فصل اول

مقدمات

گزارش کار

نوشتن گزارش کار یک آزمایش به اندازه انجام دادن آن آزمایش اهمیت دارد. گزارش کار تنها سندی است که پس از انجام یک آزمایش، از آن باقی می ماند. بنابر این باید شرح دقیقی از انجام آزمایش باشد. در زیر به برخی موارد در نوشتن یک گزارش کار اشاره می کنیم:

- عنوان و هدف از انجام آزمایش هر بخش
- شکل هایی که شیوه انجام آزمایش را نشان می دهند
- توضیح مختصر اما کافی درباره شیوه انجام آزمایش ونکات اندازه گیری
- جدول اندازه گیری ها
- روابط ریاضی لازم برای تحقیق یا به دست آوردن مجهولات
- نمودارهای لازم برای تحقیق یا به دست آوردن مجهولات
- محاسبات عددی لازم برای به دست آوردن مجهولات و نیزدقت اندازه گیریها

نکته: بهتر است خطاهای اندازه گیری در جدولها ارائه شوند.

محاسبه خطای آزمایش

یکی از مهمترین مواردی که در نوشتن گزارش کار باید رعایت شود خطا گیری یا به عبارت دیگر محاسبه خطای آزمایش است که در این قسمت به شرح آن می پردازیم.

اصولا هنگامی که آزمایشگری در آزمایشگاه به بررسی قوانین یا آزمایش می پردازد، عواملی وجود دارند که مانع رسیدن به جواب صحیح می شوند. این عوامل را عوامل خطازا می نامند که باعث ایجاد خطا می شوند. عوامل خطازا عبارتند از :

۱. خطای ناشی از عوامل محیطی مثل دما، رطوبت و جریان هوا
۲. عدم حساسیت دستگاه
۳. خطای ناشی از شخص اندازه گیر

۴. خطای ناشی از وسایل اندازه گیری

۱- محیط آزمایشگاه:

یکی از عواملی که باعث ایجاد خطا در آزمایش می شود نور، فشار، رطوبت، دما و بسیاری از عوامل مختلف دیگر است. این نوع خطاها معمولا غیر قابل کنترل هستند ومقدار آن نیز قابل محاسبه نمی باشد.

۲- عدم حساسیت دستگاه:

در انجام بسیاری از آزمایشها از دستگاههایی برای انجام آزمایش استفاده می شود که اگر این دستگاهها مرغوبیت لازم را نداشته باشند باعث ایجاد خطا می گردند.

۳- خطای ناشی از شخص اندازه گیر:

افراد دارای دقت یکسان در آزمایش نیستند، بهترین راه برای رسیدن به جوابهای صحیح تر تکرار آزمایش و اندازه گیری چندین مرتبه کمیتها می باشد. در اندازه گیری کمیتهای مختلف مانند طول، جرم، زمان و ... هیچگاه اندازه واقعی را نمی توان به دست آورد زیرا که در عمل مرتکب خطا می شویم. با انتخاب وسایل دقیق و روش صحیح می توان اندازه خطا را کم کرد اما اندازه آن به صفر نمی رسد. در هر اندازه گیری باید وسیله اندازه گیری مناسب کمیتی باشد که هدف، اندازه گیری آن است.در اندازه گیری طول یک میز که تقریبا ۲ متر است ۲ میلیمتر خطا جایز است در حالی که در اندازه گیری قطر سیم که تقریبا ۳ میلیمتر است چنین خطایی جایز نیست. به همین دلیل در موارد مختلف از وسایل اندازه گیری گوناگون استفاده می شود .

فرض کنید آزمایشگری مایل است کمیت X را اندازه گیری نموده و در محاسبات به کار برد. برای اینکه با دقت به اندازه واقعی کمیت دست پیدا کند باید این کمیت را بارها اندازه گیری و یادداشت کند:

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

مقدار واقعی کمیت به مقدار میانگین آنها نزدیک است.

$$\text{مقدار واقعی کمیت} = X_m = (x_1 , x_2 , x_3 , \ldots\ldots x_n) / n$$

حال در این مرحله خطای مطلق را به صورت زیر تعریف می کنیم:

$$\text{خطای مطلق} = \left| \text{مقدار واقعی کمیت} - \text{مقدار اندازه گیری شده} \right|$$

$$\Delta X = \left| x - x_m \right|$$

چون آزمایشگر n مرتبه x را اندازه گیری کرده است پس به همین تعداد خطای مطلق داریم:

$$\Delta x_1 = | x_1 - x_m |$$

$$\Delta x_2 = | x_2 - x_m |$$

$$\Delta x_3 = | x_3 - x_m |$$

•
•
•

$$\Delta x_n = | x_n - x_m |$$

برای اینکه خطای مطلق را بیان کنیم بینΔx های بدست آمده بزرگترین را به عنوان بیشترین خطای پیش آمده در نظر می گیریم.

$$\Delta x = \max\{ \Delta x_1 , \Delta x_2 , \Delta x_3 , \ldots . \Delta x_n \}$$

مثال۱) اندازه متوسط طولی ۲۸/۶ سانتیمتر و اندازه حاصل از یک اندازه گیری ۲۸/۹ سانتیمتر می باشد. خطای مطلق آن چقدر است؟

۲۸/۹-۲۸/۶=۰/۳ Cm

مثال۲) طولی را ۴ بار اندازه گرفتیم نتایج بر حسب سانتیمتر ۱۷۵.۵،۱۷۵.۴،۱۷۵.۸،۱۷۵.۷ می باشد خطای مطلق را محاسبه کنید؟

(۱۷۵/۷+۱۷۵/۸+۱۷۵/۴+۱۷۵/۵)/۴ = ۱۷۵/۶

میانگین برابر است با ۱۷۵/۶سانتیمتر

خطای مطلق عبارت است از:

۱۷۵/۸-۱۷۵/۶=۰/۲

بنابراین اگر آزمایش را چندین مرتبه تکرار کنیم بزرگترین اختلاف بین اندازه گیریها و میانگین را خطای مطلق می گویند.

فرض کنید شخص A طولی را که ۱۰ سانتیمتر است ۱۱ سانتیمتر اندازه می گیرد پس خطای مطلق او ۱ سانتیمتر است. حال شخص B طولی که مقدار آن ۱۰۰ سانتیمتر است ۱۰۱ سانتیمتر اندازه می گیرد، خطای مطلق او نیز ۱ سانتیمتر است در صورتی که کاملا واضح است که B دقیقتر از A است. برای اینکه میزان دقت اشخاص مشخص گردد درصد خطای نسبی را تعریف می کنیم:

$$\text{درصد خطای نسبی} = \frac{\text{خطای مطلق}}{\text{مقدار واقعی کمیت}} \times ۱۰۰$$

پس برای شخص A وB داریم:

$$\text{درصد خطای نسبی شخص A} = \frac{۱\ \text{cm}}{۱۰\ \text{cm}} \times ۱۰۰ = ۱۰٪$$

$$\text{درصد خطای نسبی شخص B} = \frac{۱\ \text{cm}}{۱۰۰\ \text{cm}} \times ۱۰۰ = ۱٪$$

پس شخص B ده برابر دقیقتر از A است.

۴- خطای وسیله اندازه گیری:

این نوع خطا نباید با خطای عدم حساسیت دستگاه اشتباه شود. در اینجا منظور وسایلی است که با آنها کمیتها(طول، جرم، زمان و...)را اندازه گیری می کنیم(متر، ترازو، کرنومتر و...).

یکی از مواردی که در کاهش خطا و بالا بردن دقت موثر است دقت وسیله اندازه گیری است که عبارت است از کمترین مقدار عددی که به وسیله یک ابزار اندازه گیری می توان اندازه گرفت که معمولا روی این ابزار نوشته شده است.هرچه دقت وسیله اندازه گیری بیشتر باشد یعنی مقادیر کوچکتری را بتواند اندازه گیری کند دقت انجام آزمایش بالاتر رفته و خطای کمتری ایجاد می گردد.

در عددهای اندازه گیری شده در رقم آخر آن به اندازه دقت وسیله اندازه گیری شک وتردید وجود دارد. مثلا اگر طولی را با ریزسنجی به دقت ۰/۰۱ میلیمتر، ۶/۴۲ میلیمتر اندازه بگیریم به اندازه ۰/۰۱ میلیمتر ممکن است کمتر یا بیشتر اندازه گیری شده باشد یعنی طول ما $۶/۴۲ \pm ۰/۰۱$ است. پس می توان این مقدار را در بازه ۶/۴۳> طول>۶/۴۱ تعریف کرد. در حالت کلی کمیت x را در بازه $x \pm \Delta x$ تعریف می کنیم که Δx در اینجا دقت وسیله اندازه گیری است.

$$x - \Delta x \le x \le x + \Delta x$$

حال فرض می کنیم کمیت x مستقیما قابل اندازه گیری نبوده و بطور غیر مستقیم از روی مقادیر $a,b,c,\ldots$ که در آنها هر کدام مستقیما اندازه گیری شده اند به دست می آید:

$$x= f(a,b,c,....)$$

$$x=a+b \quad x=a-b \quad x=a\times b \quad x=a/b$$

حال اگر در اندازه گیری کمیت a به اندازه Δa خطا داشته باشیم یا به عبارتی دقت وسیله اندازه گیری که با آن a را اندازه گرفته ایم Δa باشد می توان کمیت aرا به صورت $a - \Delta a \leq a \leq a + \Delta a$ نوشت و به همین ترتیب داریم:

$$b - \Delta b \leq b \leq b + \Delta b$$

$$c - \Delta c \leq c \leq c + \Delta c$$

خطای حاصل جمع

اگر $x=a+b$ و Δa و Δb حداکثرخطا در اندازه گیری a وb باشد، Δx حداکثر خطا در محاسبه x از رابطه زیر محاسبه می گردد:

روش اول:

$$x=a+b$$

$$x + \Delta x = (a + \Delta a) + (b + \Delta b)$$

$$x + \Delta x = (a + b) + (\Delta a + \Delta b)$$

$$x + \Delta x = x + (\Delta a + \Delta b)$$

$$\Delta x = \Delta a + \Delta b$$

بنابر این خطای نسبی عبارت است از:

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

روش دوم: می توان به شکل دیفرانسیل گیری اقدام کرد.

$$x=a+b$$

$$\Delta(x) = \Delta(a+b)$$

$$\Delta x = \Delta a + \Delta b$$

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

روش سوم:لگاریتم می گیریم

x=a+b

Ln x = Ln(a +b)

$$\frac{dX}{X} = \frac{da+db}{a+b}$$

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

در روابط پیچیده و بزرگتر ساده ترین روش برای محاسبه خطا روش لگاریتمی است.

خطای تفاضل

اگر کمیت محاسبه شده x=a-b باشد، آنگاه Δx از طریق زیر به دست می آید:

روش اول:

x= a – b

x + Δx = (a +Δa) - (b +Δb)

x + Δx = (a -b) + (Δa- Δb)

x + Δx = x + (Δa- Δb)

Δx = Δa- Δb

چون هدف به دست آوردن ماکسیموم خطا بوده و Δb می تواند به صورت ±Δb باشد پس وقتی Δx ماکسیموم است که Δb به صورت –Δb باشد.

Max Δx $\rightarrow$ Δb = -Δb

Δx = Δa –(-Δb)

Δx = Δa+ Δb

خطای نسبی عبارت است از:

$$\frac{\Delta x}{x} = \frac{\Delta a + \Delta b}{a - b}$$

روش دوم: دیفرانسیل گیری

$x= a- b$

$\Delta(x) =\Delta(a- b)$

$\Delta x =\Delta a - \Delta b$

$\text{Max } \Delta x \rightarrow \Delta b = -\Delta b \rightarrow \Delta x = \Delta a -(-\Delta b) \rightarrow \Delta x = \Delta a+ \Delta b$

$$\frac{\Delta x}{x} = \frac{\Delta a + \Delta b}{a - b}$$

روش سوم: لگاریتم گیری

$x=a-b$

$\text{Ln } x = \text{Ln}(a - b)$

$$\frac{dX}{X} = \frac{da-db}{a-b}$$

$$\frac{\Delta x}{x} = \frac{\Delta a + \Delta b}{a - b}$$

خطای حاصل ضرب

اگر $x=a.b$ باشد آنگاه داریم:

روش اول

$x=a.b$

$x+\Delta x=(a+\Delta a).(b+\Delta b)$

$x+\Delta x=a.b+\Delta a.b+\Delta b.a+\Delta a.\Delta b$

چون جمله $\Delta a.\Delta b$ که از بقیه جملات بسیار کوچکتر است قابل صرف نظر می باشد:

$x+\Delta x=a.b+\Delta a.b+\Delta b.a$

$x+\Delta x=x+\Delta a.b+\Delta b.a$

$\Delta x=\Delta a.b+\Delta b.a$

خطای نسبی عبارت است از:

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

روش دوم: دیفرانسیل گیری

$x=a.b$

$\Delta x=\Delta a.b+\Delta b.a$

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

روش سوم: لگاریتم گیری

$x=a.b$

$\ln x=\ln(a.b)=\ln a+\ln b$

با مشتق گیری از طرفین داریم:

$$\frac{dx}{x}=\frac{da}{a}+\frac{db}{b} \quad \rightarrow \quad \frac{\Delta x}{x}=\frac{\Delta a}{a}+\frac{\Delta b}{b}$$

خطای خارج قسمت

اگر کمیت $x=\frac{a}{b}$ باشد آنگاه Δx از روابط زیر به دست می آید:

روش اول:

$$x=\frac{a}{b}$$

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

$$\Delta x=\frac{a+\Delta a}{b+\Delta b}-\frac{a}{b}$$

$$\Delta x=\frac{a.b+\Delta a.b-a.b-\Delta b.a}{b.b+b.\Delta b}$$

جمله $b.\Delta b$ در مقابل $b.b$ قابل صرف نظر کردن است پس داریم:

$$\Delta x=\frac{\Delta a.b-\Delta b.a}{b.b}$$

$$\frac{\Delta x}{x}=\frac{\Delta a}{a}-\frac{\Delta b}{b}$$

برای داشتن ماکسیموم Δx داریم $\Delta b=-\Delta b$ بنابراین:

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

روش دوم: دیفرانسیل گیری

$$x=\frac{a}{b}$$

$$\Delta x=\frac{b\Delta a-a\Delta b}{b^{2}}$$

$$\frac{\Delta x}{x}=\frac{b\Delta a-a\Delta b}{b^{2}(\frac{a}{b})}=\frac{\Delta a}{a}-\frac{\Delta b}{b}$$

برای داشتن ماکسیموم Δx داریم $\Delta b=-\Delta b$ بنابراین:

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

روش سوم: لگاریتم گیری

$$x=\frac{a}{b}$$

$$\ln x=\ln(\frac{a}{b})$$

$$\text{Ln } x=\ln a-\ln b$$

$$\frac{dx}{x}=\frac{da}{a}-\frac{db}{b}$$

برای داشتن ماکسیموم Δx داریم $\Delta b=-\Delta b$ بنابراین:

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

مثال۳: در آزمایش ریل هوا سرنده ای از نقطه A بدون سرعت اولیه شروع به حرکت نموده و فاصله ۲/۰۰۰ متر را در فاصله زمانی ۲/۰۰ ثانیه می پیماید. شتاب حرکت و میزان خطای وسایل اندازه گیری در این آزمایش چقدر است؟

$$x=\frac{۱}{۲}at^{۲} \quad => \quad a=\frac{۲x}{t^{۲}} \quad => a=\frac{۲\times ۲}{۲^{۲}}=۱$$

Δx=۰/۰۰۱ m

Δt=۰/۰۱ s

$$\Delta a = \Delta\left(\frac{2x}{t^2}\right) = \frac{\Delta(2x)t^2 - \Delta(t^2)2x}{t^4} = \frac{2t^2\Delta x - 4xt\Delta t}{t^4}$$

برای داشتن ماکسیموم Δa داریم $\Delta t=-\Delta t$ بنابراین:

$$\Delta a = \frac{2t^2\Delta x + 4xt\Delta t}{t^4}$$

$$\Delta a = \frac{2\times 4\times 0/001 + 4\times 2\times 2\times 0/01}{16} = 0/0105$$

$$a = 1 \pm 0/0105$$

$$\frac{\Delta a}{a} = \frac{\Delta(2x)}{2x} + \frac{\Delta(t^2)}{t^2} = \frac{\Delta x}{x} + \frac{2\Delta t}{t}$$

$$\frac{\Delta a}{a} = \frac{0/001}{2} + \frac{2\times 0/01}{2} = 0/0105$$

مثال ۴: می دانیم که مقاومت R یک سیم رسانا برابر است با خارج قسمت اختلاف پتانسیل دو سر آن V و شدت جریان درون آن I .

برای اندازه گیری مقاومت R با جریان سنجی که دقت آن ۰/۰۵ آمپر است جریان ۱ آمپر را اندازه می گیریم و اختلاف پتانسیل را با ولت متری که دقت آن ۰/۱ ولت است ۴۰ ولت اندازه گیری می کنیم. حدود مقاومت و خطای نسبی را به دست آورید.

$$\Delta R = \frac{I\Delta V + V\Delta I}{I^2}$$

$\Delta V=0/1$

$\Delta I=0/05$

$$\Delta R = \frac{1\times 0/1 + 40\times 0/05}{1^2} = 2/1\Omega$$

$R=40\pm 2/1\ \Omega$

$37/9\ \Omega < R < 42/1\ \Omega$

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta I}{I} = \frac{0/1}{40} + \frac{0/05}{1} = 0/05$$

رسم نمودارهای آزمایشگاهی

فرض کنید x وy دو کمیت فیزیکی هستند که با یکدیگر رابطه y=mx+a را دارند و ما می خواهیم m و a را با آزمایش پیدا کنیم. یک روش خوب برای این کار این است که مقادیر مختلف x و y را اندازه بگیریم و آنها را روی یک نمودار رسم کنیم ، سپس بهترین خط که بیشترین تطابق با داده های تجربی را دارد پیدا کنیم.

یکی از روشها این است که فاصله هر نقطه تجربی y_i را از نقطه متناظر در خط مطلوب mx_i+a بدست آوریم و سپس آن را مربع کنیم و این کار را برای تمام نقاط دیگر تکرار کنیم ، سپس m وa را به گونه ای بیابیم که مجموع مربعات مینیموم شود .

$$D^2 = (mx_1 + a - y_1)^2 + (mx_2 + a - y_2)^2 + \cdots + (mx_N + a - y_N)^2$$

برای این کار باید مشتقات عبارت بالا نسبت به m و a را مساوی صفر قرار داده و با حل همزمان دو معادله aوm مناسب را بدست می آوریم:

$$\frac{d(D^2)}{dm} = 0 \rightarrow m(x_1^2 + x_2^2 + \cdots + x_N^2) + a(x_1 + x_2 + \cdots + x_N) - (x_1y_1 + x_2y_2 + \cdots + x_Ny_1N) = 0$$

$$\frac{d(D^2)}{da} = 0 \rightarrow m(x_1 + x_2 + \cdots + x_N) + Na - (y_1 + y_2 + \cdots + y_N) = 0$$

$$=> \quad a = \frac{1}{N}\left(\sum_{i=1}^{N} y_i - m\sum_{i=1}^{N} x_i\right)$$

$$m\sum_{i=1}^{N} x_i^2 + \frac{1}{N}\left(\sum_{i=1}^{N} y_i - m\sum_{i=1}^{N} x_i\right)\sum_{i=1}^{N} x_i - \sum_{i=1}^{N} x_i y_i = 0$$

$$m = \frac{N\sum_{i=1}^{N} x_i y_i - \sum_{i=1}^{N} x_i \sum_{i=1}^{N} y_i}{N\sum_{i=1}^{N} x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{N} x_i\right)^2}$$

$$a = \frac{\sum_{i=1}^{N} x_i^2 \sum_{i=1}^{N} y_i - \sum_{i=1}^{N} x_i \sum_{i=1}^{N} x_i y_i}{N\sum_{i=1}^{N} x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{N} x_i\right)^2}$$

در نرم افزارهای کامپیوتری همچون excel این امکان فراهم شده است که تمام مراحل بالا توسط کامپیوتر انجام شود که نحوه استفاده از این نرم افزارها در جای مناسب خواهد آمد.

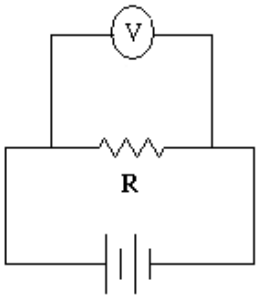
معرفی چندگانه سنج

مولتی متر یا همان آوومتر(A.V.O) به معنی یک دستگاه چندکاره می باشدکه قابلیت اندازه گیری ولتاژ، جریان و مقاومت را دارا میباشد. در این وسیله با تغییر کلید روی آن می توان دستگاه را در حالت مورد دلخواه خود قرار داد . V~ برای اندازه گیری ولتاژ متناوب (AC) ، V_ برای اندازه گیری ولتاژ مستقیم (DC) ، Ω برای اندازه گیزی مقاومت و mA برای اندازه گیری شدت جریان مستقیم است.

طرز استفاده و قرار گرفتن ولت متر ، آمپرمتر و اهم متر در مدار

۱– ولت متر

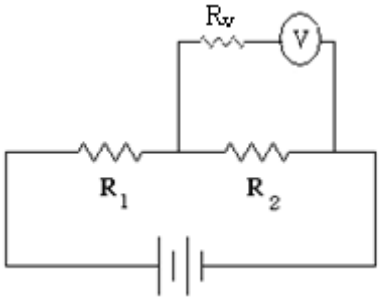
این وسیله برای اندازه گیری اختلاف پتانسیل بین دو نقطه از مدار مورد استفاده قرار می گیرد. قبل از نصب ولت متر باید حالت دستگاه مولتی متر را با توجه به نوع ولتاژ به کار رفته تعیین و سپس از آن استفاده نمود. طریقه نصب ولت متر در مدار به صورت موازی بوده و باید دقت کرد که شروع اندازه گیری باید از رنجهای بزرگتر باشد تا باعث صدمه خوردن به ولت متر نشود. شکل زیر نمونه ای از نصب ولت متر در مدار را نشان می دهد.



برای قرار دادن ولت متر در مدار کافیست ضمن موازی بستن ولت متر یک سر سیمهای مولتی متر به دو نقطه مورد سنجش و سرهای دیگر به مکانهای COM و V وصل شوند . در صورت جابجا کردن دو سیم عدد مولتی متر در یک منفی ضرب می شود.

خطای ناشی از کاربرد ولت متر در مدار

هنگامی که ولت متر به صورت موازی در مدار قرار می گیرد مقاومت داخلی دستگاه باعث می شود که نتیجه سنجش کمی تغییر کند. فرض کنید مقاومت داخلی ولت متر R_V ، V_2 افت ولتاژ در صورت نبود ولت متر و V_{RV} افت ولتاژ در اثر حضور ولت متر باشد داریم:



$V_2=IR_2$

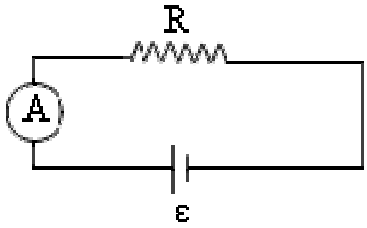
$$V_{RV} = \left[\frac{R_2 R_V}{R_2+R_V}\right] I$$

$$\text{درصد خطای نسبی} = \frac{|V_{RV} - V_2|}{V_2} \times ۱۰۰ = \frac{R_2}{R_2 + R_V} \times ۱۰۰$$

اگر $R_V = ۱۰۰R_2$ آنگاه درصد خطای نسبی برابر با ۰/۹۹ درصد خواهد بود یعنی کمتر از ۱ درصد. هرچه نسبت $\frac{R_V}{R_2}$ بزرگتر باشد خطای ما کمتر می شود. حالت ایده آل زمانی است که R_V بی نهایت باشد.

۲– آمپر متر

برای اندازه گیری شدت جریان عبوری از یک شاخه از مدار به کار می رود و به صورت سری در مدار قرار می گیرد. آمپرمتر نیز باید قبل از نصب در مدار در حالت AC یا DC قرار داده شود(بر حسب نیاز) و رنج آن را در بالا ترین حالت قرار دهیم (در صورت عدم اطلاع از حدود مقدار جریان)و سپس آن را مطابق شکل در مدار به صورت سری قرار دهیم.



سپس به تدریج آمپرمتر را حساس تر کرده تا عدد مناسب را دریافت کنیم. برای نصب آمپرمتر در یک شاخه بر خلاف ولت متر باید مدار را قطع کنیم و سپس دو سر قطع شده را به COM و mA (یا A) وصل کنیم.

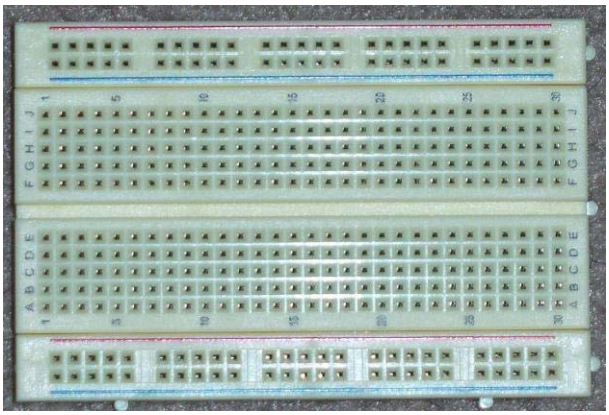
در صورت برعکس وصل کردن سیمها مقدار نمایش داده شده در یک منفی ضرب می شود. با انجام محاسبات مشابه ولت متر به این نتیجه می رسیم که اگر مقاومت داخلی آمپرمتر ۰/۰۱ مقاومت کل مدار باشد خطای ناشی از اتصال آمپرمتر در مدار حدود ۱ درصد خواهد بود. بنابراین حالت ایده آل در این مورد زمانی است که مقاومت داخلی آمپرمتر صفر باشد.

۳– اهم متر

برای تعیین مقاومت، مولتی متر را در حالت Ω در پله مناسب قرار داده و دو سر مقاومت مورد نظر را از طریق سیم رابط به COM و Ω وصل می کنیم. مولتی متر در این حالت مقدار مقاومت را به ما می دهد.

آشنایی با برد بورد breadboard

بردبورد وسیله ای است که به شما در چیدمان اولیه مدار کمک می کند. لایه های داخلی آن از نوارهای فلزی (معمولا مسی) تشکیل شده است که در قسمت تحتانی بدون هیچ اتصالی با یکدیگر قرار دارند. ستونهای عمودی از زیر با یکدیگر اتصال دارند و هر ستون هیچ اتصالی با ستون دیگر ندارد. در قسمت بالا و پایین بردبورد نقاط هر سطر با یکدیگر اتصال دارند اما هیچ سطری با سطر دیگر مرتبط نیست.شکل زیر نمونه ای از این وسیله را نشان می دهد.



فصل دوم

آشنایی با قطعات مورد نیاز در آزمایشگاه فیزیک

مقاومت

خازن

فصل ۲

آشنایی با قطعات مورد نیاز در آزمایشگاه فیزیک

مقاومت:

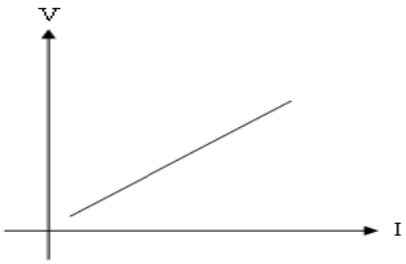
۱ـ مقاومت اهمی:

به مقاومتی گفته می شود که نسبت ولتاژ اعمال شده به جریان گرفته شده از آن یک مقدار ثابت باقی بماند یعنی:

$$R=V/I=\text{ثابت}$$

به بیانی نمودار تغییرات ولتاژ به جریان این مقاومت خطی باشد. به این گونه مقاومت ها، مقاومت های اهمی می گویند.

شکل مقابل منحنی تغییرات (V-I) قطعات اهمی است.



موارد استفاده از مقاومت اهمی در مدارهای الکتریکی و الکترونیکی

الف: محدود کردن جریان (کنترل جریان) و تقسیم ولتاژ در نقاط مختلف مدار

ب: ایجاد حرارت

ج: تطبیق و همسنگ نمودن مقاومت ورودی و خروجی در مدارهای الکترونیکی

د: تطابق ولتاژ بین دو طبقه در تقویت کننده ها

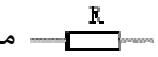
و: تعین پهنای باند و فرکانس قطع در تقویت کننده ها، فیلترها و موارد مشابه

انواع مقاومت های اهمی

- مقاومت های ثابت

- مقاومت های متغیر
- مقاومت های تابع عوامل فیزیکی (دما، نور و ...)

مقاومت های ثابت

مقاومت هایی هستند که مقدار آن ها ثابت بوده و تابع عواملی چون گرما، فرکانس، میدان مغناطیسی، نور، رطوبت و ... نباشند و آن ها را با نماد  یا مشخص می کنند.

مشخصه های یک مقاومت ثابت عبارتند از:

الف: مقدار اهم مقاومت:

از مهمترین مشخصه مقاومت بوده که یا عدد اهم بر روی آن نوشته شده و یا به صورت نوارهای رنگی مقدار گذاری شده اند.

ب: خطا یا تلورانس :

از آنجا که وسیله ای با دقت صفر و بدون خطا وجود ندارد، در حین فرایند تولید مقاومت، به طور ناخواسته به مقاومت مورد نظر مقداری اضافه یا کم خواهد شد که البته این مقدار با نظارت بیشتر و با استفاده از دستگاه های دقیقتر کمتر می شود. لذا شرکت سازنده، موظف است این بازده تغییرات را به مصرف کننده های مقاومت معرفی کند که به تلورانس مقاومت معروف است. مثلا مقاومت های ۱۰۰ اهمی با تلورانس ۱۰٪ ممکن است بین ۹۰ و ۱۱۰ اهم باشند.

ج: تحمل حرارتی:

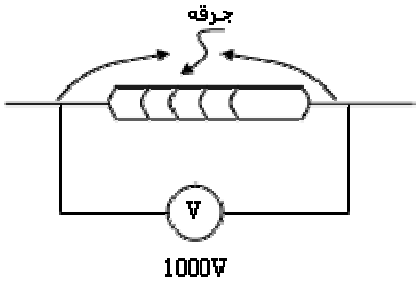
به بیشترین دمایی که مقاومت های غیر سیمی در حین کار می توانند تحمل کند قبل از آنکه تغییر ماهیت بدهند، تحمل حرارتی گویند و در حدود ۱۰۰ تا ۱۵۰ درجه سانتیگراد است.

د: بیشترین توان مصرفی:

به بیشترین توانی که مقاومت می تواند در مقابل عبور جریان و تحمل ولتاژ از خود نشان دهد، قبل از آنکه بسوزد، ماکسیموم توان مقاومت گویند و از رابطه $P=IV$ یا $P=RI^2$ محاسبه می شود. هر مقاوتی یک مقدار مشخصی از توان مصرفی را تحمل می کند. رایج ترین توان های یک مقاومت ساخته شده به صورت ۱/۱۶ و ۱/۸ و ۱/۴ و ۱/۲ و ۱ و ۲ و ۳ و ۵ وات هستند که معمولا از روی ابعاد فیزیکی آن قابل تشخیص می باشند.

ه : بیشینه افت ولتاژ DC:

در مقاومت های با اهم بالا، بیشترین افت ولتاژ DC مجاز از مهمترین عوامل مربوط به مقاومت محسوب می شود. بطور مثال اگر بخواهیم افت ولتاژ DC مجاز یک مقاومت ۱ مگا اهمی و ۱ وات را بدست آوریم از رابطه $P = \frac{V^2}{R}$ معلوم می شود که این توان با ولتاژ ۱۰۰۰ ولت محقق می شود که در عمل چنین ولتاژی را نمی توان به مقاومت اعمال کرد. چون ممکن است با میدان الکتریکی ایجاد شده دو سر مقاومت جرقه بزند که برای رفع این مشکل باید اندازه چنین مقاومتی را بزرگ درست کنند تا تحمل چنین اختلاف پتانسیلی را داشته باشد.



$$V = \sqrt{R.P} = \sqrt{10^6} = 1000 \text{ ولت}$$

و: ضریب حرارتی محیطی:

به تأثیر گرمای محیط بر مقدار اهم مقاومت ضریب حرارتی محیطی می گویند. هر قدر این ضریب کمتر باشد بیانگر آن است که دمای محیط کمتر روی مقاومت تأثیر می گذارد. ضریب حرارتی می تواند مثبت یا منفی باشد. به طور مثال این تغییر اهم می تواند در هنگام لحیم کاری صورت بگیرد که از اهمیت بالایی برخوردار است.

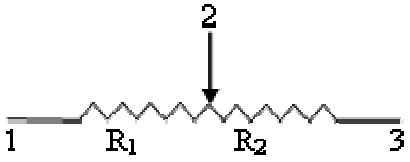
ز: بیشینه بسامد کار:

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.

مقاومت های متغیر

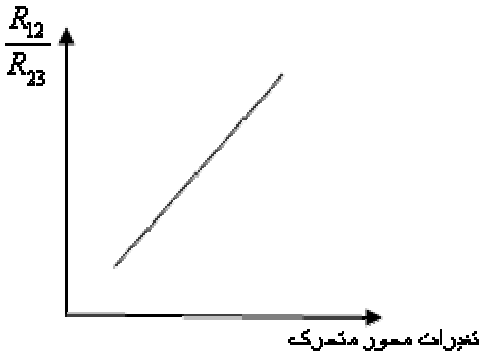
الف: مقاومت های متغیری که تابع عوامل محیطی و فیزیکی نیستند.

این نوع مقاومت ها را می توان با تغییر مکان یا تغییر زاویه محور متحرک آن تنظیم کرد. شکل زیر علامت اختصاری مقاومت متغیر را نشان می دهد.

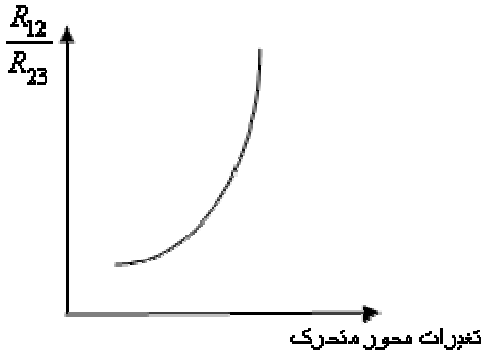


همانطور که مشخص شده است، مقاومت متغیر می تواند دارای سه ترمینال باشد که دو تای آنها نسبت به هم ثابت است و تابع گردش محور نیست. مقدار این مقاومت بر روی بدنه مقاومت متغیر، نوشته می شود. ترمینال متغیر، به اتصال لغزنده متصل است و این اتصال لغزنده می تواند به وسیله گردش محور روی لایه کربن حرکت کند و مقدار مقاومت این ترمینال را نسبت به ترمینال های ثابت تغیر دهد. این نوع مقاومت های متغیر کربنی که در بازار به پتانسیومتر یا ولوم معروف هستند، بر دو گونه یافت می شوند.

- اگر تغییر مقاومت بین ترمینال های ۱و۲ یا ۲و۳ نسبت به حرکت محور متحرک خطی باشد، مقاومت متغیر خطی گویند.

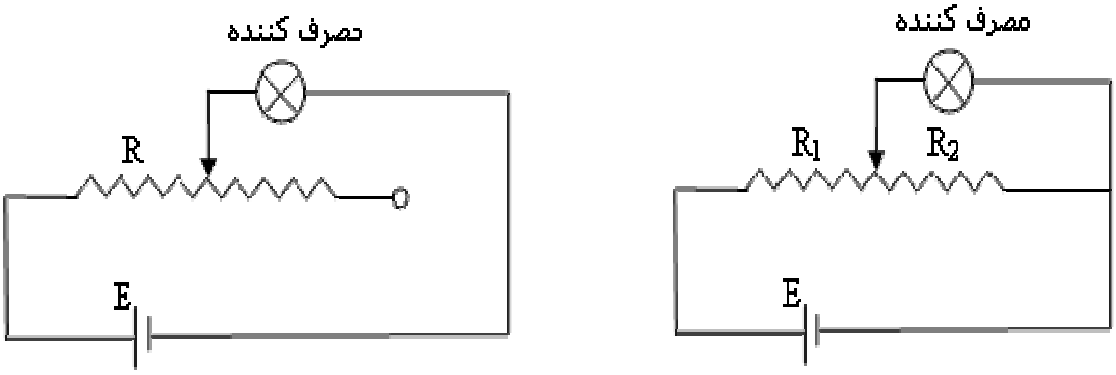


- اگر تغییرات نسبت به یکدیگر غیرخطی باشند (مثلا لگاریتمی)، مقاومت متغیر را لگاریتمی گویند.



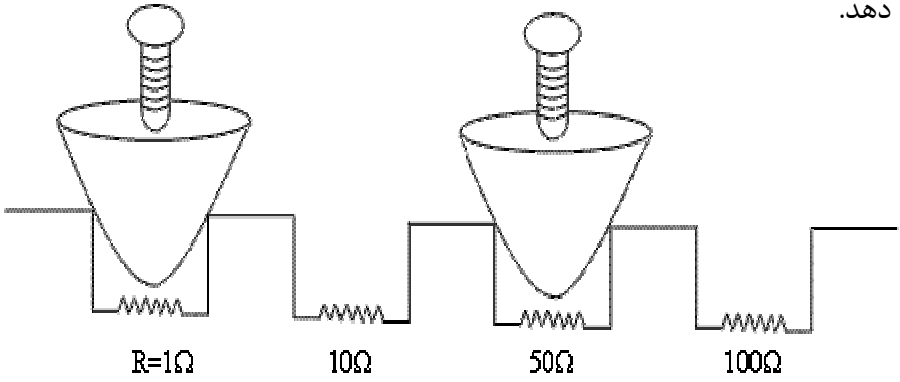
رئوستا

گونه دیگری از مقاومت های متغیر که از خانواده پتانسیومترهای خطی هستند و همچنین دارای سه ترمینال می باشند رئوستاها هستند.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 را نشان می دهد.



جعبه مقاومت:

میتوان این جعبه را جزء دسته مقاومت های متغیر قرار داد و به گونه ایی است که تعدادی مقاومت با مقادیر معلوم را درون یک جعبه بصورت سری قرار داده اند و عملا با انتخاب هر تعداد از آنها، می توان مقادیر مشخص و دلخواهی را در ترمینال خروجی آن ایجاد نمود. شکل زیر نمای خارجی و درونی یکی از جعبه ها را نشان می دهد.



ب: مقاومت های متغیری که تابع عواملی چون حرارت، نور، ... هستند:

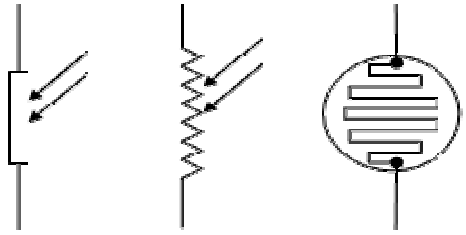
۱. مقاومت های تابع حرارت (ترمیتور) :

تأثیر حرارت بر مقدار مقاومت به دو گونه می تواند باشد. اگر در اثر افزایش دما، مقاومتشان کاهش یابد به آنها ترمیتورهای با ضریب حرارت منفی یا N.T.C می گویند. که غالبا به شکل های دیسکی و

استوانه ای یافت می شود. دسته دیگری از ترمیتور ها با افزایش دما، مقاومتشان افزایش می یابد و به آنها ترمیتورهای با ضریب حرارتی مثبت یا P.T.C می گویند. شکل زیر علامت اختصاری و چند نمونه از ترمیتورهای NTC و PTC را نشان می دهد.

۲. مقاومت تابع نور:

مقاومت تابع نور (L.D.R) فوتوریتور به مقاومتی گفته می شود که با تغییرات نور تابیده شده به سطح آن، مقدار مقاومتش تغییر کند.در واقع مقاومت به شدت نور تابیده شده به آن وابسته است.



نمای ظاهری مقاومت تابع نور و علامت اختصاری LDR

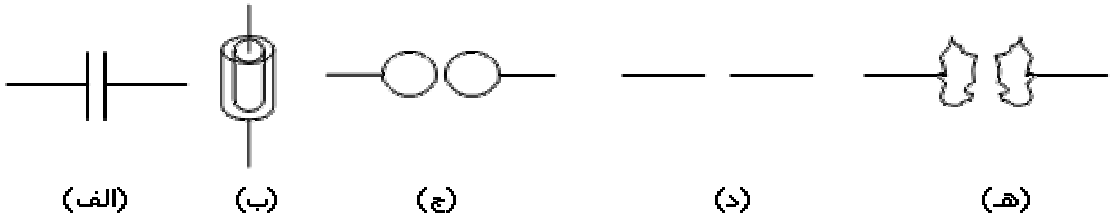
خازن

خازن المانی است که انرژی الکتریکی را در خود ذخیره می کند و ساختمان آن از دو قسمت تشکیل شده است.

الف)صفحات هادی: که به آن جوشن نیز می گویند. معمولا از ورقه های نازک از جنس آلومینیوم، روی یا نقره ساخته می شوند.

ب)عایق بین صفحات هادی: که به آن دی الکتریک نیز گفته می شود.معمولا خازن ها از نظر نوع دی الکتریک به کار رفته در ساختمان آنها نام گذاری و تقسیم بندی می شوند.

شکل زیر انواع قرار گرفتن صفحات هادی مقابل یکدیگر و شکل خازن را نشان می دهد.



الف: خازن با صفحات تخت
ب: خازن که توانه ای مثل کابل کواکس یا
ج: دو کره مقابل همدیگر
د: یک سیم پاره شده
هـ: دو صفحه مچاله شده مقابل یکدیگر

مشخصات خازن:

- ظرفیت خازن
- ولتاژ کار ماکسیموم
- ضریب حرارتی خازن
- حداکثر فرکانس کار
- ضریب تلفات خازن

ظرفیت خازن:

نسبت بار الکتریکی ذخیره شده در خازن به ولتاژ آن را ظرفیت خازن می نامند و رابطه زیر 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 می شود.

$$(\text{فاراد})C = \frac{Q(\text{کولن})}{V(\text{ولت})}$$

ولتاژ کار ماکسیموم:

این ولتاژ که معمولا روی بدنه خازن به همراه ظرفیت خازن نوشته می شود، ولتاژی است که به دو سر خازن اعمال می شود بدون اینکه دی الکتریک میان صفحات یونیزه شود و بطوری که خازن بتواند در شرایط عادی کار کند که مقدار آن به فاصله صفحات و جنس دی الکتریک وابسته است. از طرفی به مقدار ولتاژ ماکسیموم که به ضخامت دی ا لکتریک و جنس آن بستگی دارد استحکام دی الکتریک نیز گفته می شود. معمولا استحکام دی الکتریک را بر حسب ولت بر میکرومتر بیان می کنند. جدول زیر ضریب ثابت دی الکتریک و استحکام چند عایق دی الکتریک مشخص شده است.

نوع عایق	K(ضریب دی الکتریک)	استحکام دی الکتریک(V/um)
هوا	۱	۳
پارافین	۲-۲.۲	۳۰-۱۵
کاغذ خشک	۳.۵-۲.۳	۹-۶
فیبر	۵-۳.۵	۱۱-۴
شیشه	۱۰-۵.۵	۱۰-۴
میکا	۸-۵.۵	۸۰

ضریب حرارتی خازن:

وابستگی ظرفیت خازن به حرارت را ضریب حرارتی خازن می گویند.

حداکثر فرکانس کار:

از آنجا که خازن در مدارهای متناوب از خود مقاومت ظاهری نشان می دهد(که آن را با X_c معرفی می کنند) این مقاومت ظاهری با فرکانس رابطه عکس دارد.

$$x_c = \frac{1}{2\pi fC}$$

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

ضریب تلفات خازن:

ضریب تلفات خازن به صورت رابطه زیر تعریف می شود:

$$D = \frac{1}{2\pi fCR}$$

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

انواع خازن ها

خازن ثابت

۱. بدون قطبیت ——┤├——این خازن ها در انواع مختلف هستند:

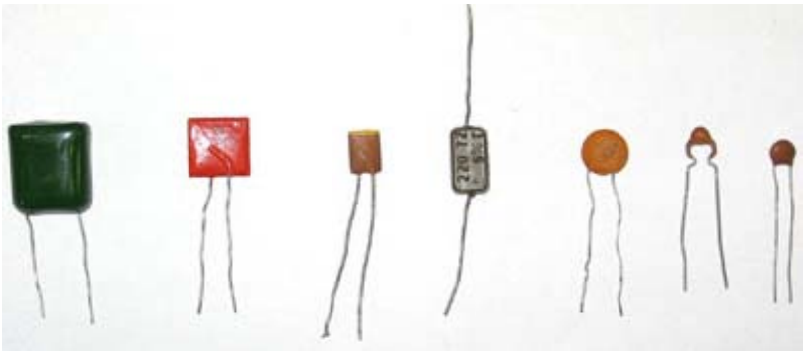
- خازن های کاغذی
- خازن های سرامیکی
- خازن های عدسی
- خازن تانتالیومی
- خازن میکا
- خازن روغنی وغیره می باشد.

خازن های کاغذی:

دی الکتریک این نوع خازن ها از یک صفحه نازک کاغذ متخلخل تشکیل شده است که یک دی الکتریک مناسب درون آن تزریق می شود. جوشن های این نوع خازن نیز معمولا از جنس آلومینیوم است.این خازن ها دارای ابعاد فیزیکی بزرگی بوده و غالبا دارای ولتاژ کار بالایی می باشند.

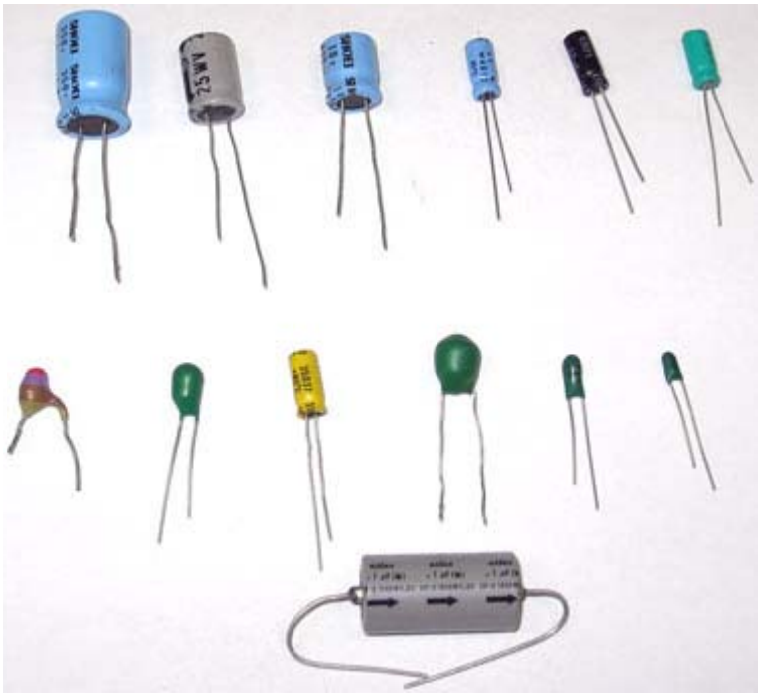
خازن های سرامیکی:

این نوع خازن ها معمولا دارای روکش سرامیکی می باشند و در ولتاژهای بالا کار می کنند و همچنین در مدارهای با فرکانس زیاد از این نوع خازن ها استفاده می نمایند. ظرفیت این خازن ها معمولا بین ۱۰۰pF تا ۰.۱μF می باشند. شکل زیر نمونه هایی از خازن های بدون قطبیت را نشان می دهد.



۲. دارای قطبیت(الکترولیتی) :

در میان خازن ها بیشترین ظرفیت را خازن های الکترولیتی دارند. ظرفیت زیاد این خازن ها، ناشی از به کار بردن یک لایه دی الکتریک نازک به ضخامت تقریبی یک نانومتر است. چنین لایه ای عملا به وسیله اکسیداسیون آندی یک فلز مناسب تهیه شده و میان صفحات خازن قرار می گیرد و به خاطر همین ضخامت کم لایه دی الکتریک و نزدیک شدن صفحات خازن به یکدیگر، دارای ولتاژ کار کمی می باشد. خازن های الکترولیتی اکثرا قطبی بوده و دارای کاتد و آند هستند بنابراین هنگام استفاده از آن، پایه های خازن اشتباه وصل نشود. در غیر این صورت واکنش های الکتروشیمیایی درون خازن اتفاق می افتد که باعث معیوب شدن می گردد. شکل زیر نمونه هایی از خازن دی الکتریک را نشان می دهد.



خازن های الکترولیتی با توجه به مواد دی الکتریک در انواع مختلف ساخته می شوند که هر کدام با توجه به مواد به کار برده شده در آنها دارای مشخصات خاصی هستند.

خازن های متغیر:

با تغیر سه عامل می توان ظرفیت خازن را تغییر داد:

۱. فاصله صفحات
۲. سطح مقطع صفحات
۳. نوع دی الکتریک

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. به عنوان مثال در سنسور های حساس به گاز شیمیایی و یا دود حاصل از آتش سوزی که باعث تغیر ظرفیت خازن شده و فرمان به صدا در آمدن آژیر خطر و یا فرمان عملیاتی را به سیستم ها می دهند.

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 ۴۷۳ نوشته شده باشد ظرفیت آن برابر است با C=۴۷۰۰۰pF یعنی ظرفیت این خازن۰.۰۴۷μF است.

و چنانچه بر روی بعضی از خازن ها نوار های 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) .

فصل سوم

بررسی مقاومت ها

آزمایش شماره۱: به دست آوردن مقاومت از روی نوارهای رنگی

آزمایش شماره ۲: قانون اهم

آزمایش شماره ۳: تحقیق رابطه $R = \rho l/A$

آزمایش شماره ۴: به هم بستن مقاومت ها به صورت متوالی

آزمایش شماره ۵:به هم بستن مقاومتها به صورت موازی

آزمایش شماره ۶: به هم بستن مقاومت ها به صورت مختلط

آزمایش شماره ۷: پل وتسون

آزمایش شماره ۸: پل تار

آزمایش شماره۱

به دست آوردن مقاومت از روی نوارهای رنگی

راهنمایی نظری

مهمترین مشخصه یک مقاومت، تعیین مقدار اهم آن است که یا عدد اهم مقاومت را روی مقاومت نوشته اند، مانند مقاومت سیمی و آجری که دو نمونه از آن ها در شکل زیر آورده شده است.

$=470 \pm 47\Omega$

$=680\ \Omega \pm (0.05 \times 680\Omega)$

و یا به صورت نوارهای رنگی مشخص شده اند. در صورتی که مقاومت، چهار نوار رنگی داشته باشد به هر رنگ یک عدد نسبت می دهیم، مقاومت رنگی از رابطه زیر محاسبه می شود.

رابطه مقاومت های چهار رنگ $R = AB \times ۱۰^{C} \pm (D \times (AB \times ۱۰^{C}))$

که در این رابطه D تلورانس است.

مثال: اگر A=۲ ، B=۳ ، C=۴ و D=۱۰٪ آنگاه مقاومت عبارت است از:

$$R = ۲۳ \times ۱۰^{۴} \pm (۰/۱ \times (۲۳۰۰۰۰)) = ۲۳۰۰۰۰ \pm ۲۳۰۰۰$$

رنگ	اعداد صحیح		ضریب نوار سوم	تلورانس نوار چهارم
	نوار اول	نوار دوم		
سیاه	-	۰	۱	-
قهوه ای	۱	۱	۱۰	۱%
قرمز	۲	۲	۱۰۰	۲%
نارنجی	۳	۳	۱۰۰۰	-
زرد	٤	٤	۱۰۰۰۰	-
سبز	٥	٥	۱۰۰۰۰۰	-
آبی	٦	٦	۱۰۰۰۰۰۰	-
بنفش	۷	۷	-	-
خاکستری	۸	۸	-	-
سفید	۹	۹	-	-
طلایی	-	-	x ۰.۱	٥%
نقره ای	-	-	x ۰.۰۱	۱۰%
بی رنگ	-	-	-	۲۰%

جدول(۱):استاندارد کد نوارهاي رنگي مقاومت

وسایل مورد نیاز: تعدادی مقاومت با نوارهای رنگی - مولتی متر

روش آزمایش:

تعداد ۱۰ مقاومت مختلف با نوارهای رنگی از مسئول آزمایشگاه تحویل بگیرید و مقاومت و تلورانس هر یک از آنها را به دست آورید. سپس مقدار مقاومت ها را با استفاده از مولتی متر به دست آورید و نتایج را در جدول زیر گزارش کنید .

شماره آزمایش	R با استفاده از رنگها	تلورانس	حدود R	R با استفاده از مولتی متر
۱				
۲				
۳				
۴				
۵				
۶				
۷				
۸				
۹				
۱۰				

آزمایش شماره ۲

قانون اهم

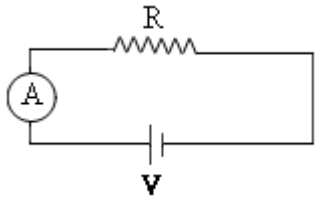
راهنمای نظری

بر طبق قانون اهم می دانیم که رابطه بین اختلاف پتانسیل بین دو سر یک مقاوت و جریانی که از آن می گذرد عبارت است از V=IR که در آنV اختلاف پتانسیل بر حسب ولت، I شدت جریان بر حسب آمپر و R مقاومت بر حسب اهم است. هدف این آزمایش بررسی قانون اهم و به دست آوردن یک مقاومت مجهول با استفاده از این قانون می باشد.

وسایل مورد نیاز: مقاومت، مولتی متر و منبع تغذیه

نحوه انجام آزمایش:

مداری متوالی مطابق شکل ببندید.



ولتاژ منبع تغذیه را در ۱۰ گام از ۳ تا ۱۲ ولت تغییر و در هر مرحله جریان گذرنده از مدار را یادداشت کنید. سپس با استفاده از فرمول $R = \frac{V}{I}$ مقاومت را در هر مرحله به دست آورده و خطا را با استفاده از فرمول زیر محاسبه کنید.

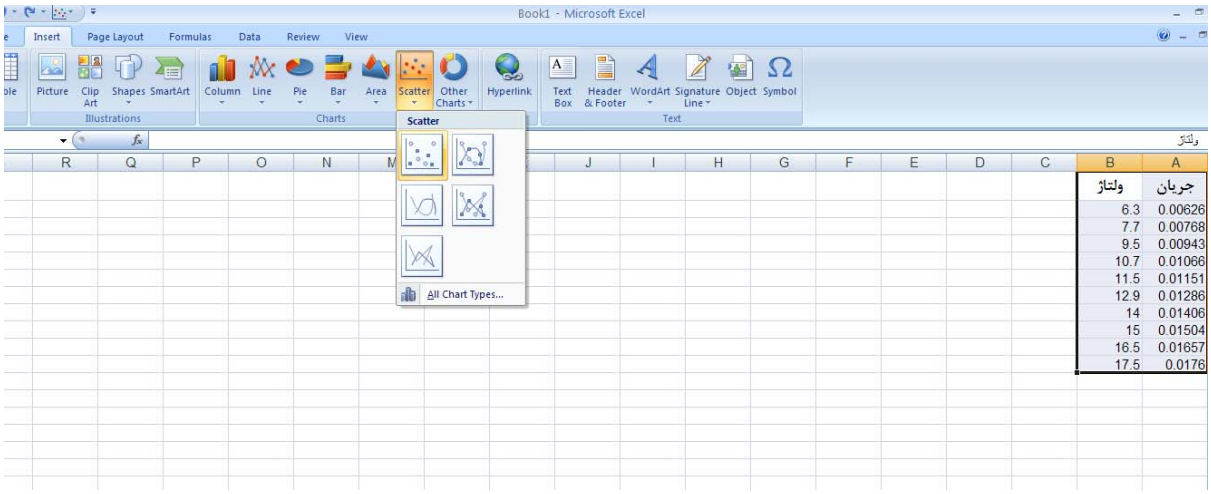
$$\Delta R = \frac{V\Delta I + I\Delta V}{I^2} \quad => \quad \frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta I}{I}$$

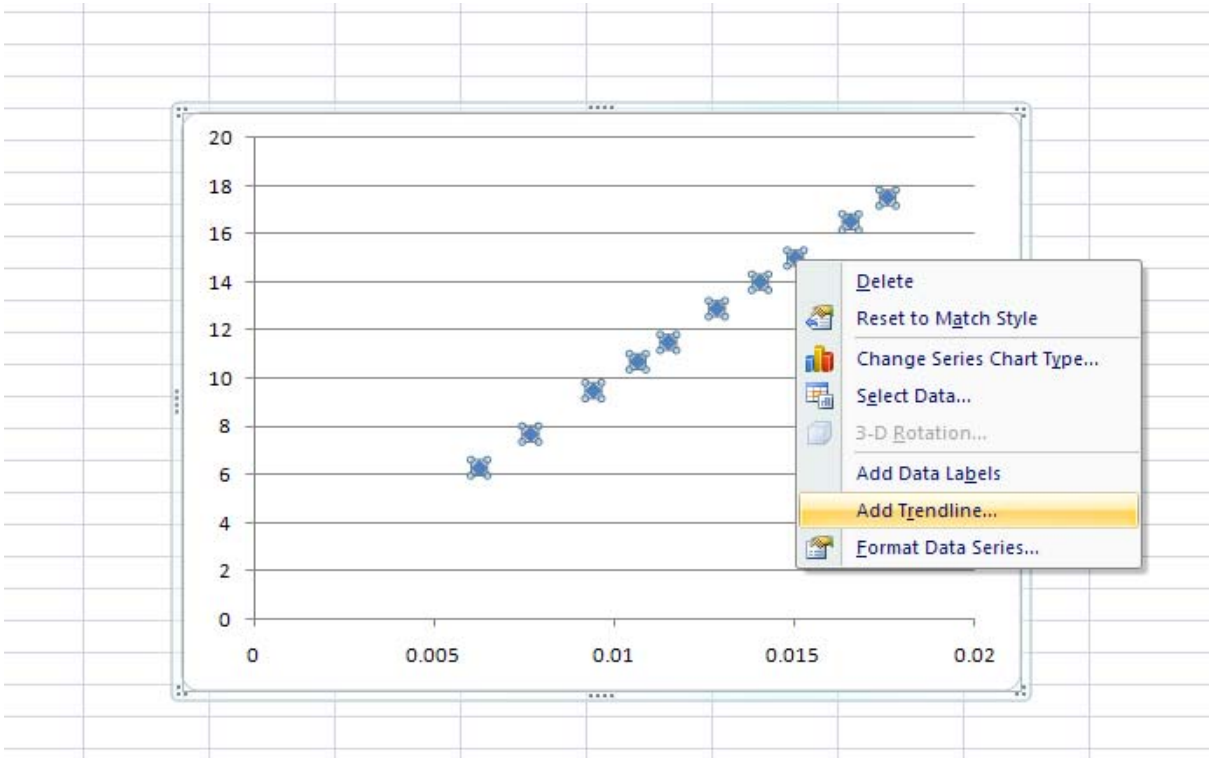
در این رابطه با فرض اینکه دقت مولتی متر ۰/۰۱mA و دقت ولت متر ۰/۰۱V باشد $\Delta I = ۱۰^{-۵}A$ و$\Delta V = ۱۰^{-۲}V$ است . حال جدول زیر را کامل کنید.

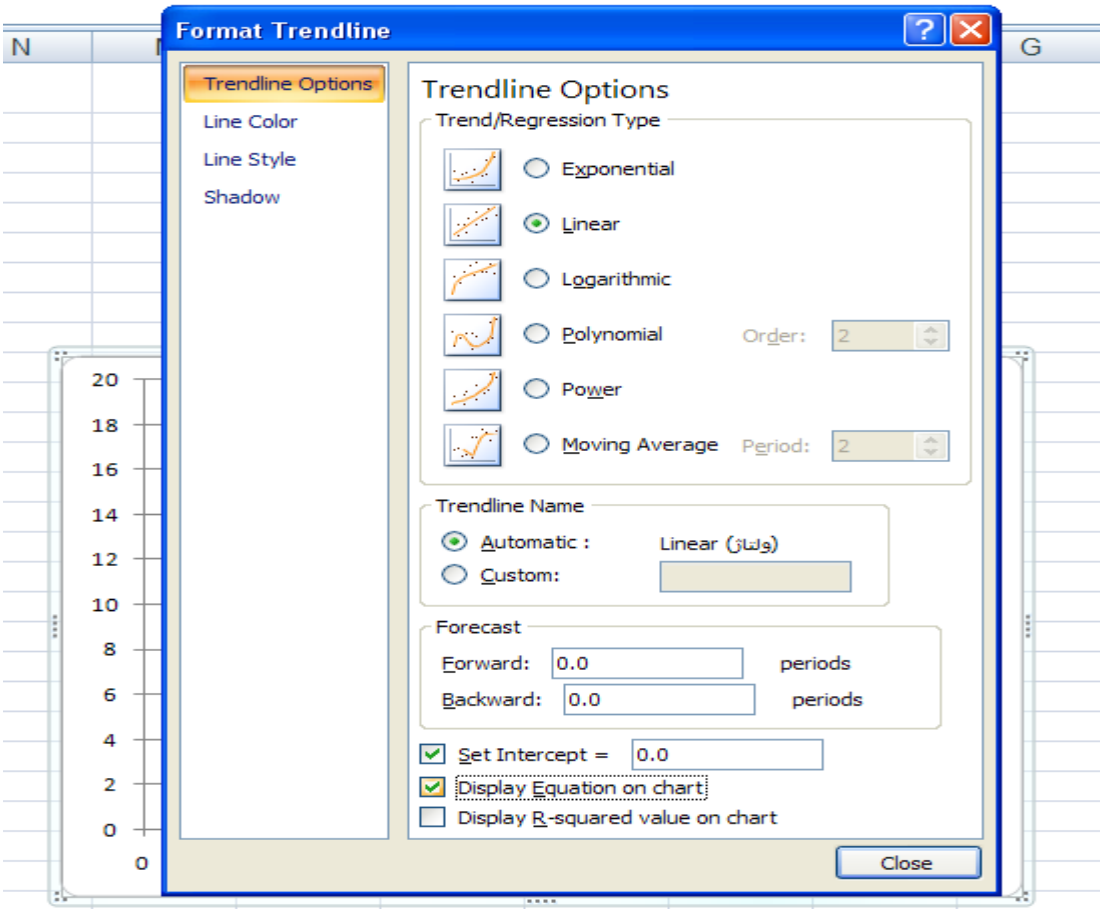
نکته: همیشه بعد از تغییر ولتاژ آمپرمتر را روشن کنید تا به آن آسیبی نرسد.

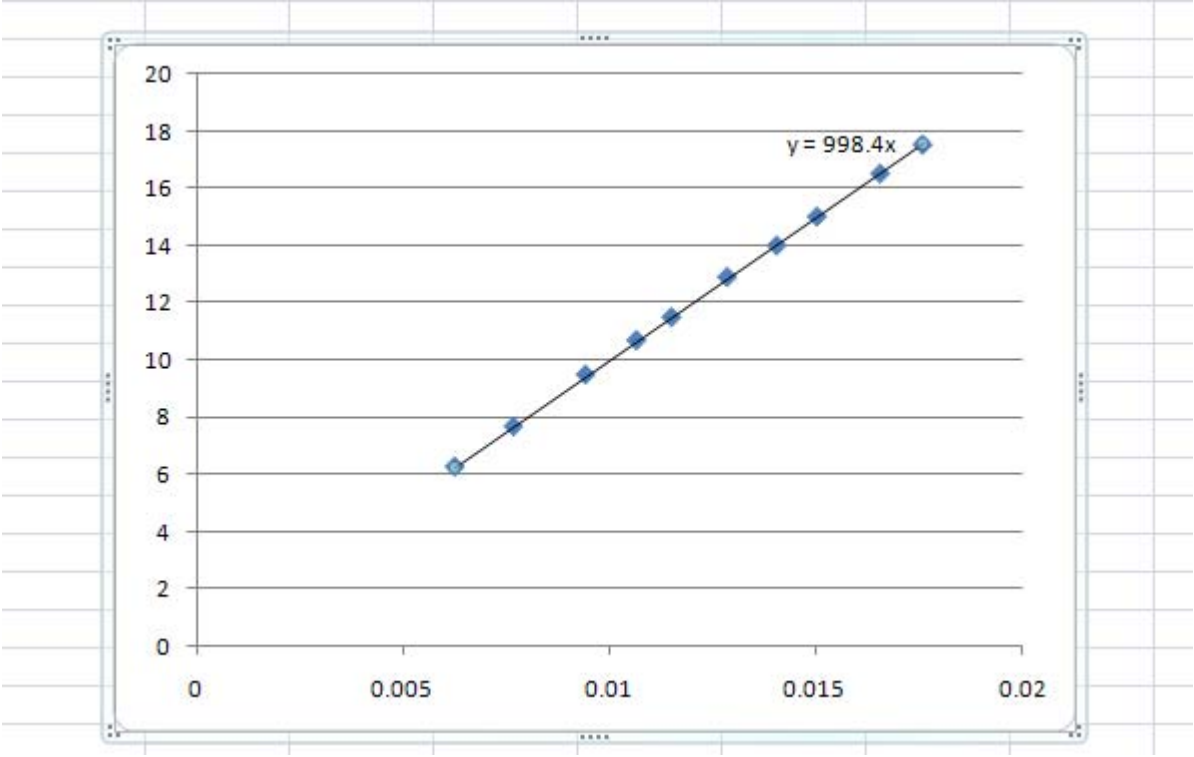
شماره آزمایش	ولتاژ منبع تغذیه V	جریان I	مقاومت $R = \frac{\text{ولتاژ } V}{\text{جریان } I}$	ΔR	$\frac{\Delta R}{R}$
۱	۳				
۲	۴				
۳	۵				
۴	۶				
۵	۷				
۶	۸				
۷	۹				
۸	۱۰				
۹	۱۱				
۱۰	۱۲				

سپس با استفاده از نرم افزار excel نمودار V-I را رسم کنید. این نرم افزار قادر است خطی را که بهترین تطابق را با اطلاعات ما دارد پیدا کند. واضح است که طبق فرمول V=IR شیب این خط مقاومت را به ما می دهد. مراحل کار با این نرم افزار در زیر آمده است.




20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
0
0.005
0.01
0.015
0.02
Delete
Reset to Match Style
Change Series Chart Type...
Select Data...
3-D Rotation...
Add Data Labels
Add Trendline...
Format Data Series...


Format Trendline
Trendline Options
Line Color
Line Style
Shadow
Trendline Options
Trend/Regression Type
Exponential
Linear
Logarithmic
Polynomial
Order:
2
Power
Moving Average
Period:
2
Trendline Name
Automatic :
Linear (ولتاژ)
Custom:
Forecast
Forward:
0.0
periods
Backward:
0.0
periods
Set Intercept =
0.0
Display Equation on chart
Display R-squared value on chart
Close
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
0



در این شکل ضریب x برابر با R است.

آزمایش شماره ۳

تحقیق رابطه $R = \rho \frac{l}{A}$

راهنمایی نظری:

مقاومت الکتریکی یک میله مستقیم به طول l و سطح مقطع A عبارت است از:

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

که در آن ρ مقاومت ویژه میله است و به جنس آن بستگی دارد . ضمنا مقدار آن تابع دمای جسم است.

جدول زیر مقاومت ویژه تعدادی مواد را به عنوان نمونه ذکر کرده است:

ماده	مقاومت ویژه ρ(Ω.m)
نقره	1.62×10^{-8}
مس	1.69×10^{-8}
آلومینیوم	2.75×10^{-8}
تنگستن	5.25×10^{-8}
آهن	9.68×10^{-8}
پلاتین	10.6×10^{-8}
منگانین	48.2×10^{-8}
سیلسیوم خالص	$2.5 \times 10^{+3}$
سیلسیوم نوع n	8.7×10^{-4}
سیلسیوم نوع p	2.8×10^{-3}
شیشه	$10^{10} - 10^{14}$
کوارتز مذاب	$\sim 10^{16}$

هدف ما در این آزمایش بررسی وابستگی مقاومت الکتریکی یک سیم به طول، سطح مقطع و جنس آن است.

وسایل مورد نیاز: سیم نیکل کروم با ضخامتهای مختلف ، سیم منگانین و مولتی متر

مرحله اول:

یک سیم نیکل کروم به قطرd=۰/۵mm را در نظر بگیرید و با استفاده از مولتی متر مقاومت ۲۵ ، ۵۰ ، ۷۵ و ۱۰۰ سانتیمتر از این سیم را به دست آورده وسپس با استفاده از فرمول $R = \rho \frac{l}{A}$ و با توجه به این که

ρ برای نیکل کروم $۱۰۰ \times ۱۰^{-۸}\ \Omega m$ است مقاومت هر یک از طولها را محاسبه نموده و خطای مطلق را به دست آورید.

$$R = \rho\frac{l}{A} \quad => \Delta R = \rho\left[\frac{l\Delta A + A\Delta l}{A^{۲}}\right]$$

$$\Delta A = \Delta(\pi r^{۲}) = \pi\Delta(r^{۲}) = \pi(۲r)\Delta r = \pi d\Delta r$$

بنابراین:

$$\Delta R = \rho\left[\frac{l\pi d\Delta r + A\Delta l}{A^{۲}}\right]$$

در روابط بالا R بر حسب اهم، ρ بر حسب Ωm ، l وd بر حسب متر و A بر حسب متر مربع است.

$\Delta l = ۱۰^{-۳} m$ و $\Delta r = ۱۰^{-۵} m$ است.

حال جدول زیر را کامل کنید:

نوع سیم	d(mm)	l(m)	$A(m^{۲})$	R(Ω) با مولتی متر	$R = \rho\frac{l}{A}$	ΔR	حدود R
نیکل کروم	۰/۵۰	۰/۲۵۰					
نیکل کروم	۰/۵۰	۰/۵۰۰					
نیکل کروم	۰/۵۰	۰/۷۵۰					
نیکل کروم	۰/۵۰	۱/۰۰۰					

حال نمودار R بر حسب l را رسم کنید و سپس با استفاده از نرم افزار excel (همانگونه که در آزمایش ۲ شرح داده شد) $\frac{\rho}{A}$ و از روی آن ρ را به دست آورید.

مرحله دوم:

سیم نیکل کروم با ضخامتهای مختلف و طول مساوی را در نظر بگیرید. مثلا قطرها را ۰/۲۵ ، ۰/۳۵ ، ۰/۴۵ و ۰/۵۰ میلیمتر و طول سیم را ۰/۵ متر در نظر بگیرد. مقاومت سیمها را یک بار با مولتی متر و یک بار با استفاده از فرمول $R = \rho \frac{l}{A}$ بدست آورده و پس از محاسبه خطاها جدول زیر را کامل کنید:

نوع سیم	d(mm)	l(m)	$A(m^2)$	R(Ω) با مولتی متر		ΔR	حدود R
نیکل کروم	۰/۲۵	۰/۵۰۰					
نیکل کروم	۰/۳۵	۰/۵۰۰					
نیکل کروم	۰/۴۵	۰/۵۰۰					
نیکل کروم	۰/۵۰	۰/۵۰۰					

مرحله سوم:

دو سیم با جنس های نیکل کروم و منگانین با طول و ضخامت مساوی را در نظر بگیرید . مقاومت سیمها را یک بار با مولتی متر و یک بار با استفاده از فرمول بدست آورده و پس از محاسبه خطاها جدول زیر را کامل کنید:

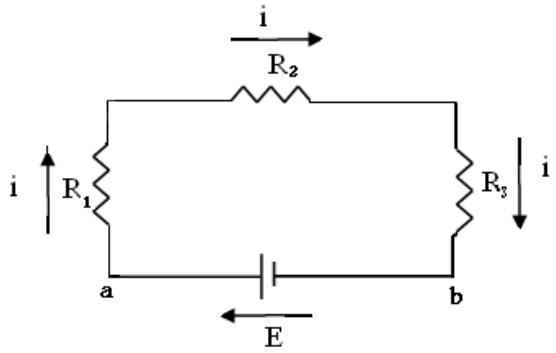
نوع سیم	d(mm)	l(m)	$A(m^2)$	R(Ω) با مولتی متر	$R = \rho \frac{l}{A}$	ΔR	حدود R
نیکل کروم	۰/۵۰	۰/۵۰۰					
منگانین	۰/۵۰	۰/۵۰۰					

آزمایش شماره ۴

به هم بستن مقاومتها به صورت متوالی

راهنمایی نظری:

در به هم بستن متوالی مقاومتها طوری به هم متصل می شوند که در آنها مانند شکل زیر جریان فقط در یک مسیر هدایت می شود. مقاومت معادل یا هم ارز این ترکیب متوالی مقاومتی است که اگر به جای ترکیب متوالی میان سرهای a و b قرار گیرد تغییری در جریان i به وجود نیاید.



با استفاده از قضیه حلقه (و حرکت در جهت ساعتگرد از نقطه a) داریم:

$$V_a - iR_1 - iR_2 - iR_3 + E = V_a \quad \Rightarrow \quad i = \frac{E}{R_1+R_2+R_3}$$

اگر R_{eq} مقاومت هم ارز باشد داریم:

$$i = \frac{E}{R_{eq}} \quad \Rightarrow \quad R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$$

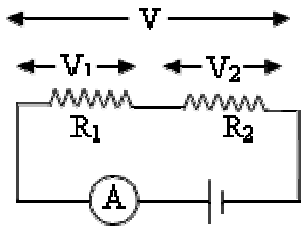
$$V_1 = iR_1 \qquad V_2 = iR_2 \qquad V_3 = iR_3 \qquad \Rightarrow \qquad E = V_1 + V_2 + V_3$$

یعنی اختلاف پتانسیل بین مقاومتها تقسیم می شود.

وسایل مورد نیاز: ۲ عدد مقاومت، مولتی متر و منبع تغذیه

روش انجام آزمایش:

دو مقاومت انتخاب و مدار زیر را ببندید. جریان گذرنده از مدار و اختلاف پتانسیل دو سر $R_۱$ و $R_۲$ را با مولتی متر به دست آورید. این آزمایش را سه با ر با سه جفت مقاومت مختلف انجام داده و نتایج را در جدول زیر گزارش کنید. ولتاژ منبع را ۴ ، ۵ و ۶ ولت انتخاب کنید.



شماره	V	i	$V_۱$	$V_۲$	$R_۱$ مولتی متر	$R_۲$ مولتی متر	$R_{real} = \frac{V}{i}$	$R_{eq} = R_۱ + R_۲$	V معادل $V_۱ + V_۲$	خطا برای V	خطا برای R
۱	۴										
۲	۵										
۳	۶										

در این آزمایش مقدار حقیقی V را مقدار اولیه و مقدار حقیقی برای R_{eq} را R_{real} می گیریم بنابر این داریم:

$$\text{درصد خطای نسبی برای } V = \frac{|V-(V_۱+V_۲)|}{V} \times ۱۰۰$$

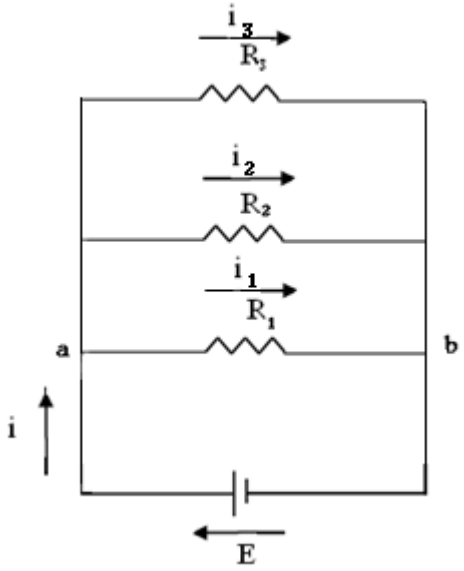
$$\text{درصد خطای نسبی برای } R_{eq} = \frac{|R_{eq} - R_{real}|}{R_{real}} \times ۱۰۰$$

آزمایش شماره ۵

به هم بستن مقاومتها به صورت موازی

راهنمایی نظری:

شکل مقابل سه مقاومت را نشان می دهد که به دو سر یک منبع نیرو محرکه بسته شده اند. مقاومت هایی که به دو سر آنها اختلاف پتانسیل یکسان اعمال شود موازی خوانده می شوند. مقاومت هم ارز این ترکیب تک مقاومتی است که اگر به جای ترکیب موازی میان سرهای a وb بسته شود جریان i تغییری نکند.



جریان سه شاخه عبارتند از :

$$i_1 = \frac{V}{R_1} \qquad i_2 = \frac{V}{R_2} \qquad i_3 = \frac{V}{R_3}$$

که در آنها V اختلاف پتانسیل میان نقاط a و b است. جریان کل i از به کار بستن قضیه گره در مورد نقطه a به دست می آید:

$$i = i_1 + i_2 + i_3 = V(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3})$$

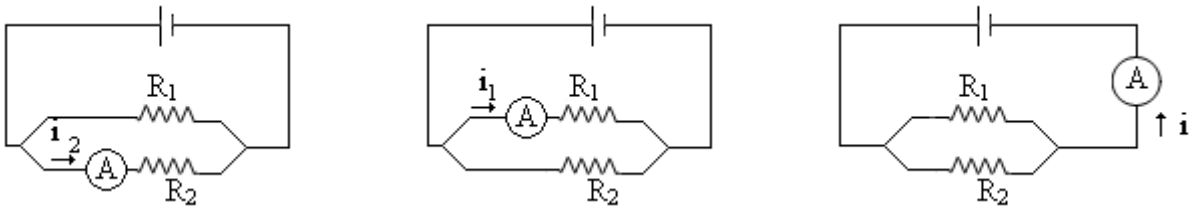
اگر به جای ترکیب موازی مقاومتها از مقاومت هم ارز R_{eq} استفاده کنیم داریم:

$$i = \frac{V}{R_{eq}} \quad => \quad \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

وسایل مورد نیاز: دو عدد مقاومت- منبع تغذیه - مولتی متر

روش انجام آزمایش:

دو مقاومت انتخاب و مدار زیر را ببندید. جریان گذرنده از مدار i ، اختلاف پتانسیل دو سر R_1 وR_2 یعنی V_1 و V_2 و جریان گذرنده از R_1 وR_2 یعنی i_1 و i_2 را با استفاده از مولتی متر به دست بیاورید.



این آزمایش را سه بار با سه جفت مقاومت متفاوت و اختلاف پتانسیل های ۴ و۵ و۶ ولت تکرار کنید و سپس نتایج را در جدول زیر گزارش کنید.

شماره	V	i	V_1	V_2	i_1	i_2	R_1 مولتی متر	R_2 مولتی متر	$R_{real} = \frac{V}{i}$	$R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$	خطا برای R
۱	۴										
۲	۵										
۳	۶										

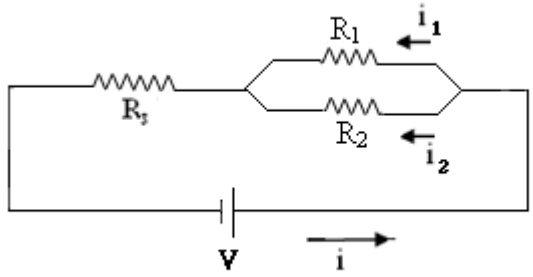
درصد خطای نسبی برای $R_{eq} = \frac{|R_{eq} - R_{real}|}{R_{real}} \times ۱۰۰$

آزمایش شماره ۶

به هم بستن مقاومتها به صورت مختلط(موازی–متوالی)

راهنمایی نظری:

در این آزمایش سه مقاومت به شکل زیر به هم متصل شده اند. R_1 و R_2 به صورت موازی و مجموع آنها به صورت متوالی با R_3 .



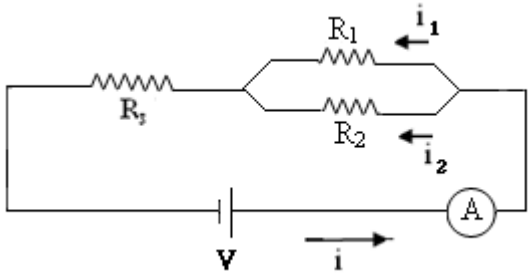
مقاومت هم ارز این ترکیب عبارت است از :

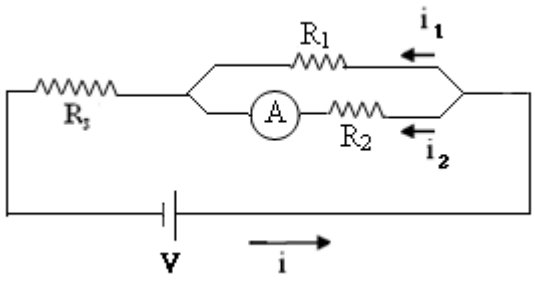
$$R_{eq} = R_3 + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{R_1 R_3 + R_2 R_3 + R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

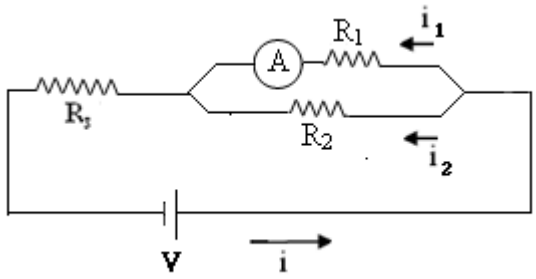
وسایل مورد نیاز: سه عدد مقاومت- منبع تغذیه - مولتی متر

روش انجام آزمایش:

سه مقاومت انتخاب و مدار زیر را ببندید. کمیت هایی که باید با مولتی متر اندازه گیری شوند عبارتند از: i جریان گذرنده از مدار، i_1 جریان گذرنده از R_1 ، i_2 جریان گذرنده از R_2 ، V_{12} اختلاف پتانسیل دو سر R_1 و R_2 و همچنین V_3 اختلاف پتانسیل دو سر R_3 .







واضح است که جریان گذرنده از R_3 همان جریان مدار است، چون به صورت متوالی در مدار قرار دارد. این آزمایش را دو بار با سه مقاومت متفاوت انجام دهید. ولتاژ منبع را ۵ و۶ ولت انتخاب کنید و نتایج را در جدول زیر گزارش کنید:

شماره	V	i	i_1	i_2	V_{12}	V_3	R_1	R_2	R_3	$R_{real}=\frac{V}{i}$	R_{eq}	خطا برای R
۱	۵											
۲	۶											

در این آزمایش R_{real} را به عنوان مقدار حقیقی گرفته و خطای مربوط به R_{eq} عبارت است از :

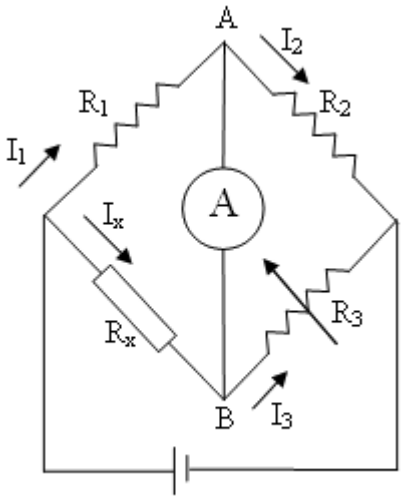
$$\text{درصد خطای نسبی} = \frac{\left|R_{eq}-R_{real}\right|}{R_{real}} \times ۱۰۰$$

آزمایش شماره ۷

پل وتسون

راهنمایی نظری:

پل وتسون مداری است مطابق شکل که برای اندازه گیری سریع و دقیق مقاومت مجهول استفاده می شود . البته به جای مقاومت مجهول می توان هر وسیله الکتریکی دیگری را قرار داد و مقاومت آن را به دست آورد.



هنگامی که این مدار بسته می شود آمپرمتر عبور جریانی را نشان می دهد. اگر $R_۳$ را به گونه ای تغییر دهیم که آمپرمترعبور هیچ جریانی را نشان ندهد آنگاه پتانسیل نقاط A وB یکسان می شود. در این حالت داریم $I_۱=I_۲$ و $I_x=I_۳$. با به کار بردن قضیه حلقه برای حلقه راست و چپ داریم:

$$V_A - I_۲R_۲ + I_۳R_۳ = V_B = V_A \quad => I_۲R_۲ = I_۳R_۳ \qquad (I)$$

$$V_A + I_۱R_۱ - I_xR_x = V_B = V_A \quad => I_۱R_۱ = I_xR_x \quad => I_۲R_۱ = I_۳R_x \qquad (II)$$

$$\frac{(I)}{(II)} \quad \rightarrow \quad \frac{R_۲}{R_۱} = \frac{R_۳}{R_X} \quad => \qquad R_x = \frac{R_۱R_۳}{R_۲}$$

وسایل مورد نیاز:۱ مقاومت مجهول- دو مقاومت معلوم – جعبه مقاومت- مولتی متر- منبع تغذیه

نحوه انجام آزمایش:

یک مقاومت مجهول از مسئول آزمایشگاه تحویل بگیرید و مدار پل وتسون را ببندید. ولتاژ منبع را ۳ ولت در نظر بگیرید. مقاومت متغیر را آنقدر تغییر دهید تا آمپرمتر عبور جریانی را نشان ندهد . آنگاه طبق فرمول مقاومت مجهول را به دست آورید . مقاومت مجهول را با مولتی متر اندازه بگیرید و با فرض این که این مقدار حقیقی است خطا را به دست آورید. این آزمایش را برای سه مقاومت مجهول تکرار کرده و نتایج را در جدول زیر گزارش کنید.

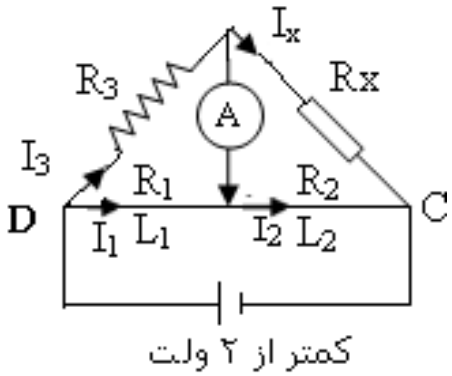
شماره آزمایش	$R_۱$	$R_۲$	$R_۳$	R_x	R_x با مولتی متر	درصد خطای نسبی
۱						
۲						
۳						

آزمایش شماره ۸

پل تار

راهنمایی نظری:

پل تار طرح ساده شده پل وتسون است که در شکل زیر نشان داده شده است. پل تار از یک رشته سیم یکنواخت تشکیل شده که طول آن معمولا ۱ متر است و زیر آن خط کشی قرار می دهند. اگر بخواهیم مقدار مقاومت مجهول R_x را تعیین کنیم، یک مقاومت معلوم R_3 را همراه با منبع ولتاژی با نیرو محرکه کمتر از ۲ ولت و یک دسته لغزنده مطابق شکل سر هم می کنیم.



سر لغزنده را آنقدر حرکت می دهیم تا آمپرمتر عبور هیچ جریانی را نشان ندهد در آن صورت با به کار بردن قضیه حلقه برای حلقه چپ و راست داریم:

$$V_D - I_3R_3 + I_1R_1 = V_D \quad => \quad I_1R_1 = I_3R_3 \qquad (I)$$

$$V_C + I_2R_2 - I_xR_x = V_C \quad => \quad I_2R_2 = I_xR_x \qquad (II)$$

هنگامی که آمپرمتر هیچ جریانی را نشان ندهد $I_3=R_x$ و $I_1=I_2$ بنابراین :

$$\frac{(I)}{(II)} \rightarrow \frac{I_1R_1}{I_2R_2} = \frac{I_3R_3}{I_xR_x} => \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_x} => \frac{\rho\frac{L_1}{A}}{\rho\frac{L_2}{A}} = \frac{R_3}{R_x}$$

$$R_x = \frac{L_2}{L_1}R_3$$

وسایل مورد نیاز:۱ مقاومت مجهول- ۱ مقاومت معلوم - مولتی متر- منبع تغذیه- یک سیم به طول ۱ متر.

روش انجام آزمایش:

یک مقاومت مجهول از مسئول آزمایشگاه تحویل بگیرید و مدار بالا را ببندید و از روی آن و با استفاده از فرمولهای بدست آمده مقدار مقاومت مجهول را به دست آورید. سپس با استفاده از مولتی متر مقدار آن را اندازه بگیرید و با فرض اینکه این مقدار، مقدار واقعی است خطا را حساب کنید. این آزمایش را برای سه مقاومت مجهول تکرار کرده و نتایج را در جدول زیر گزارش کنید.

شماره آزمایش	$l_۱$	$l_۲$	$R_۳$	R_x	R_x با مولتی متر	درصد خطای نسبی
۱						
۲						
۳						

فصل چهارم

بررسی عملکرد خازن ها و ترانسفورماتور

آزمایش شماره ۹: بررسی چگونگی شارژ شدن خازن

آزمایش شماره ۱۰: بررسی چگونگی خالی شدن خازن

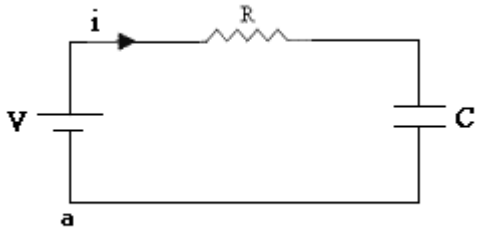
آزمایش شماره ۱۱: مبدل ولتاژ(ترانسفورماتور)

آزمایش شماره ۹

بررسی چگونگی شارژ شدن خازن

راهنمایی نظری:

یک مدار RC ساده را در نظر بگیرید. هدف ما بررسی چگونه باردار شدن خازن با گذشت زمان می باشد. با پیمودن حلقه در جهت ساعتگرد با شروع از نقطه a داریم:



$$V_a + V - iR - V_C = V_a \quad => \quad V - iR - V_C = ۰ \quad => V - iR - \frac{q}{C} = ۰$$

$$i = \frac{dq}{dt} \quad => \quad V = R\frac{dq}{dt} + \frac{q}{C}$$

اکنون باید q(t) که در این معادله صدق می کند پیدا کنیم. جواب عبارت است از:

$$q = CV(۱ - e^{-t/RC})$$

$$V_C = \frac{q}{C} \quad => \quad V_C = V(۱ - e^{-t/RC})$$

کمیت RC در این معادله بعد زمان دارد و ثابت زمانی خازن τ_c نامیده می شود و برابر مدتی است که طی آن V_C به ۰/۶۳ مقدار V می رسد.

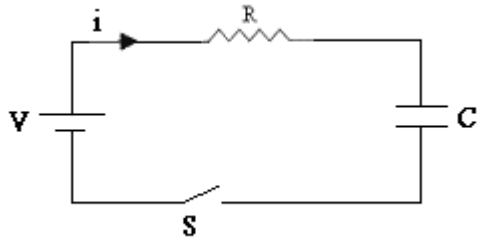
وسایل مورد نیاز: مقاومت- خازن – مولتی متر- منبع تغذیه

روش انجام آزمایش:

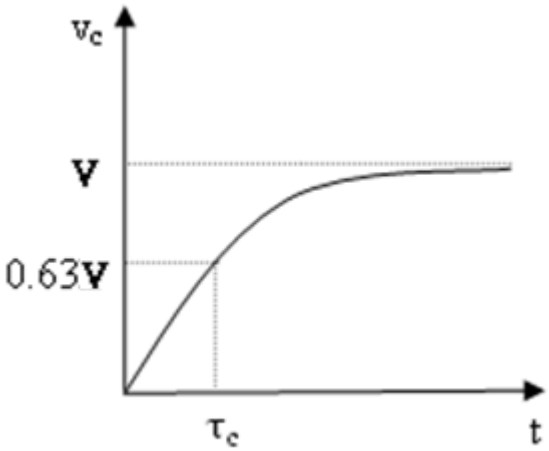
چنانچه یک خازن بدون بار و یک مقاومت به صورت متوالی به یک منبع تغذیه متصل شود خازن شروع به باردار شدن می کند و به دنبال آن اختلاف پتانسیل دو سر خازن نیز شروع به افزایش می کند. همانطور که در بالا اثبات شد فرمول افزایش اختلاف پتانسیل دو سر خازن عبارت است از :

$$V_c = V(1 - e^{-t/RC})$$

حال مداری مطابق شکل زیر ببندید:



ولتاژ منبع تغذیه را روی ۷ ولت ، مقاومت R را در حدود ۳۳۰-۲۲۰ کیلو اهم و ظرفیت خازن را هم حدود ۲۰۰-۱۰۰ میکرو فاراد در نظر بگیرید. با یک سیم دو سر خازن را به هم وصل کنید(اتصال کوتاه) تا بار آن خالی شود. ولت متر را روی رنج ۲۰ ولت تنظیم و به دو سر خازن متصل کنید. همزمان با بستن کلید S کرنومتر را روشن و مقدار ولتاژ V_C را تا ۴۰ ثانیه در بازه های ۱۰ ثانیه و پس از آن در بازه های ۲۰ ثانیه یادداشت کنید. عملیات وقتی متوقف می شود که V_C دیگر تغییر محسوسی نکند. حال نتیجه را در جدول زیر گزارش کنید. نمودار V_C بر حسب زمان می بایست رسم شود. اگر آزمایش به درستی انجام شده باشد نموداری به شکل زیر به دست می آید.



		V=۷			R= …. Ω				
زمان t	۰	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۶۰	۸۰	۱۰۰	…
V_c									…
τ_c از روی نمودار									
$\tau_c = RC$									
درصد خطای نسبی									

$$\text{درصد خطای نسبی} = \frac{|\tau_c - RC|}{RC} \times ۱۰۰$$

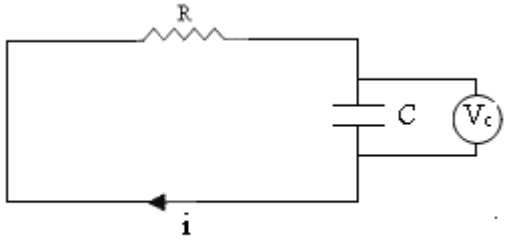
در این رابطه τ_c از روی نمودار به دست می آید.

آزمایش شماره ۱۰

بررسی چگونگی خالی شدن خازن

راهنمایی نظری:

هنگامی که خازنی باردار در اختیار داشته باشیم و آن را به یک مقاومت R متصل کنیم برای مدتی جریان در مدار برقرار می شود تا خازن خالی شود. اگر اختلاف پتانسیل دو سر خازن V_C باشد داریم:



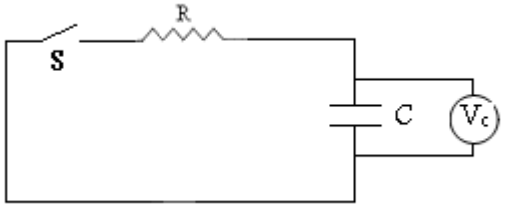
$$V_C = \mathrm{V}.\mathrm{e}^{-\mathrm{t}/\mathrm{RC}}$$

که در آن .V اختلاف پتانسیل اولیه دو سر خازن است.

وسایل مورد نیاز: خازن- مقاومت- منبع تغذیه

روش انجام آزمایش:

ابتدا خازن مورد نظر را که ظرفیت آن حدود ۲۰۰-۱۰۰ میکروفاراد است چند ثانیه مستقیما به منبع تغذیه با ولتاژ ۱۰ ولت وصل کرده تا کاملا باردار شود. هم اکنون اختلاف پتانسیل دو سر خازن ۱۰ ولت است. خازن را با مقاومتی حدود ۱۰۰ کیلو اهم در مداری مطابق شکل زیر قرار دهید.



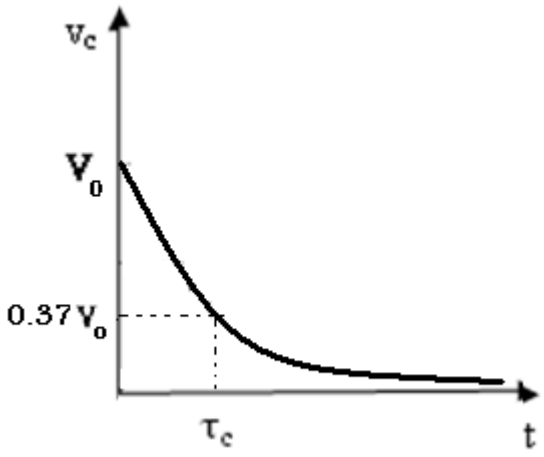
هم زمان با بستن کلید S کرنومتر را روشن کرده و اختلاف پتانسیل دو سر خازن را در بازه های ۱۰ ثانیه یادداشت کنید. عملیات وقتی متوقف می شود که V_C صفر شود. حال جدول زیر را کامل کرده و سپس نمودار V_C بر حسب t را رسم کنید.

		R= Ω	C= F	V=		
زمان t	۰	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	...
V_c						...
τ_c از روی نمودار						
$\tau_c = RC$						
درصد خطای نسبی						

τ_c زمانی است که V_c به ۰/۳۷ مقدار اولیه خود یعنی ۱۰ ولت می رسد.

$$\text{درصد خطای نسبی} = \frac{|\tau_c - RC|}{RC} \times ۱۰۰$$

در این رابطه τ_c از روی نمودار به دست می آید.

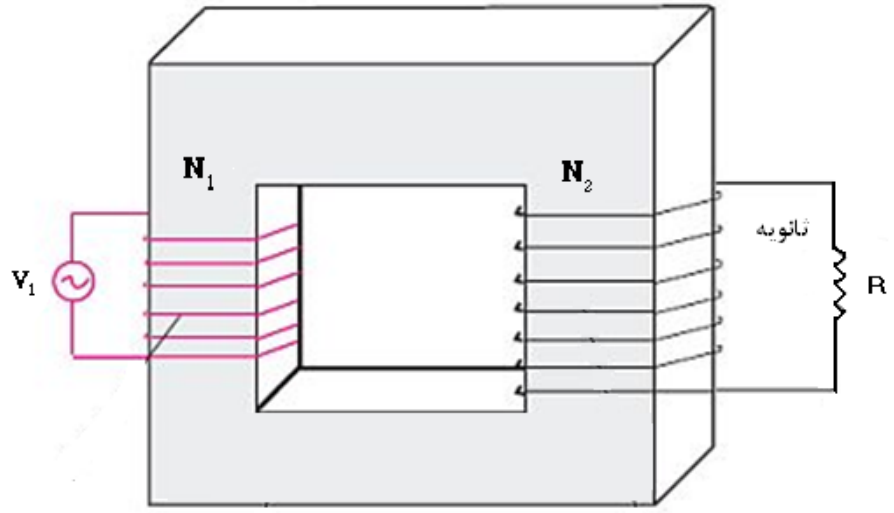


آزمایش شماره ۱۱

مبدل ولتاژ(ترانسفور ماتور)

راهنمایی نظری:

همانگونه که می دانیم با عبور جریان الکتریکی از یک سیم که در هر حال مقاومت دارد مقداری انرژی الکتریکی به انرژی گرمایی تبدیل می شود و یا به بیان دیگر توانی برابر با Ri^2 تلف می شود. بنابراین چنانچه بتوانیم مثلا جریان را نصف کنیم توان اتلافی به یک چهارم کاهش میابد. از طرف دیگر توان اتلافی برابر است با Vi . بنابراین از همین ویژگی استفاده می کنند و برای انتقال انرژی از ژنراتور به محل مصرف ولتاژ را افزایش و به عبارتی جریان را کاهش می دهند. این کار برای جریانهای متناوب با ترانسفورماتور انجام می گیرد.



هسته ترانسفورماتور از ورقه های آهنی نازکی که از یکدیگر عایق شده اند تشکیل شده است و بازده نسبتا خوبی دارد. چنانچه بازده مبدل ۱۰۰ درصد باشد بین ولتاژها و تعداد دور سیم پیچ های اولیه N_1 و ثانویه N_2 رابطه زیر برقرار است.

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1} = n$$

در این رابطه V_1 ولتاژ اعمال شده به سیم پیچ اولیه و V_2 ولتاژ القا شده در ثانویه است.بنابر این می توان دو نوع مبدل ساخت:

$$N_۲ > N_۱ \Rightarrow V_۲ > V_۱ \quad \text{مبدل افزاینده} \rightarrow$$

$$N_۲ < N_۱ \Rightarrow V_۲ < V_۱ \quad \text{مبدل کاهنده} \rightarrow$$

با اتصال مقاومت R به دو سر ثانویه جریان موثر $i_۲$ از آن می گذرد. چنانچه جریان گذرنده از اولیه را $i_۱$ در نظر بگیریم داریم:

$$\frac{i_۱}{i_۲} = \frac{N_۲}{N_۱} = n$$

در حالتی که مبدل ایده آل فرض شود و در نتیجه انرژی تلف نگردد داریم:

$$V_۱ i_۱ = V_۲ i_۲ = R i_۲^۲ \Rightarrow i_۱ = \frac{V_۲ i_۲}{V_۱} = \frac{N_۲}{N_۱} i_۲ = n i_۲ = n \frac{V_۲}{R} = \frac{n}{R} n V_۱ = n^۲ \frac{V_۱}{R}$$

$$V_۲ = \frac{N_۲}{N_۱} V_۱$$

وسایل مورد نیاز: سیم پیچهایی با دورهای ۱۰۰ ،۳۰۰، ۶۰۰ ،۹۰۰ و۱۲۰۰ – منبع تغذیه ولتاژ متناوب

- مولتی متر - جعبه مقاومت

روش انجام آزمایش:

یکی از سیم پیچ ها را به عنوان اولیه و دیگری را به عنوان ثانویه انتخاب کنید و با اتصال منبع تغذیه متناوب به اولیه در ۵ مرحله برای مقادیر متفاوت $V_۱$ ، ولتاژ $V_۲$ را اندازه بگیرید. تغییرات $V_۲$ بر حسب $V_۱$ را رسم کرده و از روی آن $\frac{N_۲}{N_۱}$ را به دست آورید. از آنجایی که $V_۲ = \frac{N_۲}{N_۱} V_۱$ است برای این کار از روش کامپیوتری که در آزمایش شماره ۲ به کار رفته استفاده کنید. طبیعی است که شیب خط حاصل $\frac{N_۲}{N_۱}$ است. این آزمایش را ۳ بار با ۳ جفت سیم پیچ متفاوت انجام داده و نتیجه را در جدول زیر گزارش کنید.

شماره آزمایش	دور سیم پیچ		مرحله ۱		مرحله ۱		مرحله ۱		مرحله ۱		مرحله ۱		$\frac{N_۲}{N_۱}$ از روی نمودار
۱	$N_۱=$	$N_۲=$	$V_۱=$	$V_۲=$	$V_۱=$	$V_۲=$	$V_۱=$	$V_۲=$	$V_۱=$	$V_۲=$	$V_۱=$	$V_۲=$	
۲	$N_۱=$	$N_۲=$	$V_۱=$	$V_۲=$	$V_۱=$	$V_۲=$	$V_۱=$	$V_۲=$	$V_۱=$	$V_۲=$	$V_۱=$	$V_۲=$	
۳	$N_۱=$	$N_۲=$	$V_۱=$	$V_۲=$	$V_۱=$	$V_۲=$	$V_۱=$	$V_۲=$	$V_۱=$	$V_۲=$	$V_۱=$	$V_۲=$	

فصل پنجم

قوانین کیرشهوف

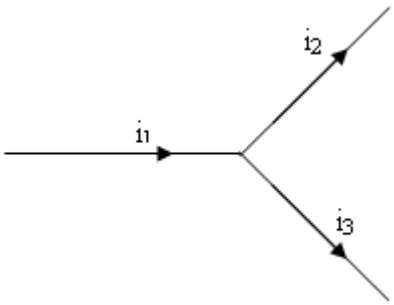
آزمایش شماره ۱۲: بررسی قوانین کیرشهوف در مورد ولتاژ و جریان

آزمایش شماره ۱۲

بررسی قوانین کیرشهوف در مورد ولتاژ و جریان (KCL و KVL)

راهنمایی نظری:

قانون جریان کیرشهوف می گوید که جمع جریانهای وارد شده به یک گره برابر است با جمع جریانهای خارج شده از همان گره یعنی در شکل زیر داریم:



$$i_1 = i_2 + i_3$$

در حالت کلی داریم:

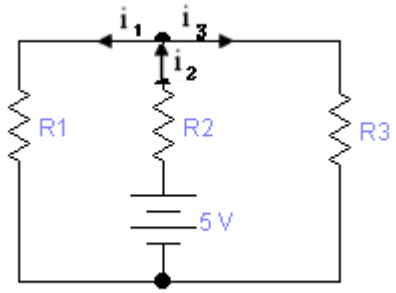
$$\sum_{j=1}^{N} i_j = 0$$

در به کار بردن این فرمول باید علامت جریانهای ورودی و خروجی مخالف هم باشند. این قانون به قضیه گره نیز معروف است. قانون ولتاژ کیرشهوف می گوید که جمع جبری اختلاف پتانسیلهای یک حلقه از مدار هنگامی که یک دور کامل زده شود صفر است. این قانون به قضیه حلقه نیز معروف است.

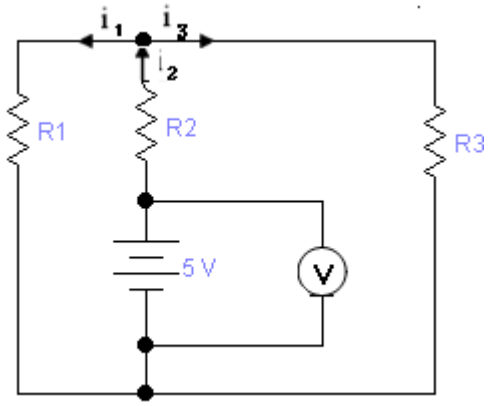
وسایل مورد نیاز: منبع تغذیه- سه عدد مقاومت – مولتی متر

روش انجام آزمایش:

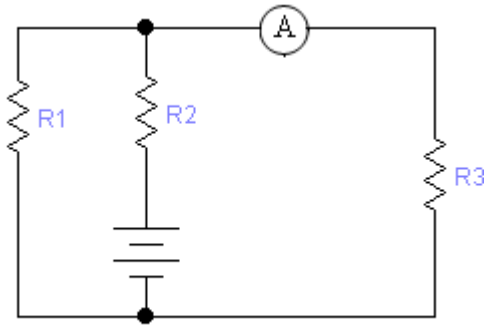
مدار زیر را ببندید:



همانگونه که در شکل نشان داده شده است منبع تغذیه را با مولتی متر تنظیم و روی ۵ ولت قرار دهید. برای تنظیم منبع، منبع باید حتما در مدار باشد نه خارج از آن.



جریانهای گذرنده از R_1، R_2 و R_3 را با آمپر متر اندازه بگیرید. شکل زیر نحوه انجام این کار (برای یکی از مقاومت ها) را نشان می دهد .



اگر مدار را حل کنیم و قضیه حلقه و گره را به طور همزمان به کار بریم داریم:

$$V - i_2R_2 - i_1R_1 = 0 \qquad (I)$$

$$V - i_2R_2 - i_3R_3 = 0 \qquad (II)$$

$$i_2 = i_1 + i_3 \qquad (III)$$

$$(I)\text{و}(II)\text{و}(III) \quad \Rightarrow \; i_1 = \frac{VR_3}{R_1R_3 + R_2R_3 + R_1R_2} \;\text{ و }\; i_2 = \frac{V(R_1 + R_3)}{R_1R_3 + R_2R_3 + R_1R_2} \;\text{ و }\; i_3 = \frac{VR_1}{R_1R_3 + R_2R_3 + R_1R_2}$$

این آزمایش را سه بار با سه مقاومت مختلف و با اختلاف پتانسیل ۴و۵ و۶ ولت تکرار کنید و سپس نتایج را در جدول زیر گزارش کنید.

شماره	V	R_1	R_2	R_3	آمپر متر			محاسبه			درصد خطای نسبی		
					i_1	i_2	i_3	i_1	i_2	i_3	i_1	i_2	i_3
۱	۴												
۲	۵												
۳	۶												

در به دست آوردن خطای مربوط به جریان مقدار محاسبه شده از طریق حل مدار را مقدار حقیقی بگیرید.

حال مدار زیر را ببندید و با استفاده از ولت متر اختلاف پتانسیل دو سر R_1 ، R_2 و R_3 را به دست آورید. با حل مدار داریم:

$$V_1 = i_1 R_1 = \frac{V R_2 R_1}{R_1 R_3 + R_2 R_3 + R_1 R_2}$$

$$V_2 = i_2 R_2 = \frac{V(R_1 + R_3) R_2}{R_1 R_3 + R_2 R_3 + R_1 R_2}$$

$$V_3 = i_3 R_3 = \frac{V R_2 R_1}{R_1 R_3 + R_2 R_3 + R_1 R_2}$$

این آزمایش را سه بار با سه مقاومت مختلف و با اختلاف پتانسیل ۴و۵ و۶ ولت تکرار کنید و سپس نتایج را در جدول زیر گزارش کنید.

شماره	V	R_1	R_2	R_3	ولت متر			محاسبه			درصد خطای نسبی		
					V_1	V_2	V_3	V_1	V_2	V_3	V_1	V_2	V_3
۱	۴												
۲	۵												
۳	۶												

در به دست آوردن خطای مربوط به جریان مقدار محاسبه شده از طریق حل مدار را مقدار حقیقی بگیرید.

فصل ششم: باتری ها

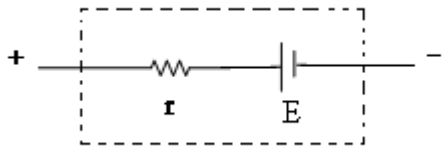
آزمایش شماره ۱۳:اندازه گیری نیرو محرکه و مقاومت داخلی باتری

آزمایش شماره ۱۳

اندازه گیری نیرومحرکه و مقاومت داخلی باتری

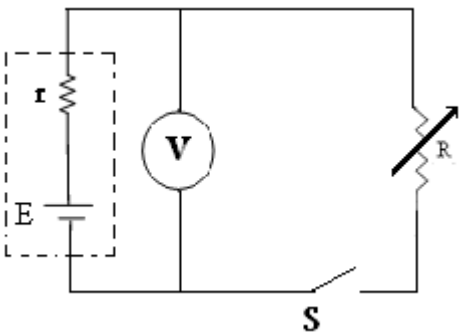
راهنمایی نظری:

باتری ها منابع تغذیه ولتاژ مستقیم(DC) هستند که در دو سر آن ولتاژی را که برای آن طراحی شده اند را در اختیار مصرف کننده قرار می دهند. در شرایط ایده آل فرض بر این است که ولتاژ باتری ثابت می ماند . در مقابل جریانی که منبع می دهد به مقاومت متصل به آن بستگی دارد و لذا به ازای مقاومتهای مختلف می توان جریانهای مختلفی را از باتری گرفت. در عمل منابع ولتاژ ایده آل نیستند و منابع ولتاژ واقعی با افزایش جریان، ولتاژ کمتری را ارائه می دهند. این کاهش ولتاژ به هنگام کار را می توان با فرض وجود یک مقاومت داخلی در باتری توجیه کرد . شکل زیر یک شکل نمادین است زیرا در واقع در داخل باتری مقاومتی وجود ندارد .

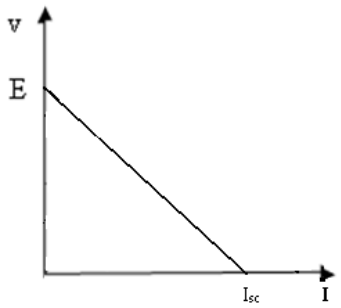


مقاومت داخلی باتری ها در حدود یک اهم است. با این فرض که از باتری جریان I کشیده می شود برای ولتاژ دو سر آن داریم V=E-Ir . با اتصال کوتاه کردن باتری در آن جریانی معادل $I_{sc} = E/r$ می گذرد که به علت ناچیز بودن r این جریان بسیار زیاد خواهد بود.

چنانچه مدار شکل زیر را ببندید قبل از بستن کلید S از باتری جریانی کشیده نمی شود و در نتیجه V=E . حال اگر کلید S را ببندیم در این حالت از باتری جریانی می گذرد که با کاهش R افزایش میابد و در نتیجه ولتاژ دو سر باتری کاهش میابد.

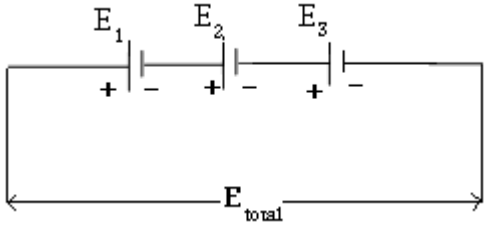


هرگاه R=o شود ولتاژ باتری نیز صفر شده و از آن جریان اتصال کوتاه I_{sc} می گذرد. نمودار زیر تغییرات ولتاژ باتری نسبت به جریان درون آن را نشان می دهد:



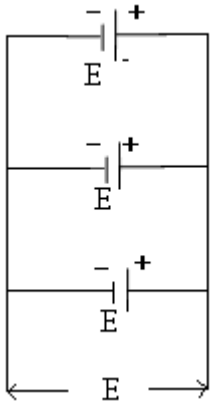
متوالی و موازی بستن باتری ها

با اتصال چند باتری به صورت متوالی نیرو محرکه باتری ها باهم جمع می شوند و در نتیجه نیرو محرکه بیشتری حاصل می شود.



$$E_{total} = \sum E_i$$

چنانچه باتری ها به صورت موازی به هم متصل شوند نیرومحرکه تغییری نمی کند ولی جریان دهی کل مدار افزایش میابد.



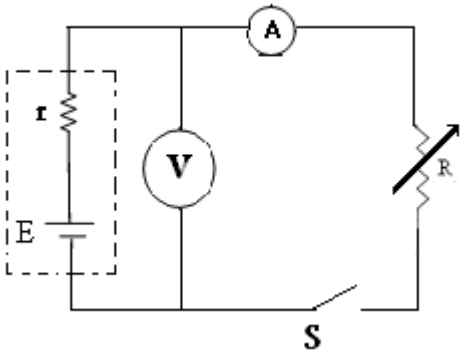
$$I_{total} = \sum I_i$$

در شکل به قطبهای باتری توجه شود، در صورتی که مثلا یکی از باتری ها معکوس بسته شود نتیجه عوض خواهد شد.

وسایل مورد نیاز: منبع تغذیه- جعبه مقاومت- مولتی متر

روش انجام آزمایش:

مدار مقابل را ببندید.



جعبه مقاومت را به ترتیب روی ۱۰ ، ۳۰، ۵۰، ۷۰ و ۱۰۰ اهم قرار دهید و در هر حالت ولتاژ و جریان را به دست آورید و نتیجه را در جدول زیر بنویسید.

کمیت	مرحله۱	مرحله ۲	مرحله ۳	مرحله ۴	مرحله ۵
مقاومت	۱۰	۳۰	۵۰	۷۰	۱۰۰
ولتاژ					
جریان					

نمودار ولتاژ بر حسب جریان را رسم کنید و با استفاده از آن مقاومت داخلی و نیرومحرکه باتری را به دست آورید. برای این کار از روشی که در آزمایش شماره ۲ معرفی شد استفاده کنید فقط تیک مربوط به intercept را بردارید تا عرض از مبدا داشته باشید . از آنجایی که V=E-IR عرض از مبدا مقدار نیرو محرکه و شیب خط منفی مقاومت داخلی را به ما می دهد.

فصل هفتم

معرفی اسیلوسکوپ و کاربردهای اولیه آن

معرفی اسیلوسکوپ و کاربردهای اولیه آن

آزمایش شماره ۱۵

آزمایش شماره ۱۶

فصل هفتم

معرفی اسیلوسکوپ و کاربرد های اولیه آن

راهنمایی نظری:

یکی از مهمترین دستگاههای اندازه گیری اسیلوسکوپ است. با استفاده از این دستگاه می توان ولتاژ را اندازه گیری کرد. بنابر این از این طریق اندازه گیری ولتاژ و مهمتر از آن نمایش تغییرات ولتاژ و جریان و اندازه گیری بسیاری از کمیتهای االکتریکی و غیر الکتریکی بطور غیر مستقیم امکان پذیر می شود. به این ترتیب می توان منحنی تغییرات هر موجی را بر حسب زمان روی صفحه اسیلوسکوپ نشان داد و نتایج مورد نظر را به دست آورد.

در صفحه مشبک جلوی اسیلوسکوپ محور افقی به عنوان محور زمان و محور عمودی معرف محور ولتاژ است. ولتاژ و یا جریان الکتریکی با چهار کمیت زیر قابل شناسایی و بررسی هستند:

۱- شکل موج

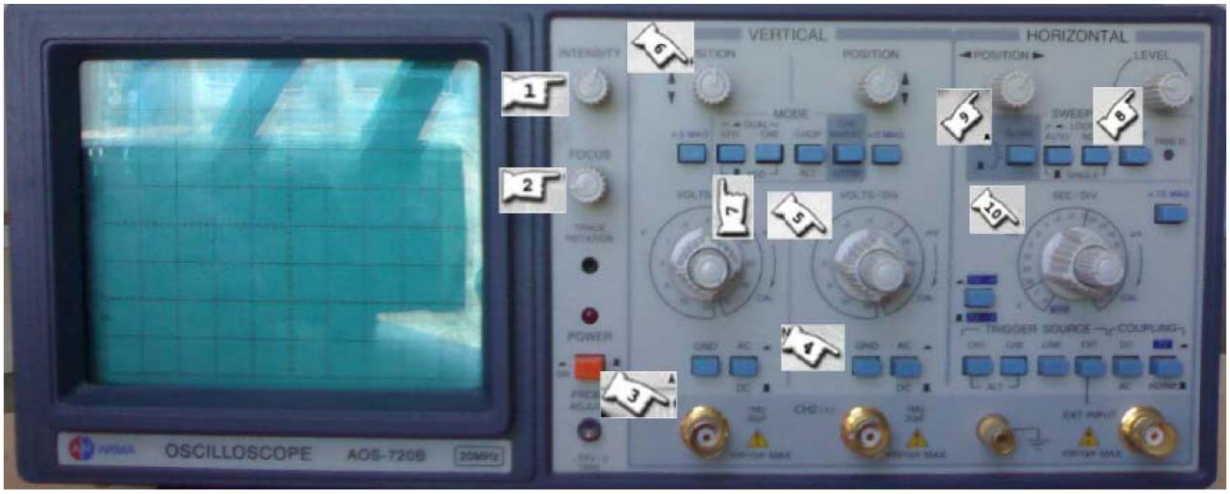
۲- دامنه موج

۳- بسامد(فرکانس) موج

۴- فاز موج

با اسیلوسکوپ می توان تمامی ویژگیهای فوق را مورد مطالعه قرار داد. برای آشنا شدن با ساختمان داخلی اسیلوسکوپ بهتر است به متون مربوط به دستگاههای اندازه گیری مراجعه کنید. ما در این آزمایش صرفا به منظور استفاده عملی از اسیلوسکوپ به معرفی آن می پردازیم.

قبل از روشن کردن دستگاه لازم است با کلیدهای کنترل کننده، صفحه نمایش و سایر ویژگیهای اسیلوسکوپ آشنا شوید. معمولا قسمت جلوی اسیلوسکوپ مطابق شکل می باشد:



اینک به معرفی نقاط علامت زده شده در شکل می پردازیم:

۱- Intensity درجه تنظیم شدت اشعه تابش

۲- Focus درجه تنظیم وضوح و فکوس تصویر

۳- ورودی کانال (اتصال پروب با ورودی)

۴- درجه تنظیم وضعیت نمایش موج کانال ۱ به سه حالت مختلف:

الف) GND برای تنظیم خط زمین کانال

ب) AC برای حذف مقادیر DC ورودی و نمایش شکل موج متناوب

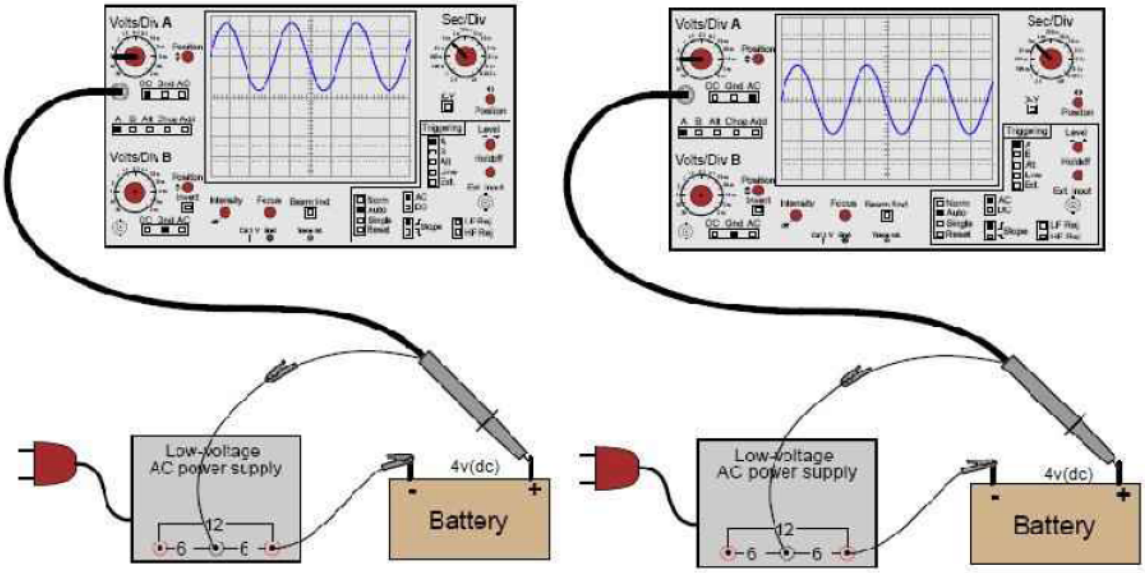
ج) DC برای نمایش شکل موج ورودی با در نظر گرفتن مقادیر AC و DC

مد AC:

اگر کلید روی این قسمت قرار گیرد فقط سیگنال جریان متناوب وارد اسیلوسکوپ می شود و از نمایش ولتاژ DC جلوگیری می شود.

مد DC:

اگر کلید روی این قسمت قرار گیرد سیگنال ورودی هرچه باشد(اعم از AC یا DC یا ترکیب هر دو) روی صفحه نمایش داده می شود. شکل زیر تفاوت این دو مد را نشان می دهد.



شکل موج سینوسی در مد AC

شکل موج سینوسی در مد DC

مد GND :

اگر این حالت انتخاب شود ورودی اسیلوسکوپ به زمین وصل می شود و ارتباط الکتریکی بین پروب و اسیلوسکوپ قطع می شود. این حالت برای تنظیم صفر اسیلوسکوپ کاربرد دارد.

٥- volts/div درجه تنظیم ولتاژ نمایش یا در حقیقت مقیاس Yها برای کانال ١ . با تغییر این سلکتور واحد ولتاژ روی محور Y ها عوض می شود و برای خواندن ولتاژ باید تعداد واحدهای دیده شده را در عدد volts/dive ضرب کرد.

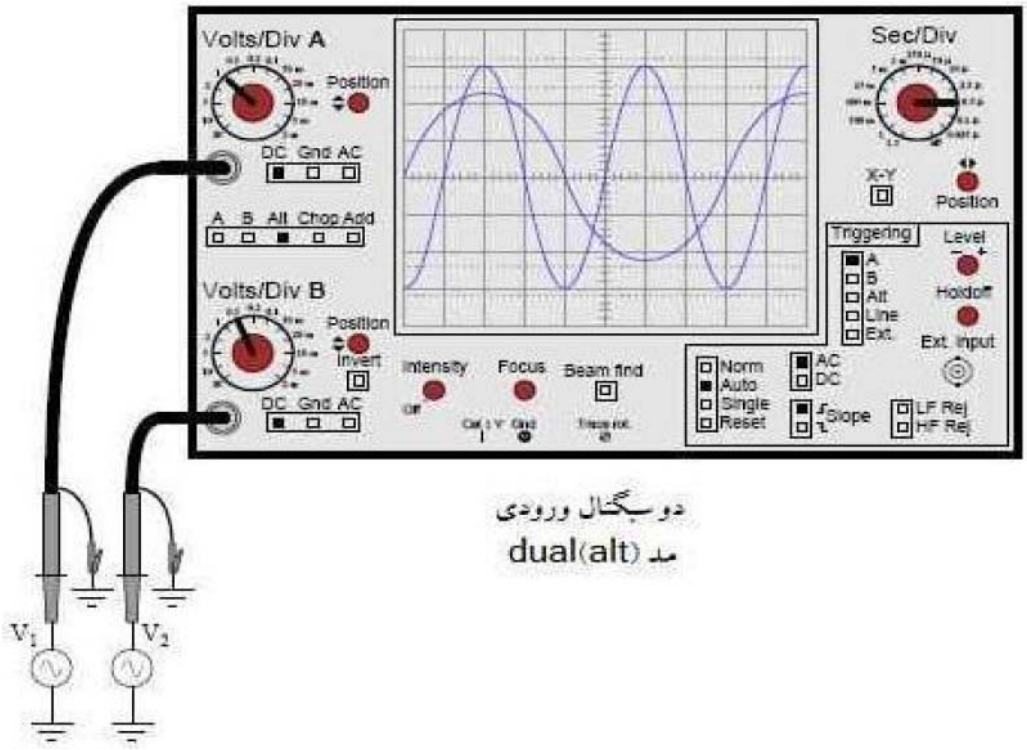
٦- position درجه تنظیم موقعیت شکل موج در صفحه نمایش در جهت عمودی.

٧- درجه تنظیم کانال و وضعیت نمایش که دارای چهار حالت می باشد:

- انتخاب کانال ١
- انتخاب کانال ٢
- نمایش ترکیبی هر دو کانال
- شکل موج برایند دو کانال (حاصل جمع اسکالر)

در این قسمت شش وضعیت وجود دارد بسته به اینکه بخواهیم از کدام یک از ورودی های اسیلوسکوپ استفاده کنیم می توانیم این قسمت را تنظیم کنیم.

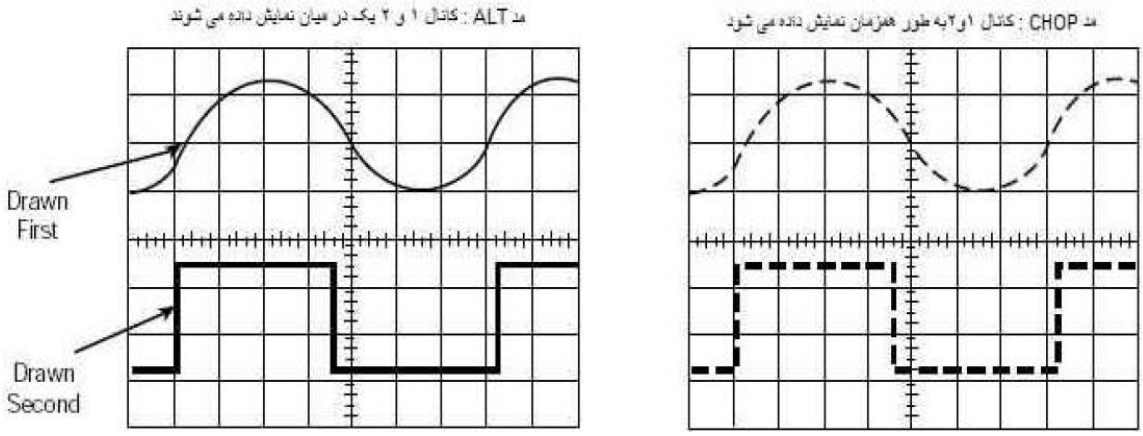
- CH١ یعنی از ورودی ١
- CH٢ یعنی از ورودی ٢
- Dual دو موج را همزمان نشان می دهد



دو سیگنال ورودی
مد dual(alt)

- ADD جمع ریاضی دو موج را نشان می دهد
- ALT در صورت فشار دادن این دکمه فشاری موج هر دو کانال با هم به اسیلوسکوپ داده و موج هر دو کانال باهم رسم می شود ولی شکل موج آنها همزمان در صفحه اسیلوسکوپ دیده نمی شوند بلکه یک در میان روی صفحه حساس ظاهر می شوند.
- CHOP با فشار دادن این دکمه فشاری کانال ۱ و ۲ هر دو روشن شده و می توان دو موج جداگانه را توسط ورودی های این دو کانال به طور مجزا در صفحه اسیلوسکوپ مشاهده نمود .

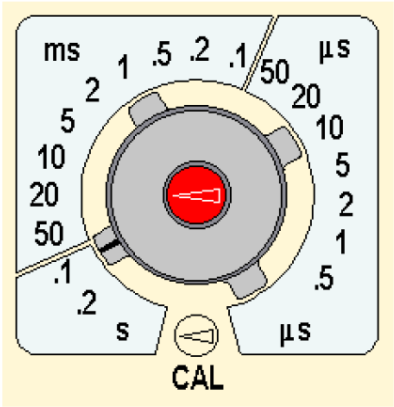
مد ALT یک دوره تناوب از یک موج را بطور کامل و بسیار سریع نمایش می دهد و بعد موج کانال دیگر را نمایش می دهد اما این تغییر آنقدر سریع است که ما آن را حس نمی کنیم اما در وضعیتCHOP به صورت انتخابی بریده هایی از یک موج و بریده هایی از یک موج دیگر را همزمان نشان می دهد که ممکن است شکل موج در فرکانسهای پایین با نقطه های خالی نمایش داده شوند.



۸- Level درجه تنظیم جزئی فرکانس موج جاروب کننده.

۹- Position درجه تنظیم فرکانس sweep و در حقیقت مقیاس محور Xها برای هر دو کانال.

۱۰- time/div درجه تنظیم نمایش یا در حقیقت مقیاس محور x ها .با تغییر این سلکتور واحد زمان روی محور t ها عوض می شود ، برای خواندن پریود واقعی یک موج تعداد واحدهای دیده شده را در عدد time/dive ضرب می کنیم . در روی این سلکتور سه دسته تنظیمات بر حسب ثانیه s ، میلی ثانیه ms و میکرو ثانیه µs وجود دارد که در موقع تبدیل باید به این واحدها توجه نمود.



پروب(probe)

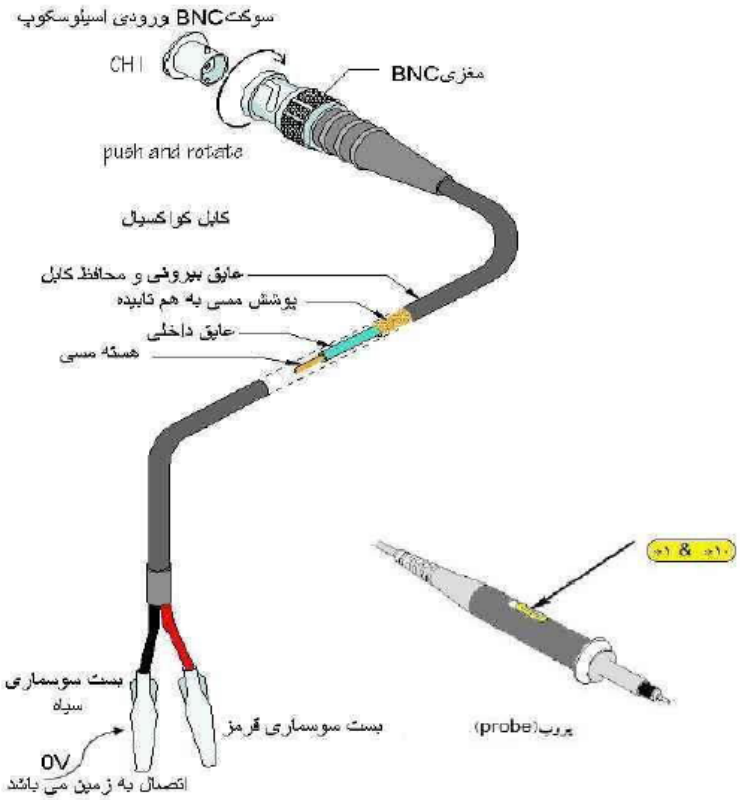
برای مشاهده شکل موج باید سیگنال الکتریکی را به وسیله پروب به اسیلوسکوپ وصل کنیم. سیم پروب از سه قسمت تشکیل شده است :

۱- مغزی فلزی که به کانال اسیلوسکوپ وصل میشود BNC نامیده میشود.

۲- پروب که به مدار متصل میشود.

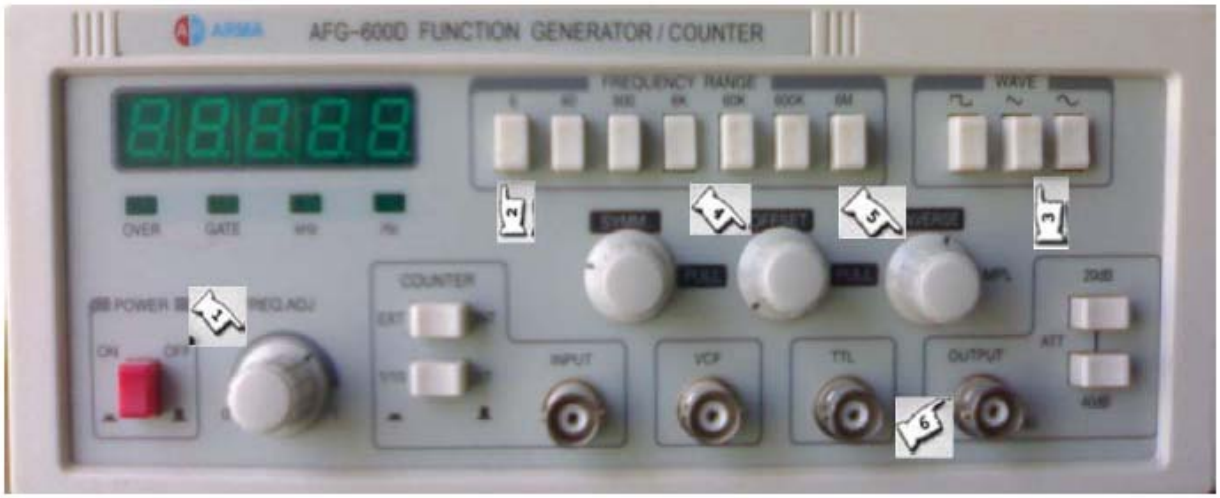
۳- سیم shild که پروب را به BNC وصل میکند.

در روی پروب کلید۱ * و ۱۰* وجود دارد چنانچه دامنه سیگنال ورودی کم باشد از حالت ۱ * و چنانچه دامنه سیگنال ورودی بزرگ باشد از حالت ۱۰* استفاده میشود.



فانکشن ژنراتور

در شکل زیر فانکشن ژنراتور که به عنوان یک منبع ولتاژ متناوب استفاده میشود نمایش داده شده است و قسمتهایی روی آن علامت گذاری شده که به معرفی آنها می پردازیم :



۱- درجه تنظیم ولتاژ فرکانس تولید شده.

۲-درجه تنظیم محدوده موج تولیدی.

۳-تعیین شکل موج دلخواه.

۴-تعیین مقدار offsetو ولتاژ ثابت جمع شونده با AC .

۵-تنظیم مقدار دامنه ولتاژخروجی.

۶- موج خروجی از این محل قابل استفاده خواهد بود.

تصاویر لیساژو

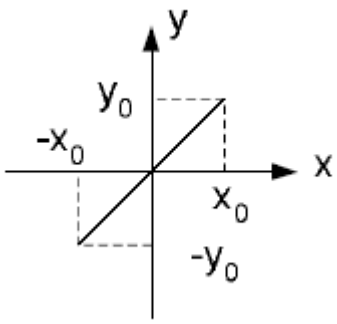
تصاویر لیساژو، تصاویری هستند که یک موج را بر حسب موج دیگر رسم می کنند و متغیر زمان حذف می شود. به کمک این تصاویر می توان اختلاف فاز میان دو موج سینوسی هم فرکانس را بدست آورد.

دو موج سینوسی $x=x_0 \sin\omega t$ و $y=y_0 \sin(\omega t+\varphi)$ را در نظر بگیرید برای اینکه مسیر حرکت نقطه ای که تحت تاثیر این دو موج قرار می گیرد بررسی کنیم حالات زیر را در نظر می گیریم :

الف) دو موج هم فاز باشند $\varphi=0$

که نشان می دهد یک خط راست است اما با x و y محدود .

$$\begin{cases} x = x_0 \sin \omega t \\ y = y_0 \sin \omega t \end{cases} \Rightarrow y = \frac{y_0}{x_0} x$$

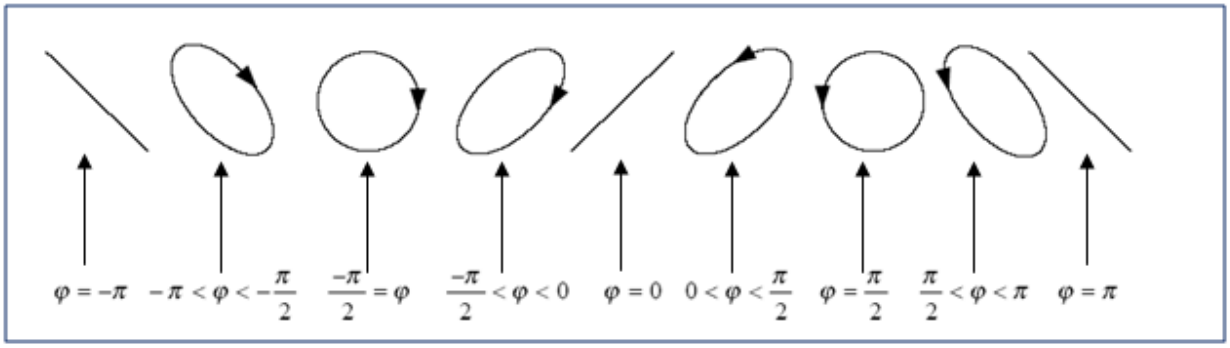


ب) دو موج اختلاف فاز $\frac{\pi}{2}$ دارند

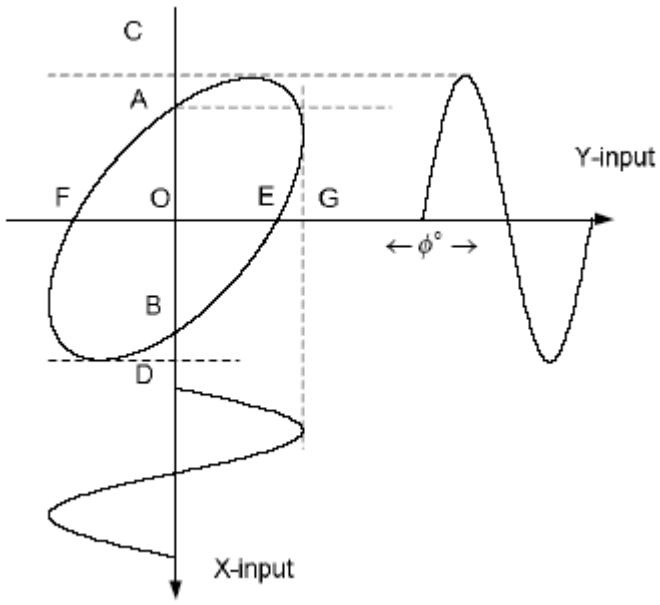
$$\begin{cases} x = x_0 \sin \omega t \\ y = y_0 \sin(\omega t + \pi/2) = y_0 \cos \omega t \end{cases} \Rightarrow \left(\frac{x}{x_0}\right)^2 + \left(\frac{y}{y_0}\right)^2 = 1$$

که نشان دهنده معادله یک بیضی است. اگر $x_0=y_0$ یعنی دامنه دو موج برابر باشند یک دایره داریم و به همین ترتیب برای باقی اختلاف فازها اشکال بسته دیگری به دست می آید.

در شکل زیر تصاویر مختلف حاصل برای مقادیر مشخص از φ نشان داده شده است. علامت فلش روی این نمودارها مربوط به حرکت الکترونها روی صفحه است :



اکنون فرض کنید که دو موج دارای فرکانس برابر و اختلاف فاز آنها $0 < \varphi < \frac{\pi}{2}$ باشد.تصویر حاصل از ترکیب آنها یک بیضی مطابق شکل می شود:



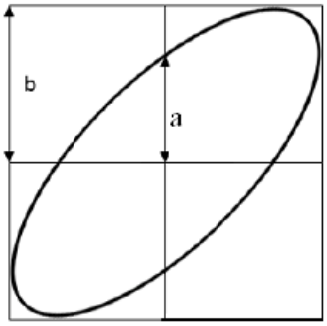
این بیضی هنگامی محور y ها را قطع می کند که

$$\begin{cases} x = x_0 \sin \omega t = 0 \;\Rightarrow\; \omega t = k\pi \\ y = y_0 \sin(\omega t + \varphi) \;\Rightarrow\; y = y_0 \sin(k\pi + \varphi) = \pm y_0 \sin\varphi \end{cases}$$

$$y\Big|_{x=0} = y_0 \sin\varphi \;\Rightarrow\; \varphi = Arc\sin\left(\frac{y_{x=0}}{y_0}\right)$$

اگر در نظر بگیریم $y_{x=o}=a$ و $y_o=b$ آنگاه اختلاف فاز عبارت است از :

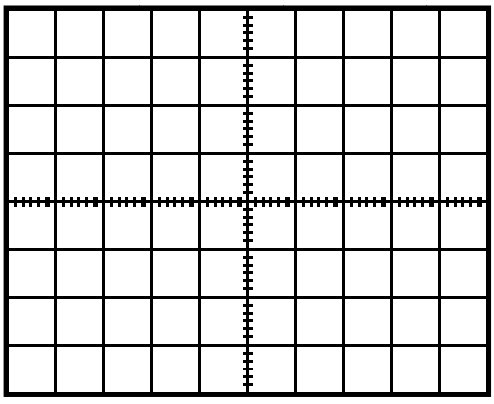
$$\varphi = \arcsin\left(\frac{a}{b}\right)$$



دقت کنید که در اندازه گیری اختلاف فاز دو موج سینوسی به کمک تصاویر لیساژو در اسیلوسکوپ نقطه نورانی باید در مبدا و وسط صفحه باشد.

آزمایش شماره ۱۵:

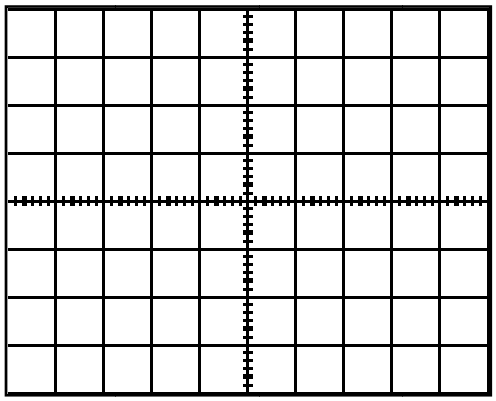
با نوسان سازی که در اختیار دارید یک موج سینوسی با فرکانس ۵۰۰ هرتز و ولتاژ موثر ۱ ولت ایجاد کنید. خروجی نوسان ساز را به ورودی کانال ۱ اسیلوسکوپ وصل کنید و با تنظیم آن موج سینوسی را در وضعیت ثابت و مناسبی بر روی صفحه تنظیم کنید. شکل موج حاصل را در جدول زیر بکشید و از روی آن مقدار دامنه ولتاژ (و در نتیجه مقدار موثر)و زمان تناوب(و در نتیجه فرکانس) این موج را به دست آورید.



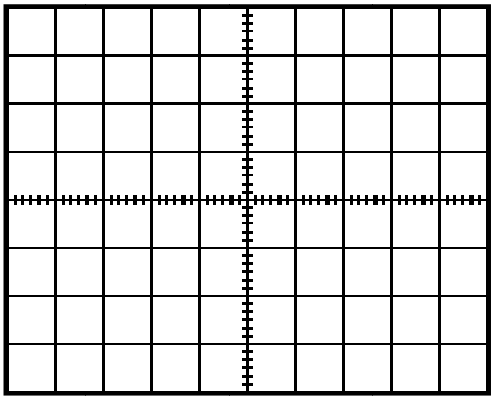
این آزمایش را با فرکانسهای زیر تکرار کرده و جدول را کامل کنید.

شماره آزمایش	فرکانس Hz	ولتاژ موثر از روی شکل	ولتاژ موثر با ولتمتر	دوره تناوب	فرکانس
۱	۵۰۰		۱ ولت		
۲	۱۵۰۰				
۳	۲۵۰۰				
۴	۳۵۰۰				
۵	۴۵۰۰				

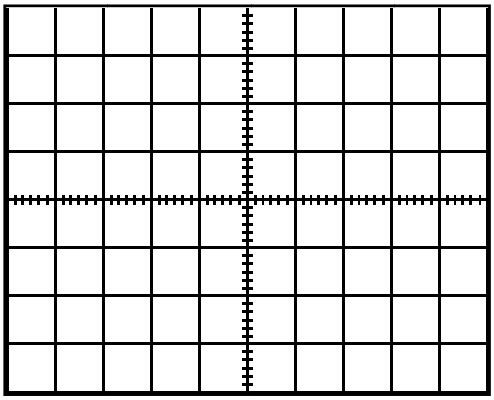
فرکانس ۱۵۰۰



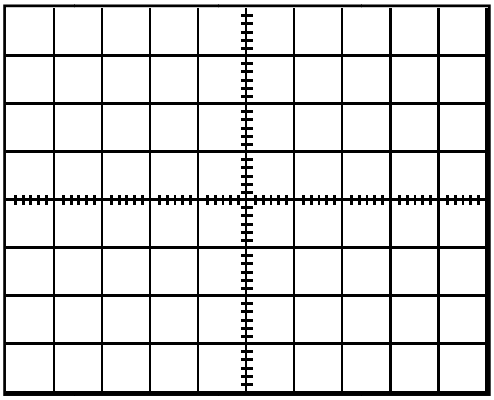
فرکانس ۲۵۰۰



فرکانس ۳۵۰۰

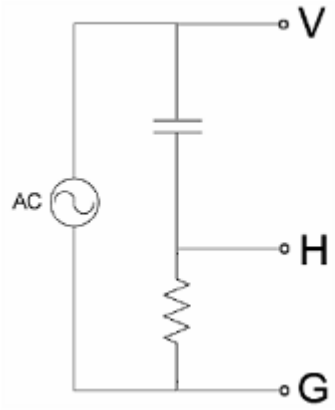


فرکانس ۴۵۰۰



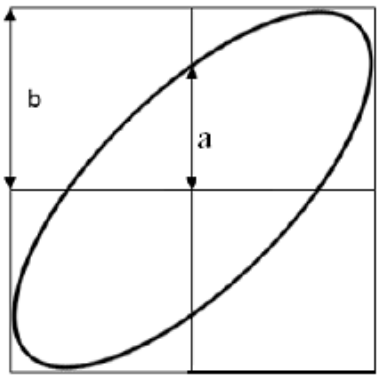
آزمایش شماره ۱۶

مداری مطابق شکل زیر ببندیدکه در آن $R=1K\Omega$ و $C=82nF$ است.



نقاط H و G را به ورودی افقی و V و G را به ورودی قائم وصل کنید(در هر دو اتصال نقطه G باید به زمین اسیلوسکوپ وصل شود). بسامد مولد سیگنال را روی ۵۰۰ هرتز وخروجی آن را روی ۵ ولت تنظیم کنید. چنانچه شکلی مانند شکل زیر به دست آمد مقادیر a و b را اندازه بگیرید و سپس زاویه فاز را طبق رابطه زیر به دست آورید:

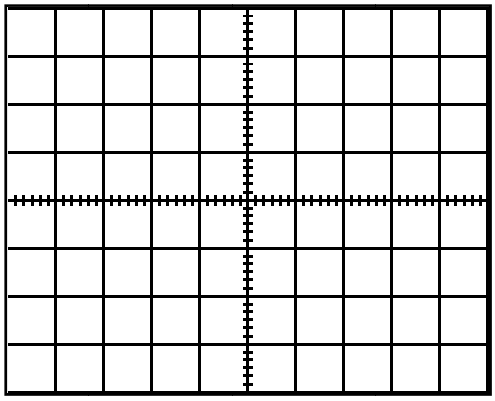
$$\sin\varphi = \frac{a}{b}$$



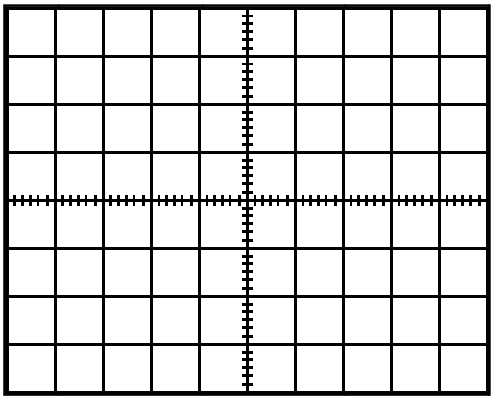
این آزمایش را برای فرکانسهای ۱ ، ۲، ۳، ۴ و۵ کیلو هرتز تکرار کنید و در هر نمونه شکل آن را رسم نموده و سپس جدول را کامل کنید . مقدار φ که از حل مدار به دست می آید عبارت است از :

$$tan\varphi = \frac{X_c}{R} = \frac{1}{C\omega R}$$

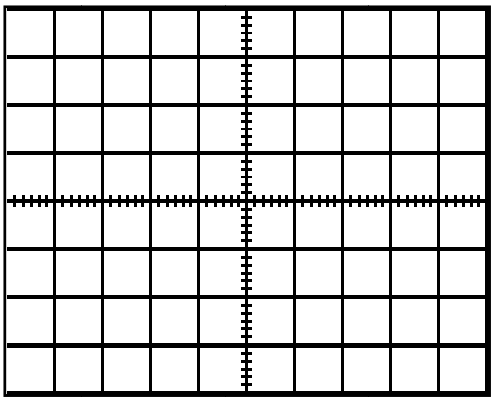
فرکانس ۵۰۰ هرتز



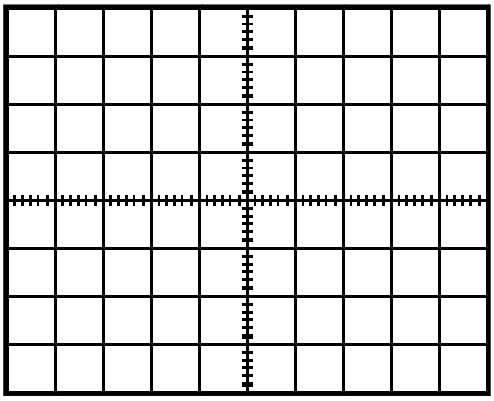
فرکانس ۱۰۰۰ هرتز



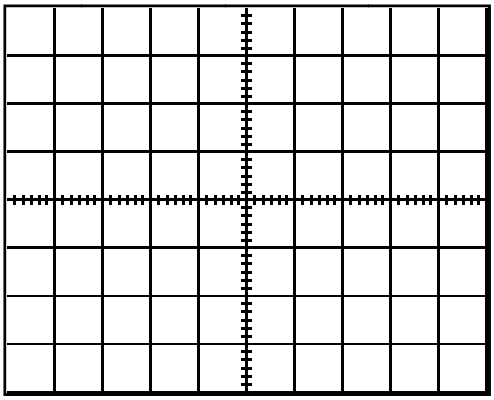
فرکانس ۲۰۰۰ هرتز



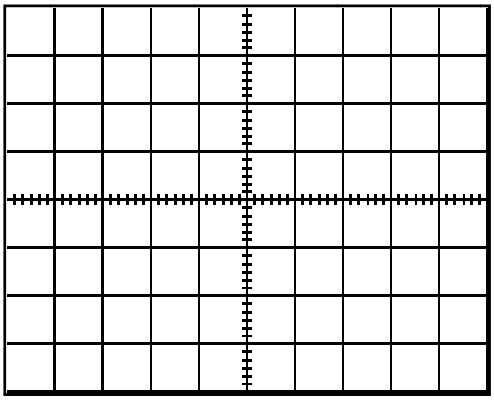
فرکانس ۳۰۰۰ هرتز



فرکانس ۴۰۰۰هرتز



فرکانس ۵۰۰۰ هرتز



شماره آزمایش	ولتاژ موثر خروجی	فرکانس Hz	a	b	$\varphi = \arcsin(\frac{a}{b})$	$\varphi = \arctan(\frac{۱}{C\omega R})$
۱	ولت ۵	۵۰۰				
۲		۱۰۰۰				
۳		۲۰۰۰				
۴		۳۰۰۰				
۵		۴۰۰۰				
۶		۵۰۰۰				

فهرست

فصل اول : مقدمات

گزارش کار ۱

محاسبه خطای آزمایش ۱

رسم نمودارهای آزمایشگاهی ۱۱

معرفی چندگانه سنج ۱۲

آشنایی با بردبورد ۱۴

فصل دوم: آشنایی با قطعات مورد نیاز در آزمایشگاه فیزیک

مقاومت ۱۶

خازن ۲۱

فصل سوم: بررسی مقاومتها

آزمایش شماره۱: به دست آوردن مقاومت از روی نوارهای رنگی ۲۸

آزمایش شماره ۲: قانون اهم ۳۱

آزمایش شماره ۳: تحقیق رابطه $R = \rho\, l/A$ ۳۵

آزمایش شماره ۴: به هم بستن مقاومت ها به صورت متوالی ۳۸

آزمایش شماره ۵:به هم بستن مقاومتها به صورت موازی ۴۰

آزمایش شماره ۶: به هم بستن مقاومت ها به صورت مختلط ۴۲

آزمایش شماره ۷: پل وتسون ۴۴

آزمایش شماره ۸: پل تار ۴۶

فصل چهارم: بررسی عملکرد خازن ها و ترانسفورماتور

آزمایش شماره ۹: بررسی چگونگی شارژ شدن خازن ۴۹

آزمایش شماره ۱۰: بررسی چگونگی خالی شدن خازن ۵۲

آزمایش شماره ۱۱: مبدل ولتاژ(ترانسفورماتور) ۵۴

فصل پنجم: قوانین کیرشهوف

آزمایش شماره ۱۲: بررسی قوانین کیرشهوف در مورد ولتاژ و جریان ۵۷

فصل ششم: باتری ها

آزمایش شماره ۱۳:اندازه گیری نیرو محرکه و مقاومت داخلی باتری ۶۱

فصل هفتم: اسیلوسکوپ

معرفی اسیلوسکوپ و کاربردهای اولیه آن ۶۵

آزمایش شماره ۱۵ ۷۳

آزمایش شماره ۱۶ ۷۵