

الف: دستورالعمل نحوه کار در آزمایشگاه فیزیک پایه ۲

کار در آزمایشگاه فیزیک پایه ۲ نیازمند رعایت یک سلسله مقررات خاصی می باشد تا بهترین نتیجه به منظور انجام تجربه ای عملی حاصل شود.

- ۱- حضور به موقع در ساعت مقرر در محیط آزمایشگاه مربوطه الزامی است.
- ۲- پیش مطالعه آزمایش تعیین شده به منظور تسلط کامل به انجام آزمایش مورد نظر ضروری است.
- ۳- رعایت نظم و ترتیب در انجام کار گروهی و مسئولیت پذیری در اجرای آزمایش مورد نظر.
- ۴- دقت در حفظ و نگهداری وسایل و دستگاه های آزمایشگاهی که در اختیار گروه گذاشته شده است.
- ۵- عدم تحرک بی جا در آزمایشگاه و عدم دخالت در اجرای آزمایش گروه های دیگر.
- ۶- داشتن نظم و ترتیب در موقع انجام آزمایش و رعایت سکوت و آرامش محیط آزمایشگاه.
- ۷- دقت در کاهش عوامل خارجی که بر روی نحوه اجرای آزمایش و ایجاد خطا اثر می گذارند.
- ۹- حفظ خونسردی در صورت بروز سانحه ای غیرقابل پیش بینی در محیط آزمایشگاه.
- ۱۰- توجه به نکات ایمنی نصب شده در محل آزمایشگاه و توصیه های ایمنی که توسط مربیان محترم مطرح می شود.
- ۱۱- آماده نمودن خود از پیش به منظور پاسخ گویی به پرسش های درسی آزمایش مربوطه.
- ۱۲- تمیز و مرتب نگاه داشتن محیط آزمایشگاه و میز کار مربوطه و دستگاه های آزمایشگاهی.
- ۱۳- پیش از کار با ابزار اندازه گیری، مطالعه دقیق نحوه کار آن ابزار.
- ۱۴- همراه داشتن لوازم نوشتاری مورد نیاز و ضروری نظیر خط کش، پرگار، ماشین حساب، کاغذ میلیمتری و ...
- ۱۵- پرهیز از تعجیل در اجرای آزمایش و داشتن اعتماد به نفس لازم جهت اجرای هر چه بهتر آزمایش.
- ۱۶- طرح پرسش های درسی و مطرح نمودن سؤالاتی که در حین آزمایش پیش می آید از مربیان محترم.

ب: نحوه ارائه گزارش کار آزمایشگاه

باید توجه داشته باشید که درصدی از نمره نهایی آزمایشگاهی شما مربوط به گزارش کارهای آزمایشگاهی می‌باشد. لذا ضمن رعایت تمیزی و مرتب نوشتن نتایج باید اطلاع داشته باشید که تحویل به موقع گزارش کارها نیز در نمره نهایی بی‌تأثیر نخواهد بود. هرگونه کپی‌برداری از نوشته دیگران از ارزش کار و اعتماد به نفس شما خواهد کاست.

۱. جهت ارائه گزارش کار لازم است یک دفترچه ۸۰ یا ۱۰۰ برگ تهیه شود.
۲. پس از انجام هر آزمایش نتایج آن در دفترچه مذکور درج و قبل از ترک آزمایشگاه به تایید مسوولین آزمایشگاه برسد (گزارش کار ساده). گزارش کار کامل یک هفته بعد از انجام آزمایش بصورت گروهی توسط دانشجویان تهیه‌شده و به مسوولین جهت تصحیح ارائه می‌گردد.
۳. درج فهرست گزارش کار آزمایشها با ذکر شماره صفحه ضروری می‌باشد.
۴. توجه شود که هر دو گزارش ساده و گزارش کامل باید در یک دفتر نوشته شده‌باشد تا مورد تایید قرار گرفته و تصحیح شود.

◀ خصوصیات یک گزارش کار کامل:

- ☒ درج عنوان آزمایش در شروع گزارش
- ☒ درج نام تهیه‌کننده و همکاران و تاریخ انجام آزمایش
- ☒ درج نام مدرسین آزمایشگاه
- ☒ درج تاریخ تحویل گزارش
- ☒ ارائه مقدمه شامل مطالب اصلی و اهداف آزمایش
- ☒ درج تئوری آزمایش به صورت مختصر و کافی
- ☒ توضیح مختصر چگونگی انجام آزمایش
- ☒ درج نتایج آزمایش به صورت جدول و رسم نمودار در صورت لزوم
- ☒ انجام و نمایش محاسبات لازم
- ☒ پاسخ به پرسشها
- ☒ محاسبه خطاها

نمونه یک گزارش کار کامل موردنظر را می‌توانید در آزمایشگاه ملاحظه کنید.

پ: مفاهیم، تعاریف و اصول اولیه یک آزمایش

◀ اهمیت و مفهوم خطا

اندازه گیری دقیق یک کمیت در یک آزمایش به دلیل وجود عوامل زیادی که مانع رسیدن ما به مقدار واقعی آن کمیت می‌شوند، از قبیل: وسایل اندازه گیری کمیات، شخص آزمایشگر، عوامل پیچیده و متغیر محیطی مانند دما و فشار و... امکان پذیر نیست.

با اینکه اندازه گیری دقیق یک کمیت امکان ندارد اما داشتن تخمینی از خطای یک کمیت از اهمیت خاصی برخوردار است. زیرا که داشتن دقیق خطای یک کمیت معادل داشتن دقیق آن کمیت است. اصولاً کم کردن خطاهای موجود در یک آزمایش همیشه کار ساده‌ای نیست. به این خاطر اگر آزمایشی برای مقاصد خاصی انجام می‌شود باید ببینیم به چه دقتی احتیاج است تا دچار زحمت مضاعف و بیهوده نشویم. به طور کلی خطاها به دو دسته تقسیم می‌شوند:

۱. خطاهای کاتوره ای (تصادفی) - ناشی از تمام عواملی که تاثیر آنها مستقل از کمیات موجود در آزمایش است. از قبیل: تغییرات دما، رطوبت، تغییرات جریانات برق، خطاهای شخص آزمایشگر مانند خطاهای حاصل در به کار انداختن زمان سنج و توقف آن و...
۲. خطاهای سیستماتیک (ذاتی) - ناشی از تعدی واقعیات آزمایش از مفروضات نظری. از قبیل: معیوب بودن وسیله اندازه گیری و...

◀ خطای مطلق

چنانچه بخواهیم کمیتی را در یک آزمایش مورد اندازه گیری قرار دهیم، دو حالت وجود دارد. یا مقدار دقیق و واقعی کمیتی را که می‌خواهیم اندازه‌گیری کنیم، داریم و یا نداریم.

در حالت اول اگر مقدار واقعی آن کمیت را با X نمایش دهیم و مقدار بدست آمده از آزمایش را با X' در این صورت خطای مطلق آزمایش ε بنا به تعریف عبارت است از:

$$\pm \varepsilon = X - X'$$

در حالت دوم بدلیل آن که مقدار واقعی را نداریم چاره‌ای جز تکرار آزمایش نیست. در این حالت دست آوردن درست یک کمیت چند بار باید اندازه گیری انجام شود. اگر اعداد به دست آمده را $x_1, x_2, \dots, x_n$ بنامیم، آنگاه مقدار مناسب کمیت مورد نظر میانگین این اعداد می‌باشد.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

در این صورت این مقدار میانگین را بصورت مقدار واقعی کمیت مورد نظر در نظر می‌گیریم. (با این شرط که مقادیر انحراف معیار σ_m ، یعنی مقادیری که با سایر مقادیر بسیار فاصله دارند را از مقدار میانگین حذف کنیم).

$$\sigma_m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n(n-1)}}$$

در غیر این صورت، σ_m می‌تواند خطای تخمینی خوبی برای میانگین مقادیر اندازه گیری شده باشد. بنابراین در نهایت مقدار درست کمیت مطلوب به شکل زیر نوشته می‌شود:

$$\bar{X} \pm \sigma_m$$

خطای مطلق نیز در این صورت به صورت زیر قابل محاسبه است:

$$\pm \varepsilon_i = [\bar{X} \text{ or } (\bar{X} \pm \sigma_m)] - x_i$$

خطای نسبی و درصد خطای نسبی

بنا به تعریف قدر مطلق خطای مطلق تقسیم بر مقدار واقعی را خطای نسبی می‌نامند:

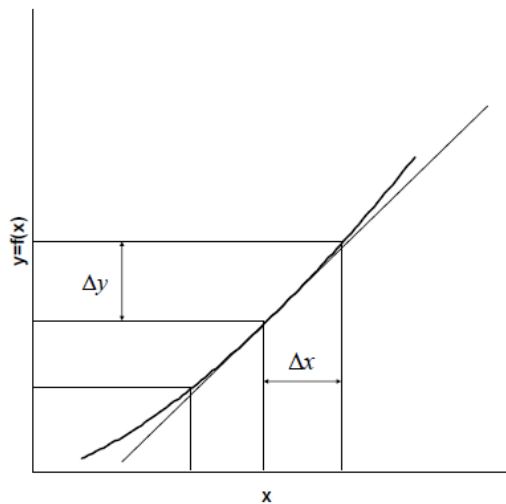
$$\text{خطای نسبی} = \left| \frac{X - \bar{X}}{X} \right| = \left| \frac{\pm \varepsilon}{X} \right|$$

همچنین بنا به تعریف حاصل ضرب خطای نسبی در ۱۰۰ را که آن را بصورت درصد نشان می‌دهند درصد خطا و یا درصد خطای نسبی می‌نامند:

$$\text{درصد خطای نسبی} = \left| \frac{X - \bar{X}}{X} \right| \times 100 = \left| \frac{\pm \varepsilon}{X} \right| \times 100$$

◀ محاسبه خطا در توابع تک متغیره:

در حالتی که f تابعی فقط از یک کمیت باشد یعنی $y = f(x)$ ، با توجه به شکل (۱) وقتی x به اندازه Δx تغییر کند، آنگاه y به اندازه Δy تغییر میکند. اگر Δx کوچک باشد همانطور که از روی شکل دیده می‌شود، Δy از رابطه زیر بدست می‌آید:



شکل (۱)

$$\Rightarrow \Delta y = \frac{df(x)}{dx} \Delta x$$

$\frac{df}{dx}$ در حقیقت شیب خط مماس بر منحنی در نقطه x است.

◀ محاسبه خطا در توابع چند متغیره:

در حالتی که f تابعی از چند کمیت باشد یعنی $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ ، آنگاه:

$$(\Delta y)^2 = \left(\frac{\partial f}{\partial x_1} \Delta x_1 \right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x_2} \Delta x_2 \right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial x_n} \Delta x_n \right)^2$$

که در این رابطه $\frac{\partial f}{\partial x_n}$ به مشتق جزئی f نسبت به x_n معروف است.

مثال:

$$y = ax + b \Rightarrow \frac{dy}{dx} = a \Rightarrow \Delta y = a \Delta x$$

$$y = x_1 + x_2 \Rightarrow (\Delta y)^2 = (\Delta x_1)^2 + (\Delta x_2)^2$$

◀ محاسبه خطا به روش لگاریتمی

از این روش اغلب برای محاسبه مقدار خطا در اندازه گیری مقدار یک کمیتی که به دلایل مختلف فقط امکان یک بار آزمایش جهت تعیین آن کمیت وجود دارد، استفاده می‌شود. برای درک بهتر این روش را در یک مثال توضیح می‌دهیم.

فرض کنید می‌خواهیم با استفاده از رابطه فیزیکی $y = \frac{1}{2}gt^2$ و ابزارهای اندازه گیری طول (با دقت ۰/۰۰۱) و زمان‌سنج (با دقت ۰/۰۱) مقدار شتاب گرانش را فقط با یک بار آزمایش در منطقه‌ای اندازه بگیریم. پس از آزمایش نتایج روبه‌رو بدست آمده است: $(y = 10m, t = 2.4s)$. اینک می‌خواهیم از روش لگاریتمی مقدار خطای شما در اندازه گیری g را بدست آوریم. به این منظور ابتدا رابطه تئوری مورد نظر را بر حسب کمیتی که می‌خواهیم مقدار خطای آنرا محاسبه کنیم، مرتب می‌کنیم:

$$g = \frac{2y}{t^2}$$

سپس از طرفین رابطه در مبنای طبیعی لگاریتم می‌گیریم:

$$\ln g = \ln 2 + \ln y - 2 \ln t$$

حال از رابطه بالا دیفرانسیل جزئی می‌گیریم. یعنی تغییرات هر یک از پارامترهای موجود رابطه را نسبت به خودش در نظر می‌گیریم:

$$\frac{\Delta g}{g} = \frac{\Delta 2}{2} + \frac{\Delta y}{y} - 2 \frac{\Delta t}{t}$$

مقادیر ثابت را که نسبت به خودشان تغییراتشان برابر با صفر است، حذف کرده و چون حداکثر خطا را می‌خواهیم محاسبه کنیم، کلیه علامت‌های منفی را به مثبت تبدیل می‌کنیم:

$$\frac{\Delta g}{g} = \frac{\Delta y}{y} + 2 \frac{\Delta t}{t}$$

اینک در سمت راست معادله بدست آمده اخیر بجای Δ ها دقت اندازه‌گیری و بجای کسرها مقادیر بدست آمده از آزمایش را قرار می‌دهیم:

$$\frac{\Delta g}{g} = \frac{0.001}{10} + 2 \frac{0.01}{2.24} = 0.0081 \Rightarrow \left| \frac{\Delta g}{g} \right| \times 100 = 0.81 \%$$

یعنی با توجه به دقت اندازه‌گیری در آزمایش فوق درصد خطای نسبی در محاسبه برابر با ۰/۸۱ درصد بوده است لذا با یک نسبت‌گیری ساده:

$$\left. \begin{matrix} 100 & 0.81 \\ 10 & x \end{matrix} \right\} \Rightarrow x = \frac{8.1}{100} = 0.081\%$$

در می‌یابیم که مقدار g واقعی در آزمایش موردنظر با توجه به یک بار اجرای آزمایش برابر بوده است با:

$$g = 10 - 0.081 = 9.919 \frac{m}{s^2} \text{ واقعی}$$

به این ترتیب با مثالی که در بالا آورده شد، می‌توان به منظور تحقیق نتایج ناشی از یک رابطه فیزیکی از روش محاسبه خطا به روش لگاریتمی استفاده نمود.

◀ حساسیت:

حساسیت به آزمایشگر بر می‌گردد و بنا به تعریف عبارتست از عکس خطای نسبی کل. بدین معنی که هر قدر خطای نسبی کل بیشتر باشد، آزمایشگر آزمایش را با حساسیت کمتری که از خود نشان داده، انجام داده است.

◀ دقت:

دقت به ابزار اندازه‌گیری بر می‌گردد و بنا به تعریف عبارتست از حداقل مقداری که می‌توان به کمک یک دستگاه اندازه‌گیری کرد مثلاً کولیس با دقت ۰/۰۰۰۱ متر یا زمان‌سنج با دقت ۰/۰۱ ثانیه و...

(تعداد فواصل مساوی بین آن دو عدد) ÷ (فاضل دو عدد متوالی روی دستگاه اندازه‌گیری) = دقت ابزار اندازه‌گیری

نکته:

در محاسبه درصد خطا بدلیل آن که از نظر فیزیکی خطای صفر درصد معنی ندارد، در صورتیکه در جواب نهایی بدست آمده توسط آزمایشگر خطا صفر درصد باشد، در این صورت دقت ابزار اندازه‌گیری به عنوان درصد خطا در نظر گرفته می‌شود.

◀ سیستم‌های اندازه گیری:

پیش از شروع به اجرای آزمایش ابتدا باید تصمیم گرفت که مقادیر عددی محاسبه در چه دستگاهی اندازه‌گیری و اجرا شوند. به دستگاه اندازه‌گیری «سیستم اندازه‌گیری» نیز می‌گویند. سه نوع سیستم اندازه‌گیری در دنیا مرسوم است:

۱- سیستم اندازه‌گیری بین‌المللی SI یا $M.K.S$ (متر، کیلوگرم، ثانیه) که بسیار تلاش می‌شود کلیه کشورهای جهان از آن پیروی کنند.

۲- سیستم اندازه‌گیری $C.g.S$ (سانتی‌متر، گرم، ثانیه) که زیر مجموعه‌ای است از سیستم SI .

۳- سیستم اندازه‌گیری $f.Lbs$ (فوت «۰/۳۳ متر»، پوند «۰/۴۵۸ کیلوگرم»، ثانیه).

◀ انواع کمیت‌ها:

در فیزیک کمیت‌ها به دو گروه تقسیم می‌شوند:

۱- اصلی: کمیت‌هایی که مبنای تعریف سایر کمیت‌ها هستند و خود بطور مستقل بیان می‌شوند. نظیر طول، جرم، زمان.

۲- فرعی: کمیت‌های که وابسته به کمیت‌های اصلی هستند و از ترکیب کمیت‌های اصلی بدست می‌آیند. نظیر نیرو، جرم حجمی، شتاب و ...

کمیت‌های اصلی و فرعی و یکای آنها در اغلب در فهرست انتهای کتاب‌های فیزیک پایه ذکر شده‌اند.

◀ ارقام معنادار و قوانین حاکم بر آنها:

ارقام معنادار به ارقامی گفته می‌شود که در حد دقت ابزار اندازه‌گیری هستند. در حقیقت برای آنکه دقت کمیتی را بیان کنیم، به همراه کمیت مقدار خطای آن را نیز می‌نویسیم: $x \pm \varepsilon$. اما با به کار بردن مفهوم ارقام معنادار دقت یک کمیت در مقدار بیان شده آن مستتر است. برای مثال وقتی می‌گوییم که طول یک میز ۱۲۳ cm است، به طور ضمنی به خطای آن که برابر ۱ cm است هم اشاره کرده‌ایم. به عبارتی طول میز برابر است با: $123 \pm 1 \text{ cm}$. در ادامه به چند قانون مهم در مورد ارقام با معنی اشاره می‌شود.

۱. تعداد رقم های اعشار مجموع یا تفاوت دو کمیت برابر تعداد رقمهای اعشار کمیتی است که کمترین رقم اعشار را دارد.

$$\text{مثال: } 45.0\text{cm} + 22\text{cm} = 67\text{cm}$$

۲. تعداد ارقام معنا دار حاصلضرب یا نسبت دو کمیت برابر تعداد ارقام معنادار کمیتی است که کمترین ارقام معنادار را داراست.

$$\text{مثال: } 2.3\text{cm} \times 4.33\text{cm} = 10\text{cm}$$

نکات مهم:

۱. در محاسبات طولانی شامل چندین جمع و تفریق و ضرب و تقسیم، محاسبات را به طور کامل انجام داده و قوانین را روی نتیجه نهایی اعمال کرده و در صورت لزوم جاصل را گرد می‌کنیم.
۲. تفاوت ریاضی آزمایشگاهی با ریاضی معمولی در این است که در آزمایشگاه به هیچ وجه حق نداریم بیش از ارقام با معنی در جواب آزمایش رقم بیاوریم، چنانچه در حین آزمایش با چند دستگاه اندازه‌گیری سر و کار داشته باشیم مقدار رقم با معنی که باید در نظر گرفته شود، معمولاً در حد بالاترین دقت اندازه‌گیری در میان دستگاه‌ها باید باشد
۳. توجه داشته باشید که از دیگر تفاوت‌های ریاضی آزمایشگاهی با ریاضی معمولی آن است که در نوشتن مقادیر عددی در آزمایشگاه حتماً باید نماد (دیمانسیون یا بعد) عدد مربوطه در مقابل آن ثبت شود. اگر جواب بدست آمده مربوط به یک ضریب یا عدد ثابت است باید حتماً در مقابل آن کلمه ضریب ثابت قید شود.

◀ نمودارها در آزمایشگاه

نمودارها نمایش دهنده رابطه یک کمیت وابسته با یک (نمودار دو بعدی) یا دو کمیت (نمودار سه بعدی) مستقل است. به طور کلی نمودارها بیانگر رفتارهای کلی کمیات در مقادیر مختلف (مانند خطی یا غیر خطی بودن و...) می‌باشند. همچنین به کمک نمودارها می‌توان روابط بین کمیات را در محدوده‌های مختلف حدس زد. هنگام کار در آزمایشگاه وقتی برای اندازه‌گیری صحیح یک کمیت مجبوریم به دفعات آزمایش را تکرار

کنیم، لاجرم با حجم عظیمی از داده‌ها و در نتیجه محاسبات متعدد و مکرر روبه‌رو خواهیم شد. در این وضعیت بهتر است که برای بیان نتایج و تحلیل رفتار تغییرات کمیت مورد نظر از نمودارها کمک بگیریم.

در آزمایش‌ها با تغییر یکی از کمیت‌ها (متغیر) مقدار کمیت‌های دیگر (تابع) را بدست آورده و در جدول ثبت می‌نماییم. معمولاً از دستگاه مختصات دکارتی استفاده کرده و متغیرها را روی یک محور (محور X ‌ها) و توابع متناظر را روی محور دیگر (محور Y ‌ها) نقطه‌یابی کرده و نقاط را به یکدیگر متصل می‌کنیم. لازم به ذکر است که لزومی ندارد خط رسم شده از کلیه نقاط عبور کند بلکه کفایت بهترین خط ممکن در نمودار رسم شود. چنانچه چند نقطه از نتایج در زیر خط و چند نقطه در بالای خط مورد نظر قرار گیرند، شرط آنکه آن منحنی بهترین منحنی باشد اینست که:

$$\sum_{i=1}^n x_i - \sum_{i=1}^n x'_i = \min$$

یعنی تفاضل مجموع فواصل بالای خط تا خط و مجموع فواصل نقاط پایین خط تا خط، حداقل مقدار ممکن باشد. بخش‌های مختلفی که حتماً می‌بایست در یک نمودار علمی لحاظ شوند، عبارتند از:

۱. عنوان: شامل شماره نمودار و توضیحی در مورد آن است.
۲. محورها: محور افقی متعلق به کمیت مستقل X و محور عمودی متعلق به کمیت وابسته $y = f(x)$ می‌باشد.
۳. درجه‌بندی محورها: هر محور باید دارای مبدا و مدرج باشد البته ممکن است مبدا آن در نمودار قرار نگیرد اما محورها باید طوری مقیاس‌بندی شوند که بخش اعظم داده‌ها نمودار را اشغال کنند.
۴. نام کمیت متعلق به هر محور و واحد آن کمیت
۵. خطوط خطا: مربوط به خطاهای کمیت‌های مستقل و وابسته که رسم این خطوط همیشه لزومی ندارد اما برای تعیین معادلات حاکم بر نمودار سودمند هستند.
۶. بهترین خط یا منحنی (تابع عبوری)
۷. جعبه راهنما: در صورت نیاز

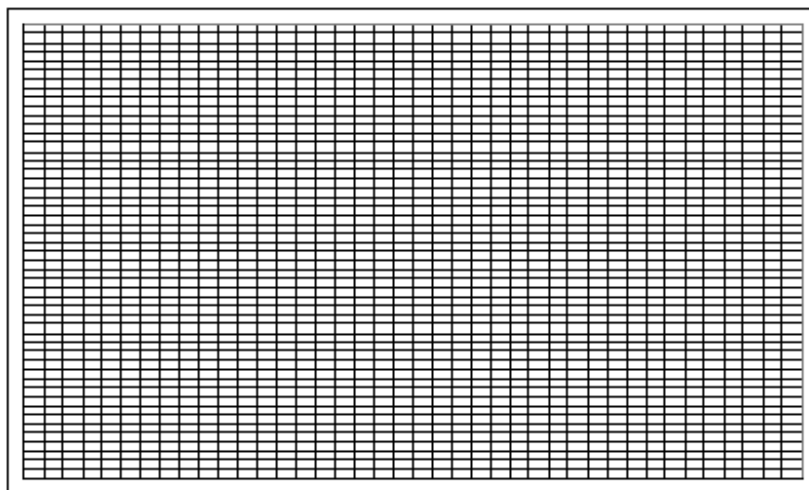
◀ انواع کاغذ رسم نمودار

نوع کاغذ رسم بکار برده شده در آزمایشگاه، به نوع معادله ریاضی که با آن سرو کار داریم بستگی دارد. در هر حالت هدف بدست آوردن یک نمودار خطی است تا با استفاده از شیب آن نمودار یک نتیجه فیزیکی به دست

آورده شود. اما مشکل اینست که همه نمودارها خطی نیستند. می‌توان کلکی زد و درجه بندی محورها را طوری دستکاری کرد تا نمودار حاصل ظاهراً به شکل یک خط درآید. در ادامه سه نوع متداول از انواع کاغذهایی را که برای رسم نمودار در آزمایشگاه مورد استفاده قرار می‌گیرند را به اختصار توضیح می‌دهیم.

۱. کاغذ میلیمتری:

چنانچه معادله فیزیکی مورد نظر به صورت خطی باشد یعنی $y = f(x) = ax + b$ در اینصورت اینگونه معادله و نظیر آنرا روی کاغذ میلیمتری رسم می‌نمائیم و از رابطه $\tan a = y/x$ یا به عبارتی شیب نمودار می‌توان یک نتیجه فیزیکی بدست آورد.



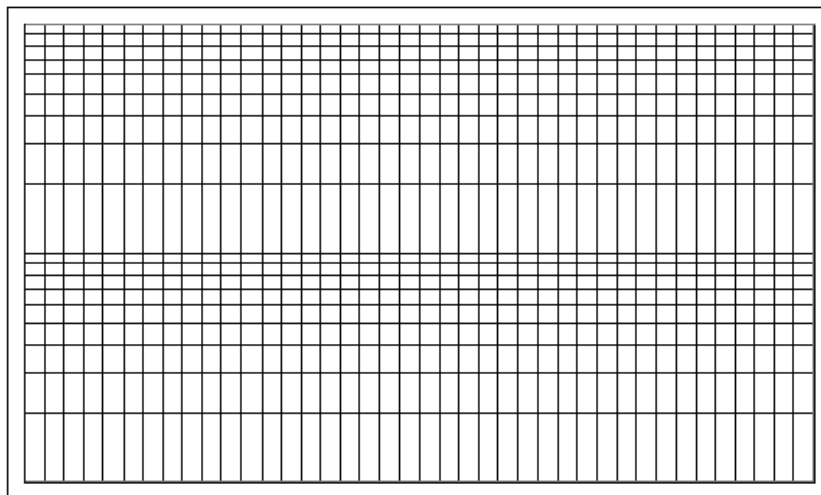
شکل (۲): کاغذ میلیمتری

۲. کاغذ نیم‌لگاریتمی

با لگاریتم‌گیری از طرفین معادله توابعی که به صورت نمایی هستند مانند $y = f(x) = ae^{bx}$ در مبنای طبیعی ملاحظه می‌شود که:

$$\ln y = \ln a + bx$$

تغییرات x عادی و y لگاریتمی خواهد بود. در این صورت y در روی محور لگاریتمی اینگونه کاغذها باید رسم شود تا نتیجه یک خط راست باشد. لازم به ذکر است که برای تعیین $\tan a$ در این نوع نمودارها طول y را در طول یک دوره (از ۰ تا ۰ بعدی محور لگاریتمی یعنی در ضریب ثابت $3/2$ طول دوره) ضرب می‌کنیم.



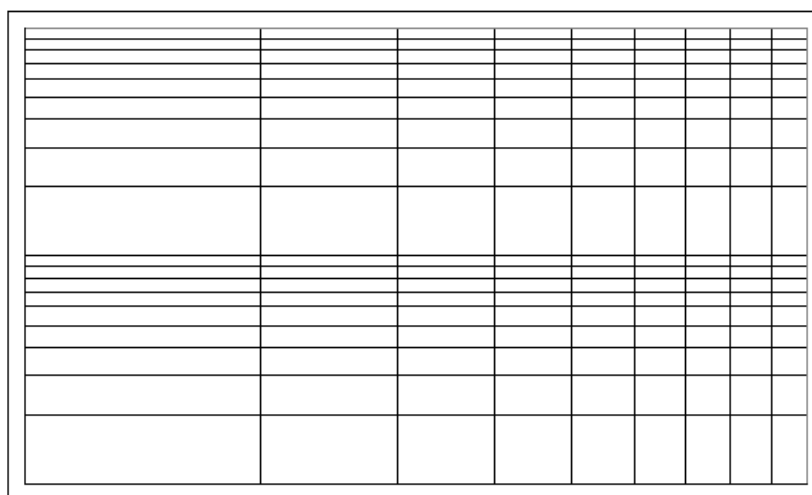
شکل (۳): کاغذ نیم‌لگاریتمی

۳. کاغذ تمام لگاریتمی

اگر از طرفین معادله توابعی که به صورت $y = f(x) = ax^b$ هستند، لگاریتم طبیعی گرفته شود، داریم:

$$\ln y = \ln a + b \ln x$$

اینگونه معادلات را بر روی کاغذهای تمام لگاریتمی رسم می‌کنیم.

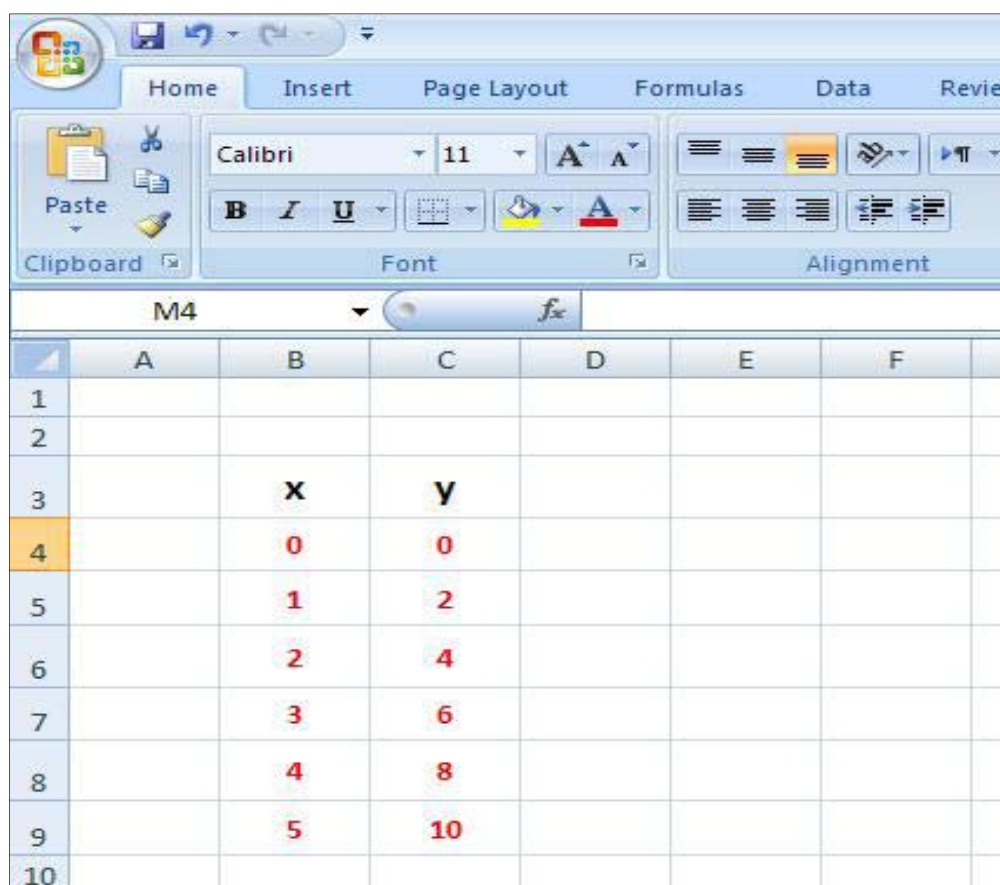


شکل (۴): کاغذ تمام لگاریتمی

رسم نمودار به کمک نرم افزار Excel

نرم افزار Excel از جمله نرم افزارهایی است که به کمک آن شما می‌توانید در محیط آن تمامی گزارش کار خود را بنویسید. همچنین این نرم افزار به شما امکانات لازم جهت درج داده‌های آزمایش به صورت طبقه‌بندی شده، انجام محاسبات مورد نیاز و از همه مهمتر رسم نمودارهای مربوطه را می‌دهد. در ادامه به طور مختصر و مفید روش رسم نمودار در این نرم افزار توضیح داده می‌شود.

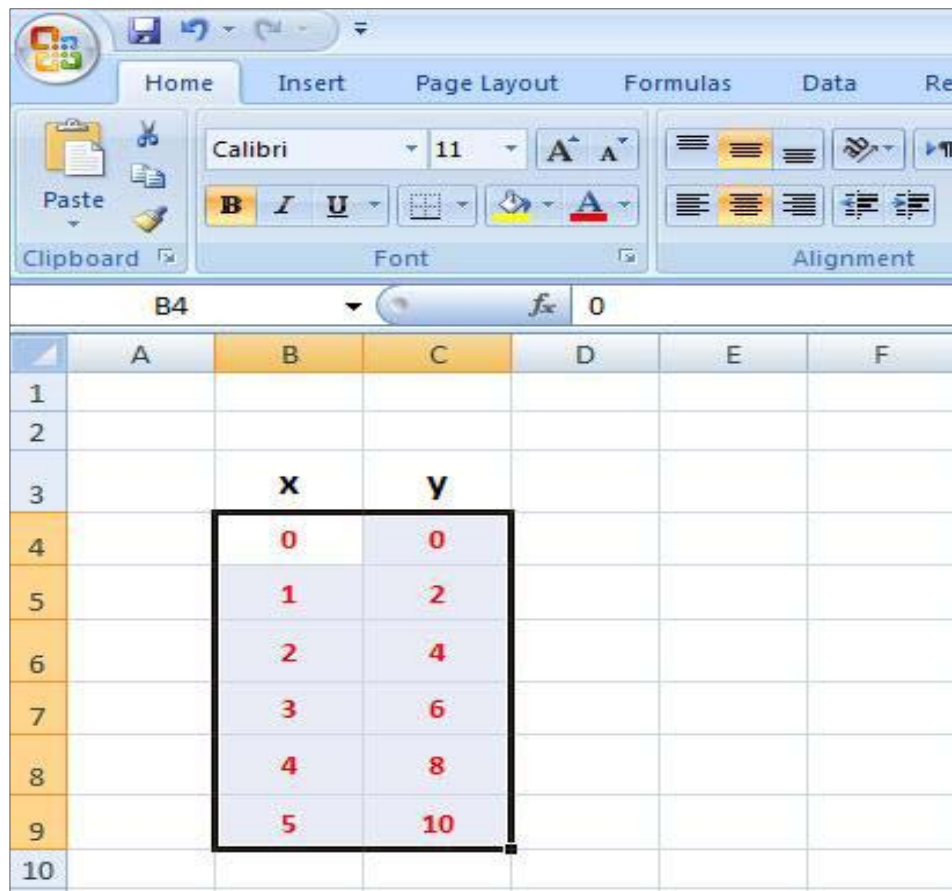
اگر داده‌های یک آزمایش در اختیار باشند، برای رسم نمودار کافی است مقادیر X و Y مربوط به آزمایش را در دو ستون مجزا بترتیب مطابق شکل زیر در خانه‌های یک صفحه کاری (Sheet) اکسل وارد کنیم.



	A	B	C	D	E	F
1						
2						
3		X	Y			
4		0	0			
5		1	2			
6		2	4			
7		3	6			
8		4	8			
9		5	10			
10						

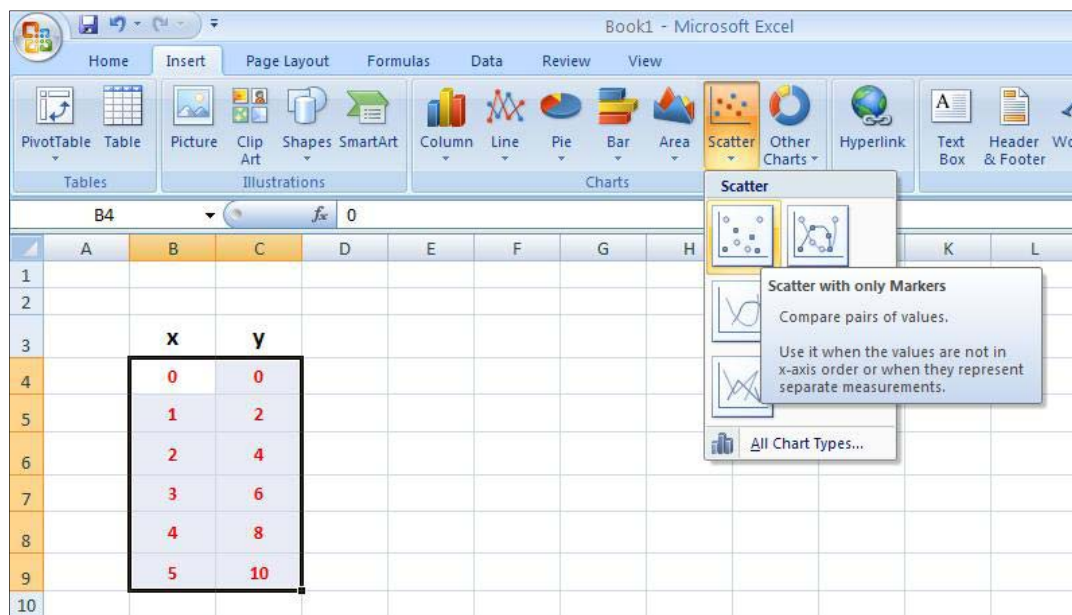
شکل (۵): وارد کردن داده‌ها در صفحه اکسل

سپس هر دو ستون داده‌ها را (X, Y) مطابق شکل (۶) انتخاب می‌کنیم.



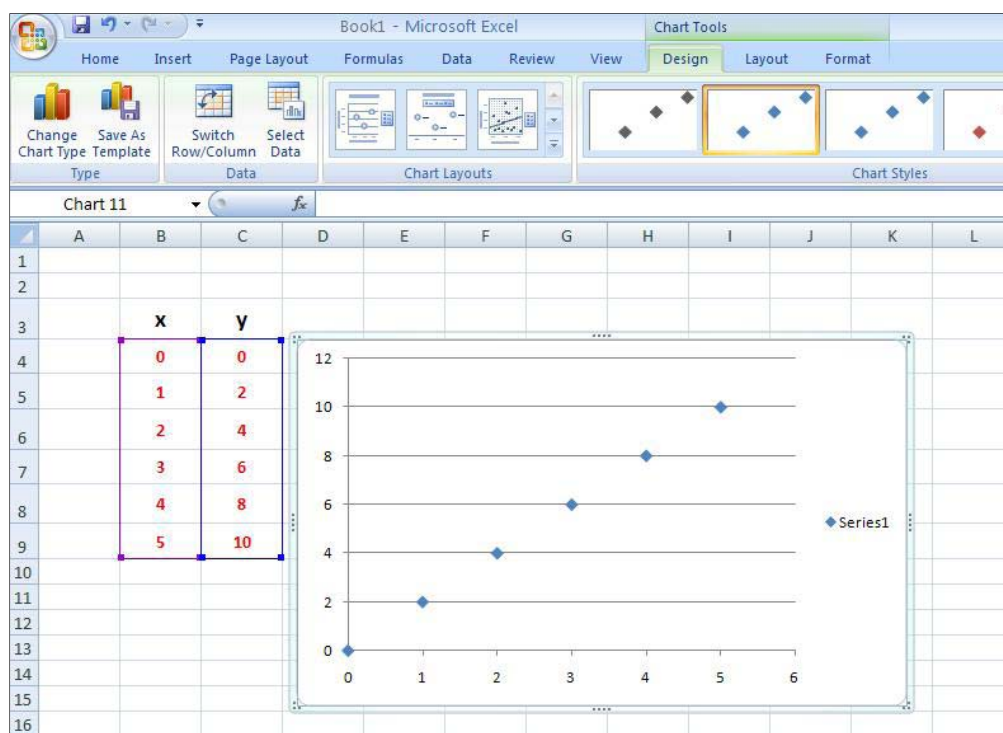
شکل (۶): انتخاب کردن داده‌ها در صفحه اکسل

حال از منوی بالای صفحه Insert را انتخاب میکنیم و سپس از زیر منوی Charts بر روی گزینه Scatter کلیک کرده و اولین حالت را انتخاب میکنیم.



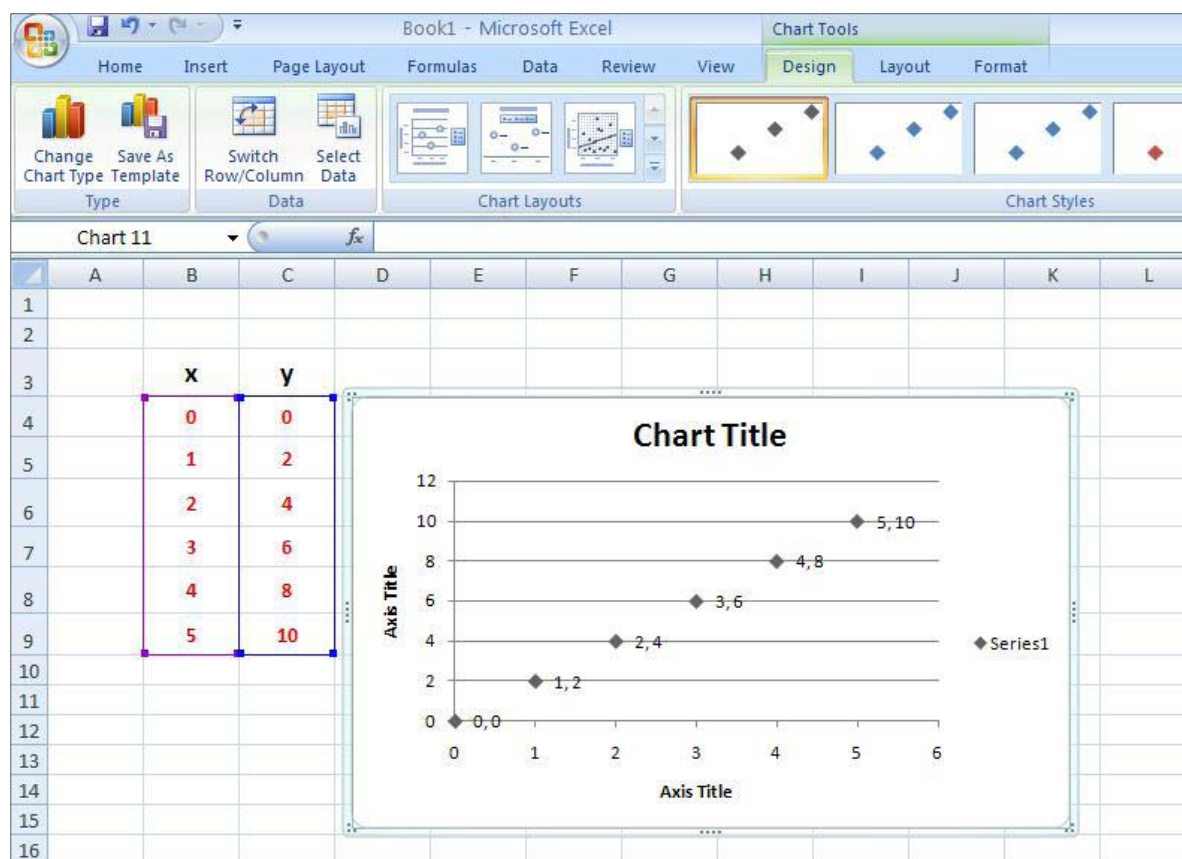
شکل (۶): انتخاب کردن نحوه رسم داده‌ها در صفحه اکسل

مطابق شکل (۷) یک نمودار از نقاط گسسته ظاهر خواهد شد که بیانگر داده‌ها (X,y) می‌باشد.



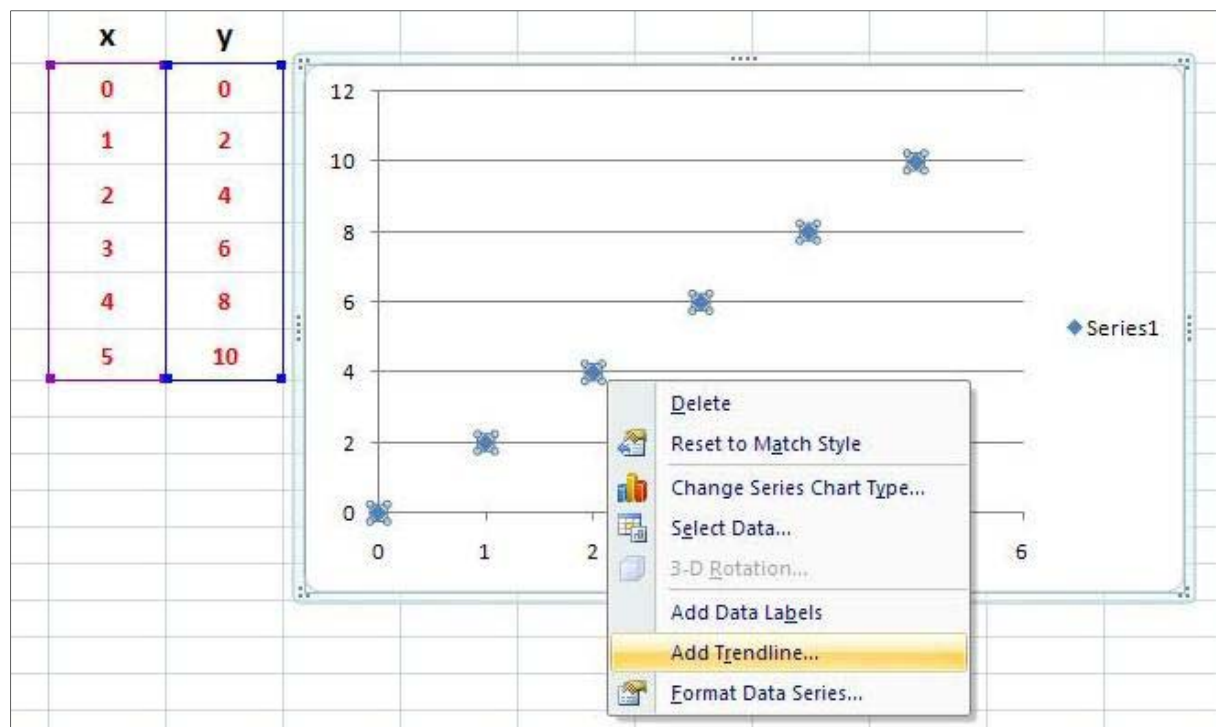
شکل (۷): نمودار گسسته داده‌ها در صفحه اکسل

برای مشخص کردن عنوان نمودار و برچسب محورهای مختصات میبایست ابتدا بر روی نمودار کلیک کنیم تا منوی Design ظاهر شود. سپس بر روی گزینه Chart Layouts کلیک می‌کنیم و اولین زیر منوی آن را (Layout 1) انتخاب می‌کنیم. شکل (۸).



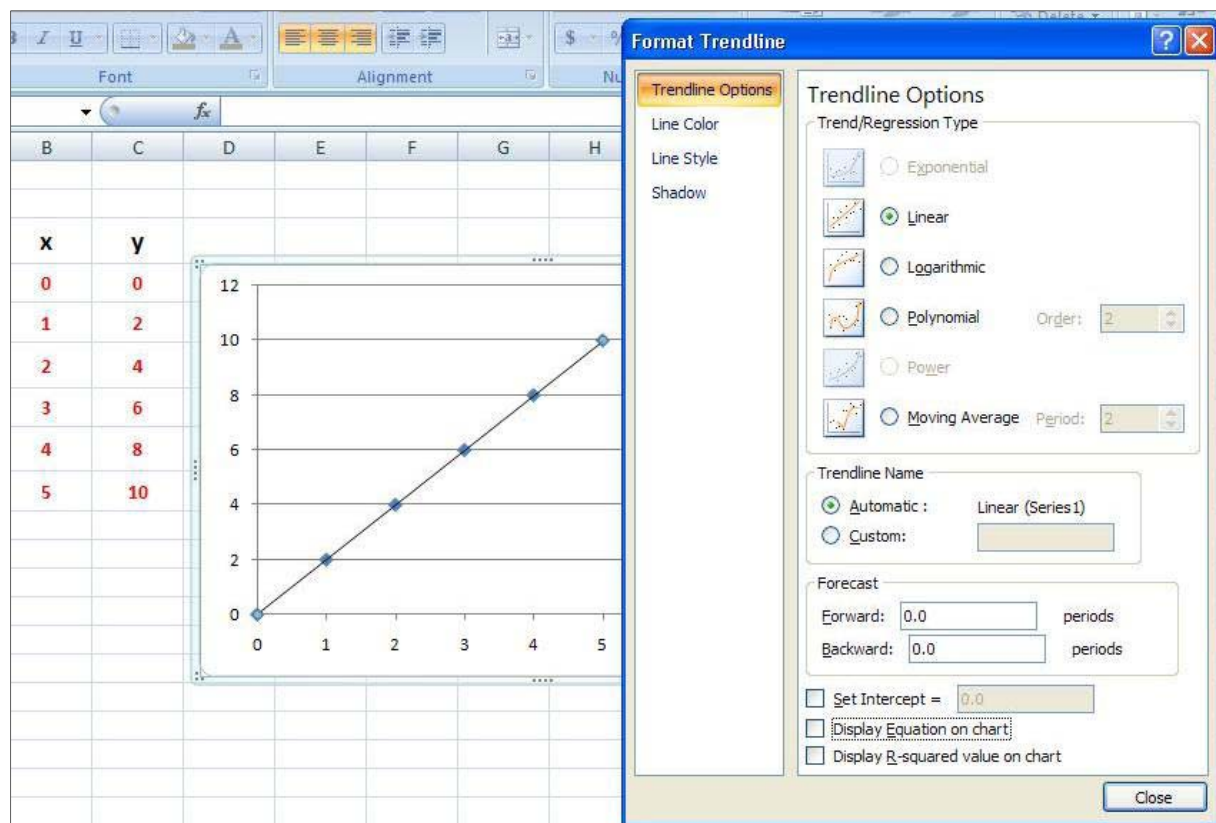
شکل (۸): درج عنوان نمودار و محور در صفحه اکسل

اگر بخواهید از نقاط گسسته نمودار منحنی‌هایی عبور دهید، میبایست بر روی یکی از نقاط نمودار رفته و مطابق شکل (۹) کلیک راست کنید.



شکل (۹): نحوه درج منحنی عبوری در صفحه اکسل

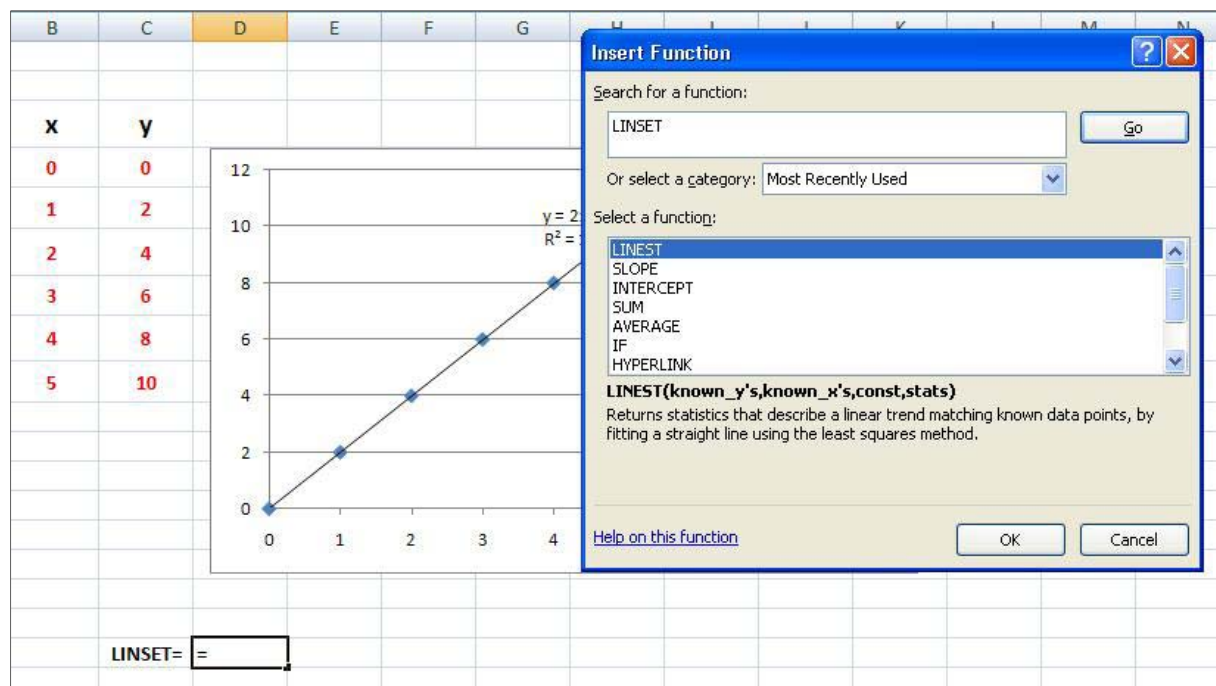
در منوی ظاهر شده می‌توانید منحنی‌های مختلفی را از نقاط نمودار بگذرانید. اگر گزینه Linear را از قسمت Trend/Regression Type انتخاب کنید، آنگاه مطابق شکل (۱۰) یک خط از این نقاط عبور داده میشود. این خط معروف به خط رگرسیون است.



شکل (۱۰): نحوه درج منحنی عبوری در صفحه اکسل

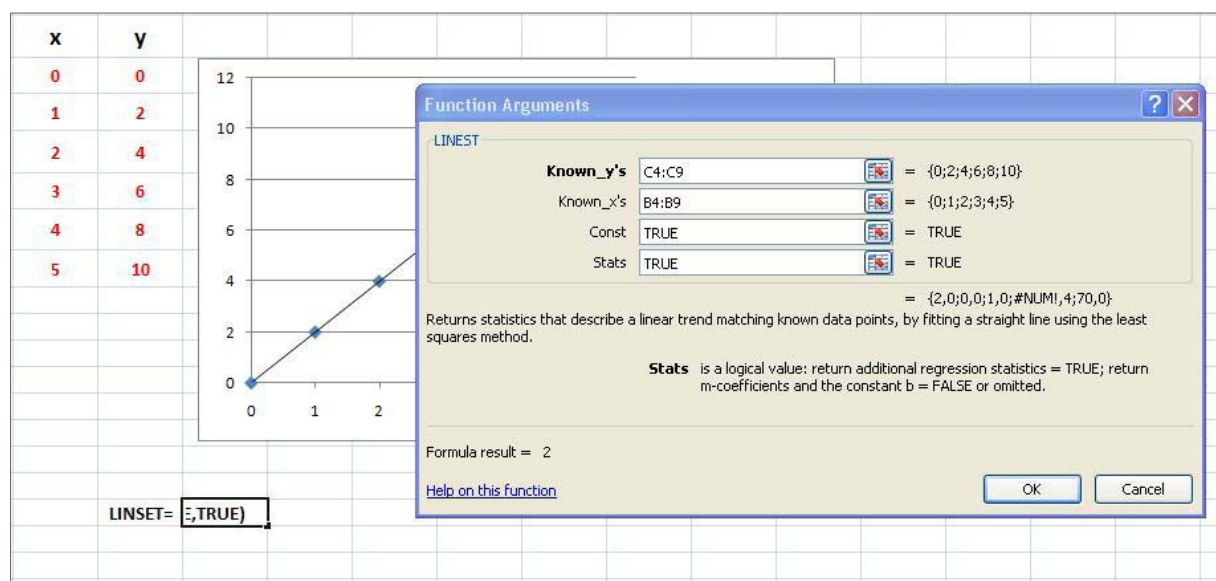
در ادامه اگر بخواهید معادله منحنی عبوری از نقاط نمودار و عبارتی مجذوری (R^2)، که معیاری برای میزان تطبیق کمیات با نمودار است، را بدست آورید کافیه دو عبارت **Display Equation on Chart** و **Display R-squared value on Chart** را علامت بزنیم و سپس **Close** کنیم.

حال اگر بخواهید خطای ضرایب a و b را در خط عبوری $y = f(x) = ax + b$ از نقاط نمودار (این خط با استفاده از روش کمترین مجذورات (Least Squares Method) بمنظور یافتن یک خط راست که بهترین تطبیق را با داده‌های آزمایش دارد، رسم می‌شود) پیدا کنید، کافی است در بالای صفحه بر روی گزینه (=) کلیک کنید و مطابق شکل (۱۱) عبارت **LINSET** را در قسمت **Search for a Function** تایپ کنید و کلید **ok** را بزنیم.



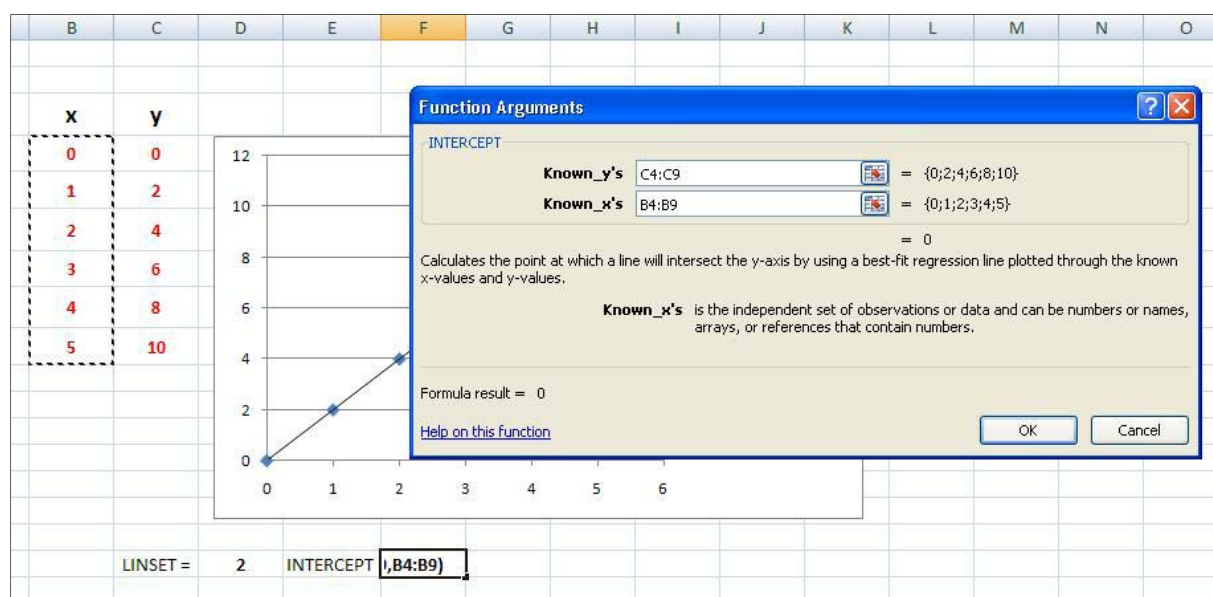
شکل (۱۱): نحوه یافتن خط در منحنی عبوری در صفحه اکسل

در صفحه زیر میبایست جلوی عبارت **Known_y's** کلید کنید و مقادیر مربوط به y را از بالا به پایین وارد کنید. به همین شکل جلوی عبارت **Known_x's** کلید کنید و مقادیر مربوط به x را از بالا به پایین وارد کنید. سپس عبارت **True** را در مقابل هر دو قسمت **Const** و **Stats** تایپ کنید و کلید **ok** را فشار دهید. اگر عبارت **False** را تایپ کنید یعنی اینکه خط از مبدا میگذرد.



شکل (۱۲): نحوه یافتن خط در منحنی عبوری در صفحه اکسل

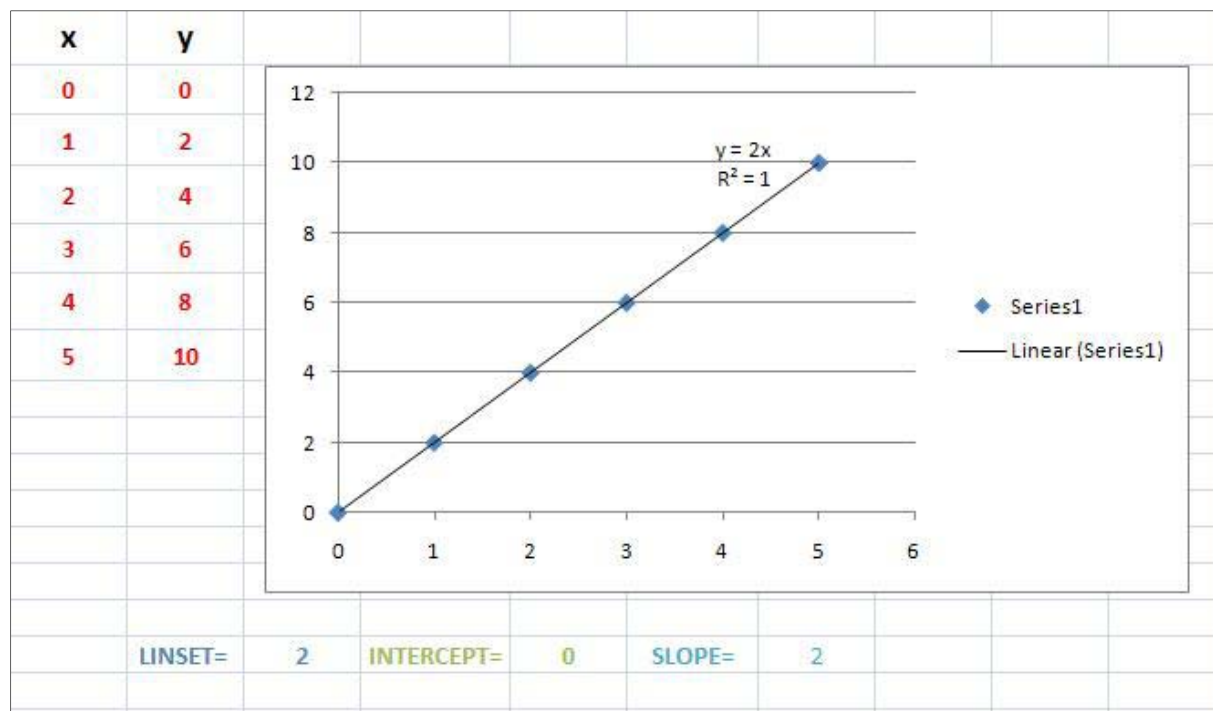
همچنین اگر بخواهید عرض از مبدا خط رگرسیون را بیابید، کافیست بر روی گزینه f_x کلیک کنید و مطابق شکل (۱۳) عبارت INTERCEPT را در قسمت Search for a Function تایپ کنید و کلید ok را فشار دهید. در ادامه باز در صفحه زیر میبایست جلوی عبارت Known_y's کلیک کنید و مقادیر مربوط به y را از بالا به پایین وارد کنید. به همین شکل جلوی عبارت Known_x's کلیک کنید و مقادیر مربوط به x را از بالا به پایین وارد کنید.



شکل (۱۳): نحوه یافتن عرض از مبدا خط رگرسیون در صفحه اکسل

برای پیدا کردن شیب خط رگرسیون نیز باید مطابق روش بالا عمل نمود. با این تفاوت که در قسمت Search for a Function عبارت SLOPE را تایپ کرده و کلید ok را فشار می‌دهیم.

در شکل زیر هر سه کمیت INTERCEPT، SLOPE و LINSET به همراه معادله خط رگرسیون آورده شده است.



شکل (۱۴): رسم نمودار با جزئیات کامل در صفحه اکسل

نکات مهم:

۱. روی یکی از محورها که می خواهید لگاریتمی بشود بروید و دکمه سمت راست ماوس را فشار دهید. حال گزینه **Format Axis...** را انتخاب کنید. در قسمت **Scale** گزینه **Logarithmic** scale را علامت زده و **OK** را فشار دهید.
۲. برای قرار دادن خطوط خطا بر روی نقاط نمودار، ماوس را روی یکی از نقاط روی نمودار برده و دکمه سمت راست ماوس را فشار دهید. در منویی که باز می شود، گزینه **Format Data Series...** را انتخاب کنید. حال به قسمت **X Error Bars** رفته و **Both** را انتخاب کرده و مقدار خطا را در قسمت **Fixed Value** بنویسید و خود **Fixed Value** را علامت بزنید. همین کار را با **Y Error Bars** انجام می دهیم.

ت: آشنایی با انواع قطعات، دستگاه‌ها و ابزارهای الکتریکی

◀ مقاومت:

مقاومت‌ها از اصلی‌ترین اجزایی هستند که در وسایل الکتریکی به کار می‌روند. مقاومت یک رسانا در برابر عبور جریان الکتریکی را مقاومت الکتریکی گویند. واحد مقاومت اهم است و با نماد $R (\Omega)$ نشان داده می‌شود. عبور جریان الکتریکی از هادی‌ها از بسیاری جهات شبیه عبور گاز از یک لوله است. اتم‌های تشکیل دهنده سیم هادی در مقابل عبور الکترون‌ها از آنها مقاومت نشان می‌دهند. همانطور که الیاف پشم فلزی مانع عبور مولکولهای گاز می‌شوند. شکل مقاومت در مدارهای الکتریکی به صورت زیر می‌باشد:



شکل (۱۵): شماتیک مقاومت الکتریکی در مدارها

مقاومت رابه منظور کاهش دادن جریان به مقدار معین و یا افت مقدار معینی از ولتاژ به کار می‌آورند. حال می‌خواهیم ببینیم که مقاومت هادی‌ها به غیر از جنس فلز به چه عواملی دیگری بستگی دارد.

۱. تاثیر سطح مقطع رسانا بر مقاومت الکتریکی

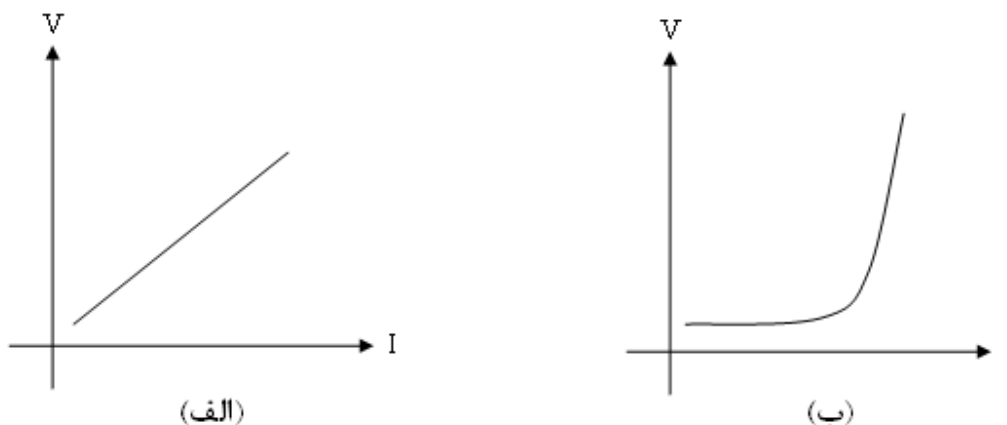
مقاومت هر جسمی به الکترونهای آزاد آن بستگی دارد. می‌دانید که واحد شدت الکتریکی آمپر (A) است. یک آمپر یعنی این که 2.8×10^6 ضرب در 10 به توان 18 الکترون آزاد در هر ثانیه از هر نقطه سیم عبور می‌کند. پس یک هادی خوب باید به مقدار کافی الکترون آزاد داشته باشد تا جریان الکتریکی با چندین آمپر بتواند از آن عبور کند. بنابراین هرگاه پهنای فلز افزایش یابد، در حقیقت سطح مقطع زیادتر و در نتیجه، مقاومت کم تر می‌شود. پس سطح مقطع عکس مقاومت عمل می‌کند.

۲. تاثیر طول رسانا بر مقاومت الکتریکی

شاید تصور شود که با افزایش طول هادی عبور جریان راحت تر می‌شود ولی چنین نیست. اگر چه در یک قطعه مسی بلندتر تعداد بیشتری الکترون آزاد وجود دارد، ولی الکترونهای آزاد اضافی در طول سیم، در اندازه گیری جریان الکتریکی دخالت نمی‌کنند. در واقع هر طول معین از هادی، مقدار معینی مقاومت دارد و هر چه سیم طولی تر باشد ، مقاومت بیشتر می‌شود.

تعریف مقاومت اهمی

به مقاومتی گفته می شود که نسبت ولتاژ اعمال شده، به جریان گرفته شده از آن یک مقدار ثابت باشد. به عبارت دیگر نمودار تغییرات ولتاژ به جریان این مقاومت خطی باشد و از رابطه اهم $R(\Omega) = \frac{V(V)}{I(A)}$ پیروی کند.



شکل (۱۶): نمودار V-I برای مقاومت اهمی (الف) و غیراهمی (ب)

کاربرد مقاومت های الکتریکی اهمی

مقاومت های اهمی برای اضافه کردن مقاومت مدارهای الکتریکی به منظور کاهش جریان به مقدار معین و یا افت مقدار معینی از ولتاژ به کار می روند. در حقیقت، آنها اجسامی هستند که در مقابل عبور جریان مقاومت زیادی از خود نشان می دهند. موادی که غالباً در مقاومت ها به کار می روند عبارتند از کربن، آلیاژ مخصوص از فلزاتی از قبیل نیکروم، کنستانتان و منگانه. مقاومت اهمی را طوری به مدار می بندیم که جریان همان طور که از بار الکتریکی و منبع ولتاژ عبور می کند، از آن هم بگذرد. در این صورت مقاومت کل مدار مجموع مقاومت های بار الکتریکی، منبع ولتاژ، سیم های رابط و مقاومت اهمی است. توجه داشته باشید که فقط با اضافه کردن یک مقاومت اهمی مناسب به مدار می توان مقاومت کل مدار را به اندازه ی دلخواه تغییر داد.

موارد استفاده از مقاومت اهمی در مدارهای الکتریکی را می توان به صورت زیر خلاصه نمود:

۱. محدود کردن جریان (کنترل جریان) و تقسیم ولتاژ در نقاط مختلف مدار.
۲. ایجاد حرارت.
۳. تطبیق و همسنگ نمودن مقاومت ورودی و خروجی در مدارهای الکترونیکی.

۴. تطابق ولتاژ بین دو طبقه در تقویت کننده‌ها.
۵. تعیین پهنای باند و فرکانس قطع در تقویت کننده‌ها، فیلترها و موارد مشابه.
- طبقه بندی مقاومت های از نظر نوع عملکرد:

۱. مقاومت‌های ثابت:

مقاومت‌هایی هستند که مقدار آن‌ها ثابت بوده و تابع عواملی چون گرما، فرکانس، میدان مغناطیسی، نور، رطوبت و... نیستند. مقاومت‌های ثابت دو سیم رابط دارند که به دو انتهای مقاومت متصل است. مقاومت‌های رنگی، سرامیکی و آجری از این قبیل‌اند. از مقاومت‌های رنگی در جریان‌های پایین و از مقاومت‌های آجری یا سرامیکی در جریان‌های بالا استفاده می‌شود.



شکل (۱۷): چند نمونه مقاومت رنگی

مشخصه های یک مقاومت ثابت عبارتند از:

- مقدار اهم مقاومت: مقدار اهم یا بر روی مقاومت نوشته شده و یا به صورت نوارهای رنگی مشخص شده است.
- خطا یا تلورانس: بازده تغییرات مقدار مقاومت که اغلب می‌بایست توسط شرکت‌های سازنده ذکر شود.
- تحمل حرارتی: به بیشترین دمایی که مقاومت‌های غیر سیمی در حین کار می‌توانند تحمل کند قبل از آنکه تغییر ماهیت بدهند، تحمل حرارتی گویند و در حدود ۱۰۰ تا ۱۵۰ درجه سانتیگراد است.
- توان مصرفی ماکزیمم: بیشترین توانی که مقاومت می‌تواند در مقابل عبور جریان و تحمل ولتاژ از خود نشان دهد، قبل از آنکه بسوزد.

- افت ولتاژ DC ماکزیمم: در مقاومت های با اهم بالا، بیشترین افت ولتاژ DC مجاز از مهمترین عوامل مربوط به مقاومت محسوب می شود.
- بیشینه بسامد کار: به بیشترین فرکانسی که مقاومت می تواند در هنگام کار با منبع تغذیه متناوب تحمل کند، قبل از آنکه ساختار مقاومتی آن فرو بریزد و خواص غیر از مقاومت به خود بگیرد، بیشینه بسامد کار مقاومت گویند.

اصولا مقاومت های ثابت به دو دسته الف - مقاومت ها زبانه دار و ب - مقاومت های قابل تنظیم، تقسیم می شوند:

الف) مقاومت های زبانه دار: در این نوع مقاومت ها علاوه بر دو سیم انتهایی، سر سیم های دیگری بین دو سر مقاومت وجود دارد. با اتصال ترمینال های مختلف به مدار مقاومت های متفاوتی حاصل می شود. هر یک از این مقاومت ها دارای مقاومت ثابتی هستند.

ب) مقاومت های قابل تنظیم: دیدید که مقاومت های ثابت قابلیت انعطاف ندارند، زیرا مقاومتشان کاملاً تعیین شده و مقدار آن تغییر ناپذیر است. مقاومت های زبانه دار تا حدودی قابلیت انعطاف دارند، چون بیش از یک مقدار مقاومت می توان از آنها بدست آورد. با وجود این تعداد مقاومت هایی را که می توان از آنها بدست آورد به ۳ یا ۴ محدود می شود. آنچه اغلب مورد نیاز است، مقاومتی است که بوسیله آن بتوان حدود معینی از مقاومت را از ۰ تا ۱ حداکثر بدست آورد. این مقاومت ها طوری ساخته نشده اند که بتوان آنها را پیوسته تغییر داد. در واقع، هنگام نصب این مقاومت ها در مدار، آنها را روی مقاومت دلخواه تنظیم کرده و سپس با همان مقاومت در مدار کار می کنند.

۲. مقاومت های متغیر:

در بسیاری از وسایل الکتریکی مقدار بعضی از مقاومتها باید پیوسته تغییر کند. پیچ ولوم رادیو، کنترل کننده روشنایی تلویزیون از آن جمله اند. مقاومت های متغیر مقاومت هایی هستند که پیوسته می توان مقدار آنها را تغییر داد. دو گونه مختلف از مقاومت های متغیر وجود دارند:

گونه اول را می توان با تغییر مکان یا تغییر زاویه ی محور متحرک آن تنظیم کرد. در این حالت مقاومت متغیر می تواند دارای سه ترمینال باشد که دو تای آنها نسبت به هم ثابت است و تابع گردش محور نیست. مقدار این مقاومت بر روی بدنه مقاومت متغیر، نوشته می شود. مقاومت های سلکتوری رنوستا از این گونه اند.



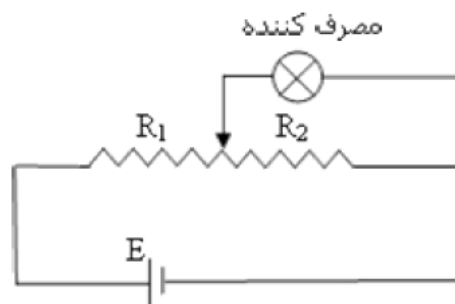
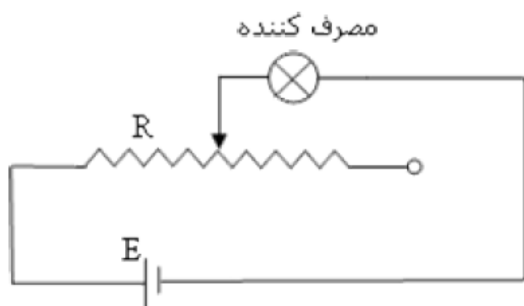
(الف)



(ب)

شکل (۱۸): چند نمونه مقاومت متغیر. رئوستا(الف) و مقاومت سلکتوری(ب)

رئوستا گونه‌ای از مقاوم های متغیر هستند که از خانواده پتانسیومترهای خطی و دارای سه ترمینال می باشند. جنس رئوستاها برخلاف پتانسیومترها از سیم بوده و بدین خاطر از توان بالاتری نسبت به مقاومت های متغیر کربنی برخوردارند. شکل زیر دو نمونه کاربرد و طریقه اتصال رئوستا در مدار را نشان می‌دهد.



شکل (۱۹): کاربرد مقاومت متغیر در مدار

گونه دوم، مقاوم‌های متغیر وابسته هستند. به آن دسته از مقاومت های متغیر ، " وابسته " گفته می شود که به وسیله عواملی از قبیل نور ، حرارت ، ولتاژ و ... مقدار مقاومتشان تغییر کند . این مقاوم ت ها انواع مختلفی دارد که عبارت اند از :

الف- مقاومت‌های تابع حرارت (Thermally sensitive resistor) THERMISTOR

مقدار اهم این مقاومت‌ها تابع حرارت است. یعنی، در اثر حرارت میزان مقاومتشان تغییر می‌کند. مقاومت‌های حرارتی را تحت عنوان " ترمیستور " می‌شناسیم. در این مقاومت‌ها تغییرات مقدار مقاومت نسبت به تغییرات دما خطی نیست. از این مقاومت‌ها در مدارها به صورت حسگرهای حرارتی در مسیر دستگاه‌های الکتریکی نظیر موتورهای الکتریکی، کوره‌ها، سیستم‌های تهویه و تبرید استفاده می‌شود. به طور کلی ترمیستورها در مداراتی که دما را اندازه‌گیری یا کنترل می‌کنند به کار می‌روند و در دو نوع ساخته می‌شوند. ۱- ترمیستور با ضریب حرارتی مثبت (PTC) که با افزایش دما مقدار مقاومت آن افزایش می‌یابد. و ۲- ترمیستور با ضریب حرارتی منفی (NTC) که با افزایش دما مقدار مقاومتش کاهش می‌یابد.

ب- مقاومت‌های تابع نور (Light Dependent Resistor (LDR

مقدار مقاومت تابع نور تابع تغییرات شدت نور تابیده شده به سطح آن است. مقاومت تابع نور در فضای تاریک دارای مقاومت خیلی زیاد (در حد مگا اهم) و در روشنایی دارای مقاومت کم (در حد کیلو یا اهم) است. مقاومت‌های LDR را " فتو رزیستور " هم می‌نامند. برای اینکه نور روی عنصر مقاومتی فتورزیستور اثر گذارد معمولاً سطح ظاهری آن را با شیشه یا پلاستیک شفاف می‌پوشانند. از این مقاومت در مدارات الکترونیکی به عنوان تشخیص دهنده ی نور (نور سنج) استفاده می‌شود. از جمله کاربردهای این مقاومت استفاده آن در دوربین‌های عکاسی و کلیدهای نوری و چشم‌های الکترونیکی است.

ج- مقاومت‌های تابع ولتاژ (Voltage Dependent Resistor (VDR

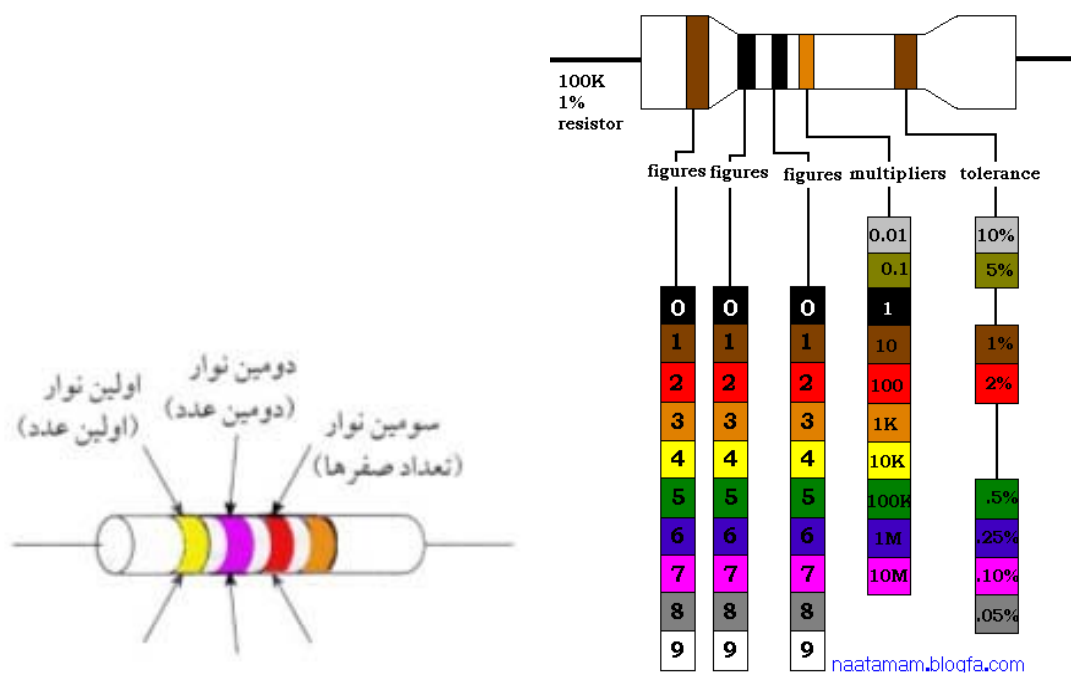
مقاومت‌های تابع ولتاژ، مقاومت‌هایی هستند که متناسب با تغییر ولتاژ، مقاومت آنها تغییر می‌کند تا همواره ولتاژ یکسانی در مدار وجود داشته باشد. مقاومت VDR را تحت عنوان " واریستور " نیز می‌شناسند. مقدار اهم این مقاومت‌ها با ولتاژ رابطه معکوس دارد. یعنی با افزایش ولتاژ مقدار اهم آنها کاهش می‌یابد. واریستورها به پلاریته ولتاژ اعمال شده وابسته نیستند که این خود مزیتی برای این نوع مقاومت‌ها محسوب می‌شود، زیرا برای استفاده در مدارات AC بسیار مناسب هستند. از جمله کاربردهای این مقاومت‌ها عبارتند از: ۱- تثبیت کننده‌های ولتاژ ۲- حفاظت مدارها در مقابل اضافه ولتاژها در لحظات قطع و وصل کلید.

د-مقاومت های تابع میدان مغناطیسی (MDR) Magnetic Dependent Resistor

مقاومت های تابع میدان به مقاومت هایی گفته می شود که به سبب اثر میدان مغناطیسی بر آنها مقدار اهمشان تغییر می کند. در ساخت این مقاومت ها از نیمه هادی هایی استفاده شده که دارای ضریب حرارتی منفی هستند. به همین دلیل در صورت افزایش دما مقدار مقاومت آنها کاهش می یابد

◀ نحوه تعیین مقدار مقاومت ها از روی کد رنگی

رنگ اولین نوار نشان دهنده اولین عدد صحیح مقدار مقاومت است و رنگ دومین نوار نشان دهنده دومین عدد صحیح مقدار مقاومت است. رنگ سومین نوار نشان دهنده ضریب مقاومت است. رنگ نوار چهارم حدود خطا (تolerانس) را معین می کند.



شکل (۲۰): طریقه خواندن مقدار مقاومت های رنگی

رنگ	عدد صحیح	مضرب	تیرانس
سیاه	۰	۱	-
قهوه ای	۱	۱۰	-
قرمز	۲	۱۰۰	-
نارنجی	۳	۱۰۰۰	-
زرد	۴	۱۰۰۰۰	-
سبز	۵	۱۰۰۰۰۰	-
آبی	۶	۱۰۰۰۰۰۰	-
بنفش	۷	۱۰۰۰۰۰۰۰	-
خاکستری	۸	۱۰۰۰۰۰۰۰۰	-
سفید	۹	۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰	-
طلایی	-	-	۵٪
نقره ای	-	۱۰٪	
بی رنگ	-	-	۲۰٪

جدول (۱): ضرایب نوارهای رنگی در مقاومت‌ها

خازن:

خازن، قطعه الکتریکی است که انرژی الکتریکی باطری را در خود ذخیره می‌کند. هنگامیکه یک عایق پیرامون دو هادی قرار می‌گیرد خازن به وجود می‌آید. خازن‌های آزمایشگاه عموماً مسطح می‌باشند. اگر اختلاف پتانسیل به این دو صفحه وصل شود، مقداری بار روی صفحات ذخیره می‌شود. ساختمان خازن از دو قسمت عمده تشکیل شده است:

۱. صفحات هادی: که به آن جوشن نیز می‌گویند. معمولاً از ورق‌های نازک از جنس آلومینیوم، روی یا نقره ساخته می‌شوند.

۲. عایق بین صفحات هادی: که به آن دی الکتریک نیز گفته می‌شود. معمولاً خازن‌ها از نظر نوع دی الکتریک به کار رفته در ساختمان آنها نام‌گذاری و تقسی بندی می‌شوند.

همچنین بر اساس نوع و شکل قرار گرفتن صفحات رسانا در مقابل یکدیگر می‌توان خازن‌های گوناگونی را ساخت. از قبیل خازن‌های تخت (دو صفحه رسانای تخت)، خازن‌های استوانه ای (دو پوسته استوانه‌ای هم مرکز) و خازن‌های کروی (دو صفحه کروی رسانا).

◀ مشخصات یک خازن

از مهمترین مشخصات یک خازن ظرفیت و ماکزیمم ولتاژ کار آن است. در انتخاب یک خازن باید عوامل زیر را در نظر گرفت:

۱- ظرفیت لازم: مقدار باری را که به ازاء اختلاف پتانسیلی به میزان یک ولت روی صفحات ذخیره می‌شود را ظرفیت می‌گویند و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$C(F) = \frac{Q(q)}{V(v)}$$

این رابطه بیانگر آن است که مقدار ظرفیت خازن فقط به مشخصات فیزیکی از قبیل اندازه و فاصله صفحات و جنس دی الکتریک وابسته بوده و بر حسب فاراد (F) بیان می‌شود.

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

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

۴- میزان خطا و تلفات: ضریب تلفات خازن به صورت رابطه زیر تعریف می‌شود:

$$D = \frac{1}{2\pi\nu CR}$$

که در این رابطه C ظرفیت خازن، R مقاومت اهمی صفحات خازن و ν فرکانس منبع تغذیه می‌باشد.

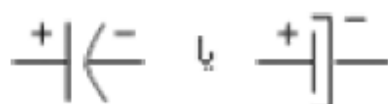
۵- فرکانس کار ماکزیمم: خازن در مدارهای متناوب از خود مقاومت ظاهری ای نشان می‌دهد که این مقاومت ظاهری با فرکانس رابطه عکس دارد:

$$X_c = \frac{1}{2\pi\nu C}$$

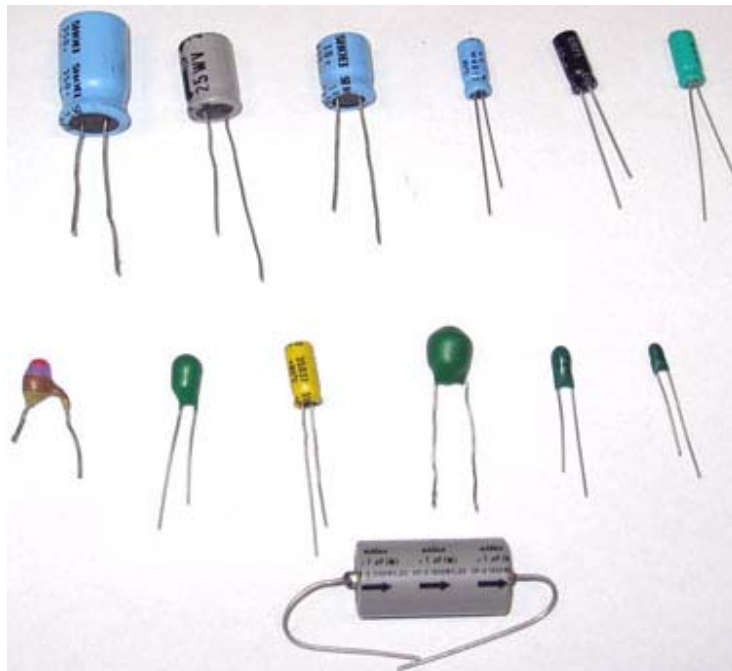
در نتیجه تا جایی که با افزایش فرکانس این امپدانس روند کاهشی داشته باشد خازن درست کار می‌کند ولی از یک فرکانس مشخص به بالا تغییر خاصیت می‌دهد، به این حد فرکانسی، حداکثر فرکانس کار خازن می‌گویند.

◀ انواع خازن‌ها

خازن‌ها به دو دسته بزرگ تقسیم می‌شوند: خازن‌های قطبی (الکتrolیتی) و خازن‌های غیر قطبی.

الف (خازن‌های قطبی (الکتrolیتی) 

در خازن قطبی ، دی الکتریک بین صفحات پس از اعمال ولتاژ DC توسط فعل و انفعالات شیمیایی شکل می‌گیرد. الکتrolیت این خازن‌ها معمولا اسید بوریک است که به عنوان صفحه منفی نیز عمل می‌کند. صفحه مثبت این خازن‌ها از آلومینیوم است و لایه نازکی از اکسید آلومینیوم که روی صفحه آلومینیوم تشکیل می‌شود به عنوان دی الکتریک عمل می‌کند. به هنگام استفاده از این نوع خازن‌ها باید به قطب‌های آن توجه شود. یک خازن دی الکترولیت دارای مقاومت DC چند صد کیلو اهم یا بیشتر است. در این نوع خازن‌ها علامت قطب‌ها روی بدنه خازن نوشته شده است.



شکل (۲۱): خازن‌های قطبی یا الکترولیتی

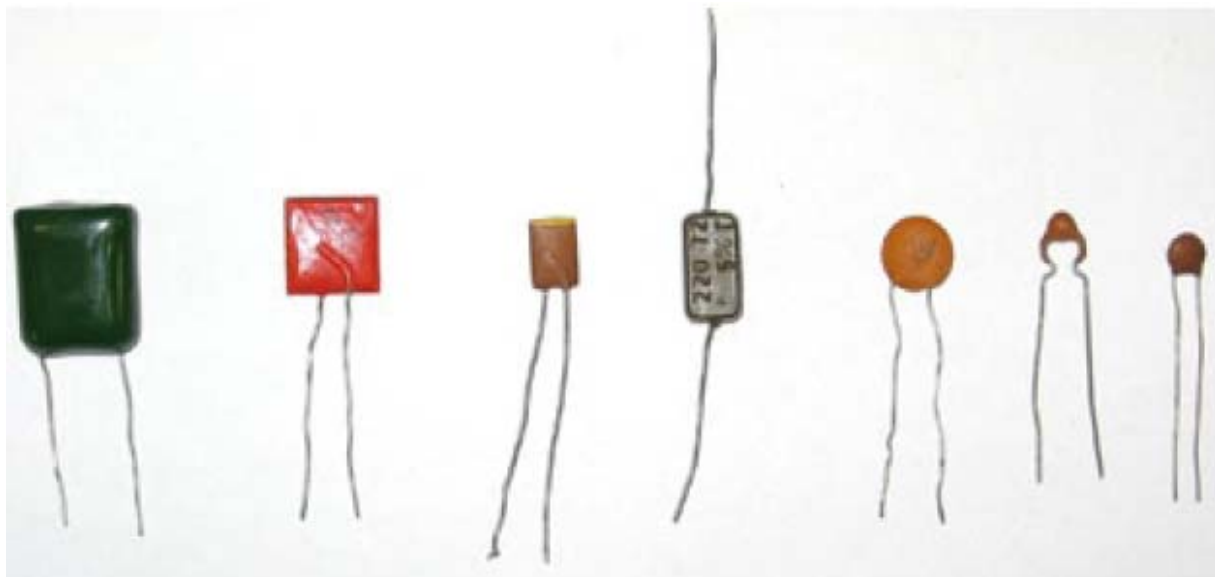
خازن‌های قطبی دارای ظرفیت بالاتری هستند. به همین دلیل بیشتر در مدارهای صافی، به عنوان عنصر پائین‌گذر (*Low Pass*)، در انشعاب‌ها به عنوان بای‌پس (*By Pass*) و در اتصال مدارها به یکدیگر به عنوان کوپلاژ (*Coupling*) استفاده می‌شوند. یکی از جدیدترین انواع خازن‌های الکترولیت خازن تانتالیم است که با استفاده از الکترولیت جامد ساخته شده است. خصوصیات این خازن، کوچکی اندازه، بزرگی ظرفیت و قابل اطمینان بودن آن است. داشتن چنین خصوصیات سبب کاربرد گسترده آن در مدارهای ترانزیستوری شده است.

ب (خازن‌های غیر قطبی)

خازن‌های غیر قطبی، خازن‌هایی هستند که با هر پلاریته ولتاژ اتصال درست عمل می‌کنند. بر حسب نوع دی الکتریک و شکل ساختمانی، این خازن‌ها انواع مختلف دارند. از نظر شکل ساختمانی این خازن‌ها بیشتر به دو صورت لوله‌ای شکل و تخت ساخته می‌شوند.

در نوع لوله‌ای، صفحات استوانه‌ای شکل قطبی و یک ورقه نازک میکا یا کاغذ، دی الکتریک را تشکیل می‌دهند. بر حسب نوع دی الکتریک می‌توان تقسیم‌بندی زیر را داشت:

- خازن با دی الکتریک کاغذ :
- دو قطب این خازن صفحات قلع یا نقره هستند و دی الکتریک کاغذ آغشته به پارافین یا پلاستیک است. پایداری این خازن ها خوب و جریان نشتی ضعیفی دارند.
- خازن با دی الکتریک میکا :
- مثل خازن های کاغذی ساخته می شوند ، و فقط دی الکتریک آنها میکا است. این خازن ها نسبت به خازن های کاغذی در ظرفیت های کوچکتری ساخته می شوند.
- خازن با دی الکتریک سرامیک :
- در این نوع خازن ها از یک لایه نازک سرامیک به عنوان عایق بین الکترودها استفاده شده است. ظرفیت این نوع خازن ها به طور نسبتا وسیعی با درجه حرارت تغییر می کند.
- خازن با دی الکتریک هوا :
- فقط شامل دو صفحه است. خازن های متغیر بیشتر از این نوع هستند. یکی از کاربردهای آن در مدار گیرنده رادیو به عنوان خازن متغیر می باشد. در شکل زیر چند نمونه از خازن های غیر قطبی نشان داده شده است.



شکل (۲۲): خازن های غیر قطبی

نکته:

به طور کلی با تغییر سه عامل فاصله صفحات، سطح مقطع صفحات و نوع دی الکتریک می توان ظرفیت خازن را تغییر داد و خازن هایی با ظرفیت متغیر ساخت. رایج ترین روش ساخت خازن های متغیر، تغییر سطح مقطع صفحات است. روش دیگری که جهت ساخت خازن متغیر از آن استفاده می شود و بیشتر در سنسورهای خیلی حساس کاربرد دارد، روش تغییر دی الکتریک است.

◀ نحوه خواندن مقدار ظرفیت خازن

امروزه سازندگان مختلف، روی خازن های ساخته شده ظرفیت آن را می نویسند و فقط روی بعضی از خازن ها مثل خازن عدسی، به جای نوشتن مستقیم ظرفیت یک عدد سه رقمی را ذکر می کنند. که اگر دو رقم اول را در کنار هم بنویسیم و به مقدار عدد سوم (عدد سمت راست) در جلوی آن، صفر قرار دهیم، عدد بدست آمده ظرفیت خازن بر حسب پیکو فاراد (PF) می باشد. به عنوان مثال اگر بر روی خازنی عدد ۶۲۳ نوشته شده باشد ظرفیت آن برابر است با:

$$C = 6200 \text{ PF}$$

چنانچه بر روی بعضی از خازن ها نوارهای رنگی کشیده شده باشد، می توانیم از روش خواندن مقاومت های رنگی استفاده نماییم. ولی عدد حاصل بر حسب پیکو فاراد خوانده می شود. (که این روش جهت کدگذاری خازن ها دیگر رایج نیست).

مراجع:

- ۱- فیزیک عملی، ج.ل. اسکواپرز، ترجمه محمد علی شاهزادگان و محمد حسن فیض، مرکز نشر دانش گاهی، چاپ اول ۱۳۷۰
- ۲- خطاهای مشاهده و محاسبه آن، تاپینگ ج.، ترجمه محسن تدین، مرکز نشر دانشگاهی ۱۳۸۴
- ۳- دستور کارهای آزمایشگاه فیزیک پایه ۲ دانشگاه های شریف، تبریز، قم.
- ۴- فیزیک پایه ۲، هالیدی، رزنیک، کرین، مرکز نشر دانش گاهی، چاپ اول ۱۳۸۵
- ۵- کاتالوگ های محصولات شرق آزما و لیپولد آلمان



عنوان آزمایش:

تعیین مقدار مقاومت به روش ولتمتر- آمپر متر

هدف آزمایش:

اندازه‌گیری مقدار یک مقاومت به دو روش مختلف و محاسبه مقدار خطای اندازه‌گیری.

وسایل آزمایش:

منبع تغذیه - ولت‌متر - آمپر متر - مقاومت های R_1 و R_2 - سیم رابط (۵ عدد)

مشفصات فنی دستگاه های مورد استفاده (technical data):

(۱) منبع تغذیه: در این آزمایش از حالت DC منبع تغذیه و مقدار ۱۰ ولت (اسمی) استفاده می‌کنیم.

(۲) ولت‌متر: در این آزمایش دستگاه ولت‌متر دیجیتالی (نصب شده بر روی میز الکترونیکی) فقط به منظور اندازه‌گیری ولتاژ استفاده می‌شود.

نکات ایمنی (safety notes):

در هنگام بستن مدار، به منظور جلوگیری از سوختن دستگاه‌های ولت‌متر و آمپر متر نهایت دقت را اعمال می‌کنیم. بهتر است ولت‌متر را در مرحله آخر در مدار قرار دهیم.

تئوری آزمایش:

روش‌های مختلف اندازه‌گیری مقدار مقاومت در مدارهای الکتریکی عبارتند از: روش ولت-آمپر، پل وتستون و پل تار، در این آزمایش روش ولت-آمپر مورد بررسی قرار می‌گیرد.

◀ تعیین مقدار مقاومت به روش ولت-آمپر

در روش ولت-آمپر دو سر مقاومت به طور سری به همراه یک آمپر متر به دو سر یک منبع تغذیه وصل شده و جریان و ولتاژ مقاومت اندازه‌گیری می‌شود. برای اندازه‌گیری ولتاژ، ولت‌متر باید به صورت موازی به دو سر مقاومت و منبع تغذیه (روش اول) یا به صورت موازی به دو سر مقاومت (روش دوم) بسته شود. طبق قانون اهم از تقسیم ولتاژ به جریان، مقاومت بدست می‌آید. البته بسته به اینکه ولت‌متر در مدار به چه صورت قرار بگیرد. مقدار خطا در اندازه‌گیری مقاومت متفاوت است.

مراحل انجام آزمایش:

روش الف:

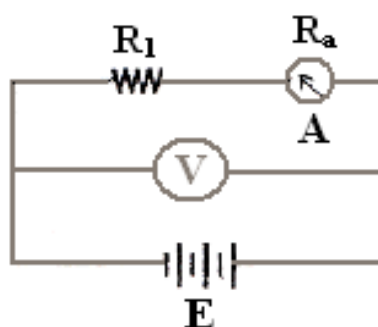
مطابق شکل (۱) مدار را ببندید. در این حالت ولت‌متر اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت و آمپرتر و آمپرتر نیز جریان عبوری از مقاومت R_1 را نشان می‌دهد. مقاومت در یک آمپرتر ایده‌آل باید صفر باشد ولی در عمل آمپرتر ایده‌آل بوده و دارای مقاومت R_a می‌باشد. در این روش می‌بایست $R_a \ll R_1$ باشد. لذا:

$$V = IR_1 + IR_a \Rightarrow R_1 = \frac{V}{I} - R_a$$

$$R_a = 10\Omega$$

$$\text{مقاومت حقیقی} = |R_1 - R_a|$$

$$\frac{V}{I} = \text{مقاومت با خطا}$$



شکل (۱): مدار آزمایش مقدار مقاومت به روش ولت-آمپر (روش الف)

محاسبات را برای مقاومت R_2 تکرار کنید و نتایج را در جدول (۱) ثبت کنید.

جدول (۱): روش اول

مقاومت	ولتاژ (ولت)	جریان (میلی آمپر)	مقاومت با خطا	مقاومت حقیقی	درصد خطا
R_1					
R_2					

روش ب:

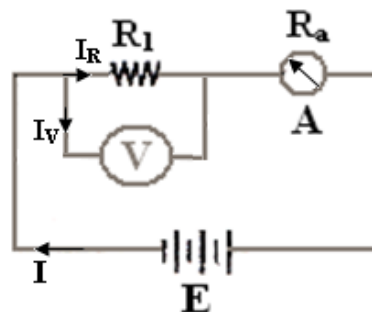
در این روش مطابق شکل (۲) ولت‌متر فقط به دو سر مقاومت وصل می‌شود. لذا طبق قانون کیرشهف داریم:

$$I = I_R + I_V \quad \& \quad R = \frac{V}{I}$$

$$\Rightarrow R = \frac{V}{I - I_V} = \frac{V}{I - \frac{V}{R_V}} = \frac{V}{I \left(1 - \frac{V}{IR_V} \right)}$$

$$\Rightarrow R = \frac{R_1}{1 - \frac{R_1}{R_V}}$$

$$R_V = 10^7 \Omega$$



شکل (۲): مدار آزمایش مقدار مقاومت به روش ولت-آمپر (روش ب)

مانند روش اول محاسبات را برای مقاومت R_2 نیز تکرار کنید و نتایج را در جدول (۲) ثبت کنید. چنانچه $R_1 = V/I$ غیر واقعی

(با خطا) فرض شود آنگاه R حقیقی (بدون خطا) برابر است با:

$$R = \frac{R_1}{1 - \frac{R_1}{R_V}}$$

جدول (۲): روش دوم

مقاومت	ولتاژ (ولت)	جریان (میلی آمپر)	مقاومت با خطا	مقاومت حقیقی	مقاومت ولت متر (اهم)	درصد خطا
R_1						
R_2						

پرسش‌ها:

۱- با ذکر دلیل بیان کنید چرا در روش (الف) مقدار مقاومت آمپرتر باید کوچک باشد؟

۲- به چه دلیل در اندازه‌گیری مقاومت به روش (ب) در صورتی دقت اندازه‌گیری بالا خواهد شد که مقاومت داخلی

ولت‌متر زیاد باشد؟

۳- از دو روش (الف) و (ب) در اندازه‌گیری مقدار مقاومت، کدام روش را ترجیح می‌دهید و به چه علت؟

۴- خطای نسبی و مطلق مقدار مقاومت مجهول را محاسبه و با توجه به خطاها، کدام یک از دو روش الف و ب مناسبتر

است؟



عنوان آزمایش:

تعیین مقدار مقاومت در مدارهای الکتریکی

عنوان آزمایش:

تعیین مقدار مقاومت به روش پل وتستون و پل تار و بررسی قانون اهم

هدف آزمایش:

اندازه‌گیری مقدار یک مقاومت در مدارهای الکتریکی مختلف و رسم نمودار ولتاژ-جریان جهت بررسی قانون اهم

وسایل آزمایش:

منبع تغذیه - ولت‌متر - آمپر متر - مقاومت R_1 و مدار و تستون در برد مقاومت‌ها - جعبه مقاومت - مدار پل تار - سیم رابط

مشخصات فنی دستگاه های مورد استفاده (technical data):

(۱) منبع تغذیه: در این آزمایش از حالت DC منبع تغذیه و مقدار ۳ ولت (اسمی) استفاده می‌کنیم.

(۲) ولت‌متر: در این آزمایش از دستگاه ولت‌متر دیجیتالی (نصب شده بر روی میز الکترونیکی) فقط به منظور اندازه‌گیری ولتاژ استفاده می‌شود.

(۳) جعبه مقاومت: دارای محدوده مقاومتی متغیر است که به عنوان مقاومت متغیر R_3 در مدار پل و تستون استفاده می‌شود.

نکات ایمنی (safety notes):

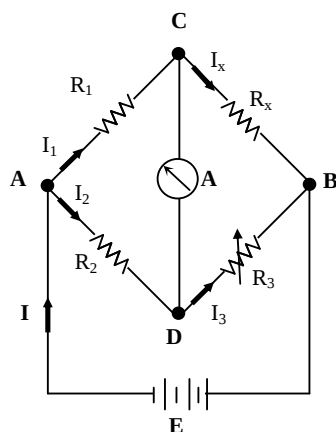
در هنگام بستن مدار، به منظور جلوگیری از سوختن دستگاه‌های ولت‌متر و آمپر متر نهایت دقت را اعمال می‌کنیم. بهتر است ولت-متر و آمپر متر را در مرحله آخر در مدار قرار دهیم.

تئوری آزمایش:

الف - تعیین مقدار مقاومت به روش پل و تستون:

☑ مقدمه آزمایش

مداری مطابق شکل (۱) تشکیل می‌دهیم. جریان I از منبع وارد نقطه A و به جریانهای I_1 و I_2 تقسیم می‌شود. چنانچه مقاومت متغیر R_3 (مقدار آن را با استفاده از یک رئوستا می‌توان تعیین کرد) تغییر یابد تا آمپر متر جریان صفر را نشان دهد، می‌توان نوشت $I_2 = I_3$ و $I_1 = I_x$ همچنین نقاط C و D پتانسیل بوده در نتیجه خواهیم داشت:



شکل (۱): تعیین مقاومت به روش پل و تستون

$$\left. \begin{array}{l} V_{AC} = V_{AD} \\ V_{CB} = V_{DB} \end{array} \right\} \rightarrow \frac{R_1 I_1}{R_x I_x} = \frac{R_2 I_2}{R_3 I_3} \rightarrow \frac{R_1}{R_x} = \frac{R_2}{R_3} \Rightarrow R_x = \frac{R_1}{R_2} R_3$$

☑ چگونگی آزمایش

مدار شکل (۱) را بسته و جدول آزمایش شماره (۲-الف) را برای دو مقاومت مجهول R_x تکمیل نمایید.

جدول آزمایش شماره ۲-الف: تعیین مقاومت به روش پل وتستون

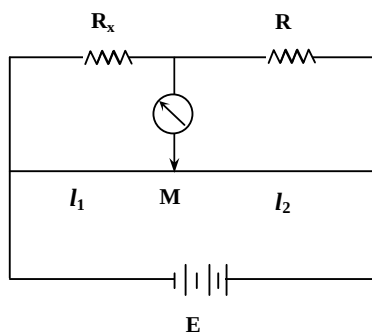
$R_x(\Omega)$	$R(\Omega)$ متغیر	$R_2(\Omega)$	$R_1(\Omega)$	ولتاژ منبع (V)	شاخص منبع ولتاژ

ب- تعیین مقدار مقاومت به روش پل تار

مقدمه آزمایش:

پل وتستون را می‌توان بصورت مدار شکل (۲) که پل تار نام دارد طراحی نمود. در این آزمایش مقاومت‌های معلوم، قسمت‌هایی از مقاومت یک سیم یکنواخت می‌باشد. R مقاومت معلوم و R_x مقاومت مجهولی است که باید آن را اندازه گرفت. برای انجام آزمایش لغزنده‌ی M را در طول سیم بگونه‌ای حرکت می‌دهیم تا مقدار جریان عبوری از آمپر متر صفر شود، در اینصورت مقاومت‌های R و R_x و سیم‌های l_1 و l_2 مانند چهارشاخه پل وتستون که به حالت تعادل قرار داشته‌باشد عمل می‌کنند. بنابراین روابط پل وتستون به شکلی دیگر در اینجا نیز برقرار می‌باشد. چون سیم همگن است سطح مقطع آن یکنواخت بوده و لذا نسبت مقاومت دو قسمت از سیم با نسبت طول‌های آن متناسب می‌باشد. بنابراین مقاومت مجهول از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$R_x = \frac{l_1}{l_2} R$$



مدار شکل (۲): تعیین مقاومت به روش پل تار

✓ چگونگی آزمایش

با توجه به توضیح فوق مدار شکل (۲) را بسته و جدول شماره‌ی (۲-ب) را برای دو مقاومت مجهول R_x تکمیل نمایید.

جدول آزمایش شماره ۲-ب: تعیین مقاومت بروش پل تار

شاخص منبع ولتاژ	ولتاژ منبع (V)	$R_1(\Omega)$	$l_1(cm)$	$l_2(cm)$	$R_x(\Omega)$

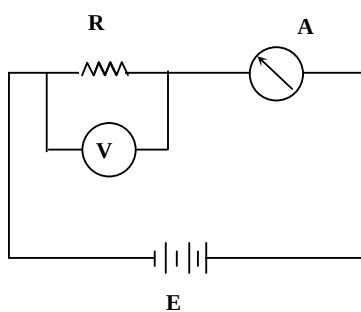
ج- بررسی قانون اهم

مقدمه آزمایش

برطبق این قانون اگر دما و سایر شرایط فیزیکی در یک رسانای فلزی ثابت نگهداشته شود، نسب اختلاف پتانسیل دو سر رسانا به جریان عبوری از آن مقداری ثابت باقی خواهد ماند. این مقدار ثابت مقاومت رسانا نامیده می‌شود. بنابراین:

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

شکل (۳) مدار قانون اهم را نشان می‌دهد. با تغییر شاخص منبع تغذیه از ۱ تا ۱۰ مقادیر ولتاژ دو سر مقاومت و جریان عبوری از آن را اندازه گرفته سپس نمودار V را بر حسب I روی کاغذ میلی‌متری رسم نمایید. با اندازه‌گیری شیب نمودار رسم شده مقدار مقاومت را بدست آورید.



شکل (۳): بررسی تغییرات ولتاژ و جریان عبوری از مقاومت

جدول آزمایش شماره ۲- ج: بررسی قانون اهم در مقاومت‌های فلزی

شاخص منبع تغذیه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
ولتاژ (V)										
جریان (A)										
$R = \frac{V}{I} (\Omega)$										
$\bar{R} (\Omega)$										

سئوالات:

۱. مقاومت به روش پل تار دقیق‌تر می‌باشد یا پل وتستون؟ چرا؟
۲. اگر اندازه مقاومت‌های مجهول، خیلی بزرگ یا خیلی کوچک باشند، آیا جواب سؤال (۱) تغییر می‌کند؟ چرا؟
۳. در آزمایش قسمت (ج) هر نقطه آزمایشی (I, V) باید با در نظر گرفتن خطای اندازه‌گیری روی نمودار مشخص شود. آیا باز هم نمودار خطی است؟ چرا؟
۴. در آزمایش قسمت (ج) شیب نمودار را به دقت تعیین و با مقدار میانگین نتایج جدول شماره ۲- ج مقایسه کنید؟ آیا نتایج با در نظر گرفتن خطاها همپوشانی دارند؟
۵. کدام روش برای تعیین مقاومت مناسب می‌باشد، مقدار میانگین یا مقداری که از طریق شیب خط بدست می‌آید؟ دلیل خود را توضیح دهید.



عنوان آزمایش:

اندازه‌گیری مقاومت ویژه رسانای فلزی با استفاده از رابطه $R = \rho \frac{l}{S}$

عنوان آزمایش: اندازه گیری مقاومت ویژه رسانای فلزی با استفاده از رابطه $R = r \frac{l}{S}$

هدف آزمایش: اندازه گیری مقاومت ویژه یک رسانای فلزی به دو روش بهم بستن سری و موازی مقاومت ها

وسایل آزمایش:

منبع تغذیه - ولت متر - آمپر متر - یک رشته سیم فلزی به عنوان مقاومت - سیم رابط

مشخصات فنی دستگاه های مورد استفاده (technical data):

- (1) منبع تغذیه: در این آزمایش از حالت DC منبع تغذیه و مقدار 2 ولت (اسمی) استفاده می کنیم.
- (2) ولت متر: در این آزمایش از دستگاه ولت متر دیجیتالی فقط به منظور اندازه گیری ولتاژ استفاده می شود.
- (3) آمپر متر: در این آزمایش از دستگاه آمپر متر دیجیتالی به منظور اندازه گیری جریان و به صورت سری در مدار استفاده می شود.
- (4) سیم فلزی: به طول 5 متر و سطح مقطع $s = 0.125 \text{ mm}^2$.

نکات ایمنی (safety notes):

در هنگام بستن مدار، به منظور جلوگیری از سوختن دستگاههای ولت متر و آمپر متر نهایت دقت را اعمال می کنیم. بهتر است ولت متر را در مرحله آخر در مدار قرار دهیم.

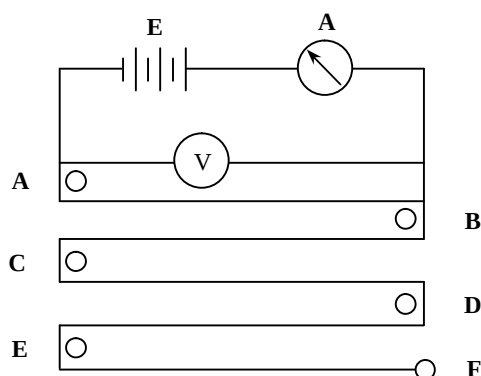
تئوری آزمایش:

الف - اندازه گیری مقاومت ویژه با بهم بستن سری مقاومتها:

در یک دمای معین مقاومت یک هادی با طول آن نسبت مستقیم و با سطح مقطع آن نسبت عکس دارد. ضریب تناسب که با r نشان داده می شود مقاومت ویژه نام دارد و بنابر تعاریف مقاومت سیمی است به طول واحد و به سطح مقطع واحد. برای اندازه گیری r ، سیم داده شده را روی یک تخته بسته و به روش آمپر، ولتاژ و جریان آنرا اندازه می گیریم (طول سیم صد سانتی متر است). سپس مطابق شکل (1) طول سیم را دو، سه، چهار و پنج برابر نموده و با تکرار اندازه گیری ولتاژ و جریان سیم در هر حالت، مقاومت مربوط به آنرا بدست آورید، سپس نمودار مقاومت بر حسب طول را روی کاغذ میلی متری رسم نمایند. شیب خط مقدار $\frac{R}{l}$ را به شما نشان می دهد که مقداری است ثابت. از رابطه $R = r \frac{l}{S}$ مقدار $\Delta \frac{R}{l} = \frac{r}{S}$ را بدست آورده با شیب منحنی مساوی قرار می دهیم:

$$\Delta \frac{R}{l} = \frac{r}{S} = \tan a = cte$$

سپس با اندازه گیری مقدار S ، r را بدست می آوریم. مقاومت مخصوص در دستگاه MKS بر حسب Ωm می باشد.



شکل (1): مدار جهت اندازه‌گیری غیر مستقیم مقاومت ویژه

شکل (1) مداری را برای اندازه‌گیری مقدار r در حالت سری با پنج متر طول مشخص روی تخته نشان می‌دهد.

توجه: آمپرتر در مدار بطور سری و ولت‌متر به دو سر مقاومت موازی وصل می‌شود.

$$AB = BC = CD = DE = EF = 100\text{cm}$$

جدول آزمایش الف: تعیین مقاومت ویژه با بهم بستن سری مقاومتها

رشته سیم های سری	1	2	3	4	5
ولتاژ (V)					
جریان (A)					
مقاومت (Ω)					
مقاومت ویژه (Ωm)					
مقدار میانگین مقاومت ویژه (Ωm)					

ب - اندازه‌گیری مقدار r با بهم بستن موازی مقاومتها:

مدار مطابق آزمایش الف می‌بندیم. سیمی به طول یک متر در مدار قرار می‌دهیم، ولتاژ و جریان دو سر آنرا اندازه گرفته، مقاومت R_1 بدست می‌آید. سپس سطح مقطع سیم را با موازی قرار دادن دو سیم به طول‌های $l = 100\text{ cm}$ دو برابر نموده و با اندازه‌گیری ولتاژ و جریان مقاومت R_2 را بدست آورده و این عمل را با سه، چهار و پنج سیم تکرار می‌کنیم. سپس

نمودار R را بر حسب $\frac{1}{S}$ روی کاغذ میلی‌متری رسم می‌نمائیم. شیب خط یعنی $\frac{R}{1/S}$ مقداری ثابت می‌باشد. مقدار $\frac{R}{1/S}$

را از رابطه $R = r \frac{1}{S}$ مساوی rl قرار داده با اندازه‌گیری S مقدار r بدست می‌آید.

بنابراین:

$$\frac{R}{1/S} = \tan a = r l$$

جدول آزمایش ب: تعیین مقاومت ویژه با بهم بستن موازی مقاومتها

پنج سیم	چهار سیم	سه سیم	دو سیم	یک سیم	رشته سیمهای موازی
					ولتاژ (V)
					جریان (A)
					مقاومت (Ω)
					مقاومت ویژه (Ωm)
					مقدار میانگین مقاومت ویژه (Ωm)

سئوالات:

1. مقاومت ویژه سیم به چه عواملی بستگی دارد؟
2. مقاومت سیم به چه عواملی بستگی دارد؟
3. چرا در بررسی رابطه بین طول و مقاومت، سیمها را به طور سری می‌بندند؟
4. در بستن سیمها به طور موازی، تغییرات سطح مقطع و مقاومت به چه صورت می‌باشد؟
5. نتایجی که برای r از دو روش سری و موازی بستن مقاومتها بدست می‌آورید، با هم مقایسه کنید. کدام روش دقیق‌تر است و نتیجه نهایی r با رعایت ارقام با معنی چه قدر است؟



عنوان آزمایش:

به هم بستن مقاومت ها

عنوان آزمایش: به هم بستن مقاومت ها

هدف آزمایش: محاسبه مقاومت معادل یک مدار با بهم بستن سری ، موازی و مختلط مقاومت ها

وسایل آزمایش:

منبع تغذیه - ولت متر - آمپر متر - جعبه مقاومت ها - سیم های رابط

مشخصات فنی دستگاه های مورد استفاده (technical data):

(1) منبع تغذیه: در این آزمایش از حالت DC منبع تغذیه و مقدار 10 ولت (اسمی) استفاده می کنیم. البته در عمل این ولتاژ در حدود 14 تا 15 ولت می باشد.

(2) ولت متر: در این آزمایش از دستگاه ولت متر دیجیتالی فقط به منظور اندازه گیری ولتاژ و به صورت موازی در مدارها استفاده می شود.

(3) آمپر متر: در این آزمایش از دستگاه آمپر متر دیجیتالی به منظور اندازه گیری جریان و به صورت سری در مدار استفاده می شود.

نکات ایمنی (safety notes):

در هنگام بستن مدار، به منظور جلوگیری از سوختن دستگاه های ولت متر و آمپر متر نهایت دقت را اعمال می کنیم. بهتر است ولت متر را در مرحله آخر در مدار قرار دهیم.

تئوری آزمایش:

الف - بهم بستن مقاومتها به صورت سری

مقاومت های R_1, R_2 و R_3 را به طور سری مطابق شکل (1) به یکدیگر متصل می کنیم. در این حالت جریان عبوری از مقاومت ها یکسان است، ولی ولتاژ بین مقاومتها تقسیم می شود. ولت متر را به دو سر هر مقاومت اتصال داده و مقدار ولتاژ هر مقاومت را بدست آورید، سپس جدول آزمایش شماره چهار قسمت الف را کامل نمایید.

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$$

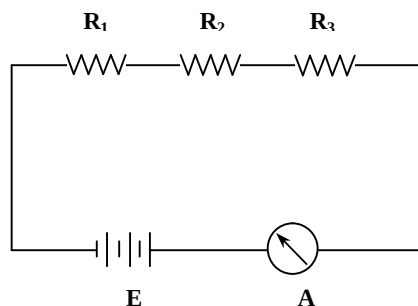
$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots = \sum_{i=1}^n R_i$$

$$I = I_1 = I_2 = I_3 = I_n$$

نتیجه آنکه در این روش مقاومت مدار افزایش و نهایتاً جریان در مدار کاهش می یابد.

جدول آزمایش شماره چهار قسمت الف: بهم بستن مقاومتها بطور سری

$V (V)$	$V_1 (V)$	$V_2 (V)$	$V_3 (V)$	$I (A)$	$R_1 (\Omega)$	$R_2 (\Omega)$	$R_3 (\Omega)$	$R (\Omega)$



شکل (1): مقاومت های سری

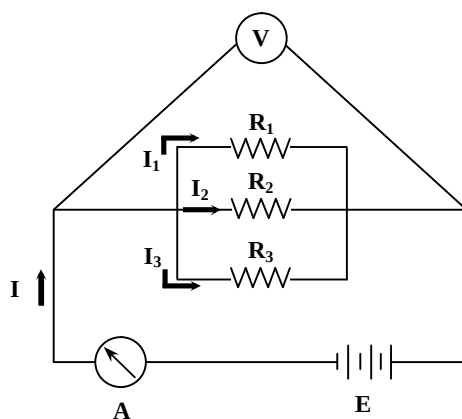
ب - بهم بستن مقاومت ها به صورت موازی

اگر مقاومت های R_1 ، R_2 و R_3 را به طور موازی به یکدیگر وصل نمایم، جریان کل بین مقاومتها تقسیم می شود و ولتاژ دو سر مقاومتها یکسان و ثابت باقی می ماند. مدار را مطابق شکل (2) بسته، آمپرتر را به طور سری در شاخه های R_1 ، R_2 و R_3 قرار داده، جریانهای I_1 ، I_2 و I_3 را اندازه گیری نمایید. سپس ولت متر را موازی با یکی از مقاومت ها قرار داده و مقدار ولتاژ را نیز مشخص نمایید. اکنون جدول آزمایش شماره 4 - ب را کامل نموده، مقدار مقاومت معادل را مشخص کنید.

$$V = V_1 = V_2 = V_3 = V_n$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots \rightarrow \frac{1}{R} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$$



شکل (2): مقاومت های موازی

جدول آزمایش شماره 4 - ب: بهم بستن مقاومت‌ها بطور موازی

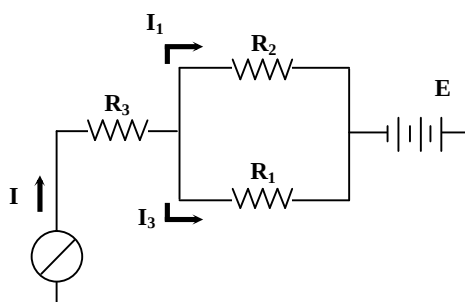
$V (V)$	$I (A)$	$I_1 (A)$	$I_2 (A)$	$I_3 (A)$	$R_1 (\Omega)$	$R_2 (\Omega)$	$R_3 (\Omega)$	$R (\Omega)$

ج: بهم بستن مقاومت‌ها به صورت مختلط

مقاومت های R_1 و R_2 را به طور موازی بسته، آنگاه مجموعه را با مقاومت R_3 مطابق مدار شکل (3) سری می‌کنیم. طبق قانون جریانهای کیرشهف $I = I_1 + I_2$ می‌باشد. مقدار مقاومت معادل را بدست آورده، جدول آزمایش شماره 4 - ج را کامل نمائید.

جدول آزمایش شماره چهار - ج: بهم بستن مقاومت‌ها بطور مختلط

$R_3 (\Omega)$	$R_2 (\Omega)$	$R_1 (\Omega)$	$V_3 (V)$	$V_1 = V_2 (V)$	$I_2 (A)$	$I_1 (A)$	R معادل (Ω)	I کل (A)	ولتاژ کل (V)



شکل (3): مقاومت‌های مختلط

سئوالات:

1. با توجه به آزمایش قسمت الف خطای اندازه‌گیری مقاومت R (مقاومت معادل) را بدست آورید. آیا این خطا با توجه به درصد تقریبی که از طرف کارخانه‌های سازنده مقاومت مطرح می‌شود هم‌خوانی دارد؟ اگر نه مشکل چیست و چگونه باید آن را برطرف کرد.
2. خطای اندازه‌گیری مقاومت معادل R در قسمت ب را حساب کنید.
3. مزیت این سه نوع اتصال مقاومت‌ها (سری، موازی و مختلط) بر یک مقاومت تنها در مدار چیست؟
4. اگر این آزمایش با منبع جریان متناوب صورت گیرد آیا نتایج متفاوتی بدست می‌آید؟ چرا؟



عنوان آزمایش:

تمقیق در قوانین کیرشهف

عنوان آزمایش: تحقیق در قوانین کیرشهف

هدف آزمایش: نحوه بررسی قوانین کیرشهف در مدارهای پیچیده شامل گره ها و حلقه های متعدد

وسایل آزمایش:

منبع تغذیه خارجی - پریز 24 ولت DC تابلو - ولت متر - آمپر متر - جعبه مقاومت ها - سیم های رابط

مشخصات فنی دستگاه های مورد استفاده (technical data):

(1) منبع تغذیه: در این آزمایش از یک حالت منبع تغذیه DC خارجی و مقدار 10 ولت (اسمی) استفاده می کنیم. البته در عمل این ولتاژ در حدود 14 تا 15 ولت می باشد. و یک منبع تغذیه پریز 24 ولت DC تابلو استفاده می کنیم.

(2) ولت متر: در این آزمایش از دستگاه ولت متر دیجیتالی فقط به منظور اندازه گیری ولتاژ و به صورت موازی در مدارها استفاده می شود.

(3) آمپر متر: در این آزمایش از دستگاه آمپر متر به منظور اندازه گیری جریان و به صورت سری در مدار استفاده می شود.

نکات ایمنی (safety notes):

در هنگام بستن مدار، به منظور جلوگیری از سوختن دستگاههای ولت متر و آمپر متر نهایت دقت را اعمال می کنیم. بهتر است ولت متر را در مرحله آخر در مدار قرار دهیم.

تئوری آزمایش:

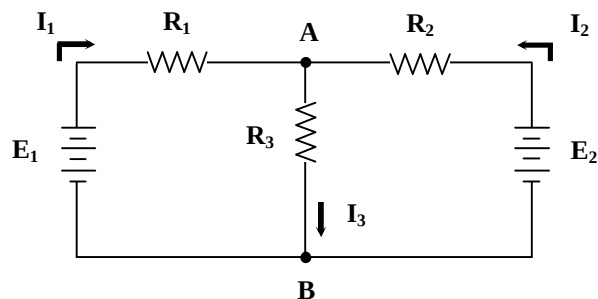
مدار اول تحقیق قانون کیرشهف:

مدار شکل (1) را با استفاده از مقاومت های موجود تشکیل دهید. منابع E_1 و E_2 به ترتیب کانال (2) و (4) منبع DC می باشند. پس از برقرار نمودن جریانهای I_1 و I_2 توسط منبع تغذیه هر دو جریان از نقطه A خارج می شوند به طوریکه در نقطه A ، $I_1 + I_2 = I_3$ می باشد. همچنین در حلقه سمت راست و چپ، قانون مدارهای بسته را می توان چنین نوشت:

$$\begin{cases} E_1 - R_1 I_1 - R_3 I_3 = 0 \\ E_2 - R_2 I_2 - R_3 I_3 = 0 \\ I_1 + I_2 = I_3 \end{cases}$$

اکنون در حالی که مدار بسته و در حال کار است، ولتاژ منابع E_1 و E_2 و ولتاژهای V_1 ، V_2 و V_3 را اندازه می گیریم. سپس از تقسیم ولتاژها بر جریانهای اندازه گیری شده مقادیر مقاومت های R_1 ، R_2 و R_3 حاصل می شوند. اگر مقادیر مقاومت و نیروی محرکه منابع را به عنوان پارامترهای معلوم در روابط کیرشهف منظور نمائیم، مقادیر جریانها از این روابط استخراج

می‌گردند. اگر سوی جریان در تحقیق قوانین کیرشهف برای مدار داده شده صحیح باشد باید از نظر علائم جریانهای I_1 و I_2 هم علامت و با I_3 مختلف العلامه باشند.



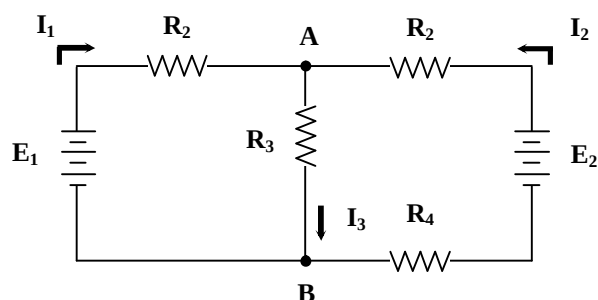
شکل (1): تحقیق در قوانین کیرشهف (مدار الف)

جدول (5-الف): تحقیق قوانین ولتاژها و جریانهای کیرشهف

جریان محاسبه شده از روابط حاکم بر مدار (A)	مقاومت ها (Ω)	جریانهای اندازه گیری شده (A)	ولتاژها (V)
			R_1
			R_2
			R_3
	$E_2(V)$		$E_1(V)$

مدار دوم تحقیق قانون کیرشهف:

آزمایش قسمت (الف) را برای مدار شکل (2) نیز تکرار کنید. در این قسمت مقاومت R_4 اضافه شده است که حتماً نتایج را تغییر می‌دهد ولی باز هم از روابط مشابهی (که باید در این حالت روابط مورد نیاز را بنویسید)، مانند روابط فوق می‌توان مقادیر جریانها را حساب کرد.



شکل (2): تحقیق در قوانین کیرشهف [قسمت (ب)]

جدول (5-ب): تحقیق قوانین ولتاژها و جریان کیرشهف

جریان محاسبه شده از روابط حاکم بر مدار (A)	مقاومت ها (Ω)	جریانهای اندازه گیری شده (A)	ولتاژها (V)	
				R_1
				R_2
				R_3
				R_4
	$E_2 (V)$		$E_1 (V)$	

سئوالات:

1. قانون جریانها و ولتاژها هر یک از کدام اصول فیزیکی تبعیت می کنند؟
2. چرا زمانی که مدار در حال کار است باید کمیت های E_1 و E_2 را اندازه گرفت؟
3. آیا درصد خطاها در دو جدول با هم متفاوت می باشند؟ چرا؟
4. خطای ΔI را برای یکی از مدارها به صورت انتخابی حساب کنید و کمیت ستون جریانهای محاسبه شده را تصحیح کنید.
5. کاربرد حل معادلات فوق را بیان کنید.



عنوان آزمایش:

فازن در جریان مستقیم

عنوان آزمایش: خازن در جریان مستقیم

هدف آزمایش: بررسی حالت های شارژ و دشارژ خازن ها و محاسبه ظرفیت یک خازن با استفاده از مقدار ثابت زمانی بدست آمده از نمودارهای شارژ و دشارژ آن ها.

وسایل آزمایش:

منبع تغذیه خارجی - ولت متر - آمپر متر - جعبه خازن ها - سیم های رابط - زمان سنج

مشخصات فنی دستگاه های مورد استفاده (technical data):

- (1) منبع تغذیه: در این آزمایش از یک حالت منبع تغذیه DC خارجی و مقدار 20 ولت (اسمی) استفاده می کنیم، البته در عمل این ولتاژ در حدود 29 تا 30 ولت می باشد.
- (2) ولت متر: در این آزمایش از دستگاه ولت متر دیجیتالی فقط به منظور اندازه گیری ولتاژ و به صورت موازی در مدارها استفاده می شود. مقاومت داخلی ولت متر در حدود 10^7 می باشد.
- (3) آمپر متر: در این آزمایش از دستگاه آمپر متر به منظور اندازه گیری جریان و به صورت سری در مدار استفاده می شود.

نکات ایمنی (safety notes):

در هنگام بستن مدار، به منظور جلوگیری از سوختن دستگاه های ولت متر و آمپر متر نهایت دقت را اعمال می کنیم. بهتر است ولت متر را در مرحله آخر در مدار قرار دهیم. قبل از اتصال مدار خازن را تخلیه می کنیم.

تئوری آزمایش:

b مقدمه:

هنگامیکه یک عایق بین دو هادی قرار می گیرد خازن به وجود می آید. خازنهای آزمایشگاه عموماً مسطح (تخت) می باشند. اگر اختلاف پتانسیل به این دو صفحه وصل شود مقدار بار روی صفحات ذخیره می شود، از مهم ترین مشخصات یک خازن ظرفیت و ماکزیمم ولتاژ کار آن است. این دو به ساختمان فیزیکی خازن بستگی دارند. ظرفیت خازن را چنین تعریف می کنند: مقدار باری را که به ازاء اختلاف پتانسیل به میزان یک ولت روی صفحات ذخیره می شود ظرفیت می گویند.

b انواع خازنها:

به طور کل دو نوع خازن وجود دارد:

نوع اول: خازنهای قطبی (الکترولیتی)

نوع دوم: خازنهای غیر قطبی.

خازنهای قطبی:

در خازن قطبی دی الکتریک بین صفحات پس از اعمال ولتاژ DC توسط فعل و انفعالات شیمیایی شکل می گیرد. الکترولیت این خازنها معمولاً اسید بوریک است که به عنوان صفحه منفی نیز عمل می کند. صفحه مثبت این خازنها از آلومینیوم است و لایه نازکی از اکسید آلومینیوم که روی صفحه آلومینیوم تشکیل می شود به عنوان دی الکتریک عمل می کند، به هنگام استفاده از این نوع خازنها باید به قطبهای آنها توجه شود. یک خازن الکترولیت دارای مقاومت DC چند صد کیلو اهم یا بیشتر است. در این نوع خازنها علامت قطبها روی بدنه خازن نوشته شده است.

خازنهای قطبی دارای ظرفیت بالاتری می باشند، به همین دلیل بیشتر در مدارهای فیلتر به عنوان عنصر پائین گذر (Low Pass)، در انشعابها به عنوان بای پاس (By Pass)، در اتصال مدارها به یکدیگر به عنوان کوپلاژ (Coupling) استفاده می شوند. یکی از جدیدترین انواع خازنهای الکترولیت خازن تانتالیم می باشد که با استفاده از الکترولیت جامد ساخته شده است. خصوصیات این خازن کوچکی اندازه، بزرگی ظرفیت و قابل اطمینان بودن آن است، داشتن چنین خصوصیتی سبب کاربرد گسترده آن در مدارهای ترانزیستوری شده است.

خازنهای غیرقطبی:

خازنهای غیرقطبی خازنهایی می باشند که با هر پلاریته ولتاژ اتصال درست عمل می کنند، بر حسب نوع دی الکتریک و شکل ساختمانی، این خازنها انواع مختلف دارند.

از نظر شکل ساختمانی این خازنها بیشتر به دو صورت لوله ای شکل و تخت ساخته می شوند. در نوع لوله ای (Tubular) صفحات استوانه ای شکل قطبی و یک ورقه نازک میکا یا کاغذ دی الکتریک را تشکیل می دهند، بر حسب نوع دی الکتریک می توان تقسیم بندی زیر را انجام داد:

خازن با دی الکتریک کاغذ: دو قطب این خازن صفحات قلع یا نقره می باشند و دی الکتریک کاغذ آغشته به پارافین یا پلاستیک می باشد، پایداری این خازنها خوب بوده و جریان نشستگی ضعیفی دارند.

خازن با دی الکتریک میکا: این نوع خازنها همانند خازنهای کاغذی ساخته می شوند و فقط دی الکتریک آنها میکا می باشد. این خازنها نسبت به خازنهای کاغذی در ظرفیت های کوچکتری ساخته می شوند.

خازن با دی الکتریک سرامیک: در این نوع خازنها از یک لایه نازک سرامیک به عنوان عایق بین الکترودها استفاده شده است. ظرفیت این خازنها به طور نسبتاً وسیعی با درجه حرارت تغییر می کند.

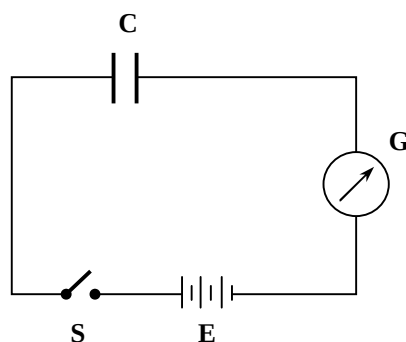
خازن با دی الکتریک هوا: فقط شامل دو صفحه بوده و خازنهای متغیر بیشتر از این نوع می باشند، یکی از کاربردهای آن در مدار گیرنده رادیو به عنوان خازن متغیر است، در انتخاب یک خازن باید عوامل زیر را در نظر گرفت: ظرفیت لازم - ولتاژ

کار - ضریب حرارتی - اثرات القایی و مقاومتی - میزان خطا و تقریب - فرکانس کار

b خازن در جریان مستقیم :

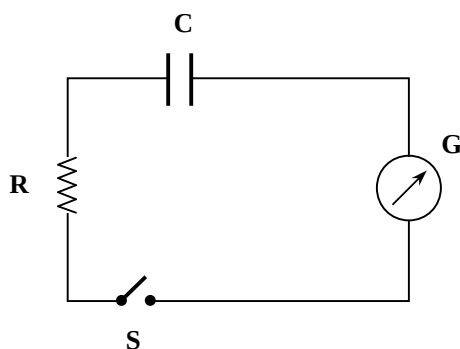
الف : شارژ و دشارژ خازن:

در مدار شکل (1) وقتی که کلید S بسته است باطری جریانی را در مدار برقرار می‌کند و بارها روی یکی از صفحات خازن می‌نشینند و در نتیجه از صفحه مقابل بار همانم دفع می‌شود. گالوانومتر این جریان را نشان می‌دهد، بعد از آن که اختلاف سطح دو سر خازن با ولتاژ باطری برابر شود، خازن کاملاً شارژ شده و در مقابل عبور جریان مقاومت می‌کند. لذا جریان مدار قطع می‌شود و گالوانومتر جریانی را نشان نمی‌دهد، در این حالت خازن مانند یک مقاومت بی‌نهایت عمل می‌کند.



شکل (1) مدار شارژ خازن

حال اگر باطری از مدار برداشته شود و کلید را مطابق شکل (2) وصل کنیم خازن بار خود را در مقاومت تخلیه می‌کند و در نتیجه عقربه گالوانومتر منحرف می‌شود و مقدار جریان دشارژ خازن را نشان می‌دهد. با توجه به این رفتار خازن در جریان مستقیم، می‌توان نمودار شارژ و دشارژ خازن را در این جریان بررسی کرده، پارامتر اساسی خازن یعنی ثابت زمانی خازن را بدست آورد.



شکل (2) مدار دشارژ خازن

چگونگی انجام آزمایش شماره ششم: بدست آوردن ثابت زمانی خازن

الف - حالت شارژ

رسم نمودار ولتاژ شارژ بر حسب زمان و محاسبه RC خازن غیر الکترولیتی به کمک ولت‌متر الکترونیکی:

الف - مدار شامل منبع، ولت‌متر و خازن را به صورت سری ببندید، قبل از اتصال مدار خازن را تخلیه کنید.

ب - هر 10 ثانیه یک بار ولتاژ ولت‌متر را بخوانید و با استفاده از رابطه جمع جبری، اختلاف پتانسیل در یک حلقه بسته مدار، $V_c = E - V$ ، ولتاژ خازن را بدست آورید و در جدول وارد کنید.

ج - نمودار ولتاژ بر حسب زمان را بر روی کاغذ میلی‌متری یا با کامپیوتر رسم کنید، ثابت زمانی را با استفاده از نمودار بدست آورید و محاسبات خود را در کنار نمودار ذکر کنید.

جدول (6-الف): تغییرات ولتاژ بر حسب زمان در حالت شارژ خازن

زمان (S)	10	20	30	40	50		180	190	200
ولتاژ ولت‌متر (V)									
ولتاژ خازن (V)									

ب - حالت دشارژ

رسم نمودار ولتاژ دشارژ خازن بر حسب زمان و محاسبه RC خازن غیرالکترولیتی توسط ولت‌متر الکترونیکی:

الف - مدار را مطابق شکل (3) ببندید.

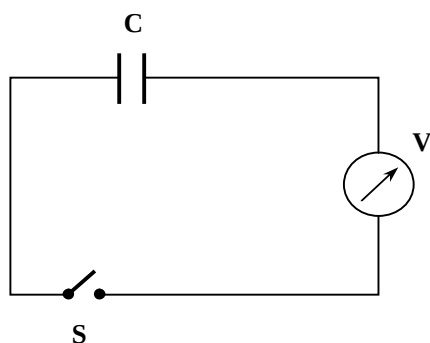
ب - خازن پر شده را در مدار قرار دهید و کلید را ببندید تا خازن تخلیه شود، در این حالت ولت‌متر در هر لحظه ولتاژ دو سر خازن را نشان می‌دهد.

ج - ولتاژ ولت‌متر (خازن) را هر 10 ثانیه یک بار بخوانید.

د - نمودار ولتاژ بر حسب زمان را در کاغذ میلی‌متری رسم کنید، مقدار ثابت زمانی را از روی نمودار بدست آورده در کنار نمودار ذکر کنید.

جدول (6-ب): تغییرات ولتاژ بر حسب زمان در حالت دشارژ خازن

زمان (S)	10	20	30	40	50		180	190	200
ولتاژ ولت‌متر (خازن) (V)									



شکل (3) مدار دشارژ خازن در مرحله انجام آزمایش

سئوالات:

1. در مدارهایی که برای تحقیق شارژ و دشارژ خازن بستیم، ولت‌متر علاوه بر نقش اصلی‌اش دارای چه نقش دیگری است؟
2. سرعت شارژ و سرعت دشارژ را در دو زمان $t=20$ و $t=100$ ثانیه تعیین و مشخص کنید، کدام سرعت بیشتر است چرا؟
منظور از سرعت محاسبه $\frac{dV}{dt}$ است.
3. برای بالا بردن دقت در نقطه‌یابی و سپس رسم منحنی چه اقداماتی باید انجام داد؟
4. دو مقدار بدست آمده RC را با هم مقایسه کنید؟ کدام محاسبه C دقیق‌تر است؟ چرا؟
5. ΔC را در هر دو آزمایش از روش دیفرانسیلی محاسبه و از آن‌جا مقدار C را در هر دو بار تهیه نمایید، آیا نتایج همپوشانی دارند؟ اگر دارند چه باید کرد؟



عنوان آزمایش:

فازن در جریان متناوب

عنوان آزمایش: خازن در جریان متناوب

هدف آزمایش: تحقیق قوانین بهم بستن خازن‌ها به صورت سری و موازی و محاسبه ظرفیت و امپدانس و اختلاف فاز در

یک مدار RC

وسایل آزمایش:

منبع تغذیه خارجی - ولت متر - آمپر متر - جعبه خازن ها و مقاومت‌ها - سیم‌های رابط

مشخصات فنی دستگاه های مورد استفاده (technical data):

(1) منبع تغذیه: در این آزمایش از یک حالت منبع تغذیه AC خارجی و مقدار 10 ولت (اسمی) استفاده می کنیم. البته در عمل این ولتاژ در حدود 11 تا 12 ولت می باشد. در این آزمایش برای اولین بار از جفت جافیش دوم از سمت چپ این منبع به منظور استفاده از جریان متناوب استفاده می شود.

(2) ولت متر: در این آزمایش از دستگاه ولت متر دیجیتالی فقط به منظور اندازه گیری ولتاژ و به صورت موازی در مدارها استفاده می شود. دستگاه ولت متر در این آزمایش باید در مد AC عمل کند.

(3) آمپر متر: در این آزمایش از دستگاه آمپر متر در مد AC بمنظور اندازه گیری جریان و به صورت سری در مدار استفاده می شود. نشانه گر روی 200 mA تنظیم می شود.

نکات ایمنی (safety notes):

در هنگام بستن مدار، به منظور جلوگیری از سوختن دستگاههای ولت متر و آمپر متر نهایت دقت را اعمال می کنیم. بهتر است ولت متر را در مرحله آخر در مدار قرار دهیم. قبل از اتصال مدار خازن را تخلیه می کنیم.

تئوری آزمایش:

مقدمه:

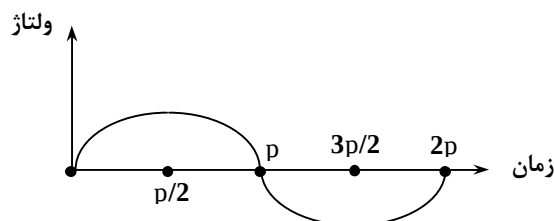
خازن در مدار جریان متناوب مانند یک مقاومت عمل می کند. مقدار این مقاومت $X_c = \frac{1}{\omega C}$ بوده و وابسته به ظرفیت

خازن و فرکانس جریان می باشد. وجود خازن در مدار باعث ایجاد اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ مدار می شود.

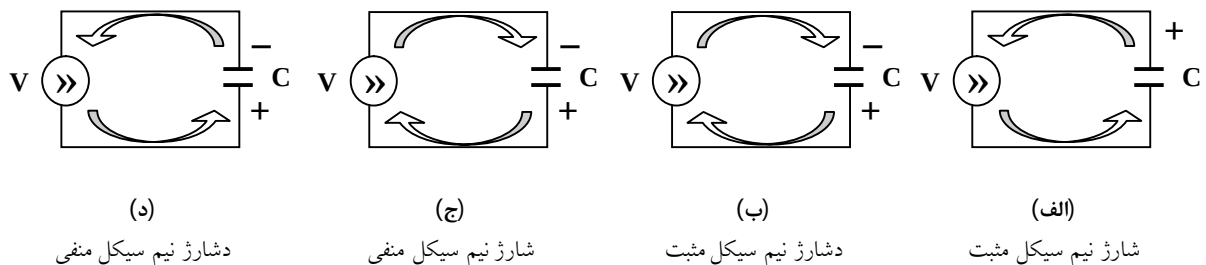
در آزمایش قبل مشاهده کردیم که در مدار جریان مستقیم، خازن پس از شارژ شدن مانند یک مقاومت بی نهایت عمل می کند و مانع عبور جریان می شود، در حالیکه در مدار جریان متناوب رفتار دیگری از خود نشان می دهد، در این قسمت رفتار خازن در مقابل جریان متناوب را تحلیل می کنیم. فرض کنید منبع ولتاژ سینوسی مطابق شکل مقابل به خازن متصل است، اگر ولتاژ منبع را مطابق شکل در نظر بگیریم در فاصله 0 تا 90 خازن در جهتی شارژ می شود که در شکل (15-الف) نشان داده شده

است (به جهت جریان توجه داشته باشید). در فاصله 90o تا 180o جهت جریان عکس حالت (الف) شده و خازن دشارژ می شود تا در لحظه 180o که ولتاژ آن به صفر می رسد لیکن در طول این مدت پلاریته ولتاژ مشابه پلاریته در حالت (الف) می باشد (شکل 1-ب). در فاصله 180o تا 270o همانگونه که در شکل (1-ج) نشان داده شده است، خازن با پلاریته ای عکس حالت (الف) و (ب) شارژ می شود و در نقطه 270o به ماکزیمم شارژ خود می رسد و بالاخره در فاصله 270o تا 360o طبق شکل (1-د) خازن با حفظ پلاریته حالت (ج) دشارژ می شود تا در لحظه 360o ولتاژ آن به صفر می رسد.

این سیکل دائماً تکرار می گردد، در نتیجه خازن به طور متناوب شارژ و دشارژ می شود و در مدار همیشه جریان وجود دارد. اما در این حالت جریان همزمان با ولتاژ ماکزیمم یا مینیمم نمی شود و به اصطلاح می گوییم بین جریان و ولتاژ اختلاف فاز وجود دارد. برای پی بردن به میزان دقیق اختلاف فاز در مدار شکل زیر که یک ولتاژ سینوسی $V = V_m \sin wt$ به دو سر خازن اعمال شده است، جریان را محاسبه می کنیم.



- الف -



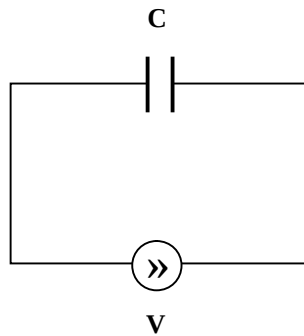
- ب -

شکل (1) فرآیند شارژ و دشارژ خازن در جریان متناوب

$$I = \frac{dQ}{dt} \Rightarrow I = \frac{d(CV)}{dt} \Rightarrow I = \frac{C d(V_m \sin(wt))}{dt} = CV_m w \cos wt$$

با فرض این که $I_m = CwV_m$ رابطه فوق نهایتاً بدین شکل در می آید:

$$I = I_m \sin\left(wt + \frac{p}{2}\right)$$



شکل (2) مدار شارژ و دشارژ خازن در جریان متناوب

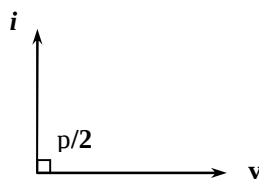
این رابطه نشان می‌دهد که در مدار شامل فقط خازن جریان به میزان $\pi/2$ از ولتاژ جلوتر می‌باشد. با مطالعه مجدد شکل‌های (الف) تا (د) نیز می‌توان این اختلاف فاز را مشاهده کرد، زیرا در نقاط ماکزیمم نظیر 90° و 270° جریان خازن صفر بوده و در نقاط مینیمم ولتاژ نظیر 180° و 360° جریان خازن ماکزیمم می‌باشد. رابطه‌ی $I_m = CwV_m$ را می‌توان به صورت

$$\frac{V_m}{I_m} = \frac{1}{Cw}$$

نوشت که در واقع بیان قانون اهم می‌باشد.

$$X_c = \frac{1}{Cw} \quad \text{مقاومت خازنی در جریان متناوب}$$

برای این که رابطه فوق مفهوم اختلاف فاز را نیز در برداشته باشد آن را به صورت: $X_c = \frac{1}{jCw}$ می‌نویسیم. حال طبق رابطه $I = \frac{V}{X_c} = jCwV$ جریان روی محور موهومی بوده و به اندازه $\pi/2$ از ولتاژ جلوتر می‌باشد. نمودارهای صفحه بعد این اختلاف فاز را نشان می‌دهد.



شکل (3) اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ ناشی از وجود خازن در مدار جریان متناوب

حال مقاومت و خازن را به طور سری مطابق شکل (4) به منبع جریان متناوب وصل می‌کنیم. چون در مقاومت ولتاژ و جریان هم‌فاز می‌باشند، پس ولتاژ دو سر خازن و دو سر مقاومت با یکدیگر 90° اختلاف فاز دارند. بنابراین ولتاژ کل مدار برابر مجموع جبری دو ولتاژ نمی‌باشد، بلکه برابر مجموع برداری آن دو برابر می‌باشد، لذا طبق شکل مقابل خواهیم داشت:

$$\vec{V}_z = \vec{V}_R - j\vec{V}_c \Rightarrow |\vec{V}_z| = (V_R - jV_c)(V_R + jV_c) \Rightarrow |\vec{V}_z|^2 = V_R^2 + V_c^2 \Rightarrow V_z = \sqrt{V_R^2 + V_c^2}$$

از طرفی از رابطه $V_z^2 = V_R^2 + V_c^2$ می‌توان نتیجه گرفت:

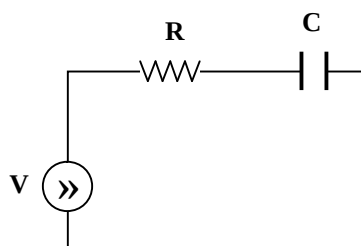
$$I^2 Z^2 = I^2 R^2 + I^2 X_c^2 \Rightarrow Z^2 = R^2 + X_c^2 \Rightarrow Z = \sqrt{R^2 + X_c^2}$$

Z را مقاومت ظاهری کل مدار یا امپدانس کل مدار می‌نامیم.

$$Z = \frac{V_z}{I}$$

زاویه ϕ اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ کل مدار (منبع) می‌باشد و مطابق شکل مقدار آن بدست می‌آید.

$$\tan f = \frac{V_c}{V_R} = \frac{I_0}{I_R} \times \frac{X_c}{R} \Rightarrow \tan f = \frac{1}{RC\omega} \Rightarrow \cos f = \frac{R}{Z}$$

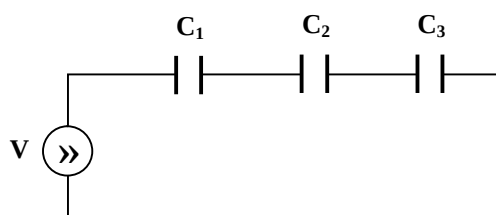


شکل (4) مدار شارژ و دشارژ خازن در جریان متناوب در حضور مقاومت

b تحقیق قوانین بهم بستن خازنها بصورت سری و موازی:

ظرفیت معادل چند خازن سری:

اگر چند خازن را پشت سر هم به یکدیگر متصل کنیم، می‌گوئیم که آنها را به طور سری بسته‌ایم. در این صورت بار ذخیره شده در تمام خازنها یکسان می‌باشد. زیرا وقتی مقدار بار روی صفحه A از خازن C_1 می‌نشیند بار غیرهمنام و مساوی آن روی صفحه B القا شده که این بار نیز بار غیرهمنام خود را در صفحه C از خازن C_2 القاء و به همین ترتیب تا آخرین صفحه خازنها ادامه پیدا می‌کند.



شکل (5) بهم بستن خازنها به صورت سری

بنابراین:

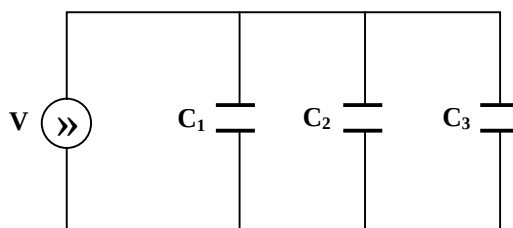
$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q \quad V = V_1 + V_2 + V_3 = \frac{Q_1}{C_1} + \frac{Q_2}{C_2} + \frac{Q_3}{C_3} = Q \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \right)$$

$$\Rightarrow \frac{V}{Q} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \Rightarrow \frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

ظرفیت معادل چند خازن موازی:

اگر چند خازن را به طور موازی مطابق شکل به هم ببندیم اختلاف سطح دو سر خازن ها یکسان می باشد. مقدار باری که به نقطه اتصال خازنها می رسد به نسبت ظرفیت خازنها تقسیم می شود. بنابراین:

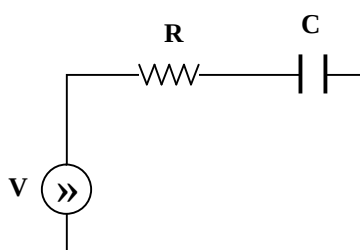
$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \Rightarrow CV = C_1V + C_2V + C_3V \Rightarrow C = C_1 + C_2 + C_3 \quad V_1 = V_2 = V_3$$



شکل (6) بهم بستن خازنها به صورت موازی

b چگونه انجام آزمایش هفتم:

الف: مدار RC: در مدار شکل مقابل جریان کل ولتاژ اجزاء مدار را اندازه گیری کنید و مقادیر خواسته شده در جدول را اندازه گیری یا محاسبه کرده و وارد جدول کنید.



شکل (7) مدار اندازه گیری ثابت زمانی خازن در حالت شارژ و دشارژ

جدول (7-الف): بررسی مشخصات مدار RC در جریان متناوب

ولتاژ کل (V)	ولتاژ خازن (V)	ولتاژ مقاومت (V)	جریان (A)	اختلاف فاز (o)	ظرفیت (μF)	مقاومت ظاهری کل (Ω)

ب: بهم بستن خازنها بطور سری و بدست آوردن ظرفیت معادل و بررسی رابطه $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$

الف) سه خازن را به صورت سری به هم ببندید و به منبع جریان متناوب وصل کنید.

ب) جریان مدار و ولتاژهای دو سر C_1 ، C_2 و C_3 و ولتاژ کل را اندازه گیری کرده و در جدولی که مشخص شده وارد کنید.

ج) با استفاده از جریان و ولتاژهای قابل اندازه‌گیری مقدار ظرفیت C_1 ، C_2 و C_3 و C معادل را بدست آورده و درصد خطای آن را با مقدار ظرفیت معادل که به طور تجربی به دست آورده‌اید حساب کنید.

د) خطای مطلق هر دو طرف رابطه را حساب کرده بیان کنید آیا رابطه ظرفیت معادل در حالت سری بودن خازنها محقق است؟ چگونه تحقیق رابطه را بنویسید.

جدول (7-ب): بهم بستن خازنها بطور سری و ظرفیت معادل

مقدار ظرفیت (μF)	$X_c (\Omega)$	جریان مدار (A)	ولتاژ دو سر خازن (V)	خازنها
				C_1
				C_2
				C_3
				C

ج: بهم بستن خازنها بطور موازی و بدست آوردن ظرفیت معادل و بررسی رابطه $C = C_1 + C_2 + C_3$

الف) سه خازن را به صورت موازی به یکدیگر وصل و به منبع ولتاژ متناوب اتصال دهید.

ب) مقادیر ولتاژ دو سر هر خازن و جریان در هر شاخه را اندازه‌گیری کرده و در جدول وارد کنید.

ج) با استفاده از ولتاژ و جریان هر شاخه مقدار ظرفیت C_1 ، C_2 و C_3 و C معادل را بدست آورده و درصد خطای آن را با مقدار ظرفیت معادل که به طور تجربی بدست آورده‌اید، حساب کنید.

جدول (7-ج): بهم بستن خازنها بطور موازی و ظرفیت معادل

مقدار ظرفیت (μF)	$X_c (\Omega)$	جریان مدار (A)	ولتاژ دو سر خازن (V)	خازنها
				C_1
				C_2
				C_3
				C

سئوالات:

1. اختلاف فازی که یک خازن تنها در مدار بین جریان و ولتاژ ایجاد می‌کند، چقدر است؟ (با رسم نمودار جریان و ولتاژ)
2. اختلاف فاز در یک مدار شامل خازن و مقاومت از چه رابطه‌ای بدست می‌آید؟

3. چرا خازن جریان مستقیم را از خود عبور نمی‌دهد، در صورتیکه جریان متناوب را عبور می‌دهد؟
4. مقاومت خازن چه رابطه‌ای با فرکانس و ولتاژ اعمال شده به مدار دارد؟
5. مقاومت خازن در جریان مستقیم و متناوب را نوشته تفاوت آن را ذکر کنید.
6. از خازنی با ظرفیت $C = 30 \mu F$ جریان $I = 12 \sin 2000 t$ عبور می‌کند. تابع ولتاژ دو سر آن را به دست آورید.
7. در یک مدار RC معادل جریان مدار و ولتاژ منبع بدین صورت است:

$$V = 150 \sin (500 t + 10^\circ)$$

$$I = 13.42 \sin (500 t - 53.4^\circ)$$

مقاومت R و ظرفیت C را بیابید.



عنوان آزمایش:

سلف ها در جریان مستقیم و متناوب

عنوان آزمایش: سلف ها در جریان مستقیم و متناوب

هدف آزمایش: تحقیق قوانین بهم بستن سلف ها به صورت سری و موازی در مدارهای جریان مستقیم و متناوب و محاسبه اندوکتانس معادل آن ها و آشنایی با طرز کار ترانسفورماتورها

وسایل آزمایش:

منبع تغذیه خارجی - ولت متر - آمپر متر - دو سلف با دور سیم پیچ های متفاوت - هسته آهنی U شکل - سیم های رابط

مشخصات فنی دستگاه های مورد استفاده (technical data):

- 1) منبع تغذیه: در این آزمایش از یک منبع تغذیه AC و DC خارجی و مقدار 5 ولت (اسمی) استفاده می کنیم. در این آزمایش از جفت جافیش دوم از سمت چپ این منبع به منظور استفاده از جریان متناوب استفاده می شود.
- 2) ولت متر: در این آزمایش از دستگاه ولت متر دیجیتالی فقط به منظور اندازه گیری ولتاژ و به صورت موازی در مدارها استفاده می شود. دستگاه ولت متر در این آزمایش باید عمل کند.
- 3) آمپر متر: در این آزمایش از دستگاه آمپر متر با توجه به منبع جریان در مد AC یا DC به منظور اندازه گیری جریان و به صورت سری در مدار استفاده می شود. نشانه گر روی A 10 تنظیم می شود.
- 4) سلف ها: در این آزمایش از دو سلف با تعداد دور سیم پیچ 300 دور به عنوان سلف اولیه و 900 دور به عنوان سلف ثانویه استفاده می شود.

نکات ایمنی (safety notes):

در هنگام بستن مدار، به منظور جلوگیری از سوختن دستگاههای ولت متر و آمپر متر نهایت دقت را اعمال می کنیم. بهتر است ولت متر را در مرحله آخر در مدار قرار دهیم.

تئوری آزمایش:

مقدمه:

هر گاه دو سر یک سیم راست یا مقاومت R را به یک منبع DC وصل کنیم، جریان در مدت کوتاهی به مقدار $I = \frac{V}{R}$ می-رسد. در صورتیکه اگر همین سیم را به صورت یک سیم پیچ در آوریم پس از وصل کلید مدتی طول می کشد تا جریان به مقدار ماکزیمم و ثابت خود برسد. علت این مسئله پدیده خود القایی است که در سیم پیچ اتفاق می افتد. به این مفهوم که در لحظه وصل کلید بر اثر تغییر ناگهانی جریان در مدار، فلوی مغناطیسی در مدار تغییر می کند که باعث ایجاد نیروی محرکه خود القایی در دو سر سیم پیچ می شود. طبق قانون لنز این نیروی محرکه خودالقایی با عامل به وجود آورنده خود که همان

نیروی محرکه منبع و به عبارتی جریان اصلی مدار است مخالفت می‌کند و از این جریان می‌کاهد. در نتیجه در لحظه شروع کار مدار مقاومت ظاهری علاوه بر مقاومت اهمی در مدار ظاهر می‌شود.

بنابراین اگر یک سیم‌پیچ را به جریان متناوب وصل کنیم به علت تغییرات متناوب جریان نیروی محرکه خود القایی همواره در مدار وجود دارد که ایجاد مقاومتی در مدار می‌کند. این مقاومت، مقاومت ظاهری سیم پیچ نام دارد و آن را با X_L نمایش می‌دهند. طبق قانون فاراده نیروی محرکه خود القایی متناسب با تغییرات شار (فلو) بوده و فلو متناسب با جریان مدار است،

یعنی $\phi = LI$ ، بنابراین $E = L \frac{dI}{dt}$ و اگر جریان مدار را $I = I_m \sin wt$ در نظر بگیریم،

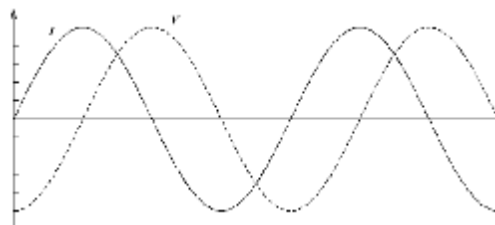
$$E = L \frac{dI}{dt} = LI_m w \cos wt = LwI_m \sin\left(wt + \frac{\pi}{2}\right) = E_m \sin\left(wt + \frac{\pi}{2}\right)$$

بنابراین معادله ولتاژ یک معادله سینوسی است که با جریان مدار $\pi/2$ اختلاف فاز دارد.

$$X_L = \frac{E_m}{I_m} = \frac{LwI_m}{I_m} = Lw$$

مقاومت ظاهری یا القایی

برای آن که اختلاف فاز بین ولتاژ سلف و جریان عبوری از آن در مقاومت ظاهری منظور گردد X_L را به صورت $jL\omega$ نیز نشان می‌دهد. بنابراین اگر جریان مدار I باشد ولتاژ دو سر سلف برابر $jL\omega I$ خواهد بود، با توجه به مفهوم ضریب j ولتاژ سلف به اندازه 90 از جریان آن جلوتر می‌باشد. این موضوع در نمودار زیر نشان داده شده است.



شکل (1): چگونگی اختلاف ولتاژ و جریان عبوری از سلف

در صورتیکه به دو سر سلف ولتاژ مستقیم وصل شود تنها مقاومت R ظاهر می‌گردد. اگر به دو سر سلف ولتاژ متناوب وصل شود مقاومت حاصل در مدار، برآیند مقاومت اهمی (R) و مقاومت سلفی (X_L) است.

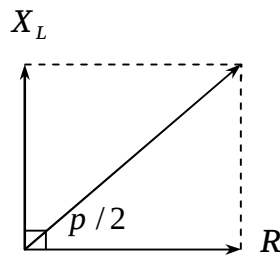
$$Z_L = \frac{V_c}{I_c}$$

با در نظر گرفتن نمایش برداری R و X_L مقدار Z_L را به صورت زیر می‌توان نوشت:

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

L ضریب خودالقایی می‌باشد و با توجه به رابطه $X_L = L\omega = L(2\pi f)$ مقدار آن برابر است با $L = \frac{X_L}{2\pi f}$ و واحد اندازه

گیری L هانری است.



شکل (2) اختلاف فاز مقاومت سلفی و اهمی

ϕ اختلاف فازی است که سلف مقاومت دار در مدار ایجاد می کند. طبق نمودار فوق ϕ را می توان از روابط $\cos j = \frac{R}{Z}$ و

$$\tan j = \frac{X_L}{R} \text{ بدست آورد.}$$

الف) اندوکتانس معادل چند سلف بطور سری

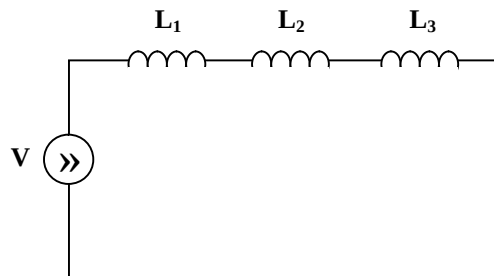
در حالتیکه سلفها به صورت سری بسته شوند ولتاژهای جزء برابر ولتاژ کل مدار است.

$$L = L_1 + L_2 + L_3 \quad \text{و یا} \quad V = V_1 + V_2 + V_3$$

$$LwI = L_1wI + L_2wI + L_3wI$$

و به طور کلی

$$L = \sum_{i=1}^n L_i$$



شکل (3) بهم بستن سلفها بطور سری

ب - اندوکتانس معادل چند سلف موازی:

در حالتیکه سلفها به صورت موازی بسته شده اند جمع جریانهای موجود در شاخه ها برابر جریان کلی می باشد.

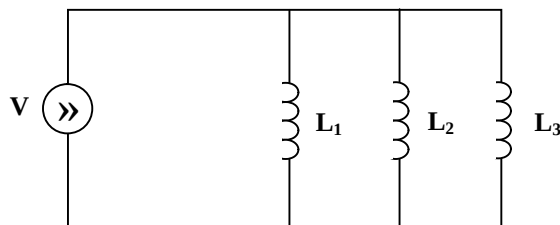
با توجه به رابطه $E = L \frac{dI}{dt}$ مقدار جریان در هر یک از سلفها از رابطه $I = \frac{1}{L} \int E dt$ بدست می آید، در نتیجه خواهیم

داشت:

$$\frac{1}{L} \int E dt = \frac{1}{L_1} \int E dt + \frac{1}{L_2} \int E dt + \dots \Rightarrow \frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots \Rightarrow \frac{1}{L} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{L_i}$$

تذکر: اگر مقاومت اهمی یک سلف نسبت به مقاومت القایی آن کوچک باشد، رابطه مقاومت ظاهری سلف با فرکانس خطی خواهد بود زیرا:

$$Z = \sqrt{X_L^2 + R^2} = X_L \sqrt{1 + \frac{R^2}{X_L^2}} \Rightarrow R \ll X_L \Rightarrow Z \cong X_L$$



شکل (3) بهم بستن سلفها بطور موازی

چگونگی انجام آزمایش:

1. بهم بستن سلفها بصورت سری - تحقیق معادله $L = L_1 + L_2$

الف - دو سلف داده شده را به طور سری به یکدیگر و منبع تغذیه وصل کنید.

ب - ابتدا از ولتاژ DC منبع استفاده کرده ولتاژ و جریان کل مدار را اندازه گیری کنید و مقدار مقاومت اهمی R را بدست آورید.

ج - با اندازه گیری ولتاژ دو سر هر کدام از سلفها، مقاومت R_1 ، R_2 دو سلف را محاسبه کنید.

د - حال دو سر سلفها را به منبع ولتاژ متناوب وصل و مطابق حالت ب و ج اندازه گیریها را تکرار و جدول آزمایشی شماره (8-الف) را تکمیل نمایید.

ه - با استفاده از روابط $X_L = \sqrt{Z^2 - R^2}$ ، $L = \frac{X_L}{2\pi f}$ مقدار اندوکتانس دو سلف و کل مدار را محاسبه کنید.

آزمایش (8-الف): بهم بستن سلفها بطور سری

سلفها	$V_{DC} (V)$	$I_{DC} (A)$	$R (\Omega)$	$V_{AC} (V)$	$I_{AC} (A)$	$Z (\Omega)$	$X_L (\Omega)$	$L (mH)$
L_1								
L_2								
L								

$$2. \text{ بهم بستن سلفها بصورت موازی - بررسی } \frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}$$

الف - دو سلف را به صورت موازی به هم ببندید.

ب - مشابه آزمایش قبل یک بار به دو سر آن ولتاژ مستقیم و یک بار ولتاژ متناوب اعمال می‌کنیم در هر کدام از حالات جریان در هر شاخه و جریان کل و ولتاژ مدار را اندازه‌گیری کنید و جدول آزمایشی شماره 8-ب را تکمیل نمایید.

ج - مقدار مقاومت R و مقاومت ظاهری Z و مقاومت اندوکتیو و اندوکتانس هر کدام از سلفها و مجموع دو سلف را محاسبه کنید.

آزمایش (8-ب): بهم بستن سلفها بطور موازی

سلفها	$V_{DC} (V)$	$I_{DC} (A)$	$R (\Omega)$	$V_{AC} (V)$	$I_{AC} (A)$	$Z (\Omega)$	$X_L (\Omega)$	$L (mH)$
L_1								
L_2								
L								

سئوالات:

1. رابطه $L = L_1 + L_2$ را با نتایج بدست آمده از جدول (8-الف) تحقیق کنید. (ΔL طرفین را حساب کرده و تحقیق را دنبال کنید).

2. رابطه $\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}$ را با نتایج بدست آمده از جدول (8-ب) تحقیق کنید. (ΔL طرفین را حساب کرده و تحقیق را دنبال کنید).

3. فرق عمل سلف در جریان مستقیم و متناوب چیست؟

4. مقاومت القایی سلف با مقاومت ظاهری آن چه تفاوتی دارد و هر کدام را با چه علامتی نشان می‌دهند، آیا وجود مقاومت ظاهری برتری بر مقاومت اهمی دارد؟ توضیح دهید.



عنوان آزمایش:

بررسی مدار RLC در جریان متناوب

عنوان آزمایش: بررسی مدار RLC در جریان متناوب

هدف آزمایش: محاسبه اختلاف فاز و امپدانس کل در یک مدار شامل مقاومت، خازن و سلف و بررسی این مدار و

همچنین آشنایی با طرز کار اسیلوسکوپ

وسایل آزمایش:

منبع تغذیه خارجی - ولت متر - آمپر متر - سلف - خازن - سیم های رابط - دستگاه اسیلوسکوپ

مشخصات فنی دستگاه های مورد استفاده (technical data):

(1) منبع تغذیه: در این آزمایش از یک منبع تغذیه AC مقدار 10 ولت (اسمی) برای قسمت اول آزمایش، و برای قسمت دوم از AC و DC خارجی استفاده می کنیم. از جفت جافیش دوم از سمت چپ این منبع به منظور استفاده از جریان متناوب استفاده می شود.

(2) ولت متر: در این آزمایش از دستگاه ولت متر دیجیتالی فقط به منظور اندازه گیری ولتاژ و به صورت موازی در مدارها استفاده می شود. دستگاه ولت متر در این آزمایش باید در مد AC عمل کند.

(3) آمپر متر: در این آزمایش از دستگاه آمپر متر با توجه به منبع جریان در مد AC یا DC به منظور اندازه گیری جریان و به صورت سری در مدار استفاده می شود. نشانه گر روی 200 mA تنظیم می شود.

(4) سلف: در این آزمایش از یک سلف با تعداد دور سیم پیچ 1200 دور با مقاومت داخلی 12 اهم استفاده می شود. بنابراین برای بررسی مدار RLC از مقاومت خارجی استفاده نمی کنیم. زیرا خود سلف دارای مقاومت داخلی می باشد.

(5) اسیلوسکوپ: در این آزمایش از یک اسیلوسکوپ مدل هامب (HAMEB 20 MHZ) استفاده می شود.

نکات ایمنی (safety notes):

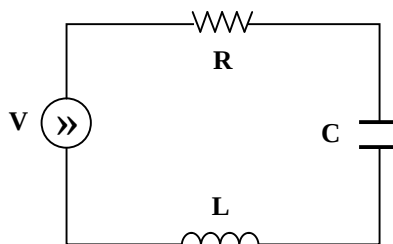
در هنگام بستن مدار، به منظور جلوگیری از سوختن دستگاه های ولت متر و آمپر متر نهایت دقت را اعمال می کنیم. بهتر است ولت متر را در مرحله آخر در مدار قرار دهیم. قبل از اتصال منبع تغذیه به اسیلوسکوپ به وسیله سیم های رابط با عمل مالش سیم ها به یکدیگر و به محل جافیش اسیلوسکوپ، بارهای اضافی را تخلیه می کنیم. در آزمایش اسیلوسکوپ و در حالت DC برای تغییر ولتاژ منبع تغذیه از گام های صعودی استفاده می کنیم. زیرا در غیر این صورت به علت وجود خازن در سیستم یک ناهماهنگی و تداخل در پاسخ سیستم رخ می دهد.

تئوری آزمایش:

مدار شکل ذیل را در نظر بگیرید، معادله ولتاژ کیرشهف (KVL) در این مدار به صورت زیر است:

$$E = RI + V_c + V_L = RI + \frac{1}{C} \int Idt + L \frac{dI}{dt}$$

جواب این معادله به صورت $I = I_{in} \sin(\omega t + j)$ خواهد بود که ϕ اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ کل مدار بوده و توسط سلف و خازن ایجاد می‌شود.



شکل (1): مدار R-L-C

حال با توجه به نمودار مقابل اختلاف فاز را می‌توان بدست آورد. همانطور که مشاهده می‌شود نسبت به جریان مدار ولتاژ خازن 90° تأخیر فاز، ولتاژ سلف 90° تقدم فاز و ولتاژ مقاومت اختلاف فازی ندارد.

$$\tan j = \frac{V_L - V_c}{R} = \frac{X_L - X_c}{R}$$

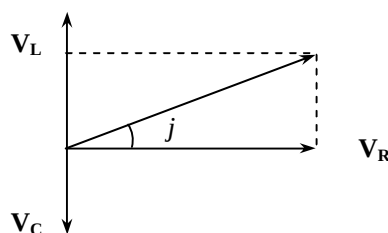
با استفاده از روابطی که از شکل می‌توان بدست آورد اختلاف فاز را می‌توان به صورت $\cos j = \frac{V_R}{V_Z} = \frac{R}{Z}$ محاسبه کرد. در

این روابط Z آمپدانس ظاهری کل مدار بوده و برابر است با:

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

زمانی جریان در مدار به ماکزیمم خود می‌رسد که مقاومت ظاهری به کمترین مقدار که همان مقاومت R است برسد. در این حالت ولتاژ دو سر سلف و خازن با سیم برابرند.

$$V_L = V_c \Rightarrow X_L = X_c \Rightarrow LC\omega^2 = 1 \Rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$



شکل (2): نمودار فازی مدار R-L-C

در این حالت مدار در حالت تشدید (رزنانس) می‌باشد. نمودار جریان مدار بر حسب ω چنین است. این نمودار نشان می‌دهد که در فرکانسهای بالا سلف از خود آمپدانس زیادی نشان داده و جریان مدار را به صفر می‌رساند و در فرکانسهای پایین خازن به عنوان مدار باز عمل نموده و جریان را به صفر می‌رساند. مقدار $w = \frac{1}{\sqrt{LC_c}}$ متناظر با بیشترین جریان (کمترین آمپدانس) می‌باشد. اگر ولتاژ دو سر مقاومت را به عنوان خروجی این مدار در نظر بگیریم اسم این مدار را می‌توان فیلتر میان-

$$\text{گذر گذاشت (چرا؟) که فرکانس مرکزی آن } f = \frac{1}{2p\sqrt{LC}} \text{ می‌باشد.}$$

نتایج به دست آمده نشان می‌دهند که با تغییر هر کدام از عوامل L و C و f می‌توان در مدار تشدید برقرار کرد. در این حالت انرژی منبع تنها صرف انرژی حرارتی در مقاومت می‌شود و انرژی الکترو مغناطیسی سلف با انرژی الکترو استاتیکی خازن مرتباً مبادله می‌گردد.

$$\frac{1}{2}LI^2 = \frac{1}{2} \frac{q^2}{c} \Rightarrow IL \frac{dI}{dt} = \frac{q}{c} \frac{dq}{dt} \Rightarrow L \frac{d^2q}{dt^2} = \frac{1}{c}q \rightarrow \frac{d^2q}{dt^2} - \frac{1}{Lc}q = 0$$

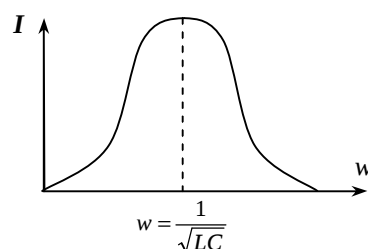
حل معادله فوق به صورت $q = q_m \cos(\omega t + j)$ بوده و از آن جا $I = I_m \sin(\omega t + j)$ بدست می‌آید. با قرار دادن این جواب در معادله دیفرانسیل مدار $f = \frac{1}{2p\sqrt{LC}}$ بدست می‌آید که نشان‌دهنده فرکانس نوسان الکتریکی بین سلف و خازن (فرکانس تشدید) می‌باشد.

مدار شامل سلف مقاومت‌دار و یک خازن اگر به صورت سری بسته شوند تشکیل مدار RLC سری را می‌دهند. در این

حالت $Z_L = \frac{V_L}{I}$ و این نسبت یعنی $\frac{V_L}{I}$ مقاومت ظاهری سلف را نشان می‌دهد.

$$Z_L = \sqrt{(RL)^2 + X_L^2} \quad \text{و} \quad \frac{V_L}{I} = Z_L$$

در حالت خاص که $R_L = 0$ نسبت $\frac{V_L}{I}$ برابر X_L خواهد شد.



شکل(3): نمودار جریان بر حسب بسامد در مدار تشدید

چگونگی انجام آزمایش:

الف - تحقیق مدار RLC در حالت تشدید

سلف و خازن داده شده را به صورت سری ببندید و با تغییر فرکانس منبع جدول را پر کنید.

جدول (9-الف) بررسی فرآیند تشدید در مدار RLC

فرکانس (HZ)	750	1000	1500	2000	3000	4000	5000
I (A)							
V (V)							
$X_L (\Omega)$							

فرکانس (HZ)	500	1000	1500	3000	4000	5000	6000
I (A)							
V (V)							
$X_L (\Omega)$							

ب - بررسی مدار سری RLC

الف - سلف و خازن داده شده را به صورت سری به یکدیگر ببندید و به منبع جریان متناوب وصل کنید.

ب - ولتاژ دو سر مدار و ولتاژ دو سر هر کدام از اجزاء مدار و جریان در مدار را اندازه گیری کرده نتایج را وارد جدول کنید.

ج - با استفاده از روابط داده شده مقاومت ظاهری کل مدار (امپدانس) و مقاومت کل سلف و مقاومت اندوکتیو و مقاومت X_L

سلف و اندوکتانس سلف و مقاومت ظاهری خازن و ظرفیت و اختلاف فاز جریان با ولتاژ کل مدار را محاسبه کنید.

د - مقاومت R سلف را از روی سلف یادداشت کنید.

ه - با وارد کردن هسته آهنی به داخل سلف حالت رزونانس ایجاد کنید و شدت جریان در این حالت را بدست آورید.

جدول (9-ب-1): ثبت نتایج اندازه گیری بررسی مدار RLC

ولتاژ دو سر سلف	ولتاژ دو سر خازن	ولتاژ کل	جریان مدار

جدول (9-ب-2): محاسبه کمیتها در بررسی مدار RCL

اختلاف فاز ϕ_0	$C (m\Omega)$	$X_c (\Omega)$	$L (mH)$	$X_L (\Omega)$	$R_L (\Omega)$	$Z_L (\Omega)$	امپدانس $Z(\Omega)$

ج: ترانسفورماتورها

سلف داده شده N_1 و N_2 را داخل هسته آهنی U شکل قرار داده و سرپوش هسته را بگذارید. آنگاه سیم پیچ اولیه ترانسفورماتور را به منبع تغذیه متناوب وصل کرده و ولتاژ اولیه و ثانویه را اندازه گیری نمایید. سپس برای اندازه گیری جریان اولیه آمپر متر را در مدار اولیه قرار داده اما مدار ثانویه را اتصال کوتاه کنید تا I_1 خوانده شود. برای اندازه گیری I_2 اتصال کوتاه ثانویه را باز کرده آمپر متر را به جای آن قرار دهید.

حال ترانسفورماتور را در حالت معکوس قرار داده همین عمل را تکرار کنید و جدول را کامل نمایید.

جدول (9-ج): بررسی بقاء انرژی در ترانسفورماتور

N_1 (دور)	N_2 (دور)	$V_1 (V)$	$V_2 (V)$	$I_1 (A)$	$I_2 (A)$	$P_1 (VA)$	$P_2 (VA)$

سئوالات:

1. کاربرد مدارهای سری RLC را بنویسید.
2. در یک مدار RLC مقاومت ظاهری بر حسب فرکانس چگونه تغییر می کند. فرمول ریاضی و منحنی تغییرات آن را به طور تقریبی رسم کنید.
3. خطای مطلق کمیت های محاسبه شده در جداول را بدست آورده و سپس کمیتها را با رعایت ارقام با معنی در جدول منعکس نمایید.
4. با توجه به اختلاف فاز ϕ چگونه می توان تشخیص داد که مدار RLC بیشتر حالت سلفی دارد یا حالت خازنی؟ چرا؟



عنوان آزمایش:

آشنایی با ساختمان داخلی ولتمتر- آمپر متر و اهم متر

عنوان آزمایش: آشنایی با ساختمان داخلی ولت‌متر - آمپر‌متر و اهم‌متر

تئوری آزمایش:

ولت‌مترها به جز ولت‌متر الکترواستاتیکی تحت تأثیر مستقیم ولتاژ کار نمی‌کنند. اساس ساختمان ولت‌متر را گالوانومتر تشکیل می‌دهد که بر اثر عبور جریان از سیم‌پیچ‌های آن عقربه روی صفحه مدرج منحرف می‌شود و چون ولتاژ متناسب با جریان است، می‌توان صفحه را بر حسب ولت مدرج نمود. یعنی اگر جریان I از یک گالوانومتر با مقاومت R_g عبور کند ولتاژ برابر است با: $V = I \cdot R_g$.

برای تبدیل گالوانومتر به ولت‌متر با رنج دلخواه، می‌توان مقاومتی به گالوانومتر سری کرد به نحوی که اگر بخواهیم رنج ولت‌متر تا n برابر ولتاژ حداکثر گالوانومتر افزایش یابد مقاومتی برابر با $R = (n-1)R_g$ باید به طور سری به گالوانومتر ببندیم.

چنانچه حداکثر جریان قابل تحمل گالوانومتر I_m باشد، در این صورت حداکثر ولتاژی که دو سر گالوانومتر می‌تواند داشته باشد برابر $V_m = I_m R_g$ است. حال اگر مقاومت R به طور سری به گالوانومتر وصل شود، در صورت عبور حداکثر جریان از گالوانومتر افت حداکثر ولتاژ در دو سر مقاومت R و مقاومت R_g است، یعنی:

$$V'_m = (R + R_g) I_m$$

چون جریان I_m معادل ولتاژ V' است عبور جریان I متناسب با ولتاژ دو سر مقاومت و گالوانومتر است. اگر نسبت

$$\frac{V'_m}{V_m} = n \text{ را در نظر بگیریم، } n \text{ نشان‌دهنده این است که رنج گالوانومتر چند برابر شده است و با استفاده از روابط:}$$

$$V'_m = (R + R_g) I_m \Rightarrow \frac{V'_m}{V_m} = n \rightarrow \frac{I_m (R + R_g)}{I_m R_g} = n \Rightarrow R = (n-1) R_g$$

R مقدار مقاومت سری شده به دست می‌آید.

در صورتیکه بخواهیم ولت‌متر برای اندازه‌گیری حدود سنجش مختلف به کار رود، یک سری مقاومت به گالوانومتر سری می‌کنند.

حساسیت ولت‌متر:

همانگونه که بر روی دستگاه‌های اندازه‌گیری ولتاژ مشاهده می‌شود، حساسیت ولت‌متر بر حسب اهم بر ولت بیان می‌شود.

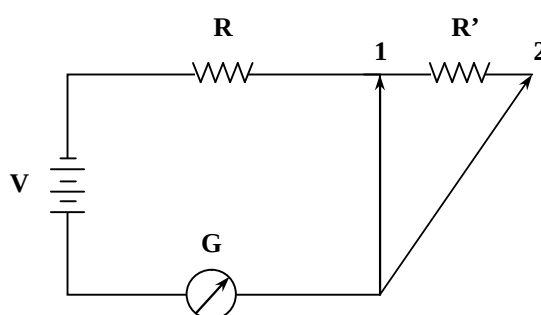
مثلاً اگر داشته باشیم حساسیت $\frac{\Omega}{V}$ 2000، منظور این است که این ولت‌متر به ازاء هر یک ولت، 2000 اهم مقاومت در مدار

وارد می‌کند. اگر بر فرض کلید انتخاب رنج دستگاه روی رنج 10 ولت باشد در چنین حالتی $2 \times 10 = 2000 \times 10$ اسم مقاومت داخلی ولت متر خواهد شد.

انجام آزمایش:

الف - ساختن ولت‌متر با دو رنج

مدار شکل 1 را ببندید.



شکل (1): مدار ساخت ولت‌متر با استفاده از گالوانومتر

رنج ولت‌متر را در دو حالت 1 و 2 محاسبه کنید.

ولتاژ مجهول را با دو رنج به دست آمده توسط ولت‌متر که ساخته‌اید اندازه‌گیری کنید و جدول مربوط به آن را کامل کنید.

جدول (10- الف): ساختمان ولت‌متر

حالت دوم	حالت اول	کمیت‌های مختلف
		مقاومت گالوانومتر $R_g (\Omega)$
		حداکثر جریان $I_m (A)$
		حداکثر ولتاژ قابل تحمل گالوانومتر $(V_m (A))$
		مقاومت سری شده $R (\Omega)$
		رنج ولت‌متر ساخته شده $(V_m (V))$
		مقدار ولتاژ اندازه‌گیری شده $(V(V))$

آشنایی با ساختمان آمپر متر

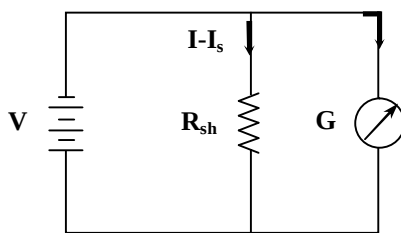
اساس ساختمان آمپر متر را گالوانومتر تشکیل می‌دهد، اما چون گالوانومتر تنها جریانهای ضعیف را اندازه‌گیری می‌کند با بستن مقاومت‌های مختلف به طور موازی به گالوانومتر می‌توان آن را به آمپر متر با رنجهای مختلف تبدیل کرد. مثلاً اگر بخواهیم رنج آمپر متر را تا n برابر افزایش دهیم کافی است مقاومتی برابر $R_m = \frac{1}{n-1} R_g$ را به طور موازی به آمپر متر ببندیم. مقاومت موازی با مقاومت گالوانومتر را مقاومت شنت گویند. مدار شکل زیر را در نظر بگیرید، اگر جریان I در مدار n برابر حداکثر جریان عبوری از آمپر متر باشد مسلماً گالوانومتر قدرت تحمل این جریان را ندارد. لذا مقاومت R_{sh} را به طور موازی به گالوانومتر می‌بندیم. اگر جریان وارد نقطه A شود، جریان I_g وارد گالوانومتر می‌گردد و بقیه آن یعنی $(I - I_g)$ وارد مقاومت شنت می‌شود. از طرفی پتانسیل دو سر مقاومت R_{sh} با پتانسیل دو سر گالوانومتر برابر است (چون موازی بسته شده‌اند). لذا:

$$R_{sh} \cdot I_{sh} = R_g \cdot I_g \Rightarrow R_{sh} = \frac{R_g \cdot I_g}{I_m} = \frac{R_g \cdot I_g}{(n-1) \cdot I_g}$$

بنابراین برای این که رنج گالوانومتر را n برابر افزایش دهیم بایستی مقاومتی که مقدار $\frac{1}{n-1}$ برابر مقاومت گالوانومتر R_g است با آن موازی کنیم.

مثال: گالوانومتر با مشخصات $R_g = 50\Omega$, $I_g = 1mA$ را به کمک مقاومت 5.5Ω تبدیل به یک آمپر متر کنید در این حالت رنج آمپر متر چقدر است؟

$$R_{sh} = \frac{R_g}{n-1} \Rightarrow n = \frac{R_g + R_{sh}}{R_{sh}} = \frac{50 + 5.5}{5.5} \cong 10 \Rightarrow I = nI_g = 10 \times 1mA = 10mA$$



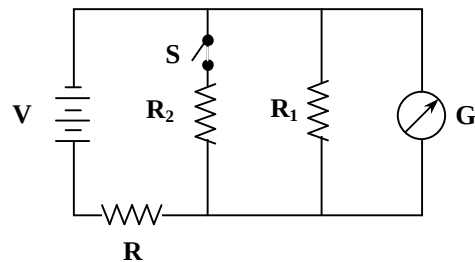
شکل (2): مدار ساخت آمپر متر با استفاده از گالوانومتر

تبدیل گالوانومتر به آمپر متر با چند راه مختلف:

اگر بخواهیم گالوانومتر را تبدیل به آمپرتری کنیم که جریانهای مختلف را اندازه‌گیری کند مقاومت‌های بیشتری را به طور موازی به گالوانومتر می‌بندیم.

ب: تبدیل گالوانومتر به آمپر متر:

در مدار ذیل مقاومت داده شده را به طور موازی به گالوانومتر ببندید. در این حالت مجموعه تشکیل یک آمپر متر را داده- است. حال آمپر متر ساخته شده را در مدار شامل مقاومت و منبع قرار دهید و با محاسبه رنج آمپر متر به دست آمده جریان مدار را اندازه گیری کنید. عمل بالا را برای هر دو حالت دو مقاومت شنت انجام داده جدول مربوط را کامل کنید.



شکل (3): مدار ساخت آمپر متر با استفاده از گالوانومتر

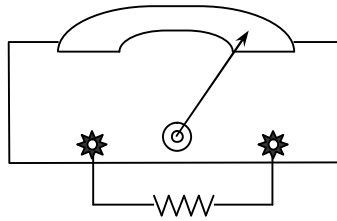
جدول (10-ب): ساختن آمپر متر

کمیت‌های مختلف	حالت اول	حالت دوم
مقاومت گالوانومتر $R_g (\Omega)$		
حداکثر جریان قابل تحمل گالوانومتر $I_m (A)$		
مقاومت موازی شده $R_{sh} (\Omega)$		
رنج آمپر متر ساخته شده $I_m (A)$		
جریان عبوری از گالوانومتر $I_g (A)$		
جریان عبوری از آمپر متر $I (A)$		

• اهم متر

الف. کاربرد و ساختمان داخلی اهم متر

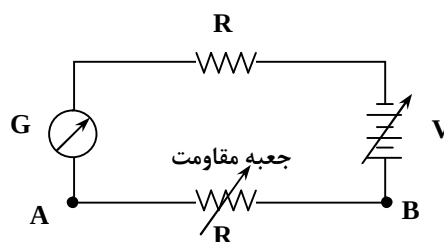
اهم متر برای اندازه گیری مقاومت به کار می رود. با قرار دادن کلید S در بخش اهم آوومتر می توان مقاومت یک سیم را اندازه گیری کرد، رنجها به صورت $R \times 1$ و $R \times 10$ یا 1Ω و 10Ω و 100Ω در روی اهم متر مشخص می شود. در بخش بعد با اندازه گیری مقاومت مجهول توسط اهم متر آشنا می شوید.



شکل (4):

ب. ساختمان اهم متر

ساختمان داخلی اهم متر متشکل از قسمتهای ذیل است: گالوانومتر، باتری و مقاومت متغیر. هنگامیکه دو سر مقاومت مجهول R_x را به دو سر اهم متر متصل می کنیم مدار داخلی اهم متر که شامل باتری است بسته می شود. باتری در مدار جریانی را برقرار می کند که بر اساس جریان عبوری از مقاومت های مختلف صفحه گالوانومتر را بر حسب مقادیر مختلف مقاومت مدرج می کند. اگر مقاومت مجهول $R_x = 0$ باشد، جریان مدار بیشترین مقدار را دارد و این حالتی است که در شکل نقاط A و B به هم وصل باشند یا به عبارتی دو سر اهم متر (شامل گالوانومتر، باتری و مقاومت متغیر) اتصال کوتاه شود و در حالتیکه بین دو نقطه A و B مقاومتی زیاد قرار گرفته باشد، جریان در مدار کم می شود و این در حالتیکه بین دو نقطه A و B باز باشد که به اصطلاح مقاومت بی نهایت است: $R = \infty$ و جریان در مدار صفر است. در نتیجه درجه بندی اهم عکس جریان است.



شکل (5): مدار ساخت اهم متر با استفاده از گالوانومتر

ج. تبدیل گالوانومتر به اهم متر

منبع ولتاژ جعبه مقاومت R_1 و گالوانومتر به طور سری به یکدیگر وصل کنید. این مجموعه تشکیل اهم متر می دهد. حال برای این که درجه بندی گالوانومتر را بر حسب اهم مدرج کنید، مقاومت های مختلف را باید بین دو نقطه A و B قرار دهیم و جریان عبوری از آنها را یادداشت کنیم. قبل از قرار دادن مقاومتها در مدار، در ابتدا بین نقاط A و B را اتصال کوتاه کنید. (در این حالت مقاومت متغیر صفر است) منبع ولتاژ را آن قدر تغییر دهید تا جریان گالوانومتر حداکثر شود و دیگر مقدار ولتاژ منبع را تغییر نمی دهیم در این حالت نقطه صفر از درجه بندی اهم به دست می آید. حال بین دو نقطه A و B را باز بگذارید. در نتیجه جریان در مدار صفر است، در این حالت موقعیت بی نهایت از درجه بندی اهم به دست آمده است؟

حال مقاومتهای داده شده را توسط جعبه مقاومت وارد مدار نمائید و جریان گالوانومتر را یادداشت کرده جدول را کامل کنید. مقاومت مجهول داده شده را نیز به اهم متر وصل کنید و با اندازه‌گیری جریان آن و استفاده از جدول مقدار مقاومت آن را تعیین کنید.

جدول (10-ج): ساختن اهم‌متر

مقاومت (Ω)	0	100	200	...	∞	R_{1x}	R_{2x}
جریان (mA)	I_m						

سؤالات:

1. کلید انتخاب رنج، S، اگر روی دو رنج $2/5$ و 50 قرار گیرد و حساسیت دستگاه $2000\Omega / V$ باشد، مقدار مقاومت ولت‌متر در این دو حالت چه قدر است؟
2. اگر بخواهیم توسط ولت‌متری که دارای حساسیت 2 کیلو اهم بر ولت است و ماکزیمم ولتاژی را که قادر است اندازه‌گیری 250 ولت است، ولتاژی معادل 1000 ولت را اندازه‌گیری کنیم چه مقدار مقاومت و چگونه باید به آن ببندیم؟
3. چرا اندازه‌گیری ولتاژ مشخص یک منبع با دو رنج مختلف یک ولت‌متر کاملاً یکسان نیست؟ از کدام رنج بهتر است استفاده شود تا نتیجه دقیق‌تر به دست آید؟
4. شنت چیست؟
5. گالوانومتری دارای مقاومت داخلی 9 اهم است و رنج آن 10 میلی‌آمپر می‌باشد. به این گالوانومتر مقاومتی را به صورت موازی ببندید تا قادر به اندازه‌گیری جریان تا حدود 100 میلی‌آمپر باشد.
6. چرا نمی‌توان اهم‌متر را مانند آمپر‌متر یا ولت‌متر مستقیماً درجه‌بندی کرد؟
7. آیا می‌توان مقدار مقاومت را در حالیکه در یک مدار قرار گرفته باشد اندازه‌گیری کرد؟ چرا؟



عنوان آزمایش:

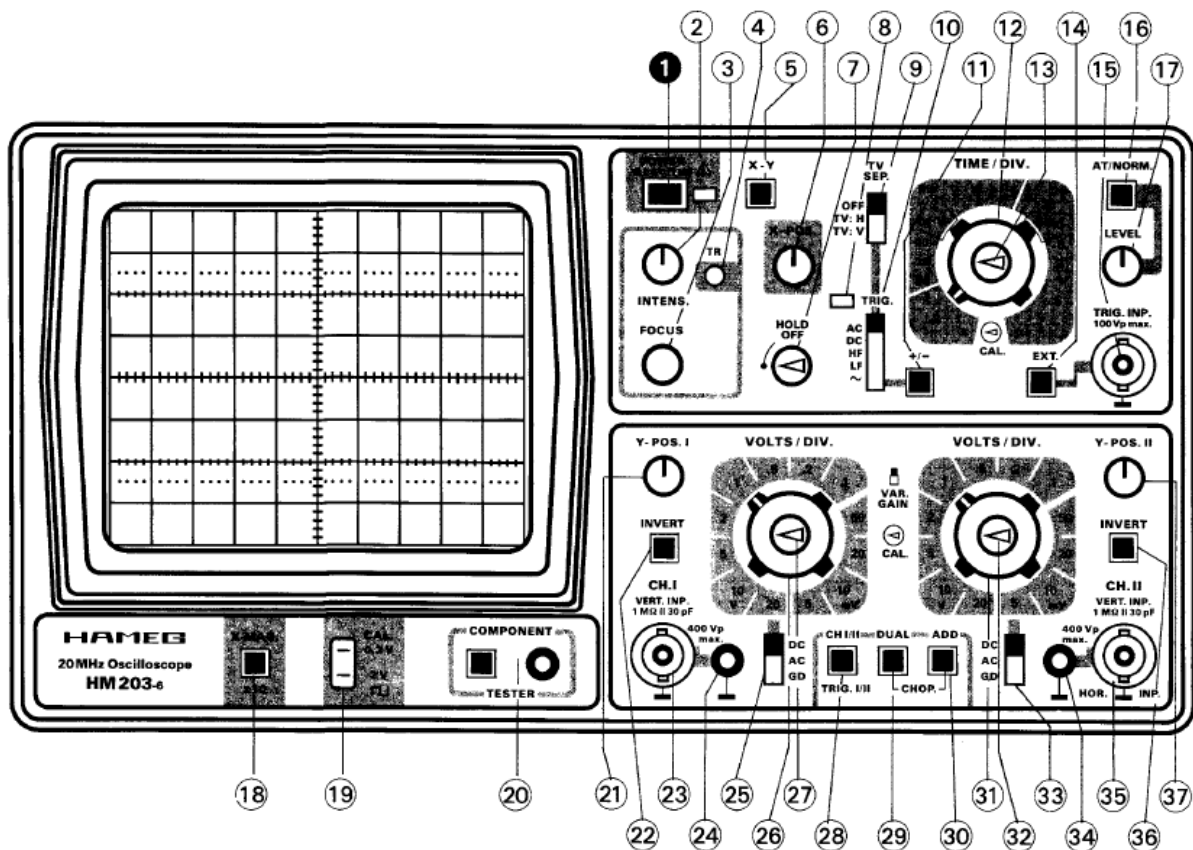
آشنایی با اسیلوسکوپ

عنوان آزمایش: آشنایی با اسیلوسکوپ

تئوری آزمایش:

در شکل صفحه اسیلوسکوپ هامب (HAMEB 20 MHZ) را مشاهده می‌کنید. توضیحات لازم با توجه به شماره به شماره مربوط به هر قسمت دستگاه در صفحه بعد آورده شده‌است.

دستور کار اسیلوسکوپ دو کاناله مدل HM 203-6:



شکل (1): طرح شماتیک اسیلوسکوپ HM 203-6

1. کلید اصلی دستگاه **Power On/Off**: جهت روشن و خاموش کردن اسیلوسکوپ در کنار این کلید یک دیود نورانی وضعیت روشن یا خاموش بودن دستگاه را مشخص می‌کند.
2. پیچ تنظیم شدت نور **Intens**: جهت تنظیم میزان شدت نور اشعه جاروب کننده صفحه لامپ تصویر. توجه: هنگام شروع کار با دستگاه این پیچ را در قسمت وسط قرار دهید.
3. پیچ تنظیم **Focus**: جهت تنظیم و متمرکز کردن اشعه جاروب کننده در یک نقطه در صورتی که اشعه تنظیم نشده باشد، منحنی‌های تشکیل شده روی صفحه لامپ پهن‌تر از معمول دیده می‌شوند.
4. پیچ تنظیم **TR**: جهت افقی نمودن خط **Ground** اسیلوسکوپ.

- توجه: این پیچ توسط آچار دو سو تنظیم می گردد.
5. کلید $x..y$: فشار دادن این کلید به داخل باعث می شود موج جاروب افقی لامپ اسیلوسکوپ به جای اسیلاتور موج دندانانه اره ای از کانال II دریافت شود.
6. پیچ $x-Pos$: جهت کنترل موقعیت موج در محور x ها.
- توجه: هنگام شروع کار این پیچ را در وسط قرار دهید.
7. پیچ $Hold off$: جهت کنترل نمودن زمان بین موج دندانانه اره ای جاروب افقی به کار می رود.
8. لامپ $TRIG$: اگر موج دندانانه اره ای جاروب افقی بتواند خود را با موج ورودی به کانالهای I و II اسیلوسکوپ هم-زمان نماید در این صورت تصویر بدون هیچ حرکتی تشکیل می شود و لامپ $TRIG$ نیز روشن می شود.
9. کلید سه وضعیتی $TVSEP$: که دارای سه وضعیت به شرح زیر می باشد:
- OFF : حالت کار عادی اسیلوسکوپ.
- $TV:H$: جهت کار در قسمتهای مربوط به پالسهای همزمانی افقی تلویزیون.
- $TV:V$: جهت کار در قسمتهای مربوط به پالسهای همزمانی عمودی تلویزیون.
10. کلید پنج وضعیتی $TRIG$: این کلید جهت همزمان کردن موج ورودی با موج دندانانه اره ای داخل اسیلوسکوپ به کار می رود و دارای پنج وضعیت به شرح زیر می باشد:
- | | |
|---------------------------------|---------------------------------|
| AC : برای تریگر کردن موج AC | DC : برای تریگر کردن موج DC |
| HF : برای تریگر کردن موج HF | LF : برای تریگر کردن موج LF |
- ~: حالت تریگر خط داخلی
11. کلید $+/-$: جهت انتخاب شیب سیگنال نمایش داده شده
- $+$: شروع موج با سه بالا روند (نیم سیکل مثبت)
- $-$: شروع موج با سه پایین روند (نیم سیکل منفی)
12. کلید سلکتور $Time / Div$: جهت تنظیم فرکانس موج دنده اره ای جاروب افقی دارای رنجهای ms الی ثانیه.
13. پیچ تنظیم : این پیچ در قسمت مرکزی سلکتور $Time / Div$ قرار دارد و برای تنظیم نهایی فرکانس موج دنده اره ای جاروب افقی به کار می رود.
- توجه: این پیچ در حالت کار عادی باید در وضعیت  قرار گیرد.
14. کلید Ext : جهت انتخاب حالت تریگر نمودن موج، در حالت خارج به وسیله موج داخلی و در حالت داخل به وسیله موج خارجی تریگر می شود.
15. اتصال $TRIGINP$: جهت اعمال موج تریگر خارجی برای اعمال موج تریگر خارجی کلید شماره 14 باید در حالت داخل باشد.

16. کلید *AT/NORM*: جهت انتخاب حالت اتوماتیک یا نرمال تریگر، کلید در حالت خارج تریگر اتوماتیک می‌باشد و در حالت داخل باشد عمل تریگر توسط پیچ شماره 17 انجام می‌شود.
17. پیچ *Level*: در صورتی که کلید 16 در حالت داخل باشد عمل تریگر توسط این پیچ انجام می‌شود.
18. کلید $10 \times X-Mag$: توسط فشار دادن این کلید موج نمایش داده‌شده در جهت محور x ها، 10 برابر انبساط پیدا می‌کند و برای اندازه‌گیری فرکانس تا 50 MHZ به کار می‌رود.
19. اتصال *CAL 0.2V-2V*: عمل کنترل کالیبراسیون اسیلوسکوپ را انجام می‌دهد.
20. کلید ژاک *Component Tester*: این کلید در حالت کار عادی باید در وضعیت خارجی قرار گیرد در صورتی که این کلید فشار داده‌شود خطی افقی روی صفحه اسیلوسکوپ ظاهر می‌شود و در صورت وصل نمودن ژاک مربوط به زمین این خط تبدیل به خط عمودی می‌شود.
21. پیچ *y-Pos-1*: جهت کنترل عمودی تصویر کانال *I*
22. کلید *Invert ChI*: با فشار دادن این کلید موج نمایش داده‌شده روی صفحه معکوس می‌شود.
23. اتصال *CH-I*: ورودی کانال *I* با امپدانس داخلی $30 PF || 1M\Omega$.
24. اتصال (ژاک) زمین: این اتصال از داخل به زمین دستگاه متصل می‌باشد.
25. کلید *AC / DC / GD*: به وسیله این کلید حالت کار دستگاه به شرح زیر تعیین می‌گردد.
DC: در این حالت هم مقدار *DC* و هم مقدار *AC* موج نمایش داده می‌شود.
AC: در این حالت مقدار *DC* موج حذف شده و تنها مقدار *AC* نمایش داده می‌شود.
GD: در این حالت یک خط مستقیم بر روی صفحه اسیلوسکوپ ظاهر می‌شود.
26. کلید سلکتور *Volts / Div*: جهت تنظیم دامنه موج نمایش داده‌شده روی صفحه لامپ تصویر اسیلوسکوپ می‌باشد.
27. پیچ تنظیم : این پیچ در قسمت مرکزی سلکتور *Volts / Div* قرار دارد و برای افزایش رنج اندازه‌گیری ولتاژ به کار می‌رود.
- توجه: این پیچ در حالت کار عادی باید در وضعیت  قرار گیرد.
28. کلید *CH I/II*: جهت انتخاب کانال ورودی به کار می‌رود. در حالت خارج کانال *I* و در حالت داخل کانال *II* نمایش داده می‌شود.
29. کلید *Dual*: در صورتیکه این کلید در حالت خارج باشد تنها موج یک کانال بسته به حالت کلید 28 نمایش داده می‌شود و در حالت داخل هر دو موج روی صفحه ظاهر می‌شوند.
30. کلید *ADD*: توسط این کلید می‌توانیم موجهای ورودی به کانالهای *I* و *II* را روی صفحه نمایش با هم جمع جبری کنیم.
31. کلید سلکتور *Volt s/Div*: مانند کلید شماره 26 می‌باشد.
32. پیچ تنظیم : طرز عمل این پیچ مانند پیچ شماره 27 می‌باشد.

33. کلید $DC / AC / GD$: طرز عمل این کلید مانند کلید شماره 25 می باشد.

34. اتصال (ژاک) زمین: این اتصال در شماره 24 توضیح داده شده است.

35. اتصال $CH-II$: ورودی کانال II با امپدانس $30 PF || 1 M\Omega$

36. کلید $Invert CH-II$: جهت مولکولی کردن موج نمایش داده شده کانال II

37. پیچ $y-Pos II$: جهت کنترل عمودی تصویر کانال II

توجه: ساختمان اسکوپ را از کتابهای درسی مطالعه نمایید.

الف: اندازه گیری انحراف عمودی به وسیله اعمال ولتاژ DC به صفحات عمودی

الف: دکمه $Power$ را فشار دهید تا اسکوپ روشن شود. چند دقیقه صبر کنید تا اسکوپ آماده گردد.

ب: دگمه $x-y$ را فشار دهید.

ج: با تنظیم پیچهای $Position$ نقطه نورانی را در وسط CRT قرار دهید و به کمک دگمه های $Intensity$ و $Focus$

روشنایی و تمرکز مناسب را ایجاد نمایید.

د: کلید $DC / AC / GD$ را روی DC قرار دهید و پیچ $Volts$ را روی عدد یک قرار دهید.

ه: قطبین منبع DC داده شده را به ورودی کانال I وصل کنید و مقدار خوانده شده را یادداشت نمایید. با تغییر قطب ها چه

تغییری در انحراف نقطه نورانی ایجاد می شود.

جدول (11-الف)

رفع شاخص ولتاژ منبع	5	10	15
پیچ کنترل $Volts / Div$			
مقدار ولتاژ V_{DC}			

ب: اندازه گیری انحراف عمودی (V_{pp}) به وسیله اعمال ولتاژ به صفحات عمودی

الف: خروجی متناوب منبع را به ورودی کانال I وصل کنید و مود ($Mode$) را روی کانال مناسب قرار دهید.

ب: کلید $DC / AC / GD$ را روی AC قرار دهید.

ج: ولتاژ منبع را روی اعداد داده شده در جدول تنظیم کنید.

د: مقدار انحراف عمودی (V_{pp}) را در جدول وارد کنید.

ه: مقدار ولتاژ مؤثر را طبق رابطه $V_0 = \frac{V_{pp}}{2\sqrt{2}}$ به دست آورده و در جدول قرار دهید.

ولتاژ منبع را بر حسب مقادیر نوشته شده در جدول تنظیم کنید و دگمه $Volts/Cm$ را طوری تنظیم کنید که شکل مناسب

را روی صفحه مشاهده کنید. حال جدول زیر را تکمیل نمایید.

جدول (11-ب)

رفع شاخص ولتاژ منبع	4	8	12
پیچ کنترل <i>Volts</i> را روی چه عددی قرار داده‌اید؟			
مقدار ولتاژ V_{pp} (V)			
مقدار ولتاژ مؤثر $V_e = \frac{V_{pp}}{2\sqrt{2}}$ (V)			

b مشاهده شکل موج و اندازه گیری فرکانس و پریود**× مقدمه:**

برای اندازه گیری فرکانس یا پریود یک موج توس اسکوپ لازم است که شکل کامل موج در روی صفحه ظاهر می‌شود. در نتیجه با اندازه‌گیری فاصله اشغال شده توسط یک سیکل کامل موج در روی صفحه بر حسب سانتی متر و ضرب آن در عددی که *Time/Div* روی آن تنظیم شده، پریود موج مشاهده شده روی صفحه قابل محاسبه است.

ج: مشاهده شکل موج و محاسبه فرکانس آن

الف: خروجی ولتاژ متناوب منبع را به کانال *I* وصل کنید و کلید مود (*Mode*) مربوطه به آن کانال را در موقعیت متناسب قرار دهید.

ب: شکل مشاهده شده روی صفحه را رسم کنید.

ج: حال پیچ *Time/Div* در موقعیت *5ms* قرار دهید، چه تغییری در شکل ایجاد می‌شود؟ آن را رسم کنید.

د: زمان تناوب *T* از آن شکل موج مشاهده شده را محاسبه کنید و با استفاده از رابطه $F = \frac{1}{T}$ فرکانس موج را به دست آورید.

ه: پیچ *Time/Div* را روی عدد مجاور قرار دهید، در این حالت زمان تناوب *T* را محاسبه کنی، آیا تغییری در پریود موج

مشاهده می‌کنید؟

و: دکمه $10 \times XMG$ را پیدا کرده و آن را به سمت داخل فشار دهید. چه تغییری در شکل مشاهده می‌کنید؟

ز: چرا باید در همه حالات شاخص دگمه *Variable* در سمت چپ قرار گیرد؟



عنوان آزمایش:

کاربرد اسیلوسکوپ برای اندازه گیری اختلاف فاز

عنوان آزمایش: کاربرد اسیلوسکوپ برای اندازه گیری اختلاف فاز

هدف آزمایش: مشاهده اختلاف فاز بین دو موج سینوسی و شکل لیسازو حاصل از آنها.

مقدمه:

یکی از راههای اندازه گیری فاز نسبی دو سیگنال، استفاده از اندازه گیری شکل لیسازور (*Lissajous*) (خط، دایره، بیضی) می باشد. به طور کلی با استفاده از رابطه $j = \sin^{-1} \frac{B}{A}$ می توان اختلاف فاز دو سیگنال را به دست آورد.

شرح آزمایش:

همانگونه که ذکر شد یکی از مفیدترین راههای اندازه گیری اختلاف فاز بین دو موج استفاده از شکل لیسازور است. این کلمه به هر ترکیبی از دو حرکت سینوسی عمود بر هم گفته می شود. ساده ترین مثال، ترکیب دو حرکت با فرکانس و دامنه یکسان است. برای مثال اگر به ورودیهای افقی و عمودی، یک ولتاژ سینوسی مشابه وصل شود و کنترلها به نحوی تنظیم شوند که انحرافهای حداکثر افقی و عمودی مساوی باشند، در این صورت مختصه x نقطه مساوی مختصه y آن است و نتیجه آن یک خط راست با زاویه 45 است که کل طول آن مساوی $2\sqrt{2}$ برابر دامنه هر کدام از موجها به طور جداگانه است (چرا؟).

اگر دو سیگنال هم فرکانس و هم دامنه اما با اختلاف فاز 90° به دو ورودی اعمال شود، این حالت توسط دو معادله زیر بیان می شود:

$$\begin{cases} x = x_0 \cos \omega t \\ y = y_0 \cos(\omega t + \frac{p}{2}) = -y_0 \sin \omega t \end{cases}$$

که در آن ها x_0 و y_0 دامنه دو موج می باشند. چون دامنه ها با هم برابرند ($x_0 = y_0$) در این حالت به سادگی می توان نشان داد که فاصله نقطه از مرکز صفحه به وسیله x_0 داده شده ثابت است به نحوی که اثر آن یک دایره می باشد.

اگر اختلاف فاز $\frac{p}{2}$ نباشد شکل بیضی می شود که محور آن نسبت به محورهای افقی و عمودی کج قرار گرفته است. اگر دو موج $x = x_0 \cos \omega t$ و $y = y_0 \cos(\omega t + j)$ را در نظر بگیریم که دارای یک فرکانس می باشند، اما y با زاویه φ جلوتر می باشد، اگر $\varphi = 0$ باشد اثر یک خط راست است. اگر $j = \frac{p}{2}$ باشد دایره است و اگر φ بین صفر و $\frac{p}{2}$ باشد بیضی است.

همانگونه که گفته شد، اختلاف فاز بین دو موج هم فرکانس را از رابطه $j = \sin^{-1} \frac{B}{A}$ به دست می آوریم. برای اثبات آن می توان گفت: در نقطه ای که منحنی محور افقی را قطع می کند $y=0$ است. برای اثبات این ادعا می توان نوشت:

$$\begin{cases} x = x_0 \cos \omega t \\ y = y_0 \cos(\omega t + f) \end{cases}$$

$$y = 0 \rightarrow y_0 \cos(\omega t + f) = 0 = \cos \pm \frac{p}{2} \rightarrow \omega t + f = \pm \frac{p}{2} - f \rightarrow x = x_0 \cos(\pm \frac{p}{2} - f) = x_0 \sin f$$

$$\rightarrow f = \sin^{-1} \frac{x}{x_0} \rightarrow f = \sin^{-1} \frac{B}{A}$$

الف: مناسبه ظرفیت فازن

الف: خازن و مقاومت و منبع را به طور سری وصل کنید.

ب: دو سر مقاومت و دو سر منبع را جداگانه به دو کانال اسیلوسکوپ وصل نمایید.

ج: کلیدهای Add داخل و CHI/II باید در حالت خارج و کلید Dual در حالت داخل باشد تا هر دو شکل موج روی صفحه ظاهر شود. فاصله دو ماکزیمم متوالی دو موج معرف اختلاف فاز بین ولتاژ مقاومت و ولتاژ منبع است. شکل مشاهده

شده را رسم کنید و مشخص کنید که هر کدام از موجهای سینوسی متعلق به کدام یک از مقاومت یا منبع می باشد.

د: دکمه های Add و Dual در موقعیت بالا قرار دهید و مود x-y را فشار دهید تا موج دندانانه اراهی حذف شود. در این

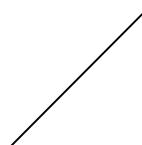
حالت ترکیب دو موج به صورت یک موج لیسازور به شما داده می شود. شکل مشاهده شده را رسم کنید.

ه: با استفاده از مقادیر A و B که از روی شکل به دست می آید و با استفاده از رابطه داده شده، اختلاف فاز را حساب کرده

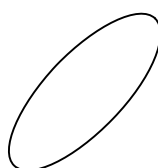
جدول را کامل کنید.

جدول (12-الف)

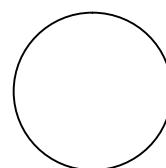
A	B	$\sin j$	j	tgf	$X_C (\Omega)$	$C (mF)$



$$j = 0$$



$$0 < j < \frac{p}{2}$$



$$j = \frac{p}{2}$$

شکل (1): منحنی لیسازور

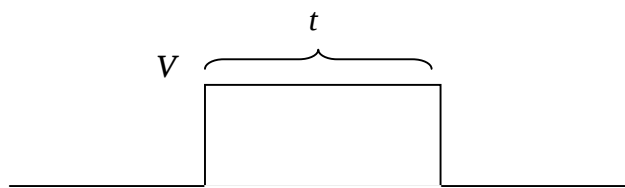
سئوالات:

1. علت فاصله داشتن بین دو موج ولتاژ مقاومت و ولتاژ منبع چیست؟
2. چگونه می توان اختلاف فاز بین جریان در ولتاژ کل دو مدار را اندازه گیری کرد؟

کاربرد دیگری از اسیلوسکوپ:

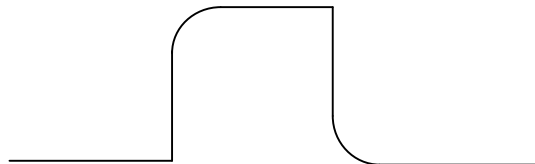
مشاهده نمودارهای ولتاژ شارژ و دشارژ خازن توسط اسیلوسکوپ:

نمودارهای شارژ و دشارژ خازن را می‌توان به کمک اسیلوسکوپ به راحتی مشاهده کرد. منبع تغذیه را خروجی یک نوسان-ساز در نظر می‌گیریم که موج مربعی تولید می‌کند به نحویکه در زمان صفر ولتاژ پالس از صفر به V برسد. وقتی ولتاژ از صفر به V می‌رسد، خازن شروع به شارژ شدن می‌کند و وقتی ولتاژ پالس مربعی از V به صفر می‌رسد درست مثل این است که باتری را از مدار برداشته باشیم خازن شروع به تخلیه می‌کند. در نتیجه خازن به طور متناوب شارژ و دشارژ می‌شود که با وصل کردن دو سر خازن به یکی از کانالهای ورودی اسیلوسکوپ عمل شارژ و دشارژ را می‌توان مشاهده نمود.



شکل (2): شکل موج مربعی شبه DC اعمالی بر خازن

اگر RC از عرض پالس خیلی کوچکتر باشد موج مربعی تقریباً بدون تغییر شکل ظاهر می‌شود. ولیکن اگر RC خیلی بزرگتر از عرض پالس باشد، شارژ و دشارژ را می‌توانیم مشاهده کنیم و در این حالت مدار را یک مدار انتگرال گیر می‌نامند.



شکل (3): منحنی شارژ و دشارژ خازن

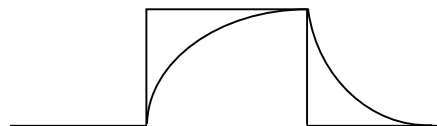
$$RC \gg t \rightarrow \frac{t}{RC} \ll 1$$

می‌دانیم اگر $x \ll 1$ باشد داریم: $1 - x = e^{-x}$ بنابراین خواهیم داشت:

$$1 - e^{-\frac{t}{RC}} = 1 - 1 + \frac{t}{RC} = \frac{t}{RC}$$

$$V_c = V_0(1 - e^{-\frac{t}{RC}}) = \frac{V_0 t}{RC} = \frac{1}{RC} \int V_0 dt \rightarrow V_c = \frac{1}{RC} \int V_0 dt$$

بنابراین می‌بینیم که ولتاژ دو سر خازن متناسب با انتگرال ولتاژ ورودی است. هر چه مقدار RC افزایش یابد نمودار شارژ خازن بیشتر خطی می‌شود و این روش برای تولید ولتاژ سینوسی یا دندانه اره‌ای با استفاده از یک پالس مربعی عملی می‌باشد.



شکل (4): منحنی شارژ و دشارژ خازن

ب: مدار سری RC، مشاهده نمودار ولتاژ شارژ و دشارژ خازن

- الف: خازن و مقاومت را به صورت سری (مدار انتگرال‌گیر) به یک نوسان‌ساز که موج مربعی تولید می‌کند وصل نمایید.
- ب: پیچ تنظیم فرکانس را روی عدد داده شده قرار دهید و دامنه خروجی نوسان‌ساز را روی ماکزیمم قرار دهید و موج مربعی را توسط اسیلوسکوپ مشاهده کنید.
- ج: حال دو سر خازن را به یکی از کانالهای اسیلوسکوپ وصل کنید و شکل مشاهده شده را رسم نمایید.
- د: مقدار RC مدار را با استفاده از شکل روی صفحه نمایش محاسبه کنید.
- ه: پیچ تنظیم فرکانس را از فرکانس کم تا زیاد تغییر دهید. چگونگی شارژ و دشارژ خازن را در فرکانس‌های مختلف مشاهده کنید و در 3 فرکانس مختلف نحوه شارژ و دشارژ خازن را با رسم شکل توضیح دهید.

سئوالات:

1. خطای ظرفیت خازنی که اندازه‌گیری شده است را بدست آورید.
2. آیا نتیجه محاسبه ظرفیت به مقدار ظرفیت اندازه‌گیری شده از همین روش شارژ و دشارژ که توسط ولت متر قبلاً انجام داده‌اید نزدیک است؟ اگر نیست علت چیست؟
3. ظرفیت محاسبه شده از طریق جدول الف و آزمایش ب چرا با هم اختلاف دارند؟ چه کنیم که نتایج به هم نزدیک شوند.