بسمه تعالی

دانشگاه صنعتی شهدای هویزه

موضوع: دستورکار آزمایشگاه فیزیک۲

گرد آورندگان:

۱- دکتر نقره‌آبادی

۲- مهندس بوعذار

ویرایش مهر۹۱: مهدی دیلمانی

فهرست

مقدمه ۱ ۲
آزمایش اول ۲۰
آزمایش دوم ۲۱
آزمایش سوم ۲۳
آزمایش چهارم ۲۶
آزمایش پنجم ۳۱
آزمایش ششم ۳۴
آزمایش هفتم ۳۶
آزمایش هشتم ۴۰
آزمایش نهم ۴۳
آزمایش دهم ۴۶
آزمایش یازدهم ۴۹
آزمایش دوازدهم ۵۲

مقدمه

اصول کار در آزمایشگاه و گزارش کار نویسی

اصولا کار آزمایشگاهی برای یک آزمایشگر را می‌توان یک فرایند دامنه دار در نظر گرفت که زمان انجام عملی آزمایش صرفا حداکثر تلاش در این فرایند را تشکیل می‌دهد نه کل آن را. این فرایند از مطالعه‌ی قبل از آزمایش شروع شده با تهیه وسایل و انجام عملی آزمایش ادامه می‌یابد و با تهیه و تنظیم گزارش کار پایان می‌پذیرد. آزمایشگاه فیزیک(۲) با توجه به آزمایشاتی که در آن انجام می شود و وسایلی که مورد استفاده قرار می‌گیرند، نیازمند یک سری تغییر روش‌ها و توجه به ملاحظاتی است که آزمایشگر در تمام مراحل، بویژه مراحل اولیه، به آنها دقت خاص نماید. از آن جمله می‌توان به مسایل ایمنی و نحوه‌ی بکارگیری صحیح وسایل اشاره کرد. در این بخش سعی شده بطور اجمالی این مسایل و نکات مربوطه روشن شود تا خوانندگان با آگاهی از آن‌ها، در جهت بهبودکار خود بهره گیرند.

ذکر این نکته ضروری است که در دروس عملی(آزمایشگاهی) علاوه بر آشنایی با وسایل آزمایشگاهی و انجام چند آزمایش، رعایت نظم و پیروی از یک ترتیب کاری صحیح در اولویت اولیه قرار داشته و بخشی از ارزشیابی کار آزمایشگر به رعایت این نظم و ترتیب اختصاص می یابد.

از آزمایشگر انتظار می‌رود که:

۱- به موقع در آزمایشگاه حاضر شود و از تمام مدت زمانی که در اختیار دارد به نحو مطلوب استفاده کند. نتایج کار آزمایشگاهی صرفا در آزمایشگاه به‌دست می‌آیند و آزمایشگر امکان انجام آزمایش را در مکانی غیر از آزمایشگاه ندارد، بنابر این استفاده بهینه از زمان، از ضروریات کار به‌شمار می‌آید.

۲- مطالعه قبل از شروع هر آزمایش، هر چند اندک و جامع، فراموش نشود. مطالعه قبل از شروع کار آزمایشگاهی و گردآوری اطلاعات مورد نیاز، زمینه‌ای روشن از کار را برای آزمایشگر بوجود می‌آورد و فرد می‌تواند ترتیب مراحل مختلف کار، برخی مشکلات پیش رو و طریقه رفع آنها را از قبل تشخیص و آمادگی لازم جهت برخورد با شرایط را در خود ایجاد نماید.

۳- زمانبندی و تقسیم وظایف با دیگر همکاران(هم‌گروهی ها)، انجام شود. با توجه به اینکه کار آزمایشگاهی یک کار جمعی و توسط گروه انجام می‌شود مشارکت تک تک افراد گروه و هماهنگی بین وظایف آن‌ها در رسیدن به نتیجه صحیح نقش اساسی دارد.

۴- جدیت و حوصله حین انجام آزمایش ها مد نظر باشد. مسلما انجام هر کاری، بویژه کار آزمایشگاهی، با بی حوصلگی و بدون انگیزه کافی نتیجه مطلوب در پی نخواهد داشت. باید تلاش کرد که با جدیت و بدون هراس از کسب نتیجه غلط کار انجام پذیرد. باید دانست نتیجه غلط نیز جزئی از کارهای تجربی است که در بسیاری از موارد هدایت گر آزمایشگر در انجام صحیحتر و سریعتر آزمایشات خواهد بود.

۵- رعایت نظم و ترتیب در آزمایشگاه از ضروریات است. هیچ آزمایشی در شلوغی و عدم تمرکز به نتیجه مطلوب نمی‌رسد. بی نظمی نه تنها کار آزمایشگر را بدون نتیجه می‌گذارد بلکه در کار گروه‌های دیگر فعال در آزمایشگاه هم تاثیر منفی داشته و تجاوز به حقوق دیگران محسوب می شود.

۶- نتایج در انتهای هر مرحله باید ثبت شوند و در انتها بوسیله مدرس آزمایشگاه بررسی و تأیید شود. این کار، فرد را از صحت انجام مراحل مختلف آزمایش مطمئن می‌سازد.

۷- گزارش‌کار هر آزمایش در اسرع وقت و با دقت و جزئیات کامل نوشته شود. گزارش کار به تعبیری نشانگر ارزش کار آزمایشگر است پس باید دقت کرد که بخش‌های مختلف آن با توجه کافی و استفاده از منابع معتبر نوشته شده و از تلفیق یا ادغام بخش‌های مختلف آن جدا خودداری شود.

فرمت گزارش کار

صفحه اول گزارش‌کار باید به شکل صفحه بعد (برای شروع ذکر نام خداوند در دل باشد و از آوردن آن به روی کاغذ خودداری کنید) ۱-:

گزارش کار آزمایشگاه فیزیک ۲

عنوان آزمایش:

تهیه کننده:

تاریخ انجام:

تاریخ تحویل:

زمان سکشن:

مطالب صفحات بعد گزارش کار به شکل زیر خواهد بود.

تئوری و اثبات روابط

در این بخش با کمک منابع معتبر دردسترس(همانند کتاب‌ها، مقالات چاپ شده در مجلات علمی و...) باید زمینه‌ای روشن از مفاهیم بکار رفته در آزمایش و در صورت امکان تاریخچه‌ای مختصر از ابداع و تکامل آزمایش آورده شود. از طرفی معمولا برای تحقیق در آزمایشگاه روابط بطور شکل‌یافته به‌کار می‌روند(اثبات) روابط با توضیحات مورد نیاز در این بخش آورده شود.

هدف از انجام آزمایش

به صورت خلاصه توضیح دهید که هدف از انجام آزمایش چیست و به دنبال چه هستید.

شرح آزمایش و ترسیم شکل‌ها

به طور خلاصه مراحل انجام آزمایش را بیان کنید. ذکر جزئیات لازم نیست.

نتایج آزمایش، جداول و رسم نمودارها

در این بخش نتایج ثبت شده و تجزیه و تحلیل مورد نیاز در هر مرحله بصورت زیر بخش‌های جداگانه‌ای (متناسب با زیر بخش‌های شرح آزمایش) به همراه نمودارهای خواسته شده در هر مرحله و استخراج اطلاعات از نمودارها و تحلیل‌های مربوطه آورده می شود. رسم نمودارها و جداول باید فقط با استفاده از نرم افزار باشد

خطا گیری

در این بخش با استفاد از نتایج آزمایش، دقت دستگاه‌های مورد استفاده و در صورت دسترسی با مقادیر واقعی کمیات مورد سنجش، خطاگیری انجام و میزان انحراف نتایج برای هر مرحله جداگانه محاسبه می‌شود.

منابع خطا

با توجه به عوامل مؤثر در ایجاد انحراف در نتایج، که می تواند عوامل شخصی یا محیطی و یا اشکالات دقتی در دستگاه‌های اندازه-گیری و... را شامل باشد، ذکر می‌گردد. این بخش برای بررسی‌های بعدی و در انجام آزمایش‌ها می‌تواند مورد توجه قرار گیرد و به بهبود نتایج آزمایشی کمک کند.

نتیجه گیری

در این بخش باید دستیابی و یا عدم دستیابی به نتایج مطلوب و عوامل مؤثر در این نتایج مورد بحث قرار گیرد.

جواب سؤالات

در انتهای هر آزمایش در دستور کار سؤالاتی برای تفکر بیشتر و فهم بهتر آورده شده است که پاسخ آنها باید در این بخش داده شود.

خطا و خطا گیری

خطاها مقداری انحراف را نشان می‌دهند. خطاها منابع متفاوت دارند که با کمی دقت می‌توان بسیاری از منابع را شناخت و آن‌ها را از بین برد. ولی برخی خطاها (همانند خطاهای موجود در دستگاه‌های اندازه‌گیری) انحراف غیرقابل گریز در نتایج بوجود می‌آورند.

مسلم است هر آزمایشگر برای اینکه صحت و سقم کار خود و درجه اعتبار کارش را بسنجد نیازمند تعیین میزان انحراف (خطا) موجود در نتایج تجربی که به‌دست آورده است، می‌باشد. محاسبه میزان انحراف کمیات مختلف فیزیکی متفاوت است و معمولا برای فهم بهتر و محاسبه صحیح کمیات فیزیکی به دو دسته کلی تقسیم شده و روش محاسبه خطای هر دسته بطور مجزا معرفی می‌شود.

۱- کمیات مستقیم

کمیاتی هستند که برای اندازه‌گیری مقدار آن‌ها دستگاه خاصی موجود است و کمیت بطور مستقیم قابل اندازه‌گیری است. مثلا با در دست داشتن خط‌کش، می‌توان طول یک جسم را اندازه‌گیری نمود، پس طول یک کمیت مستقیم محسوب می‌شود.

۲- کمیات غیر مستقیم

کمیاتی هستند که دستگاهی برای اندازه‌گیری مقدار آن‌ها وجود نداشته باشد، بلکه صرفا با کمک روابط فیزیکی و نحوه ارتباط کمیت با کمیت‌های مستقیم می‌توان مقدار کمی، کمیت مورد نظر را اندازه‌گیری کرد. مثلا سرعت یک متحرک در آزمایشگاه یک کمیت غیرمستقیم محسوب می‌شود که با اندازه‌گیری مسافت طی شده‌ی متحرک با کمک خط‌کش و زمان طی مسیر با استفاده از کرونومتر و با بهره‌گیری از رابطه معروف سرعت می‌توان مقدار سرعت را تعیین نمود.

برای محاسبه خطای هر کمیتی که در آزمایشگاه به‌دست می‌آید اولین قدم تشخیص مستقیم یا غیر مستقیم بودن آن است، که با کمی دقت در تعریفات فوق، دسته بندی کمیات مختلف به راحتی امکان پذیر است. پس از تشخیص این موضوع می‌توان از قواعد خطاگیری مربوط به هر دسته بهره گرفت و به نتیجه مطلوب رسید.

الف) خطاگیری کمیات مستقیم

در کمیات مستقیم معمولا یک مقدار تجربی (اندازه‌گیری شده) در آزمایش به‌دست می‌آوریم و یک مقدار نیز بعنوان مقدار ایده-آل(واقعی) وجود دارد که بایستی به آن رسید، تفاوت این دو مقدار میزان انحراف یا به اصطلاح **خطای مطلق** اندازه‌گیری را به‌دست می‌دهد:

$$\text{خطای مطلق} = \left| \text{مقدار تجربی(اندازه‌گیری)} - \text{مقدار ایده آل (واقعی)} \right|$$

خطای مطلق عددی قابل استناد یا قابل مقایسه نیست چرا که برای آزمایش‌هایی با دقت‌های متفاوت، خطای مطلق را می‌توان یکسان یافت که از دیدگاه فیزیکی نمی‌تواند مطلوب باشد. بعنوان مثال: اندازه‌گیری روی دو طول را در نظر بگیرید، در اندازه‌گیری اول برای طول واقعی ۸/۲۰ متری مقدار تجربی ۸/۱۸ متر به‌دست آمده و در اندازه‌گیری دوم طول واقعی ۰/۲۰ را ۰/۱۸ اندازه-گیری شده است. طبق تعریف بالا، خطای مطلق دو اندازه‌گیری یکسان است در حالی که پر واضح است درجه استناد و قابلیت ارجاع به اندازه‌گیری دوم نسبت به اندازه‌گیری اول بسیار کمتر است. برای رفع مشکل فوق خطای نسبی معرفی می‌شود که بصورت نسبت خطای مطلق به مقدار واقعی تعریف می گردد:

$$\text{خطای نسبی} = \text{خطای مطلق} \,/\, \text{مقدار ایده آل (واقعی)}$$

اگر جواب کسر فوق (خطای نسبی) در **صد** ضرب شود درصد خطای نسبی به‌دست می‌آید.

ویژگی خطای نسبی تعریف شده به روش فوق، بدون بعد بودنش است و به کمک آن می‌توان خطای(انحراف) آزمایش‌های مختلف را با هم مقایسه کرد ازدیدگاه فیزیکی خطای نسبی عددی دارای اهمیت محاسباتی و قابل بحث بشمار می‌آید چرا که درجه اطمینان به مراحل مختلف آزمایشی و قابل قبول یا غیر قابل قبول بودن نتایج از طریق محاسبه نسبی تشخیص داده می‌شود. در بسیاری از موارد مقدار ایده آل(واقعی) کمیت در دسترس نیست دراین موارد دو وضعیت بوجود می‌آید:

۱- امکان تکرار آزمایش در شرایط یکسان وجود دارد.

در این وضعیت آزمایش چندین بار تکرار و میانگین نتایج به‌دست آمده بعنوان مقدار ایده آل در روابط خطاگیری وارد می‌شود. در این وضعیت بدلیل اینکه در آزمایش‌های مکرر خطاها(انحرافات) در جهات مختلف روی می‌دهند معمولا مقدار میانگین به مقدار واقعی خیلی نزدیک است(البته هر چه تعداد دفعات تکرار آزمایش بیشتر باشد نتیجه مطلوب‌تر حاصل می‌شود).

۲- امکان تکرار آزمایش در شرایط یکسان وجود ندارد.

در این وضعیت تنها خطای (انحراف) قابل استناد مربوط به دقت دستگاه‌های اندازه‌گیری که می‌توان آن را بعنوان خطای مطلق در روابط منظور کرد. باید دقت داشت که خطای مطلق محاسبه شده به این روش لزوما در آزمایش اتفاق نمی‌افتد و این روش صرفا **حداکثر خطای قابل لحاظ** ناشی از حضور دستگاه‌های اندازه‌گیری در آزمایش را نشان می‌دهد.

ب) خطا گیری کمیات غیر مستقیم

در محاسبه خطای کمیات غیر مستقیم (خطای غیر مستقیم) فقط به روش مهم و کاربردی خطاگیری لگاریتمی بسنده می‌کنیم. همان گونه که قبلا اشاره شد یک کمیت غیر مستقیم بوسیله دستگاه اندازه‌گیری خاصی مورد سنجش قرار نمی‌گیرد و مقدار کمی آن صرفا با روابط فیزیکی ویژه‌ای به کمیات قابل سنجش(کمیات مستقیم) مربوط می‌گردد. بنابراین اگر در محاسبه کمی یک کمیت غیر مستقیم، انحرافی(خطایی) حاصل شود، باید خطا را به نوعی به خطای کمیات مستقیم معرفش ارتباط داد. برای خطاگیری به روش لگاریتمی مراحل زیر باید به ترتیب انجام شود:

مرحله۱: رابطه فیزیکی معرف کمیت غیر مستقیم طوری مرتب و بازنویسی شود که کمیت غیر مستقیم یک طرف تساوی و جملات و کمیات دیگر در طرف مقابل نوشته شود.

مثلا اگر سرعت بعنوان یک کمیت غیر مستقیم بخواهد بررسی شود، داریم:

$$X = Vt \quad \rightarrow \quad V = \frac{X}{t}$$

مرحله۲: از طرفین رابطه حاصله مرحله ۱ لگاریتم طبیعی گرفته شود و سپس طرفین تساوی حاصل تا حد ممکن گسترده و ساده نویسی شود:

$$\ln V = l\,n\frac{X}{t} \quad \rightarrow \quad \ln V = \ln X - \ln t$$

مرحله۳: از طرفین رابطه اخیر نسبت به پارامترهای متغیر دیفرانسیل‌گیری شود:

$$\frac{dV}{V} = \frac{dX}{X} - \frac{dt}{t}$$

اگر دیفرانسیل هر کمیت بیانگر خطای مطلق آن و علامت معرف هر پارامتر نیز مقدار کمی آن فرض شود، نتیجه فوق، خطای نسبی کمیت غیر مستقیم مورد نظر را بر اساس خطای کمیت‌های دیگر ارایه می‌دهند.

مرحله۴: تمامی علایم منفی (تفاضل ها) در صورت کسر و ما بین کسرهای موجود در مرحله قبل به علامت مثبت(جمع) تبدیل شود. علت این امر این است که بلحاظ مفهومی بتوان حد اکثر خطا در آزمایش را بیابیم. زیرا در آزمایشات مختلف هدف یافتن حداکثر خطای قابل طرح، و تلاش برای رفع عوامل خطا زا برای آزمایشات بعدی است. دلیل دیگر این‌که، خطاهای مختلف هیچ‌گاه اثر همدیگر را کاهش نمی‌دهند بلکه همواره در جهت انحراف نتایج آزمایشی از مقدار دقیق عمل می کنند. بنابر این:

$$\frac{dV}{V} = \frac{dX}{X} + \frac{dt}{t}$$

توجه: *علامت منفی در مخرج کسرهای حاصل از مرحله ۳ تغییر علامت داده نمی‌شوند و به همان شکل در محاسبه نهایی خطا لحاظ می‌شوند. توصیه می‌شود در هر گزارش تمام بندهای ذکر شده با ترتیب مربوطه نوشته شوند.*

دستگاه‌های اندازه‌گیری

دستگاه‌های اندازه‌گیری اصولا برای اندازه‌گیری و تعیین مشخصات کمیت‌های فیزیکی و الکتریکی بکار می‌روند. ساده‌ترین روش اندازه‌گیری، اندازه‌گیری بطریق الکتریکی می‌باشد. هدف از اندازه‌گیری، سنجش کمیت‌های الکتریکی مانند: شدت جریان(I)، ولتاژ(V) و مقاومت(R) می باشد. اندازه‌گیری یعنی تعیین تعداد یک کمیت فیزیکی بر حسب واحد معین. بنابراین تعیین واحدی برای اندازه‌گیری ضروری است تا با اندازه‌گیری مشخص گردد که واحد مذکور چند مرتبه در کمیت مورد سنجش تکرار می گردد. جدول زیر چند کمیت فیزیکی و واحد آنها را نشان می‌دهد:

کمیت	علامت	واحد
ولتاژ	V	ولت (V)
جریان	I	آمپر (A)
مقاومت	R	اهم(Ω)
اندوکتانس	L	هانری(H)
ظرفیت خازن	C	فاراد (F)
فرکانس	F	هرتز(HZ)

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

مولتی‌متر آنالوگ: جهت اندازه‌گیری ولتاژ، جریان و مقاومت

مولتی‌متر دیجیتال: جهت اندازه‌گیری ولتاژ، جریان، مقاومت و....

منبع ولتاژ: جهت تامین ولتاژ DC(مستقیم) در سطوح مختلف(از ۰ تا ۶۰ ولت)

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

اسیلوسکوپ: جهت نمایش انواع مختلف شکل موج ها

توجه !!! :

–جهت استفاده بهینه از دستگاه‌های فوق و جلوگیری از وارد آمدن هرگونه آسیبی به آنها رعایت نکات زیر توسط دانشجویان گرامی ضروری است.

*- جهت اندازه‌گیری هر کمیتی با مولتی‌متر آنالوگ یا دیجیتال کلید انتخابگر(Selector) رادر ناحیه مربوطه روی **بیشترین رنج** گذاشته و تنها در صورتی که دستگاه حساسیت زیادی نشان ندهد(مثلا عقربه مولتی‌متر آنالوگ حرکت نکرد) کلید را به ترتیب روی رنج‌های کمتر می‌گذاریم.*

- جهت اندازه‌گیری مقاومت آن را ازمدار جدا کرده(لا اقل یک طرف آن) و سپس اقدام به اندازه‌گیری نمایید.

*- قبل از روشن نمودن منبع ولتاژ سعی شود حتی الامکان موج‌های جریان و ولتاژ را کاملا **به سمت چپ** (کمترین مقدار) پیچانده و پس از روشن نمودن دستگاه موج ولتاژ را کم‌کم پیچانده به ولتاژ خواسته شده برسانید.*

- موج مربوط به جریان منبع را همیشه روی کمترین مقدار بگذارید.

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

- در صورت مشاهده تغییرات زیاد در صفحه نمایش جریان منبع(صفحه ی A) یا نشان دادن مقدار جریان بیش از حد مجاز(مثلا 0.1 A) توسط صفحه نمایش فورا منبع را خاموش نموده مدار خود را چک نمایید، احتمالا در مدار شما اتصال کوتاه رخ داده باشد.

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

مولتی‌متر:

کسانی که همیشه با برق و کارهای برقی سروکار دارند باید بتوانند مقدار ولتاژ، آمپر و اهم مدارها را اندازه‌گیری نمایند. لذا از وسیله‌ای بنام مولتی‌متر استفاده می نمایند. این دستگاه به سه حالت می‌تواند تغییر وضعیت دهد:

۱- ولت متر برای اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل
۲- آمپرمتر برای اندازه‌گیری شدت جریان مدار
۳- اهم متر برای اندازه‌گیری مقاومت مدار

در تمام مدارهای برقی سه عامل اخلاف پتانسیل، شدت جریان و مقاومت وجود دارد. مولتی‌مترها در دو نوع آنالوگ(عقربه‌ای) و دیجیتالی با شکل ظاهری مختلف ساخته شده‌اند.

مولتی متر آنالوگ (عقربه ای)

قسمت بالای هر مولتی‌متر آنالوگ یک صفحه مدرجی می‌باشد که مقادیری در آن نوشته شده است. در قسمت پایین یک کلید انتخابگر(Selector) یا کلید تنظیم قرار دارد که می توان با توجه به کمیت اندازه‌گیری شده، در وضعیت دلخواه به حرکت درآید.

بنابراین بوسیله این کلید محدوده ولت‌متر، اهم‌متر و یا آمپرمتر تنظیم می‌شود. این کلید در هر حالت(ناحیه) چند پله(پایه) برای تعیین رنج دارد. رنج (RANGE) حداکثر محدوده اندازه‌گیری دستگاه در هر حالت انتخابی است.

نمای مولتی متر آنالوگ HIOKI

طبق قرارداد بین المللی سیم قرمز مثبت(+) و سیم سیاه منفی(-) است. در صفحه مدرج دستگاه دو خط بالا با علامت‌های DC (جریان و ولتاژ مستقیم مثل باطری‌ها) و AC (جریان و ولتاژمتناوب مثل برق شهر) مشخص شده که مقادیر ولتاژ از آن خوانده می‌شود. یکی دیگر از آن خط‌ها که با اهم(Ω) مشخص و از سمت راست از (صفر) شروع و در سمت چپ تا علامت بی‌نهایت (∞) ادامه دارد برای اندازه‌گیری مقادیر اهم(اهم متر) می‌باشد. در حالت عادی که دو سیم دستگاه(قرمز و سیاه) از یکدیگر جدا هستند عقربه در انتهای خط یعنی مقاومت بی نهایت قرار دارد. در داخل دستگاه یک باطری ۱/۵ ولتی است که در موقع اندازه‌گیری مقاومت، جریان این باطری وارد مدار خواهد شد بنابراین اگر باطری این دستگاه، درآورده شود، نمی‌توان از اهم‌متر استفاده نمود. *همیشه توجه داشته باشید برای اندازه‌گیری ولتاژ، کلید انتخابگر دستگاه در وضعیت اهم نباشد چون باعث سوختن دستگاه خواهد شد.*

الف) اهم‌متر

این محدوده برای اندازه‌گیری مقدار مقاومت مدار است. بنابراین کلید انتخابگر را روی محدوده اهم متر قرار دهید. این محدوده از چند بخش تشکیل شده است. با توجه به مقدار مقاومت احتمالی مدار بایستی کلید انتخابگر را روی یکی از اعداد قرار دهید. قبل از این کار باید عقربه را صفر نمائید لذا دو سیم قرمز و سیاه را به هم اتصال دهید. زیر صفحه مدرج یک پیچ تنظیم وجود دارد (Adj) که با چرخاندن آن به سمت چپ و راست عقربه را روی عدد صفر(اهم) تنظیم نمائید. سپس دو سر سیم را به مدار مورد نظرتان اتصال دهید. عقربه شروع به حرکت می‌نماید به خط مدرج اهم‌متر نگاه کنید.

- اگر کلید انتخابگر روی عدد X1 بود هر عددی را که عقربه نشان می دهد بخوانید.

- اگر کلید انتخابگر روی X100 باشد هر عددی که عقربه نشان داد را در ۱۰۰ ضرب نمائید.

-اگر کلید انتخابگر روی X1k قرار داشت(۱ کیلو اهم مساوی ۱۰۰۰ اهم است) عدد عقربه را در ۱۰۰۰ ضرب نمائید.

تذکر مهم: *برای اندازه‌گیری مقدار مقاومت مدار بایستی حدود آن را در نظر گرفته، متناسب با آن کلید انتخابگر را تنظیم نمود اگر عقربه به سمت راست یا چپ بچسبد نشان‌دهنده آن است که کلید انتخابگر روی عدد درست تنظیم نشده است.*

تذکر مهم: *برای هر بار اندازه‌گیری مقاومت لازم است صفر دستگاه توسط پیچ تنظیم گردد.*

ب) ولت‌متر

برای اندازه‌گیری ولتاژ مدار باید کلید انتخابگر در محدوده ولت‌متر قرار داده شود. همانگونه که در شکل(۴) ملاحظه می‌نمایید روی دستگاه دو قسمت برای ولتاژ درنظر گرفته شده است. جریان برق دو نوع است: مستقیم (DC) و متناوب(AC) . بنابراین برای اندازه‌گیری جریان مستقیم یا متناوب، کلید انتخابگر را در آن محدوده مناسب قرار می‌دهید. بر روی صفحه مدرج دو خط در بالا قرار دارد که کنار هر یک علامت AC و DC نوشته شده که از صفر تا یک عددی(با توجه به نوع مولتی‌متر) در آن درج شده است. صفر خط ولت‌متر در سمت چپ آن است. برای تنظیم صفر ولت‌متر بایستی دو سر سیم قرمز و سیاه از هم جدا باشند سپس به وسیله پیچ تنظیم، عقربه را روی صفر تنظیم می نمایم. سیم‌های دستگاه را به دو سر مدار وصل نموده، عقربه روی خط ولتاژ حرکت خواهد کرد.

تذکر: بایستی برای تنظیم کلید انتخابگر حدود ولتاژ را در نظر بگیریم اگر حدود ولتاژ را ندانستیم، کلید انتخابگر را روی عدد بیشتر قرار داده و اگر دستگاه حساسیتی نشان نداد مقدار آن را کم نمائید.

$$\text{ولتاژ} = \frac{\text{عدد خوانده شده بر روی عقربه}}{\text{ماکزیمم عدد بر روی نمایشگر}} \times \text{عدد کلید انتخابگر}$$

ج) آمپرمتر

اصولا این نوع مولتی‌مترها مقدار آمپر ضعیف را اندازه‌گیری می نماید ولی برای آشنایی بیشتر توضیحاتی ارائه می‌گردد. مولتی‌متر آنالوگ موجود در آزمایشگاه که در شکل نشان داده شده از نوع HIOKI با دو ترمینال می‌باشد که می‌توان بوسیله آن کمیت‌های زیر را اندازه‌گیری نمود:

۱- مقاومت Ω ۲- ولتاژ و جریان مستقیم ۳- ولتاژ متناوب

برای اندازه‌گیری شدت جریان کلید انتخابگر را در محدوده DcmA قرار دهید. مقادیر از روی همان خطهای AC و DC در روی صفحه مدرج خوانده می‌شود. برای اندازه‌گیری شدت جریان یک مدار باید دستگاه را به طریقه سری در مدار قرار داد. ابتدا عقربه را صفر نموده سپس به مدار به‌صورت سری اتصال دهید. عقربه حرکت می نماید. از روی همان خط AC و DC مقدار خوانده می شود.

$$\text{جریان} = \frac{\text{عدد خوانده شده بر روی عقربه}}{\text{ماکزیمم عدد بر روی نمایشگر}} \times \text{عدد کلید انتخابگر}$$

به کلید انتخابگر(سلکتور) کلید S نیز می گویند.

اندازه‌گیری مقاومت با استفاده از مولتی‌متر آنالوگ:

کلید انتخابگر را در وضعیت مناسب قرار داده و سپس سیم‌های رابط را به یکدیگر متصل کنید. دراین حالت باید مقدار صفر را بوسیله پیچ سیاه رنگ روی مولتی‌متر تنظیم نمود. (در صورتی که صفر تنظیم نشود باطری داخلی دستگاه خراب است) پس از تنظیم صفر، دو سر مقاومت مورد آزمایش را به سیم‌های رابط دستگاه متصل کرده(بهتر است ابتدا مقاومت در بردبرد گذاشته شود) و با استفاده از اولین درجه بندی صفحه که با علامت Ω مشخص شده است مقدار مقاومت را اندازه‌گیری نمود.

مولتی‌متر دیجیتال

دستگاه‌های اندازه‌گیری دیجیتالی مقادیر اندازه‌گیری شده را به صورت رقم یا ارقام روی صفحه نمایش (Display) نشان می‌دهند و معمولا واحد کمیت اندازه‌گیری شده مانند ولت، آمپر، میلی‌آمپر، درجه سانتیگراد و غیره نیز به طریق مناسبی نمایش داده می‌شوند. از جمله دستگاه‌های اندازه‌گیری می‌توان به ولت‌متر، دورشمار، حرارت سنج و مولتی‌متر اشاره نمود. مهم‌ترین مزیت دستگاه‌های دیجیتالی، دقت کار بالای آن‌ها و همچنین ساده‌تر بودن کار با آن‌ها می‌باشد.

طرز کار با مولتی‌متر دیجیتالی

یکی از قسمت‌های اصلی یک مولتی‌متر، ولت مترDC آن می‌باشد. اساس کار یک ولت‌متر DC دیجیتالی بر مبنای مقایسه است. یعنی ولتاژ اعمال شده به ولت‌متر ، با یک ولتاژ مرجع(معمولا ۱۰۰ میلی ولت و در بعضی از مولتی‌مترها، در ولتاژ AC ، یک ولت) مقایسه می‌شود و نتیجه مقایسه به کمک مدارات الکترونیکی و دیجیتالی به صورت ارقام که مبین مقدار ولتاژ DC اعمالی به ولت‌متر است، روی صفحه نمایش آن ظاهر می‌گردد.

در شمای کلی این دستگاه یک صفحه نمایش به همراه یک انتخابگر(Selector) مطابق شکل(۲) مشاهده می‌کنید. همانطور که از اسم آن مشهود است این دستگاه برای اندازه‌گیری کمیت‌هایی مانند اختلاف پتانسیل، مقاومت و جریان طراحی گردیده است. لازم به تذکر است روی دسته سلکتور نشانگری موجود است که تعیین کننده دامنه کاری در اندازگیری‌های شما می‌باشد. یعنی نشان می‌دهد ولتاژی که شما قصد اندازه‌گیری آن‌را دارید در چه حدودی قرار دارد، مثلاً بین ۱۰-۲۰ ولت است یا بین ۱-۲۰ ولت یا .... این حدود ولتاژ را باید خود شما با توجه به ولتاژ منبع تغذیه و مدارها به صورت حدودی بدانید.(این تنظیم دامنه برای مقاومت و جریان هم باید انجام شود). بعضی مولتی‌مترهای امروزی قادر به اندازه‌گیری ولتاژهایی از۱۰۰ میلی تا۱۰۰۰ ولت به صورت خودکار(AUTO RANGE) هستند و نیازی نیست شما حدود را بدانید و تنظیم کنید، فقط کافیست شما نشانگر را بر روی قسمت ولتاژ قرار دهید. اگر ولتاژ AC بود(مثل برق شهری) بر روی قسمت AC قرار داده و اگر DC بود، بروی قسمت DC قرار می‌دهیم. اگر هم قصد اندازه‌گیری مقاومت یا جریان را هم داشتیم، باید نشانگر را بچرخانیم و روی بخش مربوطه قرار دهیم. به این نوع مولتی‌مترها که به صورت خودکار تنظیم می‌شوند مولتی‌متر اُتو رنج می‌گویند.

نمای مولتی متر دیجیتال VICTOR 88C

مولتی متر دیجیتال موجود در آ زمایشگاه از نوع VICTOR 88C بوده که کمیت‌های زیر را اندازه‌گیری می‌نماید. ۱- مقاومت ۲- ولتاژ و جریان مستقیم ۳- ولتاژ وجریان متناوب ۴- ولتاژ گرایش مستقیم دیود ۵- ظرفیت خازن ۶- مقدار مقدار اندوکتانس سلف و ۷- دما

تصویر این مولتی‌متر در شکل بالا نشان داده شده است. این دستگاه دارای چهار ترمینال خروجی COM(-)، VΩHz، Ma و 20A می‌باشد که در ادامه استفاده‌ی آن‌ها بیان شده است. کلید B/L جهت روشنایی صفحه‌ی نمایش و کلید PK HOLD جهت ثابت نمودن عدد نشان داده شده کاربرد دارند.

این دستگاه نیز مانند هر سیستم دیگری دارای دو ترمینال – و +(در بعضی موارد چند ترمینال) می‌باشد. برای استفاده صحیح از دستگاه بایستی سیم مشکی را به ترمینال منفی و سیم قرمز را به ترمینال مثبت متصل کنید. حال دکمه روشن(power) دستگاه را زده و هر نوع اندازه‌گیری را می‌توانید شروع کنید. دقت کنید که معمولاً مولتی‌مترها ۲ پایانه‌ی قرمز یا + دارند جهت اندازه‌گیری جریان دارند که بایستی با توجه به مقدار جریان پایانه مناسب را انتخاب کنید. مثلاً برای اندازه‌گیری جریان های بیش از چند دهم آمپر باید سیم قرمز را در پایانه دیگری قرار دهیم.

از این مولتی‌متر نیز به‌ترتیبی که برای نوع آنالوگ گفته شد می‌توان جهت اندازه‌گیری ولتاژ، جریان و اهم استفاده نمود.

الف) اندازه‌گیری مقاومت:

۱)سیم رابط سیاه رنگ را به ترمینال COM وسیم رابط قرمز را به ترمینال VΩHz متصل کنید وکلید انتخابگر را در ناحیه اهم(Ω) قرار دهید.

۲) سیم‌های رابط را به یکدیگر متصل کرده و مقدار خطا را اندازه‌بگیرید و دقت کنید که همیشه باید این مقدار کوچک خطا را از مقدار مقاومت قرائت شده کم کنید.

۳) در صورتی که مقاومت در مداری متصل است لا اقل یک طرف آن را از مدار باز کنید.
۴) سیم‌های رابط را به دو سر مقاومت متصل کرده و مقدار آن را اندازه‌بگیرید.

مقاومت:

مقاومت ها اجزایی هستند که مقاومت مدار را در برابر عبور جریان الکتریکی زیاد می‌کنند. آن‌ها از موادی با هدایت کم و در اندازه‌ها و شکل‌های متنوع ساخته شده‌اند. قطعه مقاومت به تعداد بسیار زیاد در تمام دستگاه‌ها و مدارات الکترونیکی وجود دارد. بدون تردید می‌توان گفت که هیچ دستگاهی بدون قطعه مقاومت پیدا نمی‌شود. اولین جز مدارات الکتریکی مقاومت نام دارد که آن را با R نشان می‌دهند و رابطه ولتاژ و جریان آن براسا قانون اهم مطابق رابطه (۱) است:

$$V = RI$$

I: واحد شدت جریان بر حسب آمپر؛ V: واحد ولتاژ بر حسب ولت

R: واحد مقاومت اهم(Ω) و هر هزار اهم معادل یک کیلو اهم($k\Omega$) و هر 10^6 اهم معادل یک مگا اهم ($M\Omega$) است.

عبور جریان الکتریکی از هادی‌ها از بسیاری جهات شبیه عبور گاز از یک لوله است. اگر این لوله پر از پشم فلزی یا ماده متخلخل باشد، این شباهت‌ها بیشتر می‌شود. اتم‌های تشکیل دهنده سیم هادی از عبور الکترون‌ها جلوگیری می‌کنند، همانطور که الیاف پشم فلزی مانع عبور مولکول‌های گاز می‌شوند. پس می‌توان نتیجه گرفت که مقاومت هر جسم رسانایی به جنس فلز آن رسانا بستگی دارد. حال می‌خواهیم ببینیم که مقاومت به چه عواملی دیگری بستگی دارد.
تاثیر سطح مقطع بر مقاومت الکتریکی: مقاومت هر جسمی به الکترون‌های آزاد آن بستگی دارد. می‌دانید که واحد شدت جریان الکتریکی آمپر(A) است. یک آمپر یعنی این که ۲۸/۶ضرب در ۱۰ به توان ۱۸ 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 کم‌تر می‌شود. پس سطح مقطع عکس مقاومت عمل می‌کند.

تاثیر طول هادی بر مقاومت الکتریکی: شاید تصور کنید که با افزایش طول هادی عبور جریان راحت‌تر 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 اندازه‌گیری جریان الکتریکی داخل نمی‌شود. در واقع هر طول معین از هادی، مقدار معینی مقاومت دارد و هر چه سیم طویل‌تر باشد، مقاومت بیشتر می‌شود.

اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی در مدار: در مدار سری مقاومت‌ها به دنبال هم بسته شده‌اند پس باید تمامی مقدار آنها را با هم جمع کرد. در مدار موازی معکوس مجموع مقاومتها برابر جمع معکوس آنها می شود.

کاربرد مقاومت‌های الکتریکی: قطعه مقاومت بعنوان تقسیم ولتاژ، کاهش مقدار جریان، برای بایاس ترانزیستورها و قطعات فعال، برای ثبات نقطه کار و سرانجام به دلایل گوناگون در دستگاه‌های الکترونیکی مصرف می‌شود. در این قسمت سعی شده تا با انواع مقاومت‌ها از نظر جنس آشنایی مختصری پیدا کنیم.

مقاومت‌های اهمی برای اضافه کردن مقاومت مدارهای الکتریکی به کار می‌روند و می‌توان بوسیله آن‌ها سطح ولتاژ و همچنین مقدار جریان عبوری از هر قسمت مدار را کم و زیاد و به عبارت دیگر کنترل نمود. در حقیقت، آن‌ها اجسامی هستند که در مقابل عبور جریان مقاومت زیادی از خود نشان می‌دهند. موادی از قبیل کربن، آلیاژ مخصوص از فلزاتی از قبیل نیکروم، کنستانتان و منگانان غالباً در مقاومت‌ها به کار می‌روند. مقاومت اهمی را طوری به مدار می بندیم که جریان همان‌طور که از بار الکتریکی و منبع ولتاژ عبور می‌کند، از آن هم بگذرد. در این‌صورت مقاومت کل مدار برابر مقاومت‌های بار، سیم‌های رابط، منبع ومقاومت داخلی مدار خواهد بود.

طبقه بندی مقاومت‌ها از نظر نوع کار

مقاومت‌های ثابت: مقاومت‌های ثابت دو سیم رابط دارند که به دو انتهای مقاومت متصل است. اصولا مقدار این نوع مقاومت‌ها ثابت است ولی بعضی از آنها دارای مقاومت‌های متفاوتی هستند. این مقاومت‌های متفاوت به دو دسته‌ی مقاومت‌های زبانه دار و مقاومت‌های قابل تنظیم تقسیم می شوند.

الف) مقاومت‌های زبانه دار: در این نوع مقاومت‌ها علاوه بر دو سیم انتهایی، سر سیم‌های دیگری بین دو سر مقاومت وجود دارد. با اتصال ترمینال‌های مختلف به مدار مقاومت‌های متفاوتی حاصل می‌شود. هر یک از این مقاومت‌ها دارای مقاومت ثابتی هستند.

ب) مقاومت‌های قابل تنظیم: می‌دانیم که مقاومت‌های ثابت قابلیت انعطاف ندارند، زیرا مقاومتشان کاملا تعیین شده و مقدار آن تغییر ناپذیر است. مقاومت‌های زبانه دار تا حدودی قابلت انعطاف دارند، چون بیش از یک مقدار مقاومت می‌توان از آن‌ها به‌دست آورد. با وجود این تعداد مقاومت‌هایی را که می‌توان از آنها به‌دست آورد به ۳ یا ۴ محدود می‌شود. آنچه اغلب مورد نیاز است، مقاومتی است که بوسیله آن بتوان حدود معینی از مقاومت را از ۰ تا ۱ حد اکثر به‌دست آورد. این مقاومت‌ها طوری ساخته نشده-اند که بتوان آنها را پیوسته تغییر داد. در واقع، هنگام نصب این مقاومت‌ها در مدار، آن‌ها را روی مقاومت دلخواه تنظیم کرده و سپس با همان مقاومت در مدار کار می‌کنند.

مقاومت‌های متغییر: در بسیاری از وسایل الکتریکی مقدار بعضی از مقاومت‌ها باید پیوسته تغییر کند که پیچ ولوم رادیو، کنترل کننده روشنایی تلویزیون از آن‌جمله‌اند. مقاومت‌های متغیر مقاومت‌هایی هستند که می‌توان به صورت پیوسته مقدار آنها را تغییر داد. **به آن دسته از مقاومت‌های متغیر، وابسته گفته می‌شود که به وسیله عواملی از قبیل نور، حرارت، ولتاژ و... مقدار مقاومتشان تغییر کند. این مقاومت‌ها انواع مختلفی دارد که عبارت اند از:**

الف- مقاومت‌های تابع حرارت **Tehrmally sensitive resistor (THERMISTOR)**:

مقدار اهم این مقاومت‌ها تابع حرارت است. یعنی، در اثر حرارت میزان مقاومتشان تغییر می کند. 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 حس کننده(Sensor) 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. 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 معمولا سطح ظاهری آن را با شیشه یا پلاستیک شفاف می-پوشانند. از این مقاومت در مدارات الکترونیکی به عنوان تشخیص دهنده 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 **(VDR) Voltage Dependent:**

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 کاربرهای این مقاومت-ها عبارتند از: ۱- تثبیت کنندهای ولتاژ ۲- حفاظت مدارها در مقابل اضافه ولتاژها در لحظات قطع و وصل کلید.

د- مقاومت‌های تابع میدان مغناطیسی (MDR) Magnetic Dependen Resistor :

مقاومت‌های تابع میدان به مقاومت‌هایی گفته می‌شود که به سبب اثر میدان مغناطیسی بر آن‌ها مقدار اهمشان تغییر می‌کند. در ساخت این مقاومت‌ها از نیمه هادی‌هایی استفاده شده که دارای ضریب حرارتی منفی هستند. به همین دلیل در صورت افزایش دما مقدار مقاومت آن ها کاهش می‌یابد.

انواع مقاومت از نظر ساختمان داخلی:

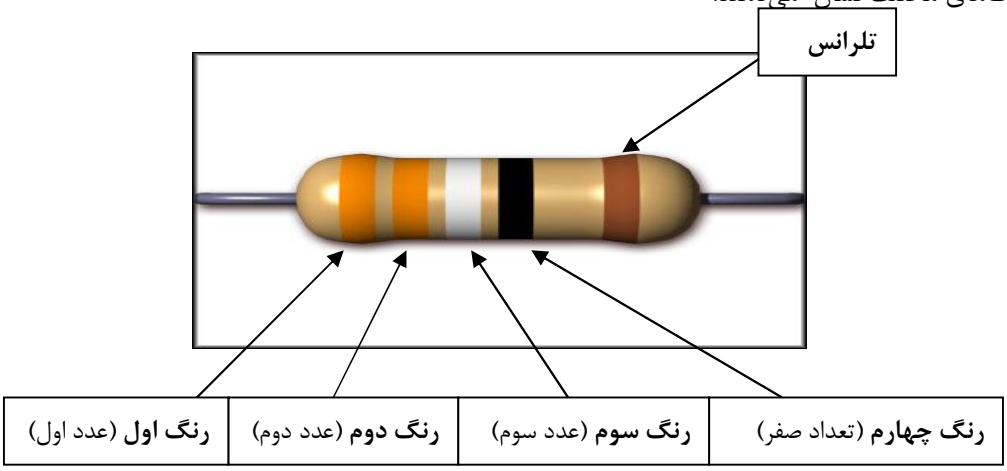
مقاومت کربنی یاترکیبی: این نوع مقاومت از لحاظ کاربرد پر مصرف‌ترین مقاومت است چرا که بهای آن کم و دارای بازده قابل قبولی است. ماده اصلی این مقاومت‌ها کربن است که مواد نا خالصی دیگری نیز به آن اضافه می‌شود. این مقاومت پس از ساخت روپوشی نارسانا به دور آن کشیده شده و بوسیله نوارهای رنگی مقدار مقاومت آن‌ها تعیین می‌شود. این مقاومت‌ها از کمتر از یک اهم تا حدود ۱۰۰ مگا اهم ساخته می‌شود.

مقاومت لایه کربنی: هنگام ساختن ابتدا پایه‌ای سرامیکی برگزیده و سپس لایه‌ای از کربن بر روی آن نفوذ داده می‌شود. گستره مقاومتی آن از ۱۰ اهم تا حدود۱۰ مگا اهم می‌باشد

مقاومت لایه فلزی: ماده مقاومت در این گروه از آلیاژهای گوناگون فلزی برگزیده می‌شود و به دو گروه کلی لایه نازک و لایه ضخیم تقسیم می‌شود ضخامت لایه فلزی گروه اول حدود یک میلیونیوم اینچ و در گروه دوم بیشتر از این مقدار است. دسته لایه ضخیم به انواع گوناگون اکسید قلع با گستره مقاومتی چند اهم تا حدود ۲/۵ مگا اهم، لعاب شیشه‌ای با گستره مقاومتی چند اهم تا حدود ۱/۵ مگا اهم، سرمت با گستره مقاومتی ۱۰ اهم تا حدود ۱۰ مگا اهم و نهایتا بالک با گستره مقاومتی ۳۰ اهم تا حدود۶۰۰ کیلو اهم تقسیم می‌شود.

مقاومت سیمی: در این نوع مقاومت‌ها دو خاصیت مهم باعث متمایز شدن این گونه از سایر مقاومت‌ها می‌شود. یکی اندازه بسیار دقیق اهمی و دیگری قدرت تحمل توان و حرارت زیاد در آن است. به طور کلی برای ساختن این نوع مقاومت‌ها، طولی از یک سیم مقاومت دار را به طور دقیق محاسبه کرده و سپس آن را به دور یک هسته نارسانا می پیچند. گستره مقاومتی آن از ۱۰ اهم تا حدود۱۰ مگا اهم می باشد. از پیچاندن سیم با آلیاژهای مخصوص(نیکل کرم یا نیکل مس) بر روی یک استوانه سرامیک بوجود می آید و دارای توان بالا ولی محدودیت مقدار مقاومت هستند.

مقاومت رنگی: این نوع مقاومت با نوارهای رنگی مشخص شده که معمولا مقدار مقاومت و حد اکثر خطای ممکن آن(تلرانس) آن را بوسیله رنگ‌های مختلف نشان می‌دهند.



نمای مقاومت رنگی از نوع پنج رنگ

مجموعه این علایم(رنگ‌ها) دارای فواصل غیر مساوی از دو سر مقاومت می‌باشند و به وضوح به یکی از دو سر مقاومت نزدیکتراند، پس نحوه خواندن و تعیین مقدار و تلرانس این نوع مقاومت‌ها بشرح زیر است.

- اگر تعداد نوارها(رنگ‌ها) پنج‌تا باشد، سه رنگ اول تا سوم مربوط به ارقام اول تا سوم و رنگ چهارم تعداد صفرها(ضریب مقاومت) و رنگ پنجم تلرانس ۱٪ یا ۲٪ (قهوه ای ۱٪ و قرمز ۲٪) می باشد. شکل(۱) مقاومت رنگی از نوع پنج رنگ را نشان می دهد.

- اگر تعداد نوارها چهارتا باشند، رنگهای اول و دوم مربوط به ارقام اول و دوم و رنگ سوم تعداد صفرها و رنگ چهارم تلرانس می‌باشد.

رنگ‌ها واعداد متناظر با آن‌ها و همچنین تلرانس مربوط به هر رنگ به ترتیب در جداول (۱) و (۲) نشان داده شده است.

جدول۱: رنگ‌ها و اعداد متناظر با آن‌ها

سفید	خاکستری	بنفش	آبی	سبز	زرد	نارنجی	قرمز	قهوه ای	سیاه	رنگ
۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۰	عدد

جدول۲: تلرانس مقاوتها

بیرنگ	نقره ای	طلایی	قرمز	قهوه ای	رنگ
٪۲۰	٪۱۰	٪۵	٪۲	٪۱	تلرانس

خازن‌ها

خازن‌ها از جمله اجزای پر اهمیت در مدارات الکتریکی به شمار می‌آیند که وظیفه ذخیره سازی انرژی الکتریکی و باز پس‌دهی آن در مواقع لازم را برعهده دارند. خازن معمولا شامل دو صفحه رسانای منزوی شده است که با قرار گرفتن بارهای الکتریکی برابر با علامت مخالف روی آن‌ها و ایجاد میدان داخلی، ذخیره سازی انرژی انجام می‌پذیرد. با قرارگیری بار روی صفحات خازن، بین صفحات اختلاف پتانسیل بوجود می‌آید که مقدار آن به مقدار بار روی صفحات و از رابطه $q = CV$ (C در این رابطه ظرفیت خازن می باشد) بستگی دارد. ظرفیت خازن برحسب فاراد(F) بیان می‌شود، فاراد واحد بسیار بزرگی است واحدهای کوچکتری برای تعیین ظرفیت خازن بکار برده می‌شود که در زیر به آن‌ها اشاره شده است.

$1\mu f = 10^{-6}$ F (میکرو فاراد)

$1\ nf = 10^{-9}$ F (نانو فاراد)

$1pf = 10^{-12}$ F (پیکو فاراد)

ظرفیت یک خازن بستگی به اندازه صفحات آن و جنس عایق و فاصله بین صفحات دارد و از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$C = \frac{KS}{d}\ \text{F}$$

در رابطه بالا s سطح جوشن، d فاصله صفحات و K ثابت دی‌الکتریک است. K برای هوا یک است و برای مواد دیگر متفاوت است.

ولتاژ کار خازن: حداکثر ولتاژی که می‌توان به دو سر خازن اعمال نمود، بستگی به نوع و قطر عایق دارد و اگر بیش از حد مجاز باشد خازن خواهد سوخت.

انواع خازن‌ها:

۱- خازن هوائی ۲- خازن پلاستیکی وپلی استر ۳- خازن سرامیکی

۱- خازن الکترولیت ۵- خازن کاغذی ۶- خازن میکایی

۷- خازن تانتالیوم ۸- خازن متغیر

خازن هوائی: در این نوع خازن از هوا بعنوان دی‌الکتریک استفاده می‌شود که تلفات بسیار کم دارد ولی فقط در ظرفیت‌های کم قابل ساخت است. در فرکانس‌های بالا و همچنین خازن‌های متغیر رادیوها مورد استفاده قرار می‌گیرند.

خازن کاغذی: عایق این خازن‌ها کاغذ آغشته به پارافین است. بین دو صفحه آلومنیومی نازک دو صفحه کاغذ قرار دارد و مجموعه را به‌صورت لوله می‌پیچانند.

خازن پلاستیکی: دی‌الکتریک این خازن‌ها مواد پلاستیکی مثل پلی‌اتیلن، پلی‌کربنیت و... است و ساختمانی شبیه خازن کاغذی دارد. یک نوع آن عایق پلی‌استر دارد.

خازن میکا: میکا دارای تحمل زیاد شیمیایی والکتریکی است و تحمل حرارت آن ۷۵۰ درجه سلسیوس می‌باشد. در فرستنده‌های رادیوئی و در ساخت اسیلاتورها مصرف می‌شوند.

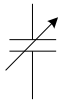
خازن سرامیکی: از قرص سرامیک بعنوان عایق استفاده می‌شود و به این علت اغلب گرد و کوچکند و به آن‌ها خازن عدسی هم می‌گویند، ولی به‌صورت مربع، مستطیل و یا استوانه‌ای نیز ساخته می‌شوند. ظرفیت این خازن‌ها را معمولا روی آن‌ها می‌نویسند و اگر واحد آن‌ها مشخص نباشد برحسب پیکو فاراد است. گاهی اوقات نیز ظرفیت آن‌ها را با یک عدد سه رقمی مشخص می‌کنند که

در این‌صورت رقم سوم تعداد صفرها و رقم‌های اول و دوم، عددهای اول و دوم راتشکیل می‌دهند. گاهی اوقات از نوارهای رنگی سه یا چهار رنگ استفاده می‌شود که طریقه خواندن آن‌ها مثل مقاوم‌ها می‌باشد.

خازن الکترولیتی: بیشترین ظرفیت را دارند. جنس جوشن‌ها دراین خازن‌ها آلومینیوم است. جوشن مثبت با قشر نازکی از اکسید آلومینیوم اندود شده است که بعنوان عایق بکار می‌رود که باید به قطب مثبت باطری یا مدار وصل گردد. بعلت نازک بودن لایه اکسید آلومینیوم و بالا بودن ضریب دی الکتریک آن($k=10$) دارای ظرفیت زیاد هستند. در خازن‌های الکترولیت رعایت پلاریته مثبت و منفی الزامی است، در غیر اینصورت چون ترکیبات درونی خازن شیمیایی است فعل و انفعالات شیمیایی باعث داغ شدن و درنهایت منفجر شدن خازن خواهد شد. اندازه و حداکثر کار این خازن را روی آن می‌نویسند و پایه مثبت ومنفی آن‌ها را مشخص می‌کنند.

خازن تانتالیوم: این خازن‌ها نیز دارای ظرفیت زیاد و پلاریته می‌باشند اما حجم کوچکتری را اشغال می کنند ودر فرکانس‌های بالاتر مناسب‌تر هستند.

ازن متغیر: از صفحات نیم دایره‌ای تشکیل شده است که عایق هوا یا میکا دارند و به آن‌ها واریابل می‌گویند. و به شکل مقابل نشان می دهند.



آزمایش اول

عنوان: **آشنایی با مولتی‌متر و اندازه‌گیری مقاومت، ولتاژ و جریان**

هدف: نحوه کار با مولتی‌متر آنالوگ و آشنایی با مقاومت

وسایل مورد نیاز: جعبه مقاومت، سیم رابط، منبع تغذیه، مولتی متر آنالوگ

شرح آزمایش:

الف) مولتی متر آنالوگ موجود را در نظر گرفته، آن را در حالت اندازه گیری مقاومت قرار دهید.

ب) دو سر پروبها را به هم وصل کنید. عقربه باید روی صفر اهم قرار گیرد. در غیر این صورت باید آن را با پیچ کالیبره تنظیم کنید تا اینکه عقربه صفر اهم را نشان دهد.

ج) مقاومت‌های موجود در جدول چهار را تک تک با استفاده از اهم‌متر اندازه‌گرفته ودر هر حالت بهترین رنج را انتخاب کنید. جدول ۱ را تکمیل نمایید.

جدول ۱: جدول اندازه‌گیری مقاومت‌ها

رنج انتخابی	مقدار اندازه‌گیری شده	مقدارتئوری	رنگ سوم	رنگ دوم	رنگ اول	R
						۱Ω
						۱۰Ω
						۱۰۰Ω
						۱۸۰Ω
						۱۵KΩ
						۱۰۰KΩ

د) اندازه‌گیری ولتاژ مستقیم:

منبع ولتاژ را روشن نموده با وصل کردن ترمینال مولتی‌متر به خروجی آن، مقدار ولتاژ خروجی منبع را اندازه‌گیری نموده، جدول ۲ را تکمیل نمایید.

جدول۲: جدول اندازه‌گیری ولتاژ منبع

ولتاژ منبع	۲ولت	۴ولت	۶ولت	۱۲ولت	۲۰ولت	۲۵ولت	۳۰ولت
ولتاژ اندازه‌گیری شده با مولتی‌متر							

ه) قسمت‌های الف تا د را برای مولتی‌متر دیجیتال تکرار کنید.

سوال: مزایا و معایب مولتی‌مترهای آنالوگ و دیجیتال را بیان نمایید.

آزمایش دوم

عنوان: اندازه‌گیری ولتاژ و جریان مقاومت و قانون اهم

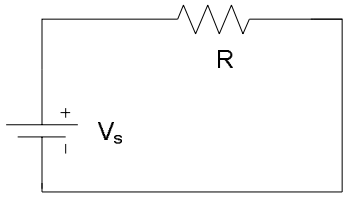
هدف: نحوه اندازه‌گیری ولتاژ و جریان مقاومت و بررسی قانون اهم

وسایل مورد نیاز: مولتی متر آنالوگ – مولتی‌متر دیجیتال- منبع تغذیه– مقاومت- بردبرد- سیم‌های رابط

شرح آزمایش:

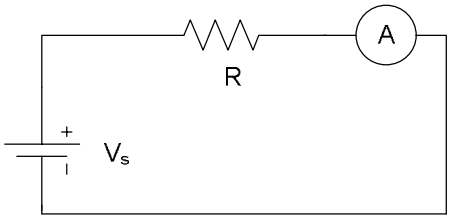
الف) مقاومتی انتخاب کنید. مقدار مقاومت را از روی کد رنگی آن بخوانید. مقدار آن را (قبل از اتصال در مدار) با مولتی‌متر اندازه-گیری کنید. نتایج را یادداشت کنید.

ب)مدار شکل زیر را بسته و قبل از روشن کردن منبع تغذیه از مسئول آزمایشگاه بخواهید تا مدار را چک کند. حال منبع تغذیه را از کمترین مقدار خود روشن کرده و ولتاژ آن را افزایش دهید تا جدول زیر تکمیل گردد.



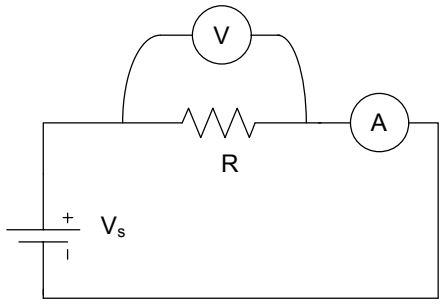
مدار منبع و مقاومت

ج) مولتی متر آنالوگ را مطابق شکل زیر به صورت سری در مدار قرار دهید. دقت کنید قبل از آن رنج انتخابی جریان را انتخاب کرده و آن را در بالاترین رنج قرار دهید. در صورتی که عقربه مقدار کوچکی را نشان می دهد می توانید رنج انتخاب را کمتر کنید تا اینکه عقربه مقدار مناسب را نشان دهد. با تغییر آهیته ولتاژ منبع تغذیه تغییر جریان را مشاهده کنید.



مدار اندازه گیری جریان

د) ولتاژ دو سر مقاومت را اندازه گیری کنید. برای این کار کلید انتخابگر مولتی متر دیجیتال را در وضعیت مناسب قرار داده، سیم سیاه(-) را به ترمینال COM و سیم قرمز را به ترمینال (+) و سپس سیم‌های رابط دستگاه را به دو سر نقاطی که می خواهیم مقدار ولتاژ را اندازه‌گیری کنیم(مطابق شکل) اتصال داده و با استفاده از درجه بندی مناسب، مقدار ولتاژ را از روی صفحه مولتی-متر قرائت می‌کنیم.



مدار اندازه‌گیری جریان و ولتاژ

ه) حال با توجه به مدار بسته شده جدول زیر را کامل کنید.

جدول اندازه‌گیری ولتاژ و جریان

منبع تغذیه	۲ولت	۴ولت	۶ ولت	۸ ولت	۱۰ولت	۱۲ولت
V						
I						
ΔI						
$R = v/I$						
ΔR						

ک) با استفاده از جدول بالا نمودار ولتاژ به جریان را رسم کرده و قانون اهم را بررسی کنید. مقدار مقاومت بدست آمده را با مقادیری که از روی رنگ ها قراعت شده و با مولتی متر اندازه گیری شده مقایسه کنید.

ح) با استفاده از مطالبی که درباره خطاگیری در مقدمه آورده شده است خطاگیری را انجام دهید.

آزمایش سوم

عنوان: **ترکیب سری – موازی مقاومت‌ها**

هدف: اندازه‌گیری مقاومت معادل چند مقاومت در ترکیب‌های مختلف

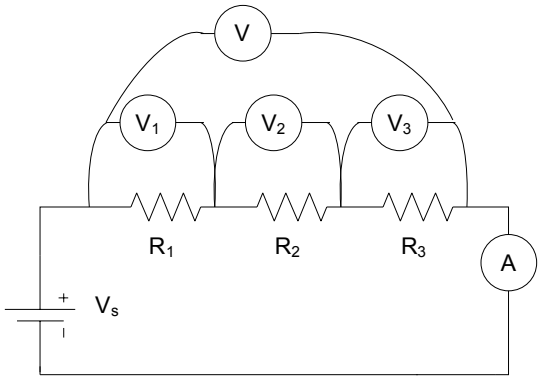
وسایل مورد نیاز: مولتی متر – منبع تغذیه – مقاومت- بردبرد- سیم‌های رابط

تئوری

مقاومت‌ها در مدارهای الکتریکی به روش‌های مختلفی با یکدیگر در ارتباط قرار می‌گیرند(بهم بسته می‌شوند) ودر برخی موارد می‌توان مجموعه‌ای از مقاومت‌ها را بامقاومتی معادل جایگزین نمود. دراین میان ترکیب سری و ترکیب موازی از مهمترین ترکیب‌های مقاومتی بشمار می‌آیند.

الف) ترکیب سری :

اگر چند مقاومت را پشت سر هم به یکدیگر(مانند آنچه که در شکل۱نشان داده شده) متصل کنیم می‌گوییم آن‌ها را بطور سری بسته‌ایم. یعنی اگر دو مقاومت فقط یک سرشان به یکدیگر متصل باشد، سری هستند(شکل زیر) و مقدار مقاومت معادل از رابطه زیر به‌دست می‌آید :



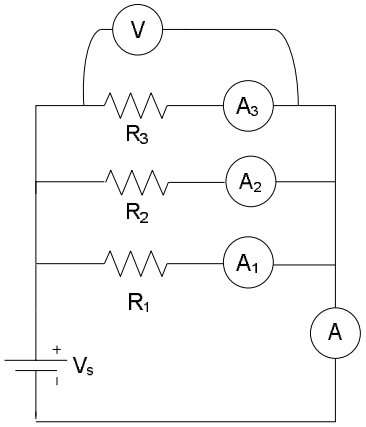
شکل ۱ : اتصال سری مقاومت‌ها

$$\begin{cases} V_T = V_1 + V_2 + V_3 \\ I_T = I_1 = I_2 = I_3 \end{cases} \quad \rightarrow \quad R_{eq} = \frac{V_T}{I_T} = R_1 + R_2 + R_3 \quad (1)$$

که در این رابطه R_{eq} مقاومت معادل مقاومت‌های R۱ تا R۳ می باشد.

ب) ترکیب موازی :

اگر چند مقاومت را طوری بهم متصل کنیم که هر دو سرشان بهم وصل شوند(مانند آنچه که در شکل ۲ نشان داده شده) می-گوییم که این مقاومت‌ها موازی بسته شده‌اند و مقدار مقاومت معادل از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

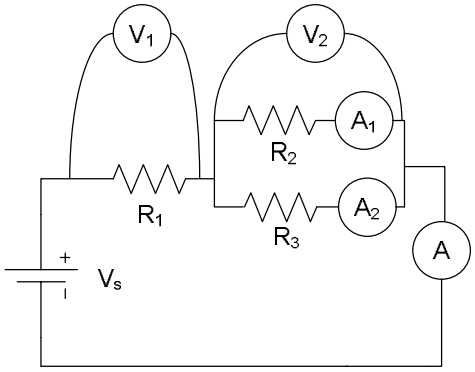


شکل۲: اتصال موازی مقاومت‌ها

$$\begin{cases} I_T = I_1 + I_2 + I_3 \\ V_T = V_1 = V_2 = V_3 \end{cases} \quad \rightarrow \quad \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \qquad (1)$$

ج)ترکیب مختلط:

دراین نوع ترکیب که در اغلب مدارهای الکترونیکی مورد استفاده واقع می‌شود مطابق شکل(۳) دو ترکیب قبلی را در یک مدار می‌گنجانند تا یک مقاومت معادل، ولتاژ و جریان مطلوب به‌دست آید. همانطور که در شکل می‌بینیم جریان گذرنده از مقاومت R۱ به دو جریان تقسیم شده که از R۲ و R۳ عبور می‌کند. و ولتاژ منبع بر روی مقاومت R۱ و معادل مقاومت‌های R۲ و R۳(R۲و۳) افت می‌نماید.



شکل۳: اتصال سری – موازی مقاومت‌ها

انجام آزمایش :

الف) مدار شکل (۱) را بسته مقاومت‌های R۱ تا R۳ را ۱۰۰ و ۱۸۰ و ۱۰ کیلو اهم در نظر گرفته وبا جایگذاری ولت‌متر و آمپرمتر در جای مناسب مقادیر جریان و ولتاژ را خوانده جداول (۱) و(۲) را تکمیل نمایید. مقادیر به‌دست آمده را با مقادیر تئوری مقایسه نمایید.

جدول ۱

ولتاژ منبع	V_{R_1}	V_{R_2}	V_{R_3}	V_T	I_T
۲ولت					
۵ولت					

جدول۲

$\frac{V_{R_1}}{I_T} = R_1$	$\frac{V_{R_2}}{I_T} = R_2$	$\frac{V_{R_3}}{I_T} = R_3$	$R_{eq1} = \frac{V_T}{I_T}$	$R_{eq2} = R_1 + R_2 + R_3$	ΔR_{eq}

ب) مدار شکل (۲) را بسته و با جایگذاری آمپرمتر ولت‌متر در جای مناسب مقادیر ولتاژ و جریان را اندازه‌گرفته جداول (۳) و (۴) را تکمیل نمایید. مقادیر به‌دست آمده را با مقادیر تئوری مقایسه نمایید.R۱ و R۲ را ۱۵کیلواهم و R۳ را ۱۰۰ کیلو اهم قرار دهید.

جدول۳

ولتاژ منبع	I_{R_1}	I_{R_2}	I_{R_3}	V_T	I_T
۲ولت					
۵ولت					

جدول۴

$R_1 = \frac{V_T}{I_{R_1}}$	$R_2 = \frac{V_T}{I_{R_2}}$	$R_3 = \frac{V_T}{I_{R_3}}$	$R_{eq} = \frac{V_T}{I_T}$	$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$	ΔR_{eq}

ج) مدار شکل (۳) را بسته و با جایگذاری آمپرمتر ولت‌متر در جای مناسب مقادیر ولتاژ و جریان را اندازه‌گرفته جداول (۵) و (۶) را تکمیل نمایید.مقادیر به‌دست امده را با مقادیر تئوری مقایسه کنید. R۱ تا R۳ را ۱۵ کیلواهم ۱۸۰ و ۱۰۰ اهم در نظر بگیرید.

جدول ۵

ولتاژ منبع	I_{R_1}	I_{R_2}	I_{R_3}	V_{R_1}	V_{R_2}	V_T
۲ولت						
۵ولت						

جدول۶

$R_1 = \frac{V_{R_1}}{I_T}$	$R_2 = \frac{V_{R_2}}{I_2}$	$R_3 = \frac{V_{R_2}}{I_3}$	بدست آمده از R_{eq} رابطه	ΔR_{eq}

آزمایش چهارم

عنوان: اندازه‌گیری مقاومت درونی مولتی‌متر

هدف: بررسی تاثیر مقاومت درونی مولتی‌متر در مقدار خطای اندازه‌گیری مقاومت

وسایل: دو عدد مولتی‌متر – منبع تغذیه – مقاومت – سیم‌های رابط – بردبرد

تئوری: مقدار مقاومت با وصل کردن دو سر آن به یک منبع تغذیه و اندازه‌گیری ولتاژ و جریان مدار و درنهایت با تقسیم مقدار ولتاژ بر جریان(قانون اهم) به‌دست می‌آید. اما بسته به اینکه مقدار مقاومت داخلی مولتی‌متر چقدر باشد و همچنین در صورتیکه مولتی‌متر دیگری به صورت سری یا موازی با مقاومت مورد نظر قرار گیرد، بر مقدار مقاومت اندازه‌گیری شده توسط دستگاه مؤثر است و مقدار خطای اندازه‌گیری مقاومت متغیر می‌باشد. لذا در این آزمایش سعی شده تا با اندازه‌گیری مقاومت‌های داخلی ولت‌متر و آمپرمتر این تاثیر را بررسی نمود.

الف) اندازه گیری مقاومت داخلی آمپر متر(R_a):

مقاومت داخلی آمپرمتر را با دو روش مختلف می‌توان به‌دست آورد.

روش اول:

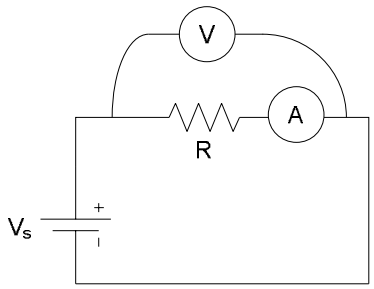
در این حالت مطابق شکل۱، ولت‌متر بصورت موازی با آمپرمتر و مقاومت قرار دارد پس مجموع اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت و آمپرمتر را نشان می‌دهد. اما آمپرمتر جریان صحیح مقاومت R را نشان می دهد:

($\frac{V}{I}$) مستقیما مقدار صحیح R را نشان نمی‌دهد بلکه ($\frac{V}{I} = R + R_a$) که در آن R_a مقاومت داخلی آمپر متر است. لذا از این مدار هنگامی که $R >> Ra$ باشد، جهت به‌دست آوردن مقدار مقاومت R با دقت خوب استفاده می شود، در غیر این صورت مقدار خطا زیاد خواهد بود، لذا خواهیم داشت:

$$\frac{V}{I} = R + R_a \quad (1)$$

پس مقاومت داخلی آمپرمتر خواهد بود:

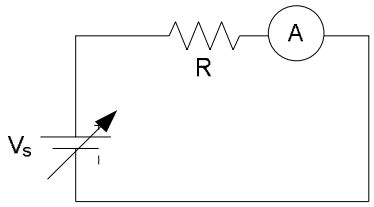
$$R_a = \frac{V}{I} - R \quad (2)$$



شکل ۱: مدار اندازه گیری مقاومت داخلی آمپر متر

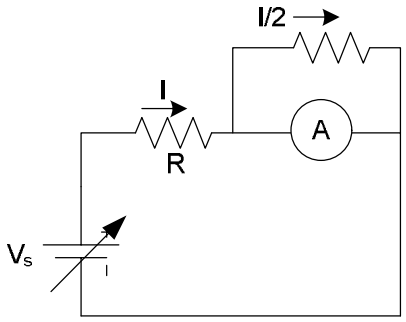
روش دوم:

پس از بستن مدار شکل(۲) مراحل زیر را باید انجام داد: آمپرمتر را در حالت و رنج موردنظر قرار گرفته و با یک مقاومت بالای ۱۰۰ اهم و یک منبع تغذیه سری شود.



شکل۲: مدار اندازه‌گیری مقاومت داخلی آمپرمتر

ولتاژ منبع تغذیه را آرام آرام از صفر زیاد کرده تا آمپرمتر حداکثر مقدار خود را نشان دهد، عدد نشان داده شده یادداشت شود. سپس یک جعبه مقاومت با حساسیت۰/۱ اهمی را با آمپرمتر موازی شود. مقاومت جعبه مقاومت را آنقدر تغییر دهید تا اینکه آمپرمتر نصف عدد قبلی را نشان دهد.



شکل۳: اضافه نمودن جعبه مقاومت به مدار شکل(۴)

۱- مقاومت آمپرمتر R_a برابر عدد نشان داده شده توسط جعبه مقاومت است، چرا؟

۲- با تغییر رنج آمپرمتر آزمایش را تکرار کنید.

سوال:

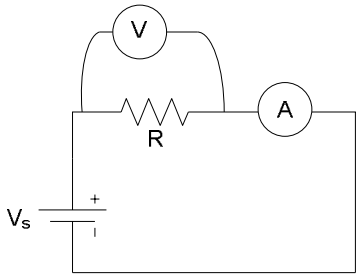
- آیا رنج های مختلف آمپرمتر مقاومت های درونی متفاوتی دارند؟چرا؟
- نقش مقاومت R در مدار چیست؟
- اگر درمدار شکل (۱) مقدار مقاومت R را با و بدون وجود آمپرمتر اندازه‌گیری نمود، از مقایسه دو مقدار به‌دست آمده چه نتیجه‌ی حاصل می‌گردد.
- در صورتی که یک آمپرمتر حداکثر جریان ۰.۱ آمپر را اندازه بگیرد و مقاومت درونی ۵ اهم داشته باشد و بخواهیم جریان یک آمپر را اندازه بگیرد چه باید بکنیم؟با رسم مدار توضیح دهید.
- روش‌های دیگری برای بدست آوردن مقاومت درونی آمپرمتر طراحی نمایید.

ب) اندازه گیری مقاومت داخلی ولت‌متر (R_v):

در این قسمت نیز دو روش جهت به‌دست آوردن مقاومت درونی ولت‌متر ارایه می‌شود.

روش اول:

همانگونه که در شکل(۲) پیدا است ولت‌متر اختلاف پتانسیل واقعی را نشان می‌دهد اما آمپرمتر مجموع جریان مقاومت ومقاومت داخلی ولت‌متر را نشان می‌دهد.



شکل۴: مدار اندازه‌گیری مقاومت داخلی ولت‌متر

$$I = I_R + I_V \qquad (3)$$

$$\frac{V}{I} = \frac{V}{I_R + I_V} = \frac{1}{\frac{I_R}{V} + \frac{I_V}{V}} = \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R_V}} \qquad (4)$$

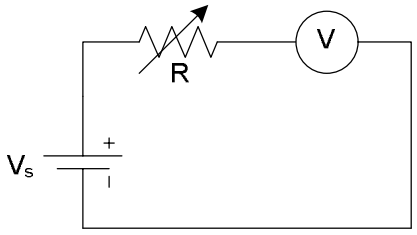
که R_V در رابطه ی (۵) مقاومت داخلی ولتمتر است. در این مدار اگر $R_V >> R$ باشد می توان مقدار R را با دقت خوب نشان دهد(رابطه زیر):

$$\frac{V}{I} = \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R_V}} \approx \frac{1}{\frac{1}{R}} = R \qquad (5)$$

به عبارت بهتر، هرچه مقاومت داخلی ولت‌متر بزرگتر باشد مقاومت مورد نظر را با دقت بهتری اندازه گیری می کند. در رابطه بالا I_R، I_v و R_v به ترتیب زیر می باشند: جریان گذرنده از مقاومت، جریان گذرنده از ولت‌متر و مقاومت داخلی ولت‌متر می‌باشند.

روش دوم:

مدار زیر را ببندید (جعبه مقاومت از نوع مگا اهمی است). به عبارتی ولت متری را که قصد دارید مقاومت درونی آن را به‌دست آورید با یک جعبه مقاومت مگا اهمی و یک منبع تغذیه سری کنید.



شکل۵: مدار اندازه‌گیری مقاومت درونی آمپرمتر

ب) جعبه مقاومت R را صفر کرده آنگاه ولتاژ منبع تغذیه را آنقدر زیاد کنید تا ولت متر حداکثر انحراف مورد نظر در آن رنج را نشان دهد.(در این لحظه ولت متر عدد E را نشان می دهد (V= E)

ج) مقاومت جعبه را تغییر دهید و جدول زیر را کامل کنید.

جدول۱: جدول اندازه‌گیری مقاومت داخلی آمپرمتر

R(MΩ)	۰	۱	۲	۵	۷	۹
V						

د) مقاومت ولتمتر را می توان از رابطه زیر بدست آورد.

$$R_V = \frac{VR}{E - V} \qquad (6)$$

و: ولت متر را از مدار جدا کرده و دو سر آن را به اهم متر ببندید RV به‌دست آمده از طریق اهم متر را با مقدار به‌دست آمده مقایسه کرده و درصد خطای آن را مشخص نمایید.

سئوال:

۱ـ توضیح دهید چرا در این آزمایش از جعبه مقاومت مگااهمی استفاده شده است؟

۲ـ عدد خوانده شده توسط ولت متر چه چیزی را نشان می دهد؟

۳ـ مقاومت درونی منبع تغذیه چقدر می تواند در درصد خطای آزمایش مؤثر باشد؟

۴ـ رابطه $R_V = \frac{VR}{E-V}$ را اثبات نموده و تشریح نمایید.

۵ـ روش‌های دیگری را برای به‌دست آوردن مقاومت درونی ولت متر نام برده و شرح دهید.

شرح آزمایش:

الف) مدار شکل(۱) را بسته و با تنظیم منبع ولتاژ روی ۱۰ ولت جدول (۲) را کامل کنید:

جدول۲: جدول اندازه‌گیری مقاومت آمپرمتر

مقاومت-آمپرمترمحاسبه شده	درصد خطا	مقاومت حقیقی با اهم متر	مقاومت‌با خطا (V/ I)	جریان‌اندازه گیری شده	ولتاژاندازه-گیری شده	R
						۱۸۰Ω
						۱۰۰Ω
						۱۵KΩ

با تکرار آزمایش بالا برای سه مقاومت گفته شده در جدول، سه مقدار به‌دست آمده برای مقاومت داخلی ولت‌متر اندکی باهم تفاوت دارند پس مقدار دقیقتر این مقاومت با میانگین گرفتن از سه مقدار به‌دست می‌آید:

$$Ra = \frac{R1 + R2 + R3}{3} \quad (7)$$

ب) مدار شکل(۲) را بسته و با توجه به توضیح بالا مقاومت درونی آمپرمتر را بااستفاده از این مدار به‌دست آورید. درصورتی که با تغییر رنج آمپرمتر مقدار Ra تغییر کند میانگین مقادیر مختلف را بدست آورید.

ج) مدار را شکل (۴) را بسته و با تنظیم منبع ولتاژ روی ۱۰ ولت جدول (۳) را تکمیل نمائید:

جدول ۳: محاسبه ی مقاومت داخلی ولت‌متر

مقاومت ولتمتر محاسبه شده	درصد خطا	مقاومت حقیقی بوسیله اهم متر	مقاومت باخطا (V/I)	جریان اندازه گیری شده	ولتاژ اندازه گیری شده	R
						۱.۵KΩ
						6.8 KΩ
						۸۲KΩ
						۳۳۰KΩ

سؤال

- با ذکر دلیل وبدون اثبات فرمول بیان کنید که چرا مدار شکل(۱) در صورتی قابل استفاده است که آمپر متر دارای مقاومت خیلی کمی باشد ؟
- با ذکر دلیل وبدون اثبات فرمول بیان کنید که چرا مدار شکل(۲) در صورتی قابل استفاده است که مقاومت ولت‌متر زیاد است ؟

د)مدار شکل (۵) را بسته و پس از تکمیل نمودن جدول (۱) و با ترسم نمودار ترسم نمودار $\frac{1}{V}$ بر حسب R مقاومت درونی ولت-متر را بدست آورید.

آزمایش پنجم

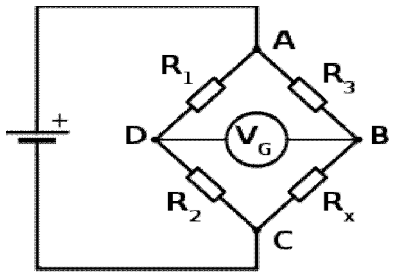
عنوان: اندازه گیری مقاومت با استفاده از مدارهای اکتریکی

وسایل مورد نیاز: مولتی‌متر – پتانسیومتر- منبع تغذیه – مقاومت – سیم‌های رابط – بردبرد

تئوری: روش‌های متعددی برای تعیین مقدار مقاومت مجهول وجود دارد.که ازجمله این روش‌ها می‌توان به روش اندازه‌گیری به کمک رنگ‌ها، اهم‌متر و قانون اهم اشاره کرد. غالبا تعیین مقاومت مشتمل بر خطاهای متعدد بوده و نتیجه روش‌های فوق اغلب در تعیین محدوده یا مرتبه مقاومت قابل استناد می‌باشند، در حالی که در بسیاری از آزمایش‌ها دانستن مقدار دقیق مقاومت ضرورت دارد. یکی از روش‌های حساس و مناسب جهت اندزه‌گیری مقدار دقیق مقاومت‌ها استفاده از مدارات الکتریکی است. از جمله مدارات مناسب جهت تعیین دقیق مقدار مقاومت‌ها مدار **پل وتستون** و **مدار پل تار** که می‌توان از آنها بعنوان پیش مدار مناسبی برای مدارات الکترونیکی استفاده نمود. اساس فیزیکی بکار رفته در پل وتستون و پل تار مشابه است ودر هر پل سعی شده است بین دو نقطه اساسی مدار، تعادل الکتریکی برقرار شود. البته حساسیت بالای مولتی‌متر بکار رفته در مدار تضمین کننده دقت بالای آنجام آزمایش خواهد بود.

الف) تعیین مقاومت با استفاده از پل وتستون:

مدار پل وتستون مطابق شکل(۱) است. برای اندازه گیری مقاومت مجهول توسط این پل باید مقاومت متغیر R_3 را آنقدر تغییر داد تا آمپرمتر درجه صفر را نشان بدهد. در آنصورت از رابطه $R_x=(R_1/R_2)*R_3$ مقدار R_x را محاسبه می‌کنیم.(نحوه به‌دست آوردن این رابطه در ادامه مطلب آمده است).



شکل۱: مدار پل وتستون

جریان منبع وارد نقطه‌ی A شده و به جریان‌های عبوری از مقاومت‌های R_1 و R_3 منشعب می‌شود. زمانیکه مقاومت متغیر R_3 آنقدر تغییر می‌کند تا آمپرمتر مقدار صفر را نشان دهد، یعنی نقاط D و B هم پتانسیل‌اند و $I_x=I_3$ و $I_1=I_2$ خواهد بود پس:

$$\begin{cases} V_{AD} = V_{AB} \rightarrow R_1 \times I_1 = R_3 \times I_3 \\ V_{BC} = V_{CD} \rightarrow R_2 \times I_2 = R_x \times I_x \end{cases} \quad (1),(2)$$

$$(1),(2) \rightarrow \frac{R_1 . I_1}{R_2 . I_2} = \frac{R_3 . I_3}{R_X . I_X} \Longrightarrow \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_X} \Longrightarrow R_X = \frac{R_1}{R_2} \times R_3 \quad (3)$$

اگر از رابطه(۳) لگاریتم طبیعی گرفته و سپس از آن مشتق می گیریم و علامت منفی را به مثبت تغییر دهیم، خطای نسبی مقدار مقاومت مجهول به‌صورت زیر قابل محاسبه است:

$$\Delta R_X = R_X\left(\frac{\Delta R_1}{R_1}+\frac{\Delta R_2}{R_2}+\frac{\Delta R_3}{R_3}\right) \qquad (4)$$

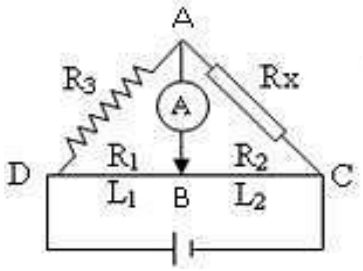
در رابطه بالا صورت کسرها مربوط به خطای مطلق مقاومت‌ها می‌باشد.

ب) تعیین مقاومت با استفاده از پل تار:

شکل (۲) مدار پل تار را نشان می‌دهد. با توجه به شکل، می‌توان دریافت که تار قرار گرفته مابین نقاط A و B جایگزین مقاومت-های R2 و R1 در پل وتستون شده و نقطه C، که در این آزمایش یک لغزنده می‌باشد، وظیفه‌ی تقسیم تار به دو بخش را بر عهده دارد. با تغییر محل لغزنده وضعیت تعادلی مدار تغییر می‌کند.

همان گونه که می‌دانید مقاومت یک سیم با طول آن متناسب است. بنابراین با جابجایی نقطه C طول سیم در طرفین آن تغییر کرده و متناظرا مقاومت‌ها نیز عوض می‌شوند و می‌توان شرایط را برای برقراری تعادل الکتریکی مهیا کرد. با این توضیحات، تمام روابط مربوط به پل وتستون برای پل تار نیز قابل باز نویسی‌اند. از طرفی چون سطح مقطع و جنس سیم (بین نقاط A و B) ثابت است، می توان نسبت مقاومت‌ها را با نسبت طول ها یکسان در نظر گرفت (R1/R2 = L1/L2). بنابر این با استفاده از روابط قبلی ،رابطهٔ پل تار به‌صورت زیر قابل استخراج می‌باشد:

$$\frac{L_2}{L_1}=\frac{R_X}{R_3} \quad \Longrightarrow \quad R_X = R_3 \times \frac{L_2}{L_1}$$



شکل۲: مدار پل تار

شرح آزمایش:

الف)مدار شکل (۱) را ببندید و مقدار ولتاژ منبع تغذیه را از صفر افزایش داده تا به 5V برسد سپس آنرا روی این مقدار فیکس نمایید. مقدار مقاومت‌های R_1، R_2 و R_3 را به‌ترتیب ۱۸۰، ۱۰ و ۱۰۰ کیلواهم قرار داده و با تغییر پتانسیومتر جریان عبوری از آمپرمتر را صفر کنید. در اینحالت مدار را باز کنید و مقاومت پتانسیومتر (که با آن تعادل مدار برقرار شده است) را با کمک اهم‌متر اندازه‌گیری کنید. سپس با کمک مقدار حاصل و رابطه پل‌وتستون، مقاومت مجهول مدار را بیابید ودر جدول(۱) یادداشت کنید. آزمایش را برای مقاومت مجهول دیگری تکرار و نتایج را در جدول ثبت کنید.

جدول ۱

R_1	R_2	R_3	R_x	ΔR_x

با اندازه‌گیری ولتاژ تمام مقاومت‌ها و محاسبه جریان‌ها نشان دهید:

$$I_1 = I_2 \ , \ I_x = I_3$$

ب)مدار شکل (۲) را ببندید و برای شروع منبع ولتاژ را روی(۱ − ۱/۵)ولت قرار داده با جابجا کردن لغزنده (نقطه B) تعادل را در مدار برقرار کنید(جریان گذرنده از آمپرمت صفر شود) سپس منبع را خاموش و مقادیر L1 و L2 را خوانده در جدول (۲) بنویسید وبا استفاده از رابطه پل تار مقاومت مجهول را بیابید. آزمایش را برای مقاومت مجهول دیگر تکرار و جدول را کامل نمایید.

جدول ۲

R	L1	L2	RX

سؤالات:

۱- کدام یک از پل ها دقت بیشتری دارد ؟ چرا؟

۲- چرا باید از اعمال اختلاف پتانسیل های زیاد در این آزمایش خودداری کرد

آزمایش ششم

عنوان: بررسی قوانین کیرشهوف

هدف: بررسی روابط kvl و kcl

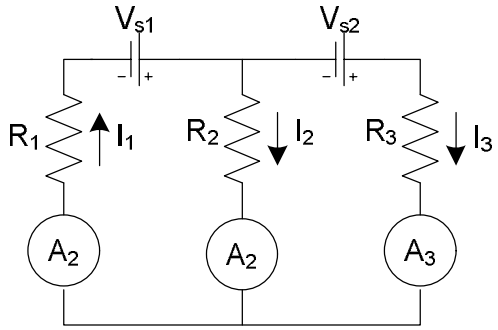
وسایل مورد نیاز: مولتی‌متر – منبع تغذیه – مقاومت – سیم‌های رابط – بردبرد

تئوری

کیرشهوف اولین بار با استفاده از قوانین بقای بار و بقای انرژی توانست با یافتن دو قانون که امروزه به قوانین کیرشهوف شهرت دارند، گشایشی در حل معادلات مدارات الکترونیکی ایجاد کند.

الف) قانون پتانسیل‌ها: بیانگر یکتا بودن پتانسیل در هر نقطه از مدارات الکترونیکی در حالت تعادل است، بدین معناکه در یک مدار بسته هر گاه از نقطه‌ای شروع به حرکت کرده و پس از طی اجزاء مختلف مدار به همان نقطه باز گردیم، تغییری در پتانسیل نقطه اولیه نخواهیم یافت. و به زبان ریاضی می‌توان گفت که جمع جبری پتانسیل‌ها در یک مدار بسته باید صفر گردد.

ب) قانون جریان‌ها: این قانون نیز بیانگر بقای بار در گره‌های مدارات الکتریکی (گره در مدار یعنی محل اتصال سری حداقل سه عنصر مدار مانند مقاومت تعریف می‌شود) می‌باشد. بدین معنا که جریان‌های ورودی به یک گره با جریان‌های خروجی آن برابر است. مدار شکل ۱ شامل سه مقاومت اهمی و دو منبع تغذیه را در نظر بگیرید. ورودی به یک گره با جریان‌های خروجی آن برابر است. وبیان دقیقتر می‌تواند این گونه بیان شود که جمع جبری جریان‌های مرتبط به یک گره (خارج شونده با علامت مثبت و وارد شوند با علامت منفی) صفر می باشد.



شکل۱: مدار دو حلقه‌ایی بررسی قوانین کیر شهف

در مدار شکل فوق، جریان های I_1 وI_2 بترتیب جریان حلقه یک و حلقه دو می‌باشند لذا با توجه به جهت های اختیاری این جریان‌ها در حلقه‌های مذکور به‌شکل زیر نوشته می‌شوند:

$$R_1 I_1 + R_2(I_1 - I_3) = V_{s1} \quad (1)$$

$$R_2(I_1 - I_2) - R_3 I_3 = -V_{s2} \quad (2)$$

با حل معادلات فوق جرین های شاخها I_1 و I_3 به‌دست می‌آیند (بدست آورید).

شرح آزمایش:

الف) مدار شکل یک را بسته و با توجه به شکل و جایگذاری صحیح آمپرمترها جریان‌های I_1 و I_2 را اندازه‌گیری نموده ودر جدول زیر یاددشت کنید (نتیجه رابا مقادیر حاصل از روابط بالا مقایسه کنید)

جدول ۱: بررسی قوانین کیرشهف

V_{s1}	V_{s2}	I_1	I_1'	I_3	I_3'	ΔI_1	ΔI_3
5V	5V						
5V	10V						

در جدول بالا حروف پریم دار اندازه تئوری و بدون پریم مقدار اندازه‌گیری شده را نشان می‌دهند.

ب) آزمایش قسمت الف را با اتصال باز کردن مدار در محل R3 تکرار کنید.

خطا گیری: با توجه به خطای مطلق محاسبه شده در جداول، برای جریان هر شاخه در هر مرحله، خطای نسبی جریان‌های یافته شده را به طریق مستقیم بیابید.

سوالات:

۱- اگر مقاومت R3 بسیار بزرگ (در حد بینهایت) انتخاب شود جریان شاخه‌های مختلف چگونه تعریف می‌شوند؟

۲- آیا نتایج قسمت ب با آزمایش مقاومت‌های سری قابل تطبیق است؟ توضیح دهید.

۳- قانون پتانسیل‌های کیرشهف را با بکارگیری اصل بقای انرژی به‌دست آورید.

۴- قانون جریان‌ها را بکارگیری اصل بقای بار در گره‌های مدار به‌دست آورید.

آزمایش هفتم

عنوان: شارژ و دشارژ خازن

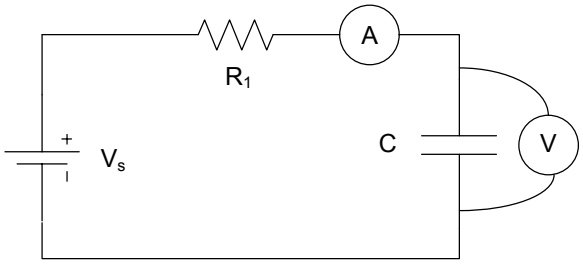
هدف: بررسی رفتار خازن در ولتاژ DC

وسایل مورد نیاز: منبع ولتاژ- خازن- کرونومتر-مقاومت-سیم رابط-بردبرد-مولتی‌متر

تئوری

شارژ خازن: برای بررسی وضعیت شارژ خازن مدار تک حلقه زیر رادر نظر بگیرید. شارژ خازن بدین معنی است که بارهای الکتریکی بوسیله منبع روی صفحات خازن آورده شدند. حرکت بارها بصورت جریان الکتریکی بوده و بوسیله آمپرمتر قابل ثبت است. با قرار گرفتن بار روی صفحات خازن اختلاف پتانسیلی بین صفحات خازن بوجود می آید. با بکارگیری قانون پتانسیل های کیر شهف برای مدار زیر می توان نوشت:

$$Ri + V_c = V_s \qquad (1)$$



شکل ۱: مدار شارژ خازن

از طرفی با توجه به رابطه خازن $q = CV$ و همچنین ارتباط شدت جریان و آهنگ شارش بار($i = dq/dt$)

$$R\frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = V_s$$

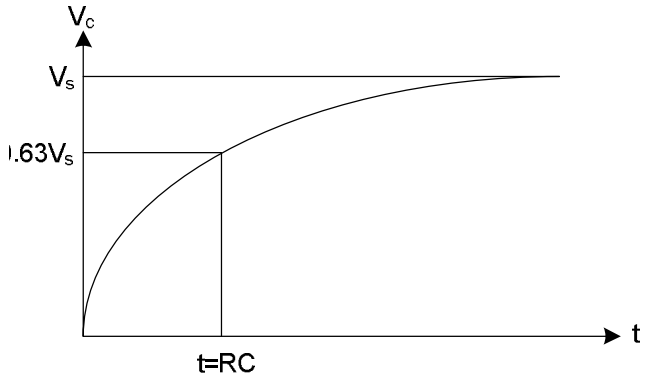
با حل معادله خطی مرتبه اول اخیر، می‌توان چگونگی تغییرات بار روی صفحات رسانا با زمان را در فرایند شارژ یافت:

$$q = CV_s\left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$$

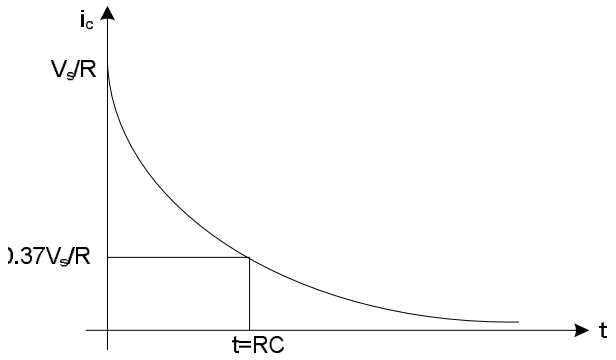
بنابر این خواهیم داشت:

$$V_c = \frac{q}{C} = V_s\left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right), \quad i_c = \frac{dq}{dt} = \frac{V_s}{R}e^{-\frac{t}{RC}}$$

در صورتی که زمان را برابر RC قرار دهیم دیده می شود که در این زمان شکل موج ولتاژ خازن و یا ولتاژ آن به ۶۳٪ مقدار نهایی خود می رسد. به این زمان ثابت زمانی مدار گفته می شود. همچنین با گذاشتن $t = RC$(ثابت زمانی) در رابطه $i_c(t)$ بالا به این نتیجه می‌رسیم که RC مدت زمانی است که طول می‌کشد تا جریان در مدار به ۳۷٪ مقدار اولیه خود می‌رسد. نمودارهای ۲ و۳ به‌ترتیب تغییرات ولتاژ و جریان خازن رانشان می‌دهند:



شکل۲: نمودار تغییرات ولتاژ خازن

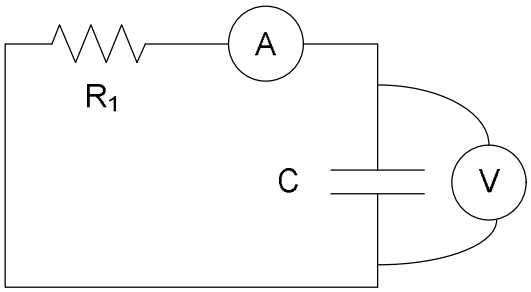


شکل۳: نمودار تغییرات جریان خازن

روابط فوق مؤید این واقعیت‌اند که جریان مدار و اختلاف پتانسیل دو سر خازن به‌صورت نمایی به مقادیر حدی مورد انتظار نزدیک می‌شود بدین معنا که اثر حضور خازن در مدار بطور آنی باعث قطع مدار وشارژ خازن نخواهد شد، بلکه فرایند تدریجی و زمان‌بر است.

موضوع مهمی که از روابط بر می‌آید اینست که جمله نمایی تحت کنترل کمیت RC که (ثابت زمانی مدار نامیده می‌شود) قرار دارد. هر چه این ثابت زمانی بزرگ‌تر باشد، زمان لازم برای رسیدن به مقادیر نهایی(مقادیر حدی) بیشتر و خازن کندتر پر می‌شود و بالعکس.

دشارژ خازن: همان‌گونه که قبلا نیز اشاره شد خازن با نگهداری بار روی صفحات رسانایش نقش یک انبار انرژی الکتریکی را بر عهده دارد بنابر این باید در شرایطی بتوان از انرژی آن بهره جست. برای بررسی این حالت می‌توان یک خازن شارژ شده را در مدار زیر مطالعه کرد و در این مدا (شکل۲) با بستن کلید، اجازه تخلیه انرژی خازن داده می شود. با بکار گیری قانون کیرشهف دراین مدار داریم:



شکل ۴: مدار دشارژ خازن

$$Ri + V_c = 0 \quad \rightarrow \quad R\frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = 0$$

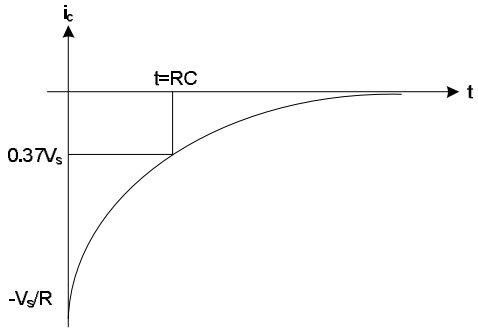
بنابراین جواب به صورت زیر می شود.

$$q = V_s C e^{-\frac{t}{RC}}$$

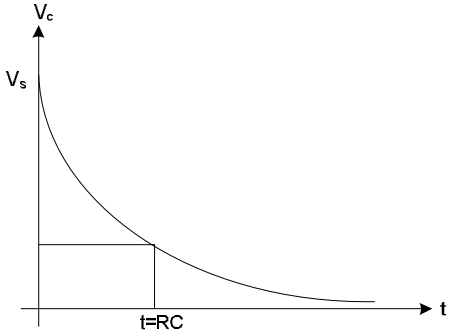
بنابر این اختلاف پتانسیل دو سر خازن و جریان مدار با روابط زیر توصیف می شوند:

$$V_c = V_s e^{-\frac{t}{RC}} \quad , \quad i = -\frac{V_s}{R} e^{-\frac{t}{RC}}$$

علامت منفی در رابطه جریان نمایانگر این موضوع است که در حالت تخیله جریان در خلاف جهت جریان شارژ، شارش می‌کند چرا که در حالت دشارژ خازن نقش منبع انرژی را در مدار بر عهده می‌گیرد. در روابط فوق باز هم جملات نمایی کاهش تدریجی جریان و همچنین اختلاف پتانسیل را نشان می‌دهد و ثابت زمانی مدار بعنوان کمیت کنترل کننده سرعت تخلیه، نقش کلیدی بر عهده دارد. نمودارهای ۵ و۶ به‌ترتیب ولتاژ و جریان خازن را در حالت دشارژ نشان می‌دهند:



نمودار ۴: نمودار جریان _ زمان



نمودار۵: نمودار ولتاژ _ زمان

شرح آزمایش:

الف) شارژ خازن: مدار شکل یک را بسته(ترجیحا خازن الکترولیتی استفاده شود) و با دقت به قطب‌های خازن و بستن آن‌ها به قطب‌های همنام در منبع، منبع را روشن کرده و آن را روی ۱۰ ولت تنظیم نمایید. ودر بازه‌های زمانی معین(مثلا هر ۵ ثانیه و با استفاده از کرونومتر) ولتاژ و جریان را به کمک آمپرمتر و ولت‌متر موجود در مدار خوانده ودر جدول ثبت کنید.

جدول ۱: شارژ خازن

T(S)																			
V(v)																			
I(A)																			

- به کمک اطلاعات موجود در جدول نمودارهای I–t و V–t را رسم کنید.

- با توجه به مقادیر اولیه منبع ولتاژ و مقاومت مدار، مقدار ولتاژ وجریا ن خازن را پس از یک ثابت زمانی به‌دست آورید. با تعیین نقطه متناظر در نمودارهای ترسیمی، ثابت زمانی مدار را از نمودار استخراج کنید.

- مقاومت را از مدار باز کرده و مقدار حقیقی آن را با اهم‌متر اندازه بگیرید و با استفاده از ثابت زمانی مقدار حقیقی خازن را به‌دست آورید.

ب)دشارژ خازن: مدار شکل دو را بسته و قبل از بستن کلید A پتانسیل اولیه(ماکزیمم) دو سر خازن را ثبت کنید تا از شارژ بودن خازن اطمینان حاصل نمایید.

همزمان با بستن کلید A کرونومتر را به‌کا ر انداخته و همانند آزمایش قبل به ازای فواصل زمانی معین ولتاژ و جریان خازن را خوانده در جدول ثبت کنید.

جدول ۲: دشارژ خازن

T(S)																			
V(v)																			
I(A)																			

با استفاده از مقادیر جدول فوق نمودارهای $i-t$ و $V-t$ را ترسیم کرده و مقادیر ثابت زمانی و ظرفیت خازن را همانند آزمایش قبل بدست آورید.

آزمایش هشتم

عنوان: بهم بستن خازن‌ها

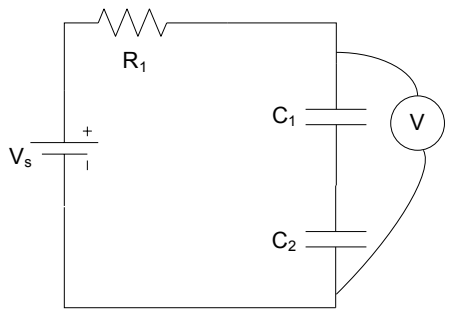
هدف: تعیین ظرفیت خازن معادل ناشی از ترکیب خازن‌ها

وسایل مورد نیاز: منبع ولتاژ- خازن- کرونومتر-مقاومت-سیم رابط-بردبرد-مولتی‌متر

تئوری

در مدارات الکتریکی خازن‌ها ممکن است در آرایش‌های مختلف بکار رود. دو آرایش بسیار معمول، بستن سری و موازی خازن ها است. اگر دو خازن C_1 و C_2 بطور سری بسته (شکل ۱) شوند ظرفیت خازن معادل آن‌ها، C_{eq} از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

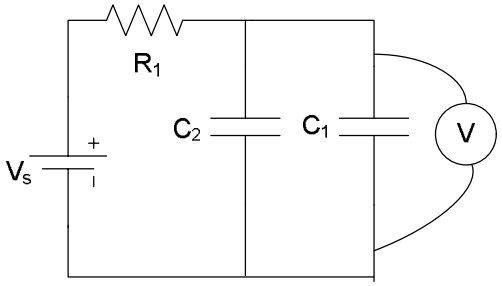
$$C_{eq}{}^{-1} = C_1{}^{-1} + C_2{}^{-1}$$



شکل۱: اتصال سری دو خازن

پس ظرفیت خازن معادل، از ظرفیت تک تک خازن‌ها کوچکتر می‌باشد در نتیجه ثابت زمانی خازن‌هایی که بصورت سری بسته می‌شوند، کمتر شده و سرعت شارژ و دشارژ آن‌ها افزایش می‌یابد. در صورت بستن موازی خازن‌ها C_1 و C_2 (شکل ۲) ظرفیت خازن معادل آن ها از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$C_{eq} = C_1 + C_2$$



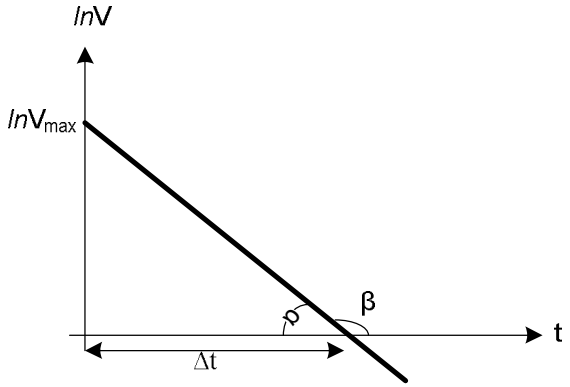
شکل۲: اتصال موازی دو خازن

پس در این حالت ظرفیت خازن معادل، از ظرفیت تک‌تک خازن‌ها بیشتر شده در نتیجه ثابت زمانی خازن‌هایی که بصورت موازی بسته می‌شوند زیادتر شده و سرعت شارژ و دشارژ آن‌ها کاهش می‌یابد.

جهت به‌دست آوردن ظرفیت معادل با استفاده از نمودار و با توجه به اینکه استخراج اطلاعات از روی نمودار نمایی مشکل است، رابطه مناسب‌تری را جستجو می‌کنیم. اگر از طرفین رابطه اختلاف پتانسیل در حالت دشارژ لگاریتم گرفته شود، خواهیم داشت:

$$ln\,V\ =\ ln\,V_s\ -\frac{t}{RC}$$

طبق رابطه فوق، چون مقاومت و ظرفیت خازن معادل ثابت است، نمودار نیمه لگاریتمی $ln\,V1\ -t$ نمودار یک خطی راست است که شیب آن با $\frac{-1}{RC}$ و عرض از مبدا آن با $ln\,V_s$ داده می شود.



شکل۳: نمودار تغییرات اختلاف پتانسیل دو سر خازن

بنابراین برای یافتن ظرفیت خازن معادل از نمودار داریم:

$$\begin{cases} m = \tan\alpha = \dfrac{-1}{RC} \\ \tan\beta = \dfrac{\ln V_s}{\Delta t} \\ \alpha + \beta = \pi \end{cases} \quad \rightarrow \quad \tan\alpha = -\tan\beta \quad \rightarrow \frac{1}{RC} = \frac{\ln V_s}{\Delta t} \quad \rightarrow \quad C = \frac{\Delta t}{R\ln V_s}$$

رابطه فوق ظرفیت خازن معادل را از طریق نمودار به‌دست می‌دهد. هر چند مقاومت و اختلاف پتانسیل ماکزیمم اولیه در ابتدای آزمایش قابل تعیین‌اند، ولی برای یافتن Δt، فرایند تخلیه باید به درستی و با دقت بررسی شود.

شرح آزمایش:

۱)مدار زیر را بسته و با دقت به قطب‌های خازن‌ها آن‌ها را به منبع متصل کرده و شارژ نمایید. هرگاه اختلاف پتانسیل دو سر خازن-ها حدود ۱۵ ولت رسید شارژ را متوقف و منبع را از مدار باز کنید. هم زمان با بستن کلید k، کرونومتر را بکار انداخته و همانند آزمایش قبل به ازای فواصل زمانی معین اختلاف پتانسیل را خوانده، در جدول ثبت کنید. به کمک جدول نمودار $ln\,V1\ -t$ را رسم کرده وهمچنین ظرفیت خازن معادل را به کمک جدول و رابطه (۲) بیابید.

جدول ۱: حالت سری

t(s)								
V(s)								

۲) جهت انجام قسمت دوم آزمایش مدار(شکل۲) را بسته و به ولتاژ ۶ ولت وصل نمایید. هنگامی که ولتاژ دو سر خازنها به ۶ ولت رسید، شارژ را متوقف کرده و همانند آزمایش قبل جدول مربوطه را کامل نمایید. نمودار $ln V1 - t$ را رسم کرده و ظرفیت خازن را بیابید.

جدول ۲: حالت موازی

t(s)								
V(s)								

آزمایش نهم

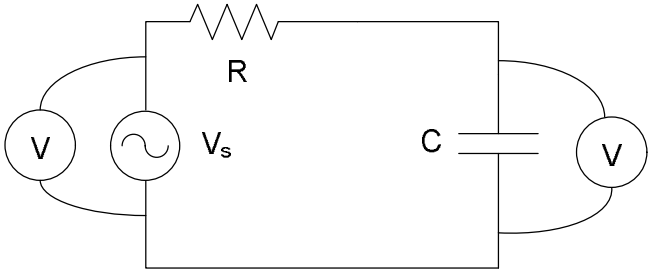
عنوان: مدار متناوب R – C

هدف: بررسی رفتار خازن در ولتاژ متناوب

وسایل مورد نیاز: خازن-مقاومت-فانکشن ژنراتور-اسیلوسکوپ-مولتی‌متر-بردبرد-سیم‌رابط

تئوری

قبلا دیدیم که در مدارات شامل خازن با نیروی محرکه (ولتاژ) مستقیم، خازن پس از شارژ شدن مانند یک مقاومت بینهایت عمل کرده و باعث می‌شود که جریان در مدار بطور تدریجی به مقدار صفر کاهش یابد، پس حضور خازن در مدار آنی احساس نمی‌شود. در حالی که در مدارات متناوب، خازن در یک نیم سیکل شارژ و در نیم سیکل دیگر دشارژ می‌گردد و در نتیجه خازن بطور متناوب شارژ و دشارژ می‌شود و بر جریان تاثیر می‌گذارد که تاثیر آن را می‌توان با یک مقاومت، که البته از نوع مقاومت اهمی محسوب نمی‌شود، نشان داد. برای یافتن رابطه معروف این مقاومت، مداری تک حلقه مانند شکل ۱ درنظر می گیریم.



شکل ۱: مدار متناوب R– C

اگر ولتاژ اعمالی به مدار بالا ولتاژ سینوسی باشد:

$$V_C = V_0 \sin(\omega t)$$

باتوجه به رابطه جریان و بار الکتریکی همچنین رابطه بار و ولتاژ خازن خواهیم داشت:

$$\begin{cases} I = \dfrac{dq}{dt} \\ q = CV \end{cases} \quad \rightarrow \quad I = C\dfrac{dV}{dt}$$

به کمک رابطه(۲)، رابطه تغییرات جریان با زمان بصورت زیر به‌دست می‌آید:

$$I = \omega C V_0 \cos(\omega t) = I_o \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

بنابراین اندازه مقاومت ظاهری خازن(راکتانس خازن) به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$|X_c| = \frac{V_0}{I_0} = \frac{1}{C\omega}$$

رابطه فوق بیانگر این واقعیت است که مقدار مقاومت ظاهری یک خازن به ظرفیت خازن (که بیانگر ساختار یک خازن است) و فرکانس اختلاف پتانسیل اعمالی بستگی دارد و با افزایش هر یک از این عوامل به هر روشی مقاومت ظاهری خازن کاهش می‌یابد. از طرفی روابط جریان عبوری و ولتاژ اعمالی (با توجه به رابطه ۳) بیانگر اختلاف فاز مابین این دو کمیت است که این اختلاف فاز

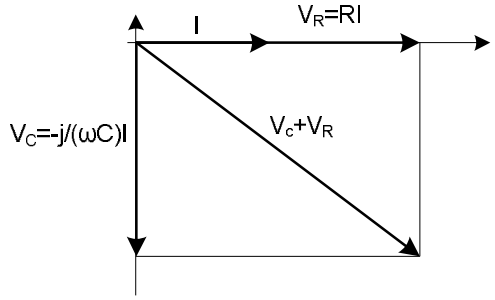
برای خازن ایده آل برابر ربع دوره($\theta = \frac{\pi}{2}$) است با این تفاوت که در وضعیت جدید اختلاف فاز پتانسیل اعمالی به خازن به اندازه ربع دوره از جریان عقب‌تر است. باکمک قانون پتانسیل‌های کیرشهف برای مدار شکل ۱ داریم:

$$V_{in} - RI - jX_C I = 0 \quad \rightarrow \quad V_{in} = (R + jX_C)I \quad \rightarrow \quad Z_T = R + jX_C$$

در رابطه فوق Z_T مقاومت معادل کل مدار(امپدانس کل مدار) می‌باشد، که البته مقداری مختلط بشمار می‌آید، زیرا X_C موهومی می‌باشد. اختلاف فاز و امپدانس کل مدار را می‌توان بصورت زیر محاسبه نمود:

$$|Z_T| = \sqrt{R^2 + \frac{1}{C^2\omega^2}} \quad , \quad \varphi = \tan^{-1}\frac{X_C}{R} = \tan^{-1}\frac{-1}{RC\omega}$$

علامت منفی نمایانگر عقب ماندن ولتاژ نسبت به جریان می‌باشد. با بکارگیری روابط فوق می‌توان نوشت:



شکل۲: نمایش فازوری اختلاف پتانسیل کل برای مدار شکل ۱

بنابراین با توجه به روابط بالا جریان مدار به صورت زیر حاصل می شود.

$$|I| = \frac{|V_{in}|}{|Z_T|} \qquad (*)$$

شرح آزمایش:

مدار شکل (۱) را بسته و نوسان‌ساز(دستگاه مولد موج سینوسی) را روشن نموده و با تنظیم ولتاژ و فرکانس آن با کمک دستگاه-های اندازه‌گیری بکار رفته شدت جریان و ولتاژ ورودی را خوانده و در جدول۱ ثبت کنید.

جدول۱

R							
C							
I							
I'							

مقدار I' مقدار تئوری و I مقدار اندازه گیری شده در آزمایشگاه است. این دو مقدار را با هم مقایسه کنید. آزمایش را برای خازن دیگری تکرار کنید.

سوالات:

۱- اگر خازن بکار رفته در این آزمایش ایده‌آل نباشد، آیا اختلاف فاز بین اختلاف پتانسیل کل و جریان عبوری تغییر می‌کند؟ توضیح دهید

۲- توان الکتریکی داده شده به مدار RC در کجا به مصرف می رسد؟

۳- چند مورد استفاده مدار RC را نام ببرید.

آزمایش دهم

عنوان: مدار متناوب R – L

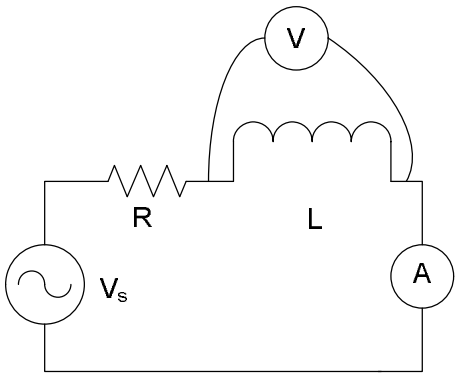
هدف: بررسی رفتار سلف در ولتاژ متناوب

وسایل مورد نیاز: سلف- مقاومت-نوسان ساز-مولتی‌متر-اسیلوسکوپ-سیم‌رابط-بردبرد

تئوری

سیم‌پیچ‌ها (سلف‌ها) به‌دلیل دارا بودن خاصیت خودالقایی، در برابر تغییر جریان عبوری، از خود عکس العمل نشان می‌دهند. بدین معنا که هرگاه بخواهیم جریان عبوری از یک سیم‌پیچ را تغییر بدهیم، چون با تغییر جریان شار مغناطیسی نیز تغییر می‌کند، طبق قوانین القاء شاری در جهت مخالف با این شار در سیم‌پیچ القا می‌شود و به‌عبارتی سیم‌پیچ در برابر تغییر جریان از خود عکس العمل نشان می‌دهد.

هرگاه در مداری از یک سیم‌پیچ(سلف) استفاده می‌شود، مقاومت سیم‌پیچ در برابر تغییر جریان را می‌توان با یک مقاومت موهومی، که راکتانس سلفی نامیده می‌شود، بیان کرد. این مقاومت به ضریب خود القایی سلف(این ضریب به مشخصات هندسی سیم پیچ و محیط آن بستگی دارد) وابسته است. مداری مطابق شکل ۱ را در نظر بگیرید:



شکل ۱: مدار R – L

اختلاف پتانسیل سیم‌پیچ به شکل زیر با زمان تغییر می‌کند:

$$V_L = V_0 \sin(\omega t) \qquad (1)$$

از طرفی با توجه به تعریف جریان عبوری از سیم پیچ که با رابطه‌ی $V_L = \mathrm{L}\,\frac{dI}{dt}$ داده می‌شود، می توان با انتگرال گیری از رابطه (۱) ، رابطه تغییرات جریان عبوری را به‌صورت زیر یافت:

$$I = -\frac{V_0}{L\omega}\cos(\omega t) = -I_0 \cos(\omega t) \qquad (2)$$

بنابراین اندازه مقاومت سیم‌پیچ را می توان بصورت زیر تعریف کرد:

$$|X_L| = \frac{V0}{I0} = \mathrm{L}\omega \quad (3)$$

با توجه به روابط (۱) و (۲) وجود اختلاف فاز بین جریان عبوری از سلف و اختلاف پتانسیل اعمالی به آن کاملا مشخص است. پس تغییرات اختلاف پتانسیل و شدت جریان همزمان رخ نمی‌دهد و یکی نسبت به دیگری عقب می‌افتد. در سیم پیچ‌هایی که ایده‌آل

اند(یعنی مقاومت اهمی صفر دارند)، طبق روابط فوق اختلاف فاز ولتاژ و شدت جریان دقیقا برابر ربع دوره(یعنی $\theta = \pi/2$) می-باشد. در این وضعیت فاز اختلاف پتانسیل اعمالی یک چهارم دوره جلوتر از شدت جریان است.

در حالت عمومی هر سیم‌پیچ علاوه بر مقاومت موهومی ناشی از خاصیت خود القایی آن، دارای یک مقاومت اهمی نیز می‌باشد. اگر مقاومت را با r نمایش دهیم با توجه به قانون پتانسیل‌های کیرشهف برای مدار شکل ۱ داریم:

$$V_{in} = RI + jX_L I + rI \quad \rightarrow \quad V_{in} = (R + jX_L + r)I \quad \rightarrow \quad Z_T = (r + R) + jX_L$$
$$Z_L = r + jX_L \quad (4)$$

Z_T و Z_L به ترتیب مقاومت معادل کل مدار(امپدانس کل) و مقاومت معادل سلف (امپدانس سلف) می‌باشند، که البته مقادیری مختلط بشمار می‌آیند زیرا بخش X_L موهومی و r و R مقاومت‌هایی اهمی و حقیقی‌اند. بنابراین اندازه امپدانس کل و امپدانس سلف بصورت زیر قابل محاسبه خواهد بود:

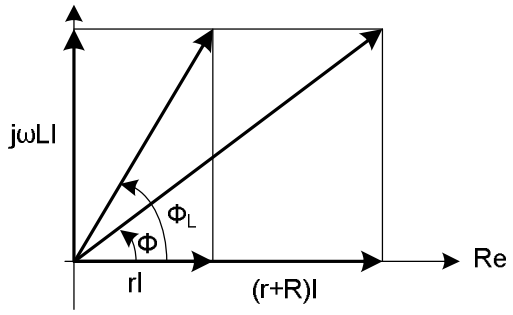
$$Z_T = \sqrt{(R + r)^2 + L^2\omega^2}$$
$$Z_L = \sqrt{r^2 + L^2\omega^2}$$

همچنین اختلاف فاز پتانسیل ورودی و جریان عبوری از مدار با توجه به رابطه (۴) می شود:

$$\tan(\varphi) = \frac{L\omega}{R + r}$$

و اختلاف فاز ولتاژ سلف (ولتاژ خروجی) و جریان عبوری از مدار به‌صورت زیر قابل بیان است:

$$\tan(\varphi_L) = \frac{L\omega}{r}$$



نمودار فازوری ولتاژ و جریان

با توجه به مطالب گفته شده می توان نوشت:

$$\frac{V_{in}}{V_{out}} = \frac{\sqrt{(R + r)^2 + L^2\omega^2}}{\sqrt{r^2 + L^2\omega^2}}$$

رابطه فوق می‌تواند برای یافتن ضریب خود القایی حل و بازنویسی شود.

توضیح: برای فهم مسائلی از این دست معمولا مقاومت‌ها را می‌توان با پیکان‌هایی جهت‌مند(که فازور نامیده می‌شوند) در یک دستگاه مختصات مختلط(که محور افقی آن محور حقیقی و محور عمودی نیز، موهومی فرض می شود) نمایش داد. نمایش به‌کمک فازورها اطلاعات مفیدی از ویژگی‌های یک مدار متناوب ارایه می‌دهند. به‌عنوان مثال می‌توان اختلاف فاز ولتاژ و جریان را از نمایش فازوری یافت.

شرح آزمایش:

مدار شکل (۱) را بسته و فانکشن ژنراتور (مولد موج متناوب) را روشن کرده و خروجی آن را در وضعیت موج سینوسی قرار داده، ولتاژ و فرکانس خروجی آن را با استفاده از دستگاه‌های اندازه‌گیری بکاررفته خوانده و در جدول ثبت کنید.

مقادیر امپدانس کل و امپدانس سلف را با کمک مقادیر ثبت شده مرحله قبل و روابط (۴) و (۵)، بیابید.

مراحل قبلی را برای هشت فرکانس مختلف دیگر تکرار کنید.

با توجه به رابطه(۱۰) و استفاده از نتایج جدول، ضریب خود القایی سیم‌پیچ مورد استفاده را برای هر مرحله یافته و جدول را تکمیل نمایید.

با رسم فازورها، اختلاف فاز ولتاژ و جریان کل را بیابید.

با کمک نتایج جدول، نمودار $Z_L{}^2 - \omega^2$ راترسیم و با محاسبه شیب، ضریب خود القایی سلف را بیابید.

آزمایش را برای سیم پیچ دیگری(سلف دیگری) تکرار کنید.

جدول

R							
ω							
V_{in}							
V_{out}							
I							
Z_L							
Z_T							
L							

آزمایش یازدهم

عنوان: **اصول ترانسفورماتورها**

هدف: بررسی رفتار ترانسفورماتور در ولتاژ متناوب

وسایل مورد نیاز: ترانس-مولتی‌متر-سیم‌رابط

تئوری

ترانسفورماتورها (که منحصرا ترانس نیز نامیده می‌شوند). از اساسی‌ترین اجزاء در در سیستم‌های انتقال انرژی محسوب می‌شوند. در صنایع الکترونیک نیز کاربردهای متعددی از این وسیله می‌توان برشمرد(از جمله در ساخت رادیو تلفزیون و....). در ترانس‌ها بر اساس قانون القای الکترومغناطیس انتقال انرژی از سیم پیچی(اولیه) به سیم پیچی دیگر(ثانویه) صورت می‌گیرد. ترانس‌ها بر اساس کاربردشان می‌توانند کاهنده یا افزاینده باشند. (این نامگذاری از نسبت اختلاف پتانسیل خروجی دستگاه به اختلاف پتانسیل ورودی آن تعیین می‌شود). اگر این نسبت از یک کمتر باشد ترانسفورماتور کاهنده و اگر از یک بیشتر باشد ترانس افزاینده می باشد. برای مثال در نیروگاه برای انتقال انرژی و کاهش اتلاف، از ترانس‌های افزاینده بهره می‌گیرند ولی در محل مصرف کننده‌ها از ترانس کاهنده بهره می‌گیرند(همانند ترانسهای موجود در شهر).

ساختار ساده‌ترین نوع ترانس‌ها شامل دو سیم پیچ است که یکی به منبع انرژی الکتریکی متصل و ترانس اولیه نامیده می شود و دیگری به مصرف کننده متصل بوده و سیم‌پیچ ثانویه نامگذاری می‌شود و این دو سیم پیچ از لحاظ الکتریکی از هم جدا بوده و باهم ارتباطی ندارند ولی با توجه به قانون القای الکترومغناطیس و با تبدیل میدان‌ها امکان انتقال انرژی مابین سیم‌پیچ‌ها وجود دارد.

با عبور جریان از سیم‌پیچ اولیه، میدان مغناطیسی در فضا ایجاد می‌شود. اگر جریان عبوری از سیم‌پیچ اولیه متناوب باشد، میدان مغناطیسی حاصل نیز با زمان تغییر می‌کند. این تغییر میدان، تغییر شار متناظری را ایجاد میکند که عبورش از سیم پیچ ثانویه می تواند نیروی محرکه القایی در آن ایجاد کند.

هرچه تغییرات زمانی شار عبوری بیشتر باشد، طبق قانون القاء، نیروی محرکه بزرگتری در ثانویه ایجاد می‌شود:

$$E_2 = -\mathrm{N}_2 \frac{\mathrm{d}\Phi_2}{\mathrm{dt}}$$

در رابطه ی فوق ε_2 نیروی محرکه القایی در ثانویه، N_2 تعداد دورهای سیم‌پیچ ثانویه و Φ_2 شار مغناطیسی عبوری از ثانویه می باشد. برای اولیه نیز به همین ترتیب داریم:

$$E_1 = -\mathrm{N}_1 \frac{\mathrm{d}\Phi_1}{\mathrm{dt}}$$

برای اینکه شار تولیدی در اولیه بطور کامل از ثانویه عبور داده شود وخطوط شار در فضا تلف نشود، معمولا به‌کمک هسته‌های فرو مغناطیسی(مثل هسته‌های آهنی) یک مدار بسته تشکیل می‌شود که وظیفه هدایت شار و عبور کامل آن از ثانویه را برعهده دارد. بنابر این در این وضعیت $\Phi_1 = \Phi_2$ می‌باشد.

$$\Phi_2 = \Phi_1 \quad \rightarrow \quad \frac{E_1}{E_2} = \frac{\mathrm{N}_1}{\mathrm{N}_2}$$

از طرفی اگر سیم‌پیچ اولیه ایده آل فرض شود، یعنی فقط خاصیت القاییدگی داشته باشد و مقاومت اهمی صفر نشان دهد، با بکار-گیری قانون پتانسیل‌های کیرشهف، می‌توان نوشت:

$$E_1 + V_1 = 0 \quad \rightarrow \quad E_1 = -V_1,$$
$$\rightarrow \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{\mathrm{N}_1}{\mathrm{N}_2}$$

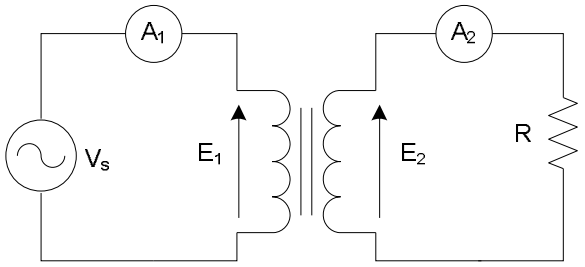
در رابطه ی اخیر V_1 اختلاف پتانسیل ورودی می‌باشد. به همین ترتیب برای ثانویه نیز با اختلاف پتانسیل خروجی V_2، رابطه مشابهی می‌توان یافت.

$$E_2 = -V_2$$

با ترکیب این روابط و بکارگیری اطلاعاتی که تا کنون مورد بررسی قرار گرفته اند، خواهیم داشت:

این رابطه بوضوح نشان می‌دهد نسبت اختلاف پتانسیل‌های ورودی به خروجی، بانسبت دور سیم‌پیچ‌های بکار رفته در ترانس مناسب است.

در ترانسهای افزاینده $\frac{\mathrm{N}_1}{\mathrm{N}_2} <$ ۱ انتخاب می شود که نتیجه آن تقویت و افزایش اختلاف پتانسیل خروجی نسبت به ورودی ترانس است. (در ترانسهای کاهنده برعکس عمل می شود).



شکل ۱: نمایی از یک ترانسفورماتور ساده

از طرفی توان مصرفی در مدارات متناوب علاوه بر مقادیر ولتاژ و جریان، به اختلاف فاز آنها نیز بستگی دارد و در واقع رابطه توان در این گونه مدارات بصورت زیر داده می شود:

$$P = V_1 I_1 \cos\theta \qquad (4)$$

که در آن θ اختلاف فاز ولتاژ و جریان می‌باشد.

در سیم‌پیچ‌های ایده‌آل چون فقط خاصیت القاییدگی حاکم است اختلاف فاز ربع دوره($\frac{\pi}{2}$ رادیان) بوده و توان مصرفی عملا صفر بدست می‌آید.

در ترانس‌ها چون تغییر شار، که عامل ایجاد نیروی محرکه القایی است، در اولیه و ثانویه برابر و یکسان می‌باشد، نیرو محرکه‌های القایی هم‌فازاند. جریان القایی نیز در دو سیم‌پیچ طبیعتا هم فاز خواهد بود و در نتیجه اختلاف فاز وارده در رابطه توان اولیه و توان ثانویه برابر صفر است. از طرفی، چون توان مصرفی در ثانویه بوسیله منبع در اولیه تامین می‌گردد، در مدارات پایدار باید توان اولیه و ثانویه باهم برابر باشند. پس:

$$P_1 = P_2 \quad \rightarrow \quad V_1 I_1 = V_2 I_2 \quad \rightarrow \quad \frac{\mathrm{I}_2}{\mathrm{I}_1} = \frac{\mathrm{V}_1}{\mathrm{V}_2} = \frac{\mathrm{N}_1}{\mathrm{N}_2}$$

رابطه فوق نشان می‌دهد اگر بخواهیم باتغییر دورها اختلاف پتانسیل خروجی را افزایش دهیم کاهش جریان در ثانویه نیز بهمراه آن ایجاد می شود و برعکس در ترانس‌های کاهنده، جریان ثانویه افزایش می یابد. ترانس‌ها در عمل انحرافاتی را از حالت ایده‌آل نشان می‌دهند این انحرافات عوامل متعدد دارند که چهار عامل مهم و اساسی در ایجاد انحرافات بقرار زیر می‌باشند:

۱- اتلاف اهمی ۲- پسماند ۳- جریان فوکو ۴ – شار پراکندگی

شرح آزمایش

مدار شکل (۱) را بسته و ولتاژها و جریان های اولیه و ثانویه را با استفاده از مولتی‌متر اندازه‌گیری کرده و نتایج را در جدول زیر ثبت کنید. با تغییر تعداد دور سیم‌پیچ‌ها مراحل قبل را تکرار کنید.

جدول ۱

آزمایش دوازدهم

عنوان: آشنایی با اسیلوسکوپ

هدف: نحوه نمایش شکل موج با اسیلوسکوپ

وسایل مورد نیاز: اسیلوسکوپ-نوسان ساز

تئوری

اسیلوسکوپ یک دستگاه چند کاره آزمایشگاهی است که جهت نمایش و تحلیل شکل دقیق سیگنال ها در مدارات الکتریکی مورد استفاده قرار می‌گیرد و به کمک آن می‌توان هر پدیده متغیر با زمان که قابل تبدیل به اختلاف پتانسیل باشد را مورد مطالعه قرار داد. که شامل دو قسمت عمده صفحه نمایش و کلیدها می باشد.

الف) صفحه نمایش:

پرده ای از جنس فسفر(و یا ترکیباتی از آن) است که با جذب انرژی الکترون‌های باریکه، لکه نورانی تشکیل داده و موج را نمایش می دهد.

ب) کلیدهای اسیلوسکوپ و وظایف آن‌ها:

۳- POWER (ON/OFF): کلید روشن – خاموش دستگاه است و هرگاه در وضعیت روشن باشد چراغ آن نیز روشن می گردد.

۴- Intens: پیچ تنظیم باریکه الکترونی است که شدت موج نمایشی را کنترل می کند.

۵- پیچ تنظیم باریکه موج نمایش داده شده که با Focus نامگذاری شده است که پهنای موج نمایشی را کنترل می کند.

۶- پیچ موازی کننده مولفه افقی پرتو که با Trace Rotation نشان داده می شود و با چرخاندن آن پرتو را به موازات محور افقی در می آورد.

۷- Y.POS I: برای جابجا کردن موج ورودی کانال I روی محور عمودی صفحه نمایش و تنظیم در محل مطلوب، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۸- Y.MAG: برای پنج برابر کردن دامنه موج ورودی روی صفحه نمایش بکار می‌رود و هرگاه به سمت داخل فشرده شود دامنه موج را ده برابر مقدار واقعی خواهد کرد که در مواقعی که دامنه موج خیلی کوچک باشد قابل استفاده است. شکل زیر مربوط به اسیلوسکوپ آنالوگ می‌باشد.

۹- کلید VOLT/DIV برای مقیاس بندی محور عمودی برای ورودی کانال I و کالیبره کردن آن بکار می‌رود. این کلید شامل یک سلکتور ویک ورنیه است.

۱۰- Y. POS II: مانند Y. POS I می باشد.

۱۱- Y. MAG مانند کلید شماره ۶ عمل میکند

۱۲- VOLT /DIV مانند کلید (۷) عمل میکند.

۱۳- عمل تریگر با کمک ولوم level انجام می شود.

۱۴-پیچ انتقال افقی موج که با X.POS نسان داده می شود. از این پیچ برای جا بجا کردن موج روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ در راستای افقی استفاده می‌شود.

۱۵-X.MAG این کلید برای ده برابر کردن مقیاس بندی محور افقی بکار می‌رود. و زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که با کمک سلکتور زمان(TIM/DIV) نتوان مقیاس‌های افقی را کوچکتر و موج را گسترده کنیم.

۱۶-سلکتور مقیاس زمان که با TIM/DIV علامت گذاری می‌شود.

۱۷-

TRIG: کلید تریگر ومنبع تریگر کننده را مشخص می‌کند و حالات مختلف آن عبارتند از:

۱) AC هرگاه منبع تریگر کننده بین ده هرتز تا ده مگا هرتز باشد این حالت را انتخاب می کنیم.

۲) DC هرگاه فرکانس منبع تریگر کننده بین صفر تا ده هرتز باشد از ان استفاده می کنیم.

۳) LF برای منابع تریگر کننده با فرکانس مابین صفر تا ۵۰ کیلو هرتز از آن استفاده می شود.

۴) TV برای منابعی ۱.۵ کیلو هرتز تا ۵۰ مگا هرتز کاربرد دارد.

۱۸-برای نمایش محور زمان و عمل تریگر از AT/NORM استفاده می شود. هرگاه این دکمه به سمت داخل فشار داده شود در صورت حضور موج، محور زمان رویت خواهد شد و عمل تریگر با ولوم level انجام می شود هرگاه دکمه به داخل فشرده نشده باشد محور زمان بدون حضور سیگنال نیز مشاهده شده و تریگر بطور خودکار صورت می گیرد.

۱۹-$\pm$ALT: این کلید جهت قرینه کردن موج ورودی از کانال I استفاده می شود.

۲۰-TRAG I/II و CH I/II: کلید انتخاب یکی از کانال‌های ورودی است. در حالت عادی موج از کانال I نمایش داده می‌شود هرگاه این کلید به داخل فشرده شود موج ورودی از کانال II روی صفحه نمایش داده می شود.

۲۱-DUAL- CHOP: کلید نمایش هم زمان دو موج از دو کانال

۲۲-کلید ADD-CHOP نقش جمع کننده دو موج را برعهده دارد.

۲۳-Hold off: برای طولانی کردن فاصله زمانی بین دو پالس ازآن استفاده می‌شود و در حالت عادی باید در انتهای سمت چپ چرخیده باشد.

۲۴-X-Y: وظیفه آن قرار دادن موج کانال I در راستای عمودی و موج ورودی کانال II در راستای افقی و نمایش هم زمان آن-ها.

۲۵-کلید TRIG EXT که برای انتخاب تریگر خارجی از آن استفاده می شود.

۲۶-INPUT: محل اتصال کابل کانال I است.

۲۷-CH.I: کلید تنظیم ورودی کانال I است. وشامل دو کلید است: یکی که با GD نشان داده می‌شود و اتصال به زمین را نشان می‌دهد و در صورت انتخاب مسیر موج را باز کرده و با اتصال ورودی به زمین خط مبنایی ایجاد می‌کند که امکان اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل های DC را فراهم می‌کند. کلید دیگر کلید AC/DC که در حالت عادی(که بیرون است و فشرده نشده) حالت AC را نمایش داده و در این وضعیت امکان گذر و عبور ولتاژهای مستقیم و متناوب را فراهم می‌کند. هرگاه کلید به داخل فشرده شود فقط امکان ورود ولتاژهای مستقیم به دستگاه داده می‌شود.

۲۸-خروجی اتصال به زمین می‌باشد.

۲۹-ورودی محل اتصال کانالII می‌باشد.

۳۰-CH.II مانند کلید (۲۵) عمل می‌کند.

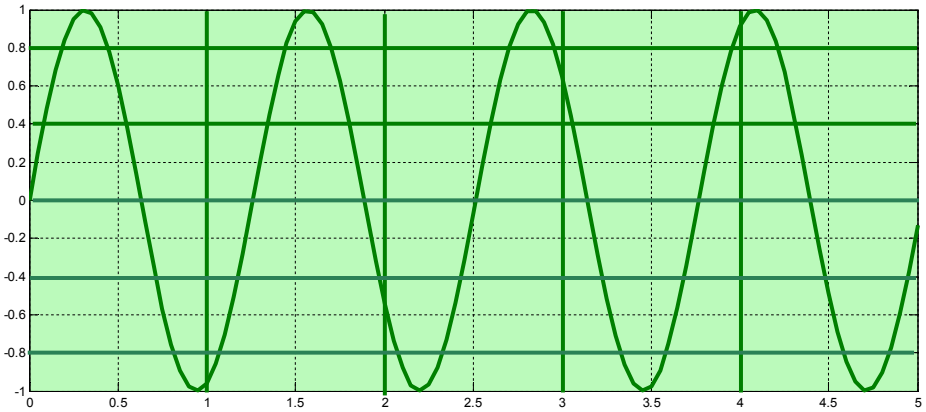
۳۱-INV: کلید قرینه ساز است و موج ورودی کانال II را نسبت به محور افقی قرینه می‌کند. وظیفه ی دیگر آن تغییر فاز π رادیان موج ورودی کانال II است. بنابراین هرگاه بهمراه کلید ADD-CHOP هر دو به داخل فشرده شوند موج وارد شده از کانال II از موج ورودی کانال I کم می شود.

۳۲-COMPONENT TESTER: با جمع کردن مولفه افقی موج، امکان سنجش موازی بودن مولفه افقی را فراهم می کند.

۳۳-خروجی کالیبره کردن کانال‌های اسیلوسکوپ است.

مثال: نمودار زیر روی صفحه اسیلوسکوپ دیده می شود. اندازه و فرکانس آن را با توجه به تنظیمات گفته شده مشخص کنید.

Time/Div=1ms, Volte/Div=2



با توجه به اطلاعات داده شده و از شکل دو دوره تناوب در یک و نیم خانه زمانی قرار دارد. بنابراین

$$2T = 2.5 \times 1ms \quad \rightarrow \quad T = 1.25ms \quad \rightarrow \quad f = \frac{1}{1.25} = 0.8\,Hz$$

دامنه ولتاژ در دو و نیم خانه است. بنابراین:

$$V_m = 2.5 * 2 = 5V$$

بنابراین دامنه برابر ۵ ولت است.

انجام ازمایش:

الف)

- اسیلوسکوپ را به برق شهر وصل کرده و آن را با کلید POWER روشن کنید.
- خط روشنی را که روی صفحه نمایش می‌بینید با فشردن کلید X-Y به نقطه تبدیل کنید و با استفاده از - پیچ های تنظیم آنرا به مرکز صفحه نمایش منتقل کنید سپس کلید X-Y را به حالت عادی برگردانید تا خط مجدد مشاهده شود.
- با کمک پیچ های INTEN و FOCOUS پهنا و شدت خط مشاهده را تنظیم کنید.
- اسیلو سکوپ را کالیبره کنید: برای این منظور مراحل زیر را دنبال کنید:

۱) کانال I را به یکی از موج‌های اسیلو سکوپ(یکی از زایده های فلزی) که مشخصات آن را دارید، متصل کنید.

۲) با توجه به شکل موج نمایشی روی صفحه، تعداد تقسیم بندی‌ها روی محور عمودی و در فاصله قله تا دره را شمرده و در پایه سلکتور اختلاف پتانسیل ضرب کنید و نتیجه را (که اختلاف پتانسیل پیک تاپیک) بر$2\sqrt{2}$ تقسیم کنید تا دامنه موج به‌دست آید. اگر دامنه موج ورودی با دامنه داده شده مطابقت نداشت، با چرخاندن ورنیه آن را در در وضعیتی قرار دهید تا مقدار خوانده شده از دستگاه با دامنه داده شده کاملا هم خوانی داشته باشد.

۳) تعداد تقسیم بندی ها روی محور افقی ودر فاصله دو قله مجاور را شمرده ودر پایهی سلکتور ضرب کنید. نتیجه پریود موج را نشان می دهد، با معکوس کردن آن فرکانس موج را بیابید و با مقدار واقعی داده شده مقایسه کنید اگر اختلافی مشاهده می‌شود با تغییر ورنیه کلید TIM/DIV وتغییر شکل موج نمایشی آنرا بصورتی در آورید که فرکانس موج نمایشی با فرکانس داده شده مطابقت نماید.

۴) با کمک کابل کواکسیال(پروب های مناسب) خروجی I اسیلوسکوپ را به نوسان ساز وصل کرده و خروجی نوسان ساز را روی سیگنال‌های سینوسی بگذارید.

۵) نوسان ساز را روشن و اختلاف پتانسیل خروجی و فرکانس آن را از صفر افزایش دهید.

۶) با چرخاندن سلکتور زمان و ولتاژ سعی کنید پایه‌های مناسب را طوری بیابید که شکل موج واضحترین حالت ممکن وبشکل ثابت درآید.

۷) با جابجایی موج در راستای عمودی آن را در وضعیتی قرار دهید که قله بالایی موج بر یکی از خطوط افقی صفحه نمایش دقیقا مماس شود. سپس تعداد خانه ها در فاصله قله تا دره شمرده و در پایه سلکتور ولتاژ ضرب کنید تا ولتاژ پیک تا پیک موج ورودی را بیابید.

۸) موج را در راستای افقی طوری جابجا کنید که مرکز یکی از قله‌ها دقیقا روی یکی از خطوط عمودی صفحه نمایش بیفتد. سپس تعداد خانه‌ها در فاصله قله فوق تا قله بعدی موج را شمرده و در پایه ی سلکتور زمان ضرب کنید تا پریود موج به‌دست آید. با معکوس کردن پریود، فرکانس موج را بیابید و با مقدار واقعی، که نوسان ساز به‌دست می‌دهد، مقایسه کنید.

۹) فرکانس و اختلاف پتانسیل خروجی نوسان ساز را تغییر دهید و چند مرتبه آزمایش را تکرار نمایید.

ب) –دو سر مقاومت کوچک(حدود ۲-۱ اهم) را به نسان ساز وصل نمایید. در عین حال دو سر مقاومت را به اسیلوسکوپ نیز وصل کنید.

- نوسان ساز را روشن کرده و ولتاژ و فرکانس آن را مقداری از صفر افزایش دهید.
- به روشی که در بخش الف دنبال شد دامنه اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت را بیابید
- اختلاف پتانسیل یافت شده در مرحله ۳ را بر مقدار مقاومت تقسیم کنید و جریان مدار را بیابید.