10^{-2}	%10
بی رنگ	-	-	-	-	%20

اجرای آزمایش :

مقاومتهایی که در اختیار شما قرار گرفته از طریق رمز رنگی آن مقدارش را مشخص نمائید .

مقاومت	نوارنگی اول	نوارنگی دوم	نوارنگی سوم	نوارنگی چهارم	مقاومت خوانده شده	درصد خطا
R_1						
R_2						
R_3						
R_4						

پرسش ها :

۱) کمان اهم صفحه درجه بندی یک آوومتر دارای درجه بندی از صفر تا ۱۵۰ است . در صورتی که کلید S قادر باشد روی رنج های $R\times1$ و $R\times10$ و $R\times10^k$ بچرخد این اهم متر حداقل و حداکثر مقاومتی را که قادر است اندازه گیری نماید چقدر است ؟

۲) مقدار یک مقاومت با ۵ ٪ خطا ، ۴۵ کیلواهم است رمز رنگی آن را بنویسید .

۳) مقاومت پوسته کربنی را در چند خط توضیح دهید .

۴) مقاومت ترکیبی را در چند خط توضیح دهید .

۵) فرق مقاومت پوسته اکسیدی با پوسته کربنی چیست ؟

۶) توضیح دهید چرا وقتی دوسر سیم رابط اهم متر را بهم وصل می کنیم . عقربه آن منحرف می شود و چرا مقدار صفر را نشان می دهد ؟

۷) تلرانس یا درصد خطا در یک مقاومت یعنی چه و دانستن درصد خطا در یک مقاومت چه اهمیتی دارد ؟

۸) آیا می توان به وسیله اهم متر مقدار اهم یک مقاومت را اندازه گیری نمود در حالی که این مقاومت به مدار وصل و دارای جریان و ولتاژ باشد ؟ چرا ؟

آزمایش ۳ :

الف) مطالعه مدارهای مشتق گیر

ب) مطالعه مدارهای انتگرال گیر

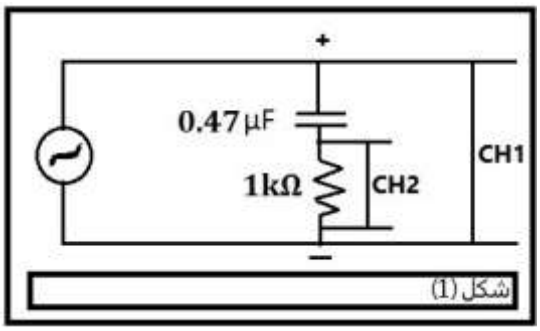
می دانیم که اگر معادله موجی به صورت $x = a\sin\omega t$ باشد . مشتق آن نسبت به زمان به صورت $\frac{dx}{dt} = a\omega\cos\omega t$ خواهد بود . به عبارت دیگر اگر معادله موجی به صورت سینوسی باشد مشتق آن نسبت به زمان کسینوسی است . یعنی به اندازه $\frac{\pi}{2}$ اختلاف فاز دارد . و همچنین اگر معادله موجی به صورت $x = a\sin\omega t$ باشد . انتگرال آن نسبت به زمان به صورت $\int x dx = -\frac{a}{w}\omega\cos\omega t$ خواهد بود . به عبارت دیگر اگر موجی به صورت سینوسی باشد مشتق آن نسبت به زمان کسینوسی است . یعنی به اندازه $\frac{\pi}{2}$ اختلاف فاز دارد .

الف) مدار مشتق گیر

شرط مدار مشتق گیر : $R << \frac{1}{cw}$

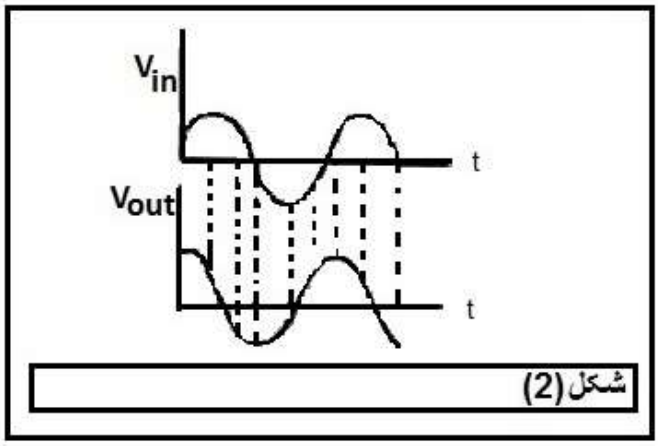
اجرای آزمایش :

مداری مطابق شکل ۱ ترتیب دهید .



به ورودی مدار فوق موج سینوسی با فرکانس 1KHz بدهید . ولتاژ های ورودی و خروجی را به ورودی های اسیلوسکوپ متصل کنید و شکل موج آن را مشاهده کنید .

با اندازه گیری اختلاف زمانی θ بین دو نقطه متناظر از دو موج اختلاف فاز آنها را از رابطه $\varphi = \frac{2\theta\pi}{T}$ به دست می آید .



φ اختلاف فاز

θ اختلاف زمان

T پریود موج

اکنون ظرفیت خازن مدار را $C = 110pf$ انتخاب کنید و این بار نیز اختلاف فاز را به دست بیاورید و محاسبات خود را گزارش دهید .

حالتی که $C = 110pf$ و $C = 0.47\mu f$ در مدار باشند را با یکدیگر مقایسه نموده و نتیجه گیری کنید . مقدار خطای آزمایش را نیز محاسبه نمایید.

پرسش :

۱) به کمک محاسبه نشان دهید که شکل موج خروجی مشتق شکل موج ورودی می باشد و مداری که ترتیب داده بودید یک مدار مشتق گیر می باشد .

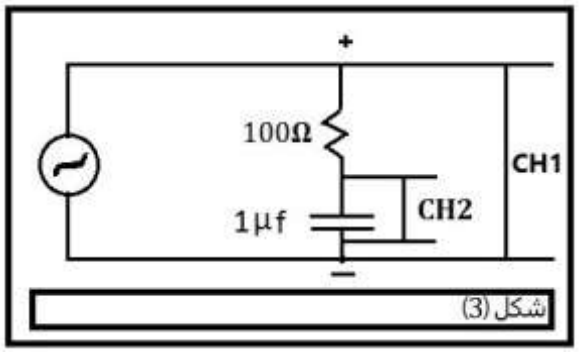
آزمایش فوق را با دادن یک موج دندانه ای و مربعی به جای سینوسی تکرار کنید و شکل موج های ورودی و خروجی را رسم کنید و ضمیمه گزارشکار کنید .

ب) مدار انتگرال گیر

شرط مدار انتگرال گیر : $R >> \frac{1}{cw}$

اجرای آزمایش :

مداری مطابق شکل ۳ ترتیب دهید و به ورودی آن یک موج سینوسی با فرکانس 1KHz بدهید .



ولتاژهای ورودی و خروجی را به ورودی های اسیلوسکوپ متصل کنید و شکل موج آنها را مشاهده کنید . اختلاف فاز آنها را به دست بیاورید . محاسبات را در گزارشکار وارد کنید .

اکنون مقاومت مدار را $R = 100K\Omega$ انتخاب کنید و این بار نیز اختلاف فاز را به دست بیاورید و محاسبات خود را گزارش دهید.

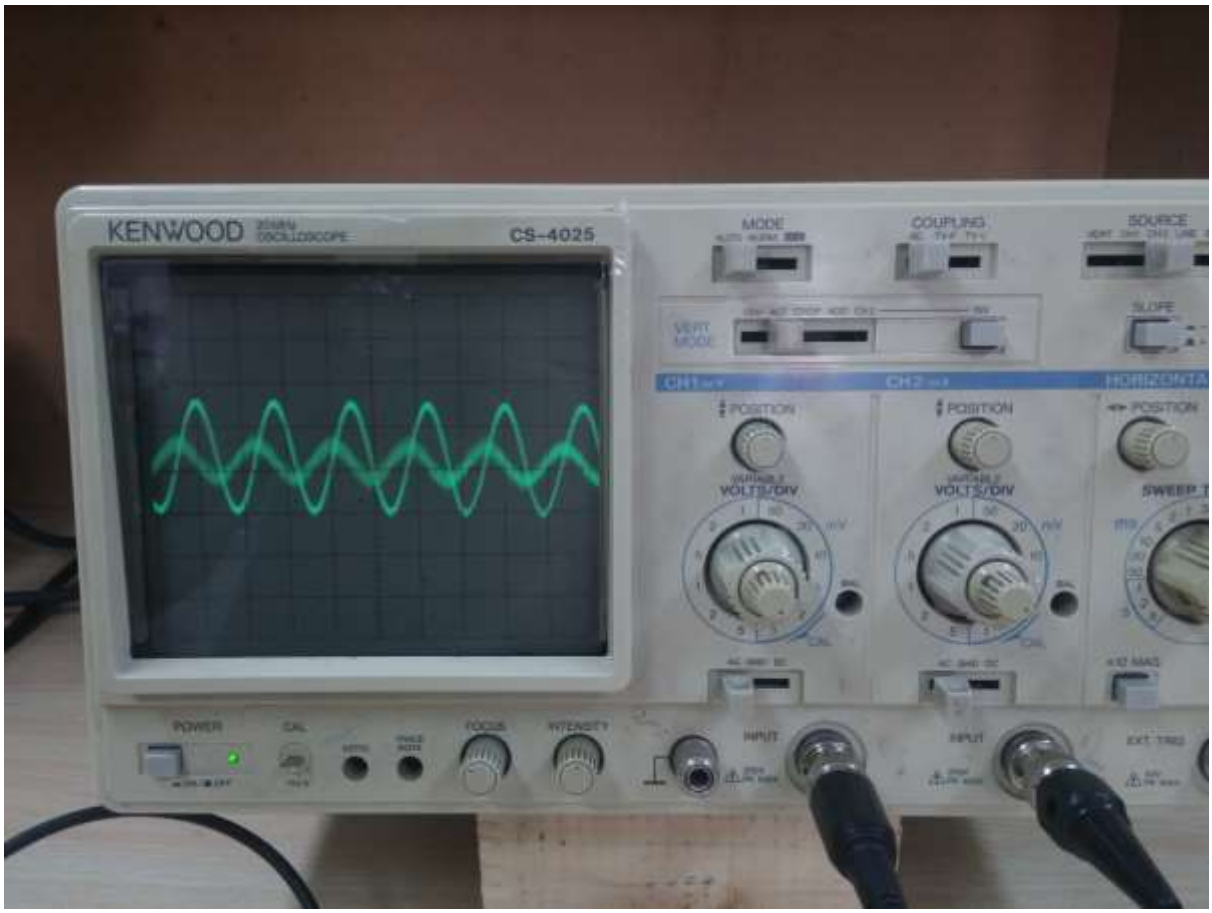
حال مقاومت $R = 100\Omega$ و $R = 100K\Omega$ را با یکدیگر مقایسه کنید و نتیجه گیری کنید . مقدار خطای آزمایش را نیز محاسبه نمایید.

پرسش :

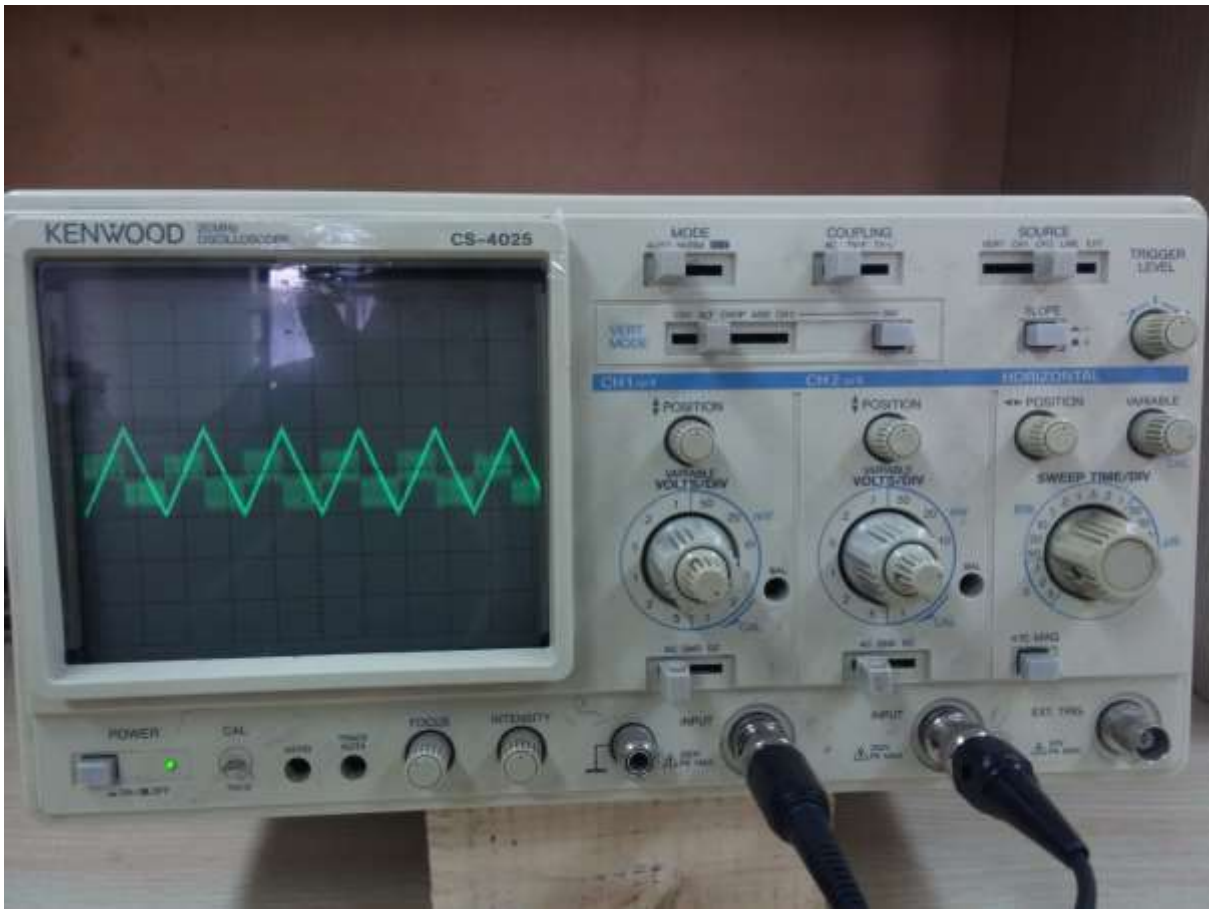
۱) به کمک محاسبه نشان دهید که شکل موج خروجی انتگرال شکل موج ورودی می باشد و مداری که ترتیب داده بودید یک مدار انتگرال گیر می باشد .

آزمایش فوق را با دادن یک موج دندانه ای و مربعی به جای سینوسی تکرار کنید و شکل موج های ورودی و خروجی را رسم کنید و ضمیمه گزارشکار کنید .

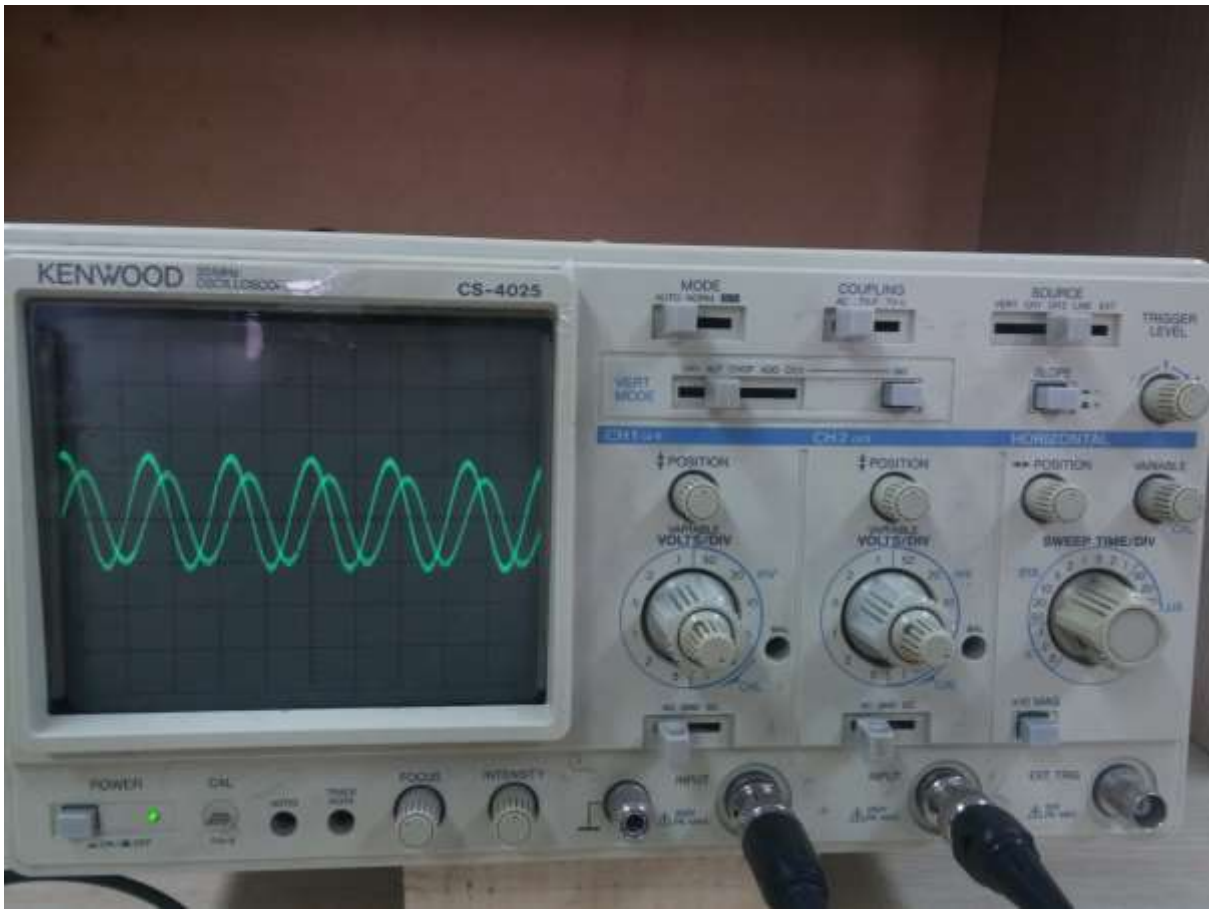
مشتق گیر


KENWOOD
CS-4025
MODE
COUPLING
SOURCE
SLOPE
POSITION
VOLTS/DIV
POWER
CAL
FOCUS
INTENSITY
INPUT

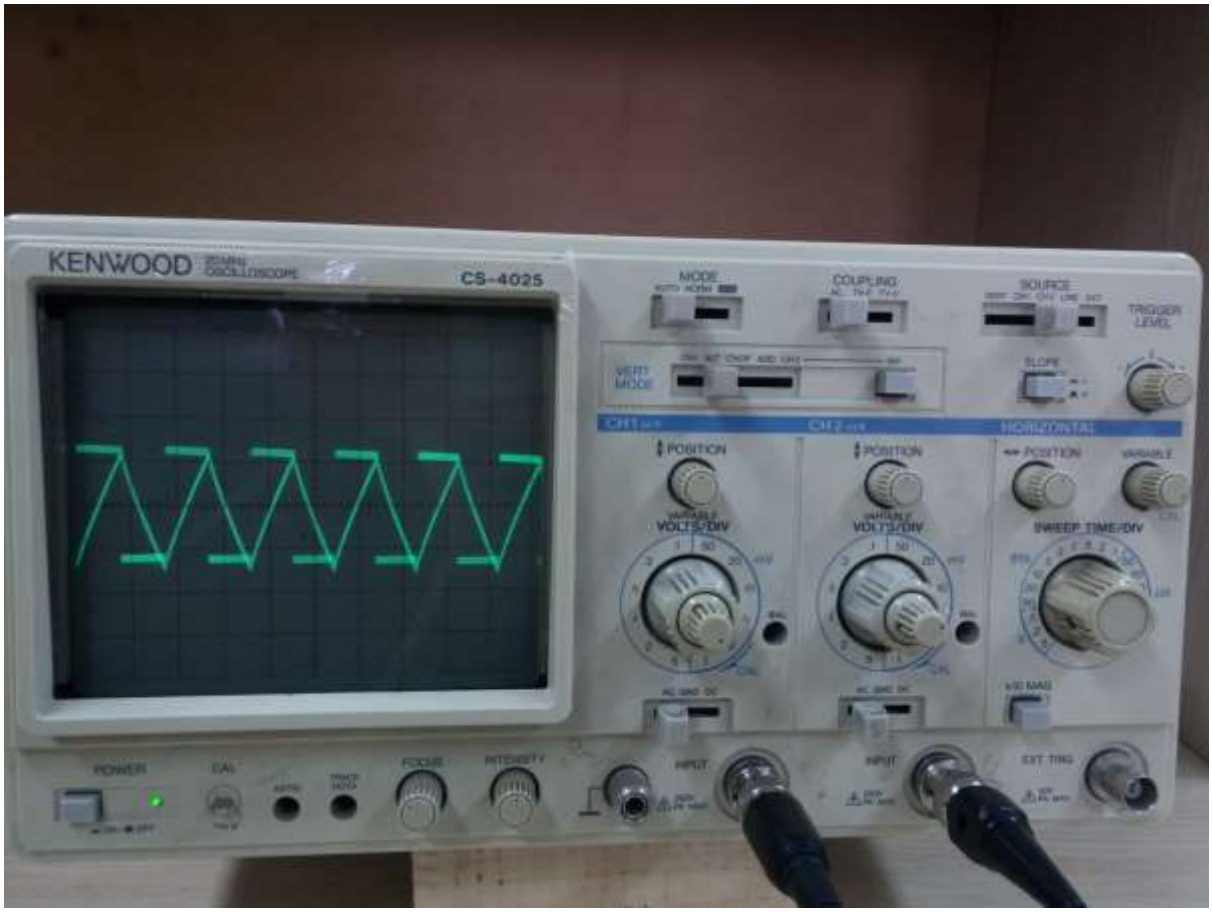
مشتق گیر


KENWOOD
CS-4025
MODE
COUPLING
SOURCE
TRIGGER LEVEL
SLOPE
HORIZONTAL
POSITION
VOLTS/DIV
SWEEP TIME/DIV
POWER
CAL
FOCUS
INTENSITY
INPUT

انتگرال گیر


KENWOOD
CS-4025
MODE
COUPLING
SOURCE
TRIGGER LEVEL
VERT MODE
SLOPE
CH1
CH2
HORIZONTAL
POSITION
VOLTS/DIV
SWEEP TIME/DIV
VARIABLE
POWER
CAL
FOCUS
INTENSITY
INPUT

انتگرال گیر


KENWOOD
CS-4025
MODE
COUPLING
SOURCE
TRIGGER LEVEL
VERT MODE
SLOPE
CH1
CH2
HORIZONTAL
POSITION
VOLTS/DIV
SWEEP TIME/DIV
POWER
CAL
FOCUS
INTENSITY
INPUT
EXT TRIG

آزمایش ۴ :

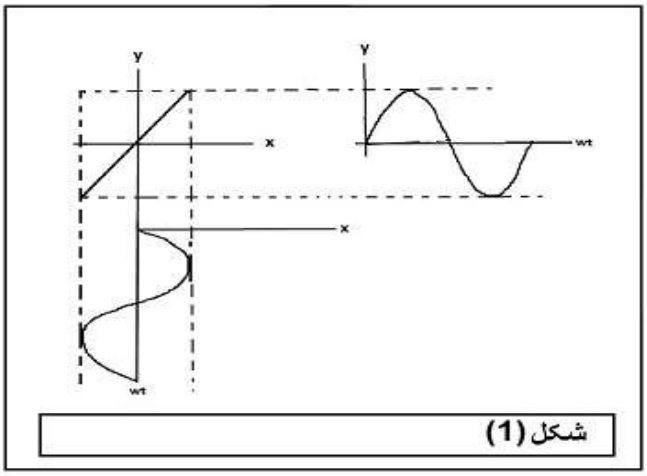
- **مشاهده اختلاف فاز**
- **تعیین فرکانس مجهول (با استفاده از اشکال لیساژو)**

می دانیم که معادله ترکیب دو موج هم فرکانس عمود برهم به معادلات $x = a\sin\omega t$ و $y = b\sin(\omega t + \varphi)$ که اختلاف فاز آنها φ می باشد عبارتند از :

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - \frac{2xy}{a.b}\cos\varphi - \sin^2\varphi = 0$$

هرگاه دو موج که به ورودی های اسیلوسکوپ داده می شود اختلاف فاز نداشته باشد از ترکیب آن دو موج در روی صفحه اسیلوسکوپ یک خط با ضریب زاویه $\frac{a}{b}$ دیده می شود v_1 و v_2 برابر باشند خط با محور افقی زاویه ۴۵ درجه می سازد

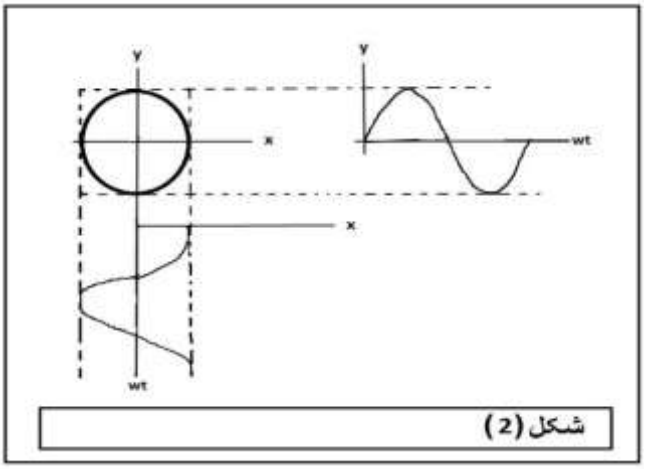
شکل ۱ و ۲ روش ترسیمی ترکیب دو موج سینوسی هم فرکانس و هم دامنه را که با یکدیگر اختلاف فاز $\varphi = 0$ و $\varphi = \frac{\pi}{2}$ را دارند نشان می دهد .



شکل (1)

ترکیب دو موج سینوسی هم فرکانس

و هم دامنه درحالت $\varphi = 0$



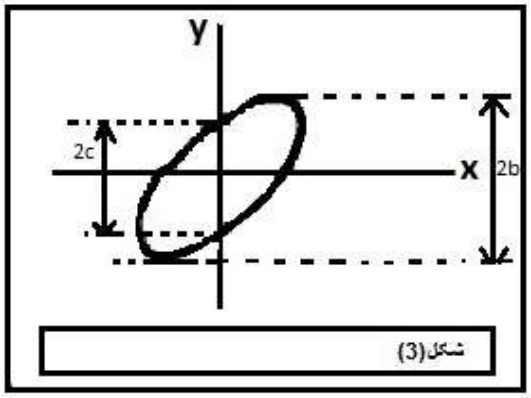
شکل (2)

ترکیب دو موج سینوسی هم فرکانس

و هم دامنه در حالت $\varphi = \frac{\pi}{2}$

شکل ۳ روش ترسیمی دو موج سینوسی که با یکدیگر اختلاف فاز غیر مشخص دارند را نشان می دهد .

با اندازه گیری $2b$ و $2c$ در روی صفحه اسیلوسکوپ مطابق شکل (۳) اختلاف فاز بین دو موج از رابطه $\sin\varphi=\frac{c}{b}$ به دست می آید.



شکل(3)

منحنی لیساژو :

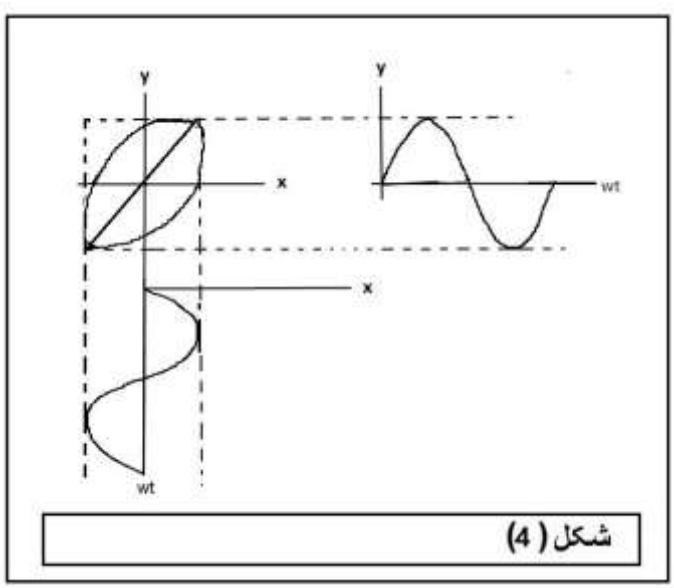
رابطه فوق برای بدست آوردن اختلاف فاز دو موج

از طریق زیر اثبات می شود:

$$x=a\sin\omega t \xrightarrow{x=0} \omega t=k\pi$$
$$y=b\sin(\omega t+\varphi)\rightarrow y=b\sin(k\pi+\varphi)=b\sin\varphi$$
$$y\big|_{x=0}=b\sin\varphi \xrightarrow{y|_{x=0}=c} \sin\varphi=\frac{c}{b}$$

ترکیب دو موج سینوسی هم فرکانس

با اختلاف فاز نامشخص

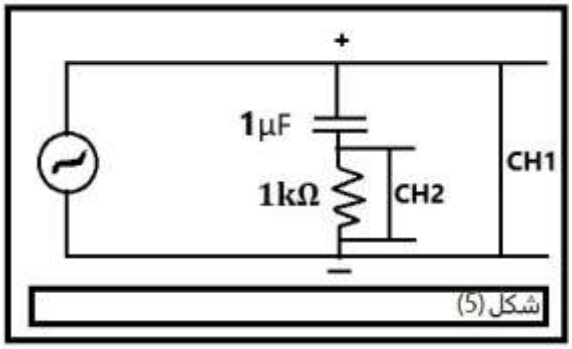


شکل (4)

الف)مشاهده اختلاف فاز

اجرای آزمایش

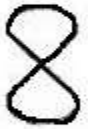
مدار را مطابق شکل (۵) ببندید . به ورودی مدار موج سینوسی با فرکانس 1KHz بدهید از ترکیب دو موج داده شده به ورودی های اسیلوسکوپ بر روی صفحه بیضی مشاهده می نمائید . با توجه به رابطه بیان شده اختلاف فاز را به دست آورید . روش محاسبه و شکل نمودار را در گزارش کار خود ذکر کنید .



شکل (5)

ب)تعیین فرکانس مجهول

شکل های حاصل از ترکیب دو موج سینوسی که نسبت فرکانس آنها دو عدد صحیح باشد منحنی های معدودی هستند که شکلهای لیساژو نامیده می شوند .

0	45	90	135	180	Frequency Propertion Ch1(y) : Ch2(x)
					1:1
					1:2
					1:3

اجرای آزمایش :

به ورودی ۱ اسیلوسکوپ موجی با فرکانس متغیر و به ورودی ۲ موجی با فرکانس ثابت 50Hz بدهید با تغییر فرکانس موج ورودی ۱ در روی صفحه اسیلوسکوپ اشکال مختلفی مشاهده می نمائید با استفاده از رابطه زیر فرکانس مجهول به دست می آید .

$$\frac{F_1}{F_2} = \text{تعداد نقاط برخورد شکل با محور افق/ تعداد نقاط برخورد شکل با محور قائم}$$

فرکانس موج ورودی ۱ را به ترتیب ۲۵ و ۵۰ و ۱۰۰ و ۱۵۰ و ۲۰۰ هرتز انتخاب کنید . شکل هایی که مشاهده می کنید در گزارشکار رسم نمایید .

آزمایش ۵ :

- **تعیین مقاومت با استفاده از پل وتستون و پل تار**

مقدمه :

پل وتستون که مدار آن مطابق شکل است برای اندازه گیری سریع و دقیق مقاومت مجهول متداول است .

برای به کار بردن پل باید آنقدر مقاومت R_3 راتغییر داد تا آمپرمتر مقدار صفر را نشان دهد و در آن صورت از رابطه $R_x = \frac{R_1}{R_2} \times R_3$ مقدار R_x را محاسبه می کنیم .

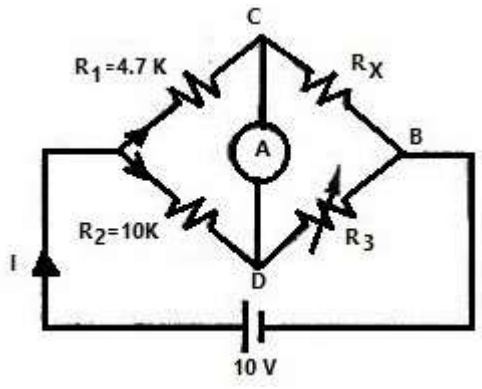
شرح :

جریان I از منبع وارد نقطه A شده به جریان های I_1 و I_2 منشعب می شود . R_3 را آنقدر تغییر داده تا آمپرمتر مقدار صفر رانشان دهد . به این ترتیب نقاط C و D دارای یک پتانسیل می شوند ودر نتیجه خواهیم داشت :

$$V_{AC} = V_{AD} \Rightarrow R_1 I_1 = R_2 I_2$$
$$V_{CB} = V_{DB} \Rightarrow R_x I_x = R_3 I_3$$
$$I_1 = I_x , I_2 = I_3$$
$$\frac{R_1 I_1}{R_x I_x} = \frac{R_2 I_2}{R_3 I_3} \Rightarrow \frac{R_1}{R_x} = \frac{R_2}{R_3} \Rightarrow R_x = \frac{R_1}{R_2} \times R_3$$

اجرای آزمایش :

مدار را مطابق شکل زیر ببندید مقاومت R_3 را آنقدر تغییر دهید تا از آمپرمتر جریانی عبور نکند سپس جدول زیر را کامل کنید . مقدار خطای آزمایش را نیز محاسبه نمایید.



ولتاژ	R_1	R_2	R_3	R_x
10v				

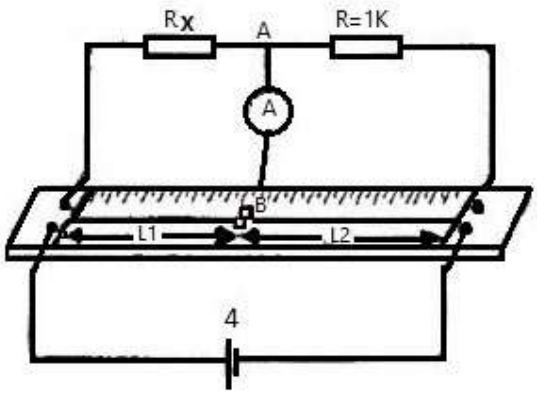
پل وتستون را می توان به صورت ساده تری که پل تار نام دارد سوار نمود . شکل زیر مدار پل تار را نشان می دهد که یک رشته سیم یکنواخت است که معمولا یک متر می باشد .

با تنظیم سرمتحرک (B) می توان ولتاژ بین دو نقطه A و B را صفر نمود . به عبارتی از آمپرمتر جریانی عبور نمی کند در این صورت مقاومتهای R_1 و R_x و سیمهای L_1 و L_2 مانند چهار شاخه پل وتستون به حالت تعادلی باشند و در یک پل تار متقارن روابط به صورت زیر است :

$$\frac{R_1}{R_x}=\frac{R_2}{R_3}=\frac{L_1}{L_2}\Rightarrow R_x=\frac{L_1}{L_2}\times R_1$$

اجرای آزمایش :

مدار رامطابق شکل زیر ببندید . مقاومت مجهول R_x است . $R_1=1K\Omega$ را اختیار کنید ولتاژ DC برابر ۴ به مدار اعمال کنید . سرمتحرک پل اندازه گیری را حرکت دهید تا جایی که هیچ جریانی از شاخه AB عبور نکند . سپس طول L_1 را از رابطه $L_2=1000mm-L_1$ به دست آورید و نتایج خود را در جدول زیر وارد نمائید. مقدار خطای آزمایش را نیز محاسبه نمایید.

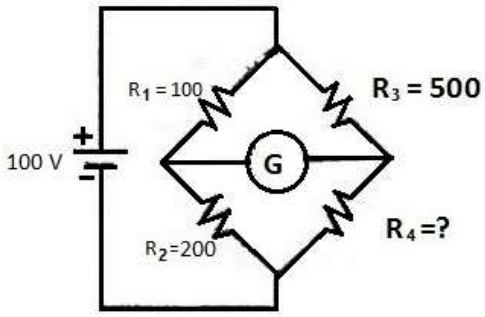


ولتاژ	R_1	L_2	L_1	R_x
4v				

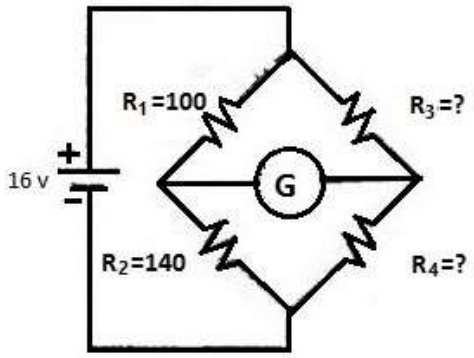
پرسش ها :

۱) کاربرد پل وتستون چیست ؟

۲) در مدار زیر مقاومت R_4 را طوری حساب کنید که مدار پل به حالت تعادل درآید همچنین نسبتهای $\frac{V_{R_1}}{V_{R_2}}$ و $\frac{V_{R_3}}{V_{R_4}}$ را حساب کنید .



۳) در مدار زیر مقاومت R_3 و R_4 را وقتی که مدار پل در حالت تعادل باشد و از مولد جریان ۱/۱۱ A آمپر عبور کند حساب کنید .



۴) دو رشته را در نظر می گیریم و فرض می کنیم در نقطه k یکی از این دو رشته به زمین اتصال پیدا کرده باشد . جهت پیدا کردن محل خرابی کابل چه کاری باید انجام داد ؟ رابطه آن را نیز به دست آورید ؟

آزمایش ۶ :

الف)قانون اهم

ب)قوانین کیرشهف

ج) اتصال سری و موازی لامپ ها

الف) قانون اهم

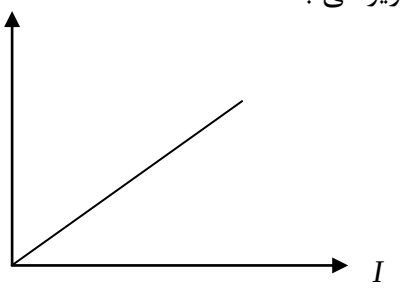
هدف آزمایش : مطالعه قانون اهم($V = RI$) در یک مدار ساده و رسم منحنی تغییرات V بر حسب I برای یک مقاومت و بررسی قوانین کیرشهف در یک مدار مسدود

وسایل آزمایش : چند عدد مقاومت ، منبع تغذیه (باطری ۱.۵ ولت) ، آمپرمتر، ولتمتر و سیم رابط

تئوری آزمایش : طبق قانون اهم اگر به دوسر یک هادی الکتریکی (مثلا یک سیم) اختلاف پتانسیل معینی وجود داشته باشد رابطه (۱) بین دو کمیت جریان (I) و ولتاژ (V) برقرار است .

$$V=RI \qquad (1)$$

در این رابطه که به قانون اهم مشهور است . R یعنی ضریب تناسب را مقاومت هادی گویند که به جنس و خصوصیات فیزیکی آن بستگی دارند و برحسب ولت بر آمپر یا اهم سنجیده می شود . رابطه (۱) نشان می دهد که تغییرات V بر حسب I خطی و مطابق شکل زیر می باشد .



شکل (۱)

ضریب زاویه خط رسم یعنی tan همان مقاومت هادی مورد آزمایش است .

ب) قوانین کیرشهف

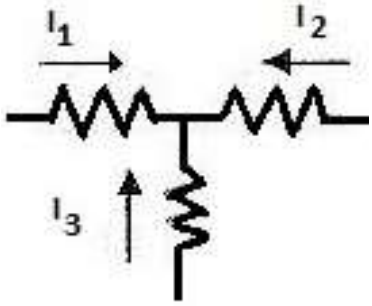
برای پیدا کردن شدت جریان و یا اختلاف پتانسیل در مدارهایی که شاخه ها و شعبات زیادی دارند می توان از قوانین دو گانه کیرشهف که به شرح زیر بیان می شود استفاده کرد .

۱) در هر نقطه از یک مدار الکتریکی مجموع جریانهایی که به آن نقطه (گره) وارد می شود برابر است با مجموع جریان هایی که از آن نقطه خارج می شوند به عبارت دیگر مجموع جبری جریان هایی که به یک نقطه اتصال وارد می شوند مساوی صفر است .

$$\sum I = 0 \qquad (۲)$$

۲) در هر مدار بسته الکتریکی جمع جبری تمام اختلاف پتانسیل ها در دور مدار بسته برابر صفر است . درباره علامت جبری شدت جریان توضیح داده می شود که طبق قرار داد جریان هایی که به یک نقطه اتصال جریان دارند مثبت و جریان هایی که از آن نقطه دور می شوند منفی فرض می شوند .

بدین ترتیب در شکل ۲ برای نقطه A خواهیم داشت :

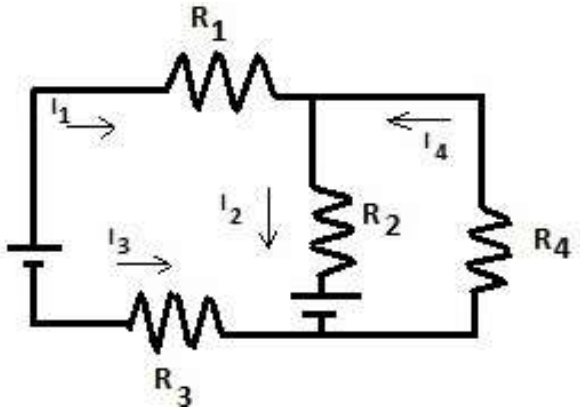


شکل (۲)

$$\sum V = 0$$
$$\sum I = 0 \qquad I_1 + I_2 - I_3 = 0 \qquad (۳)$$

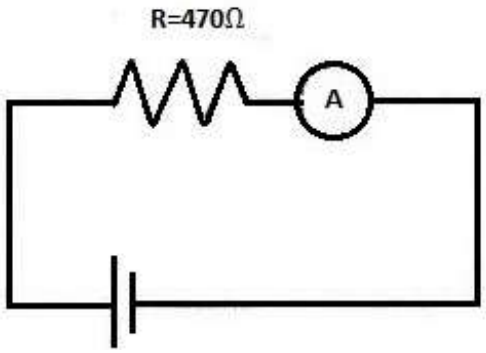
در مورد علامت جبری ولتاژها بدین ترتیب عمل می کنیم که در یک حلقه بسته جهت دلخواهی برای جریان انتخاب می کنیم وسپس از یک نقطه شروع کرده مدار را دور می زنیم اگر حرکت در جهت جریان باشد افت ولتاژ (اختلاف پتانسیل) روی مقاومت ها منفی خواهد بود . برای نیروهای محرکه (باطری) چنانچه جهت حرکت روی نیروی محرکه از منفی به مثبت باشد آن را مثبت و اگر از مثبت به منفی باشد آن را منفی فرض می کنیم . به شکل ۳ توجه کنید برای حلقه سمت چپ حرکت در جهت عقربه های ساعت و همینطور برای حلقه سمت راست حرکت در جهت عقربه های ساعت:

$$-R_1I_1 + R_2I_2 - V_2 + R_3I_3 + V_1 = 0$$
$$+R_4I_4 + V_2 + R_2I_2 = 0$$



اجرای آزمایش :

۱) مدار شکل زیر را ببندید .



۲) به ازای ولتاژهای مختلف مطابق جدول ، جریان مدار را در جدول زیر وارد کنید .

$V\,(v)$	۰.۵	۱	۱.۵	۲	۲.۵	۳	۳.۵	۴
$I(mA)$								
$R(\Omega)$								

۳) برای هر اندازه گیری مقاومت را به دست آورید .

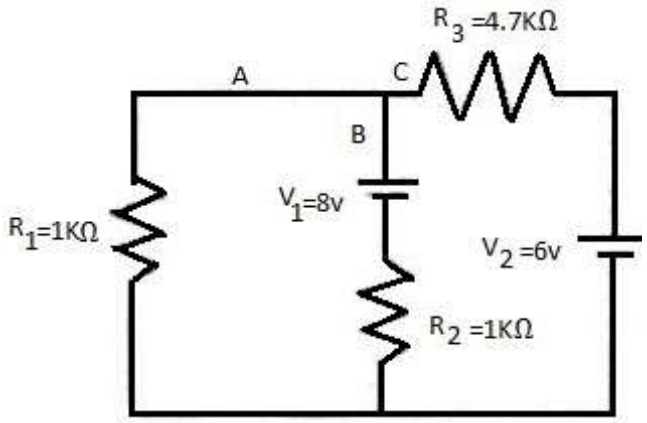
۴) با استفاده از جدول بالا منحنی تغییرات V برحسب I را روی کاغذ میلیمتری رسم نمایید .

۵) با استفاده از نمودار به دست آمده نیز R را محاسبه کنید .

۶) مقدار خطای آزمایش را نیز محاسبه نمایید.

ب) قانون کیر شهف :

۱) مداری مطابق شکل ببندید .



۲) آمپرمتر را به ترتیب در نقاط A و B و C قرار داده جریان های به دست آمده یادداشت کنید .

۳) رابطه $\sum I = 0$ را برای جریان های به دست آمده تحقیق کنید .

۴) با استفاده از ولتمتر اختلاف پتانسیل های دوسر هر یک از مقاومت ها و باطری ها را خوانده و یادداشت کنید .

۵) از روی جواب های به دست آمده قانون دوم کیرشهف را تحقیق کنید .

ج) تحقیق در قوانین مدارهای مقاومتی در حالتهای اتصال متوالی و موازی

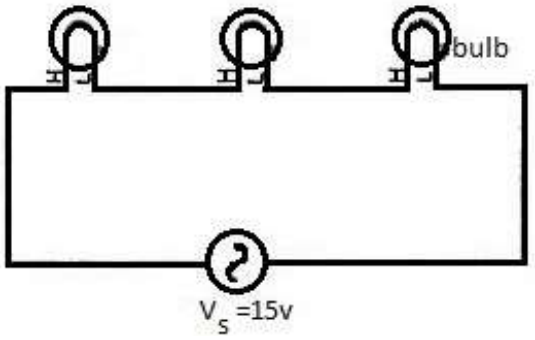
✓ اتصال متوالی :

در این نوع اتصال از تمام مقاومتها جریان الکتریکی یکسانی عبور می کند ، اما بسته به مقدار مقاومت الکتریکی آنها اختلاف پتانسیل دوسرشان متفاوت است به طوری که افت پتانسیل دوسر باتری برابر است با مجموع افت پتانسیل های مقاومت های حاضر در مدار یعنی :

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

اجرای آزمایش :

۱) لامپها را به صورت متوالی در مدار قرار دهید .



۲) منبع ولتاژ AC را روی ۱۵ ولت تنظیم نمائید و کلید را وصل کنید (مقدار دقیق آن را به کمک ولت سنج AC اندازه بگیرید)

۳) به کمک آمپرسنج AC جریان مدار را در نقاط مختلف اندازه بگیرید و آنها را یادداشت نمائید ازاین نتایج به چه نتیجه ای می رسید ؟

۴) اختلاف پتانسیل دوسر هر یک از لامپ ها اندازه گرفته و صحت رابطه $V = V_1 + V_2 + V_3$ را تحقیق کنید .

۵) توان نیرومحرکه را باتوان مصرفی در لامپها مقایسه کنید . نتیجه را توضیح دهید .

۶) یکی از لامپها را از مدار خارج کنید چه تغییری در نور سایر لامپها رخ می دهد ؟

۷) عوامل ایجاد خطا در آزمایش را بررسی کنید.

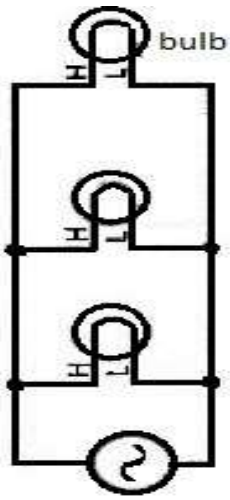
✓ **اتصال موازی :**

در این نوع اتصال تمام مقاومتها تحت یک اختلاف پتانسیل اند ، اما بسته به کم یا زیاد بودن مقاومت هر یک از شاخه ها ، جریان اصلی در آنها تقسیم می گردد به طوری جریان کل ورودی به محل انشعاب با مجموع جریان های تقسیم شده در شاخه ها برابر است یعنی :

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

اجرای آزمایش :

۱) با همان لامپهای قبلی مدار را به صورت موازی ببندید .



۲) منبع ولتاژ AC را روی ۴ ولت تنظیم نمائید و کلید را وصل کنید (مقدار دقیق آن را به کمک ولت سنج AC اندازه بگیرید)

۳) به کمک آمپرسنج AC جریان مدار را در شاخه های مختلف اندازه گرفته و صحت رابطه $I = I_1 + I_2 + I_3$ را تحقیق کنید .

۴) توان نیرومحرکه را باتوان مصرفی در لامپها مقایسه کنید . نتیجه را توضیح دهید .

۵) یکی از لامپها را از مدار خارج کنید چه تغییری در نور سایر لامپها رخ می دهد ؟

۶) عوامل ایجاد خطا در آزمایش را بررسی کنید.

آزمایش شماره ۷ :

الف) شارژ خازن

ب) دشارژ خازن

ج) اتصال سری و اتصال موازی

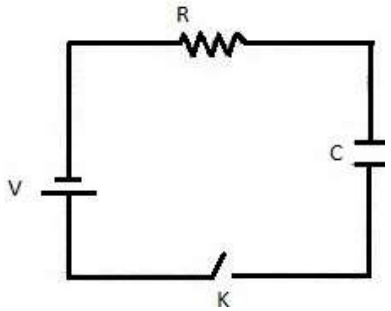
هدف آزمایش : بررسی چگونگی شارژ (پرشدن) و دشارژ (تخلیه) خازن ، رسم منحنی تغییرات ولتاژ یک خازن در حال شارژ یا دشارژ نسبت به زمان ، به دست آوردن ثابت زمانی

وسایل مورد نیاز : باطری ، خازن ، مقاومت ، کرنومتر ، ولتمتر ، سیم رابط .

تئوری آزمایش : اگر صفحات یک خازن (که نوع ساده آن از دو صفحه فلزی موازی که توسط عایقی از هم جداشده اند تشکیل شده) را به ولتاژ ثابت یک باتری وصل می کنیم مقداری بار از این باتری به صفحات خازن منتقل شده و در آن ذخیره می شود . این بار ذخیره شده متناسب با ولتاژ اعمال شده بوده و از رابطه $q = CV$ پیروی می کند . در این رابطه C را که ضریب تناسب است ظرفیت خازن نامیده و به صورت زیر بیان می شود :

C برابر است با باری که هر صفحه به دست می آورد تقسیم بر پتانسیلی که در مرز صفحه وجود دارد .

ظرفیت خازن به جنس عایق بین صفحات ، مساحت صفحات و فاصله آنها بستگی دارد . واحد ظرفیت کولن بر ولت یا فاراد بوده و واحدهای کوچکتر آن میکروفاراد (10^{-6} فاراد) و پیکوفاراد (10^{-12}فاراد) می باشد .

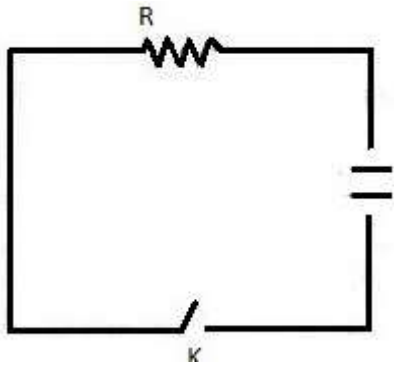


مدارشکل(۱)

در مداری مطابق شکل (۱) با بستن کلید k جریانی در مدار برقرار گردیده و بارهای الکتریکی از باطری به طرف خازن جریان پیدا می کند . این جریان تا وقتی که ولتاژ خازن (V_c) برابر با ولتاژ باطری (V_o) گردد برقرار است .

بنابراین با بستن کلید k اختلاف پتانسیل دو سر خازن پس از مدتی از صفر به مقدار ماکزیمم V_o می رسد . یعنی اگر ضمن باردار شدن ولتاژ خازن لحظه به لحظه اندازه گیری شود مشاهده می گردد که ولتاژ به تدریج زیاد می شود . در صورتی که شدت جریان کاهش می یابد .

زیاد شدن تدریجی ولتاژ حین شارژ از رابطه $V_c = V_o(1-e^{\frac{-t}{Rc}})$ پیروی می کند . در این رابطه C ظرفیت خازن و R مقاومتی است که سر راه باطری و خازن قرار گرفته (مطابق شکل ۱) بنا به تعریف زمان لازم برای رسیدن ولتاژ دوسر خازن به ۰/ ۶۳ ولتاژ اعمال شده را ثابت زمانی گفته و با τ نمایش می دهند . مقدار برابر حاصل ضرب بوده که از رابطه بالا قابل محاسبه است . چنانچه بعداز پرشدن کامل خازن باطری را از مدار حذف کنیم و کلید k را ببندیم بار خازن به تدریج تخلیه شده و تغییرات ولتاژ دوسر خازن از رابطه $V_c = V_o e^{\frac{-t}{Rc}}$ تبعیت می کند .



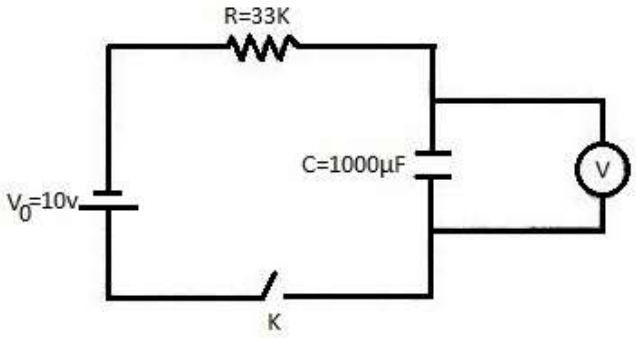
(مدار شکل ۲)

اجرای آزمایش :

الف) شارژ خازن :

۱) ابتدا خازن $1000\mu F$ را که در اختیار دارید کاملا تخلیه کنید (برای این کار کافی است دو سر خازن را با یک سیم به هم وصل کنید)

۲) مداری مطابق شکل (۳) ببندید (کلید k حتما باز باشد)



مدار شکل (۳)

۳) کلید k را بسته و همزمان با بستن آن کرونومتر را به کار بیندازید سپس هر ۵ ثانیه به ۵ ثانیه ولتاژ خازن را از روی ولتمتر خوانده تا به ۹ ولت برسد و در جدول زیر یادداشت کنید .

T(s)	
V_c	

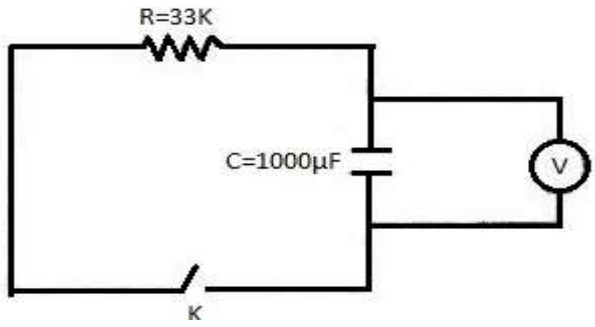
۴) با استفاده از جدول، منحنی شارژ خازن را روی کاغذ میلیمتری رسم کنید .

۵) با استفاده از نمودار رسم شده ثابت زمانی را به دست آورده از روی آن ظرفیت خازن را مجهول فرض کرده محاسبه کنید . مقدار خطای آزمایش را نیز محاسبه نمایید.

ب) دشارژ خازن :

۱) بعداز اینکه مطمئن شدید خازن کاملا شارژ شده است آن را در مداری مطابق شکل (۴) قرار دهید (کلید k حتما باز باشد)

مدار شکل (۴)



۲) کلید k را بسته و همزمان کرونومتر را به کار بیندازید سپس هر ۵ ثانیه به ۵ ثانیه ولتاژ خازن را از روی ولتمتر خوانده تا به نزدیک ۱ ولت برسد و در جدول زیر یادداشت کنید .

T(s)	
V_c	

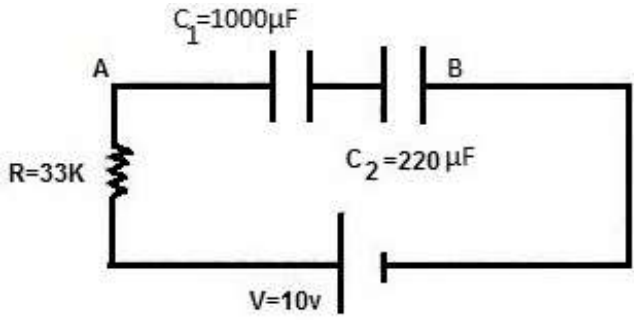
۳) با استفاده از جدول منحنی دشارژ خازن را در همان دستگاه مختصاتی که شارژ را رسم کرده اید رسم کنید .

۴) ثابت زمانی خازن را در نمودار دشارژ نیزبه دست آورده ظرفیت خازن را محاسبه کنید . مقدار خطای آزمایش را نیز محاسبه نمایید.

به هم بستن خازن ها :

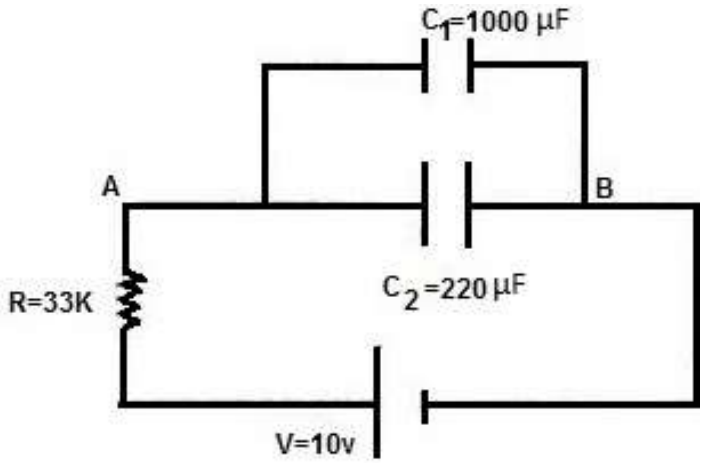
✓ **خازن های سری :**

برای تحقیق رابطه $\frac{1}{C}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}$ مداری مطابق شکل ببندید و شروع به شارژ کردن نمایید. تغییرات ولتاژ دو نقطه A و B را برحسب زمان اندازه گیری کرده و روی کاغذ میلیمتری رسم نمائید . از روی نمودار ثابت زمانی را محاسبه کرده و مقدار ظرفیت را از رابطه $\tau=RC$ بیابید . این مقدار را با مقداری که از رابطه $\frac{1}{C}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}$ محاسبه می شود مقایسه کنید .



✓ **خازن های موازی :**

برای تحقیق رابطه $C=C_1+C_2$ مداری مطابق شکل ببندید و شروع به شارژ کردن نمایید و تغییرات ولتاژ دو نقطه A و B را برحسب زمان اندازه گیری کرده و روی کاغذ میلیمتری رسم نمائید . از روی نمودار ثابت زمانی را محاسبه کرده و مقدار ظرفیت را از رابطه $\tau=RC$ بیابید . این مقدار را با مقداری که از رابطه $C=C_1+C_2$ محاسبه می شود مقایسه کنید .



آزمایش ۸ :

الف) بررسی میدان مغناطیسی در مرکز حلقه و چگونگی بستگی آن به شعاع و تعداد دورهای حلقه

ب) تعیین میدان مغناطیسی در امتداد محور یک سیم لوله طویل

الف) تئوری آزمایش :

شکل زیر حلقه ای رسانا به شعاع a را نشان می دهد که حامل جریان می باشد . باتوجه به قانون بیوساوار میدان مغناطیسی db ناشی از یک المان طولی dL که حامل جریان I می باشد عبارت است از :

$$db = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{dL}{r^2} \qquad (۱)$$

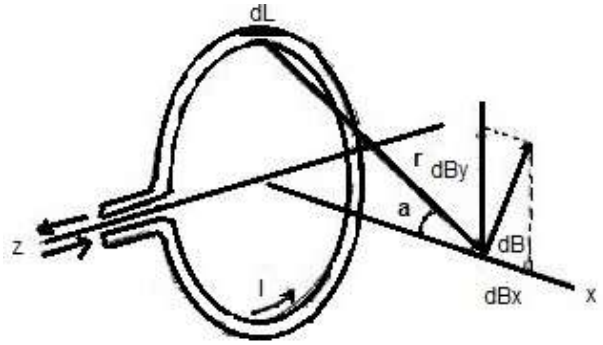
که در آن r فاصله المان مزبور تا نقطه p مورد نظر است $\mu_0 = 4\pi\times10^{-7}\frac{T.m}{A}$ با توجه به شکل زیر و استفاده از این قانون می توان نوشت :

$$dB = \frac{\mu_0.I}{4\pi}.\frac{dL}{a^2+x^2} \qquad (۲)$$

و مولفه های آن :

$$dB_x = dB\sin = \frac{\mu_0.I}{4\pi}.\frac{dL}{a^2+x^2}.\frac{a}{(a^2+x^2)^{\frac{1}{2}}} \qquad (۳)$$

$$dB_y = dB\cos = \frac{\mu_0.I}{4\pi}.\frac{dL}{a^2+x^2}.\frac{x}{(a^2+x^2)^{\frac{1}{2}}} \qquad (۴)$$



به دلیل تقارن محور X مجموع مولفه های عمود بر این محور می بایست برابر صفر باشد. به منظور یافتن مجموع مولفه های X از رابطه (۳) روی کل پیرامون حلقه انتگرال می گیریم نتیجه عبارت خواهد بود از :

$$B_x = B = \frac{\mu_0 . I a^2}{2(a^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}} \qquad (۵)$$

در مرکز حلقه (X=0) نتیجه نهایی زیر حاصل می آید :

$$B(X = 0) = \frac{\mu_0 . I}{2a} \qquad (۶)$$

این میدان تنها مربوط به حلقه ایده آل است . به ازای N حلقه داریم :

$$B = \frac{\mu_0 . \mathrm{N} I}{2a} \qquad (۷)$$

اجرای آزمایش :

۱) حلقه رسانا با یک دور را ($N = 1$) در محل پایه خود نصب کنید .

۲) با کمک مولد الکتریکی ، جریان الکتریکی ۵ آمپر را به اتصالات حلقه متصل کنید .

۳) با قرار دادن نوک پروب اندازه گیری میدان مغناطیسی درمرکز حلقه بزرگی میدان را اندازه بگیرید .

۴) با تعویض حلقه های مشابه ولی با دورهای $N = 2, N = 3$ مراحل ۲ و ۳ را تکرار نموده و جدول زیر را کامل کنید . R=(شعاع حلقه) cm

۳	۲	۱	N (دور)
			$B(mT)$

۵) با کمک این نتایج نمودار $B - N$ را رسم کرده و صحت رابطه (۷) را تحقیق کنید .

۶) آزمایش را با حلقه های تک دور دیگر ولی با شعاع های متفاوت و با شدت جریان ۵ آمپر تکرار کنید و میدان را در مرکز حلقه بیابید .

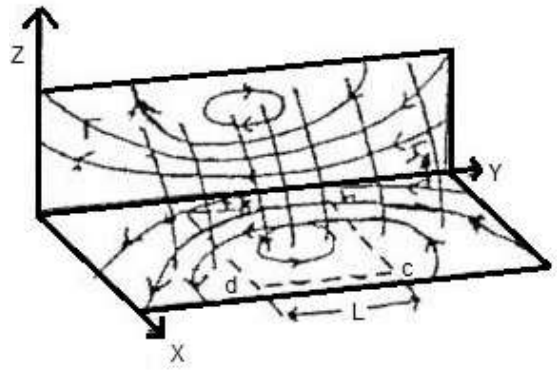
۷) جدول زیر را کامل کنید .

			$R(cm)$
			$B(mT)$

۸) با رسم نمودار صحت رابطه (۷) را تحقیق کنید .

ب) تئوری آزمایش :

سولونوئید (سیم لوله) سیم پیچ شده است و حامل جریان I است . برای سادگی ما در شکل زیر سیم لوله ای را نشان داده ایم که بیش از چند دور ندارد . همه دورها حامل جریان I هستند و میدان کل B در هر نقطه عبارت است از حاصل جمع برداری میدان های ناشی از تک تک دورها. این شکل خطوط را در صفحات XY, XZ نمایش می دهد .



در صورتی که طول سیم لوله در مقایسه با سطح مقطع آن بسیار کم باشد میدان در داخل سیم لوله در نزدیکی محور آن تا حد زیادی یکنواخت و به موازات محور است و میدان در خارج در حوالی میله سیم لوله بسیار ناچیز است به طوری که می توان از آن چشم پوشید . ($B = 0$)

با کمک قانون آمپر $\oint B.dL = \mu_0 I$ در مسیر بسته $abcd$ که با خط چین در شکل نشان داده شده است به این نتیجه می رسیم که بزرگترین میدان در داخل سیم لوله برابر است با : $B = \mu_0 NI$

که در آن B بزرگی میدان ، μ_0 ثابت تراوایی ، N تعداد دور در واحد طول و I جریان الکتریکی است . همان گونه که از شکل پیداست جهت خطوط میدان با قاعده انگشتان دست راست سازگار است .

اجرای آزمایش :

۱) مداری شامل منبع تغذیه ،آمپرمتر و سیم لوله ای به طول $L = 160mm$ و $R = 13mm$ و $N = 300$ ببندید .

۲) با استفاده از مولد الکتریکی جریان ۱ آمپر را به آن متصل کنید .

۳) نوک میله پروب را در مرکز سیم لوله قرار داده، B را توسط دستگاه سنجشگر اندازه بگیرید .

۴) با کمک میله پروب بزرگی میدان B را از ابتدا سیم لوله تا فاصله 10 سانتیمتری، سانتیمتر به سانتیمتر اندازه گرفته و همین کار را از ابتدای دیگر سیملوله تکرار کنید. منحنی $B-Z$ (که Z محور طولی سیم لوله است) را از $-10cm$ تا $+10cm$ رسم کنید .

۵) به طور کیفی آنچه از این نمودار متوجه میشوید در گزارشکار خود بنویسید .

$Z\,(cm)$	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0
$B\,(mT)$											

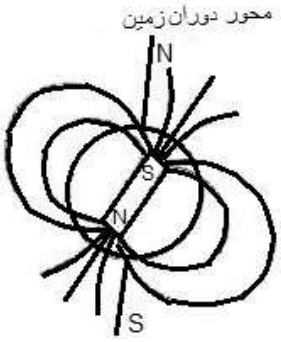
$Z\,(cm)$	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
$B\,(mT)$											

۶) میدان مغناطیسی را محاسبه و با مقدار تئوری مقایسه کنید و درصد خطا را محاسبه نمائید

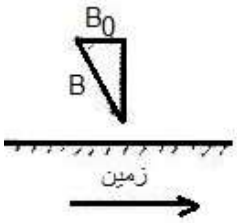
آزمایش ۹ :

تعیین مولفه افقی میدان مغناطیسی زمین به کمک حلقه حامل جریان

همان طور که می دانید زمین همانند آهنربایی عمل می کند نموداری از میدان مغناطیسی زمین را در شکل زیر نشان داده ایم .



همان گونه که از شکل پیداست بردار میدان مغناطیسی (B) در هر نقطه از فضا بر خط القای مغناطیسی مماس است . در نزدیکی سطح زمین در هر جا دارای یک زاویه با سطح افقی زمین است . هدف ما در این آزمایش تعیین مولفه افقی آن در محل آزمایش است .



برای این منظور از حلقه حامل جریان استفاده می کنیم می دانیم شدت میدان مغناطیسی در مرکز یک حلقه دایره ای شکل که شامل N دور سیم است و از آن جریان I عبور می کند از رابطه زیر به دست می آید :

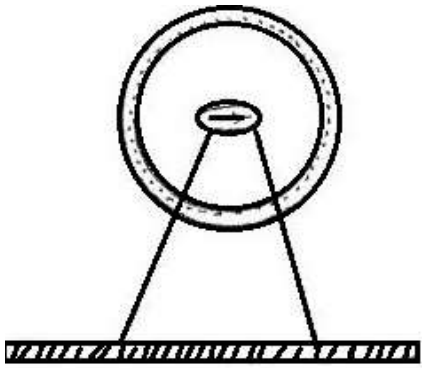
$$B = \frac{\mu_0 NI}{2R}$$

در این رابطه R شعاع حلقه است و μ_0 که تراوایی خلا نامیده می شود برابر است با : $4\pi \times 10^{-7} T.m/A$

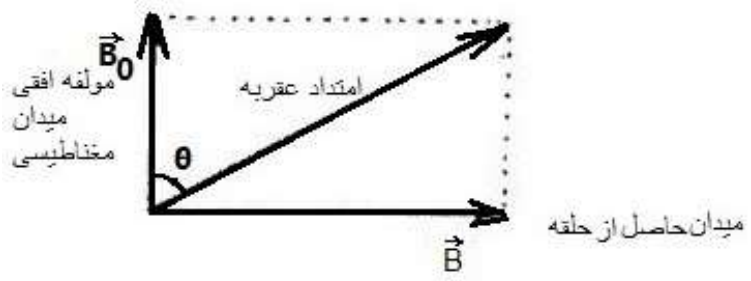
جهت میدان مغناطیسی را می توان به کمک قاعده دست راست تعیین کرد . بدین ترتیب که اگر جریان الکتریکی در حلقه در جهت چهار انگشت خمیده دست راست باشد جهت عمود بر سطح حلقه در جهت انگشت باز شصت خواهد بود . یکی از راه هایی که می توان برای تعیین مولفه افقی میدان مغناطیسی به کار برد روش گالوانومتر تانژانت است . این وسیله در حقیقت همان قطب نما است صفحه ی زیرین آن مدرج شده است و تحت تاثیر مولفه افقی (B) زمین سمت گیری می کند .

این قطب نما در مرکز حلقه مذکور قرار می گیرد .

گالوانومتر تانژانت



در صورتی که از سیم پیچ جریانی عبور نکند عقربه مغناطیسی تحت تاثیر B_0 به سمت شمل جغرافیایی زمین سمت گیری می کند اما در صورت برقراری جریان در سیم پیچ عقربه مغناطیسی تحت اثر دو میدان قرار می گیرد B_0 و B مربوط به حلقه حامل جریان در مرکز آن که بدیهی است در این حالت عقربه مغناطیسی در امتداد برآیند این دو میدان قرار خواهد گرفت .



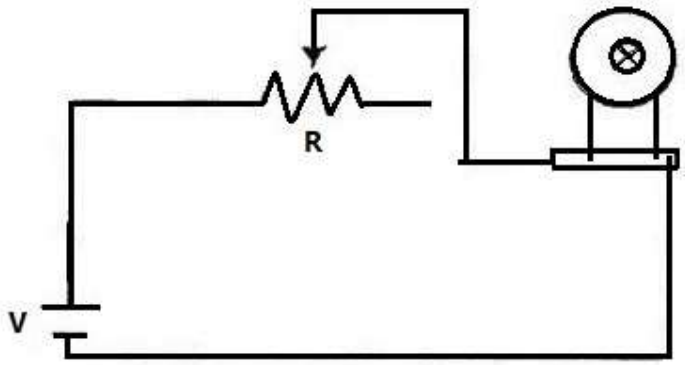
با توجه به شکل بالا بین کمیت های B_0 و B و θ رابطه زیر برقرار است :

$$\tan\theta = \frac{B}{B_0}$$

اجرای آزمایش :

۱) پایه های گالوانومتر تانژانت را آنقدر بچرخانید تا عقربه مغناطیسی قطب نما را که در حالت عادی در جهت جنوب به شمال جغرافیایی زمین سمت گیری کرده است در صفحه قرار بگیرد .

۲) مداری مطابق شکل زیر تشکیل دهید و سعی کنید اشیا فلزی و به خصوص آمپرسنج را دور از گالوانومتر قرار دهید در ابتدا کلید k حتما باز باشد .



۳) به ازای جریان های مختلف جدول زیر را تکمیل کنید(کلیدk بسته باشد)

$R = 10.5\,cm$ $N = 20$

$I(A)$	۰.۱	۰.۲	۰.۳	۰.۴	۰.۵
θ					
$\tan\theta$					
B					
B_0					

۴) میانگین B_0 را تعیین کنید .

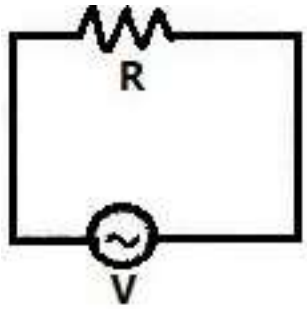
آزمایش ۱۰ :

مقاومت ، خازن ، القاگر در مدارهای AC

در بیشتر کاربردهای الکتریسیته از جریان ها و ولتاژهای متناوب استفاده می شود . ولتاژ جریانی که شرکتهای تولید برق در اختیار مصرف کننده قرار می دهند از این نوع است بسیاری از مطالبی که درباره مدارهای جریان مستقیم (DC) اطلاع داریم در مدارهای جریان متناوب (AC) نیز قابل استفاده اند . اما پیچه ها و خازن ها در مدارهای (AC) خواص متفاوتی از خود نشان می دهند . دراین آزمایش طرز رفتار مقاومت ها ، خازن ها و پیچه های القاگر را تحت شرایط جریان متناوب بررسی خواهیم کرد .

الف) مقاومت در مدارهای AC

دریک مدار ساده AC شکل زیر در لحظه جریان گذرنده از مقاومت برابر I و ولتاژ دوسر آن برابر V است . بنابراین طبق قانون اهم داریم :



$$V = RI$$

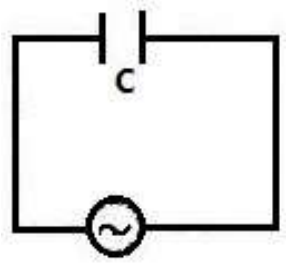
اما از آنجا که ولت سنج و آمپرسنج AC همواره مقدار موثر (r.m.s) را نشان می دهد می توان نتیجه گرفت:

$$V = RI$$

به این ترتیب معلوم می شود که معادله قانون آمپر در مدارهای AC نیز همانند مدارهای DC برقرار است . یک نکته مهم در این مدار این است که ولتاژ دوسر مقاومت و جریان هم فازند .

ب) خازن در مدارهای AC

در یک مدارساده AC شکل زیر از آنجا که خازن به هنگام پرشدن جریان کمی عبور می دهد و بالعکس به هنگام صفر شدن بار (ولتاژ) صفحات بیشترین جریان الکتریکی را از خود عبور می دهند لذا ولتاژ دوسر خازن همواره به مقدار ۱/۴ چرخه (سیکل) از جریان عبوری عقب تر است .



روشن است که خازن همیشه با عبور جریان مخالفت می کند مثلا در یک مدار DC خازن عبور جریان را کاملا متوقف می کند . این خاصیت ایستانندگی خازن را پاگیری(مقاومت) خازن می نامند . این کمیت را که با X_c نمایش می دهیم با ظرفیت (c) و بسامد چشمه ولتاژ (f) به صورت زیر ارتباط دارد .

$$X_c = \frac{1}{2\pi fc}$$

یکای این کمیت همان اهم (Ω) است .

این کمیت را با استفاده از ولتاژ و جریان موثر هر مدار به صورت زیر می توان بیان کرد .

$$V = X_c I$$

مشاهده می شود برای خازن هم رابطه ای مانند هم وجود دارد که در آن به جای R مقاومت ظاهری خازن (X_c) گذارده می شود .

ج) پیچه (القاگر) در مدارهای AC

هنگامی که جریان گذرنده از یک پیچه در حال تغییر باشد یک نیروی محرکه خودالقا در پیچه تولید می شود که با تغییر جریان مخالفت می کند .

در یک مدار ساده AC شکل زیر یک پیچه القاگر را به یک چشمه ولتاژ AC وصل کرده ایم ولتاژ سینوسی باعث عبور جریانی سینوسی از مدار می شود اما نیروی محرکه القا شده در پیچه القاگر با تغییر جریان

مخالفت می کند درنتیجه این امر عبور جریان از مدار را به تاخیر می افتد این نتیجه را میتوان چنین بیان کرد .

درمدار القاگر ولتاژ دوسر القاگر از جریان مدار به مقدار (۱/۴) چرخه (سیکل) جلوتر است در اینجا هم مانند مدارهای R,C با نوعی مقاومت روبه رو می شویم که آن را مقاومت ظاهری القایی می نامند.

این کمیت را با X_L نمایش می دهیم با ضریب خودالقایی (L) و بسامد چشمه ولتاژ به صورت زیر ارتباط دارد .

$$X_L = 2\pi fL$$

یکای این کمیت همان اهم (Ω) است .

یک جنبه مهم دیگر این نمایش مثلثی به زاویه ϕ مربوط می شود . می توان نشان داد که این زاویه با اختلاف فاز بین جریان گذرنده از مدار و ولتاژ دوسر آن برابر است .

از رابطه (۱) می توان نتیجه گرفت :

$$V = I\sqrt{R^2 + (X_L - X_c)^2}$$

توجه کنید که در اینجا هم به شکلی از قانون اهم می رسیم که در آن به جای R عامل ریشه دوم قرار گرفته است . این کمیت رادیکالی را مقاومت ظاهری مدار متوالی می نامیم وآن را با Z نمایش می دهیم .

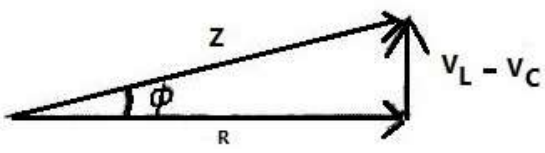
$$V = IZ$$

به طوری که :

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

این کمیت نیز با یکای اهم (Ω) اندازه گیری می شود .

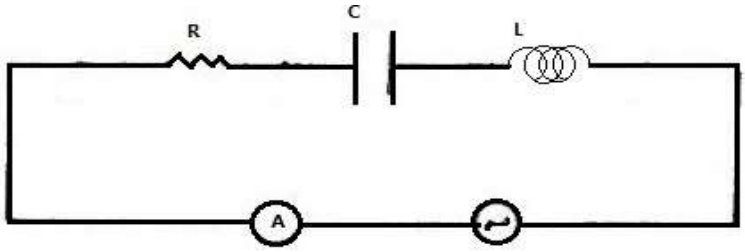
کمیت Z را می توان با مثلث قائم الزاویه زیر نشان داد :



زاویه ϕ در هر دو مثلث فاز نما یکسان است چرا ؟

د)تشدید در مدارهای متوالی RCL

مدار شکل زیر را در نظر می گیریم جریان گذرنده از مدار برابر است با :



$$I=\frac{V}{Z}=\frac{V}{\sqrt{R^2+(X_L-X_c)^2}}$$

اگر چشمه ولتاژ یک نوسانگر با بسامد متغیر باشد می توانیم جریان I گذرنده از مدار را برحسب f تعیین کنیم . در بسامدهای پایین مقدار X_c خیلی زیاد و مقدار X_L خیلی کم است . بنابراین مقدار I کوچک خواهد بود . رابطه بین ولتاژ موثر دوسر القاگر و جریان موثر عبوری از آن به صورت زیر است :

$$V=X_L I$$

مشاهده می شود برای القاگر هم رابطه ای مانند قانون اهم وجود دارد که در آن به جای R مقاومت ظاهری القاگر (X_L) گذارده می شود .

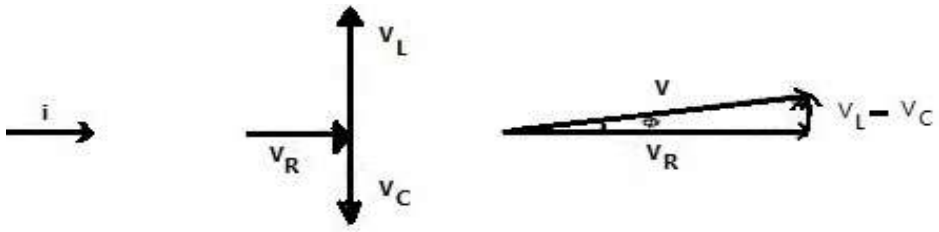
ه) عناصر متوالی R,L,C در مدارهای AC

با توجه به موارد ب و ج در مدارهای AC ولتاژهای V_c,V_L همیشه نسبت به یکدیگر به مقدار ۱۸۰ اختلاف فاز دارند و در نتیجه علامت های مختلف دارند . به همین دلیل این ولتاژها متقابلا اثر یکدیگر را خنثی می کنند . از آنجا که که ولت سنج های AC همیشه مقادیری مثبت را نشان می دهند . حاصل جمع ولتاژهای حاصل از ولت سنج های AC هیچ گاه صفر نمی شود . از این رو قاعده حلقه کیرشهف را نمی توان برای حاصل جمع ولتاژهای اندازه گیری شده توسط ولت سنج های AC نوشت . در مدارهای AC ولتاژ اندازه گیری شده در دو انتهای دو مولفه مدار متوالی همیشه با حاصل جمع ولتاژهای این دو مولفه برابر نیست . در مدار AC ولت سنجی که به دوسر مجموعه متوالی یک القاگر(سلف) و یک خازن وصل شده است مقداری معادل $|V_c-V_L|$ را نشان خواهد داد به طور کلی در یک محموعه AC اگر V_c,V_L و V_z مقادیر موثر ولتاژ در تک تک این مولفه ها باشد ولتاژ موثر V در دوسر مجموعه RCL از رابطه زیر به دست می آید

$$V=\sqrt{V_R^2-(V_L-V_c)^2}$$

این نتیجه را می توان با رسم بردارهای فازها به راحتی بیان کرد . ویژگی این بردارها این است که طول آنها بیانگر مقدار ولتاژ موثر عنصر مورد نظر و جهن آنها نسبت به مرجع (جریان الکتریکی مدار) نشان دهنده اختلاف فاز ولتاژ آن عنصر نسبت به جریان مدار می باشد .

شکل زیر وضعیت این فازها را نسبت به هم نشان می دهد .



در بسامدهای خیلی بالا با حالت معکوس روبرو می شویم یعنی X_c خیلی کم و خیلی زیاد می شود ولی مقدار i همچنان کوچک خواهد بود .

اما در یک بسامد میانی به حالتی می رسم که در آن $X_c = X_z$ می شود . در این صورت مقدار z کمترین مقدار ممکن خودیعنی R را خواهد داشت و در نتیجه جریان مدار به بیشترین مقدار ممکن می رسد .

بسامدی را که در آن جریان مدارLC به مقدار ماکزیمم می رسد بسامد تشدید می نامند . این بسامد که در حالت $X_c = X_z$ پدیدار می شود عبارت است از :

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

و) توان مصرف شده در مدارهای AC

توان مصرف شده در هر قسمت از مدار AC از رابطه زیر به دست می آید :

$$p = VI\cos\phi$$

کمیت $\cos\phi$ را ضریب توان قسمت موردنظر می نامند . این کمیت با توجه به شکل های صفحه های قبل عبارت است از :

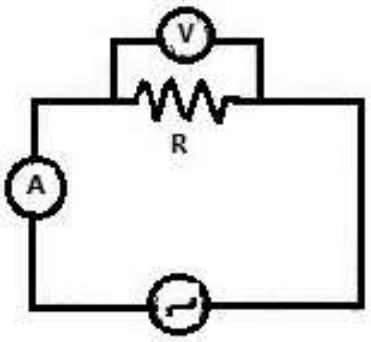
$$\text{ضریب توان} = \cos\phi = \frac{V_R}{V} = \frac{R}{z}$$

اجرای آزمایش :

الف)

۱) مدار ساده R و منبع ولتاژ AC را ببندید و به ازای ولتازهای مختلف و جریان مدار را اندازه بگیرید و جدول زیر را کامل کنید . $R=50\Omega$

$V\ (v)$			
$I\ (mA)$			
RI			



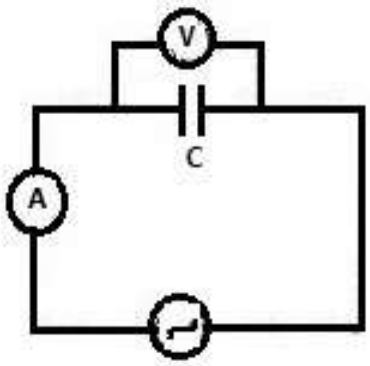
۲) درستی رابطه $V=RI$ را تحقیق کنید

ب)

۱) در مدار اول به جای R خازن C را قرار داده و به ازای بسامدهای مختلف منبع ولتاژ و جریان مدار را اندازه بگیرید و جدول زیر را کامل کنید .

$C=10\mu f$

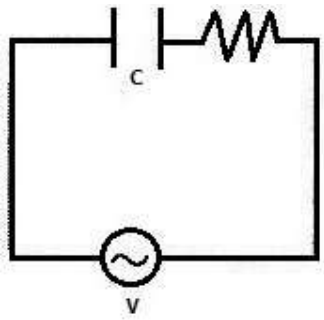
$f\ (Hz)$	100	500	1000
$I\ (mA)$			
X_c			
X_cI			
V			



۲) درستی رابطه $V=X_cI$ را تحقیق کنید .

۳) با قرار دادن مقاومت R به طور متوالی با خازن مدار RC را تشکیل دهید .

$f\ (Hz)$	100	500	1000
V_c			
V_R			
V			



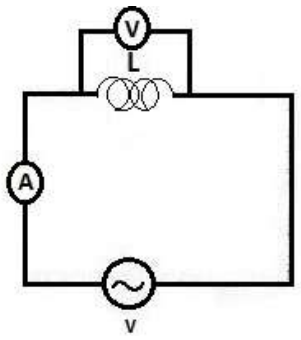
۴) به ازای بسامدهای فوق V_R و V_c را اندازه گرفته و درستی رابطه $V=\sqrt{{V_R}^2+{V_c}^2}$ را تحقیق نماید .

ج)

۱) مدار ساده القاگر(سلف) را در مدار زیر ببندید و به ازای بسامدهای مختلف منبع ولتاژ و جریان مدار را اندازه بگیرید و جدول زیر را کامل کنید .

$L=35mH$

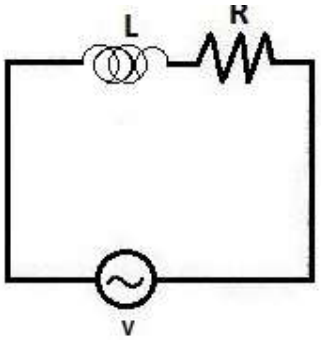
$f\ (Hz)$	100	500	1000
$I\ (mA)$			
X_L			
$X_L I$			
v			



۲) درستی رابطه $V=X_L I$ را تحقیق کنید .

۳) با قرار دادن مقاومت R به طور متوالی با القاگر مدار RLرا تشکیل دهید .

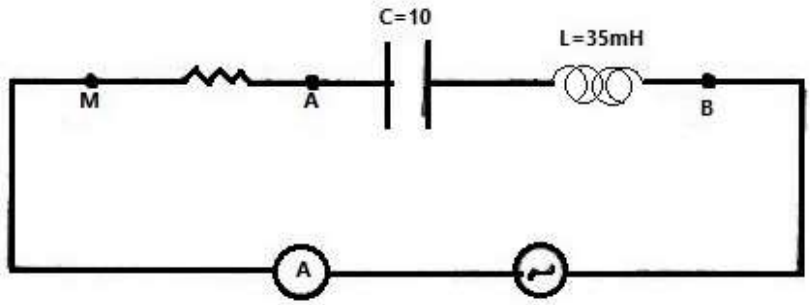
$f\ (Hz)$	100	500	1000
V_L			
V_R			
V			



۴) به ازای بسامدهای فوق V_R و V_c را اندازه گرفته و درستی رابطه $V=\sqrt{{V_R}^2+{V_L}^2}$ را تحقیق نماید .

د)

۱) عناصر R,C,L را به طور متوالی در مدار AC مطابق شکل زیر قرار دهید .



f	I	V_R	V_c	V_L	V_{AB}	V_{MB}

۲) با استفاده از ولت سنج AC موارد خواسته شده فوق را اندازه گرفته و درستی روابط زیر را تحقیق کنید .

$$V=\sqrt{{V_R}^2+(V_L-V_c)^2}$$
$$V_{AB}=|V_L-V_c|$$

۳) بسامد منبع ولتاژ(f) و جریان مدار (I)را یادداشت کرده و با آگاهی از مقادیرR,C,L مقاومت ظاهری (z) را تعیین کنید .

ه)

۱) در مدار RCL آزمایش قبلی با اطلاع از مقادیرC,L بسامد تشدید را از طریق نظری محاسبه کنید .

۲) با تغییر بسامد منبع ولتاژ حول این مقدار و جریان را اندازه بگیرید و جدول زیر را کامل کنید .

$f\ (Hz)$											
$I\ (mA)$											

۳) نمودار تغییرات I برحسب f را رسم و به کمک آن بسامد تشدید را تعیین کنید و با مقدار نظری محاسبه نمائید .

و)

۱) در یک بسامد دلخواه توان مصرفی در هر قسمت در مدار RCL آزمایش قبل را تعیین کنید .
$p = VI\cos\phi$

۲) در همین شرایط توان مصرفی کل مدار را حساب کنید .

۳) به کمک اطلاعات به دست آمده درستی اصل بقای انرژی را در مدار تحقیق نمائید .