دانشگاه آزاد اسلامی واحد جهرم

دستور کار آزمایشگاه فیزیک II

زمستان ۹۴

فهرست مطالب

شماره آزمایش	عنوان آزمایش	صفحه
	آشنایی با وسایل اندازه گیری الکتریکی	۳
۱	قانون اهم	۸
۲	بررسی مقاومت ویژه	۱۴
۳	تعیین مقاومت مجهول به روش پل وتستون و پل تار	۱۷
۴	رسم خطوط میدان الکتریکی	۲۰
۵	شارژ و دشارژ خازن	۲۶
۶	آشنایی با اسیلوسکوپ	۳۳
۷	اندازه گیری کمیت های الکتریکی با اسیلوسکوپ	۴۲
۸	ترانسفورماتور	۴۹
۹	بررسی مدار R-C	۵۲
۱۰	بررسی مدار R-L	۵۶

آشنایی با وسایل اندازه گیری الکتریکی (آوومتر) :

آوومتر *(Avometer)*یا مولتی متر *(Multimeter)* دستگاهی است که می تواند چندین کمیت را اندازه گیری کند، نام آن نیز از حروف اول کلمات *Amper , Volt , Ohm* تشکیل شده است.

کلیه آوومترها با جزیی اختلاف ظاهری مانند یکدیگرند که شامل دو نوع آنالوگ و دیجیتال می باشند. آوومتر آنالوگ از یک قاب با سیم پیچ تشکیل شده است که در یک میدان مغناطیسی دائمی قرار می گیرد و میزان چرخش قاب به وسیله عقربه ای نشان داده می شود. وقتی جریان معینی از سیم پیچ یک آوومتر آنالوگ عبور کند قاب منحرف می شود و عقربه متصل به آن مقدار جریان را بر روی صفحه ای مدرج نشان می دهد. به طور کلی هر آوومتر از سه قسمت تشکیل شده است :

۱- صفحه نمایشگر

۲- کلید انتخاب گر (سلکتور)

۳- پایانه های ورودی و دکمه های تنظیم

کلید انتخاب گر کلیدی است که روی صفحه ای دایره ای شکل حول محور خود حرکت می کند. اطراف دایره مذکور به درجات مختلفی تقسیم شده است که حوزه کار دستگاه را نشان می دهد.

آوومتر مورد استفاده در این آزمایشگاه از نوع دیجیتال با صفحه نمایشگر *LCD* می باشد که توسط آن می توان ۳۰ حالت مختلف را اندازه گیری نمود. این آوومتر دارای دامنه های *(Range)* مختلف شامل : ولتاژ مستقیم*(DC V)* ، ولتاژ متناوب*(AC V)* ، جریان مستقیم*(DC A)* ، جریان متناوب*(AC A)* و مقاومت*(Ω)* می باشد. مجهز بودن دستگاه به سیستم خبر دهنده صوتی امکان آزمایش اتصال کوتاه در مدارهای مختلف را فراهم می سازد. سیستم تست دیود( ) اندازه گیری *hFE* ترانزیستورها نیز از دیگر امکانات این دستگاه هستند.

چنانچه به این دستگاه ورودی بیش از حد مجاز اعمال گردد بلافاصله به طور اتوماتیک بر روی صفحه نمایشگر عدد *1* یا *1-* ظاهر می گردد. محافظ دستگاه در مقابل بار اضافی ، فیوز سریع العمل *0.5* آمپر *250* ولت می باشد. در صورت ضعیف شدن باتری دستگاه نیز علامت*(←)* بر روی صفحه نمایشگر ظاهر می شود.

اصول راه اندازی آوومتر :

۱- قبل از شروع اندازه گیری با آوومتر مطمئن شوید که کلید انتخاب محدوده در وضعیت مناسب قرار گرفته باشد.
۲- اطمینان حاصل کنید که ترمینال ورودی و سیم تست و اندازه گیری قرمز و مشکی با محدوده های اندازه گیری مطابقت داشته باشند.
۳- در هنگام تغییر دادن محدوده اندازه گیری توسط سلکتور بایستی حداقل یکی از سیم های تست و اندازه گیری از مدار تحت آزمایش قطع باشد.
۴- نسبت به حداکثر ولتاژ هر محدوده اندازه گیری و ترمینال ورودی مربوطه دقت نمایید.
۵- همیشه برای اندازه گیری یک کمیت سلکتور را روی حداکثر *(Max)* درجه قرار دهید و به تدریج آن را کم کنید تا به دستگاه آسیبی نرسد.
۶- هنگام اندازه گیری مقاومت ، عبور جریان برق را قطع کنید ؛ در غیر این صورت اهم سنج دستگاه آسیب می بیند.
۷- برای اندازه گیری ولتاژ ، دستگاه را به صورت موازی و برای اندازه گیری شدت جریان ، دستگاه را به صورت سری در مدار قرار دهید.

اندازه گیری کمیت های مختلف :

اندازه گیری ولتاژ : برای اندازه گیری ولتاژ ، آوومتر را به صورت موازی در مدار قرار دهید. سپس سلکتور را در محدوده مناسب خود قرار دهید به این ترتیب که سلکتور را برای ولتاژهای مستقیم روی محدوده ای از $DC\ V$ و برای ولتاژهای متناوب روی محدوده ای از $AC\ V$ تنظیم نمایید. سیم تست و اندازه گیری قرمز را در ترمینال $V\text{-}\Omega$ و سیم مشکی را در ترمینال COM قرار دهید. دستگاه را روشن کرده و دو سر دیگر سیم های تست را در نقاطی که بایستی اندازه گیری انجام شود قرار دهید.

توجه : برای اندازه گیری ولتاژ ، سلکتور را ابتدا روی بیشترین مقدار قرار داده و به تدریج آن را کم کنید تا به دستگاه آسیبی نرسد.

اندازه گیری شدت جریان : برای اندازه گیری شدت جریان ، ابتدا دستگاه را به صورت سری در مدار قرار داده و سلکتور را برای جریان مستقیم روی محدوده $DC\ A$ و برای جریان متناوب روی محدوده ای از $AC\ A$ تنظیم نمایید. چنانچه در اندازه گیری ، شدت جریان بیش از $200\ mA$ باشد باید سلکتور را روی محدوده $20m/10A$ قرار دهید. سیم تست و اندازه گیری مشکی را در ترمینال COM و سیم تست و اندازه گیری قرمز را برای جریان های حداکثر تا $200\ mA$

در ترمینال ورودی mA و برای اندازه گیری جریان های بین $200\ mA$ تا $10\ A$ در ترمینال $10\ A$ قرار دهید.

اندازه گیری مقاومت : برای اندازه گیری مقاومت ، سلکتور را در وضعیت اندازه گیری Ω و در محدوده مناسب قرار دهید. سیم های تست را در ترمینال های COM و $V\text{-}\Omega$ قرار دهید و مقاومت را اندازه گیری کنید.

توجه : در اندازه گیری مقاومت باید جریان را از مدار قطع کرد.

تست دیود : سلکتور را در محدوده وضعیت تست دیود (⊣▷⊢) قرار دهید. سیم تست قرمز را به ترمینال $V\text{-}\Omega$ و سیم تست مشکی را به ترمینال COM متصل نمایید. مطابق شکل ۱ دو سر دیگر سیمهای تست را به دو طرف دیود متصل کنید و آوومتر را روشن کنید. در صورت سالم بودن دیود ، نمایشگر ولتاژی بین $500\ mv$ تا $700\ mv$ را نشان خواهد داد و در صورت خراب بودن دیود ، نمایشگر

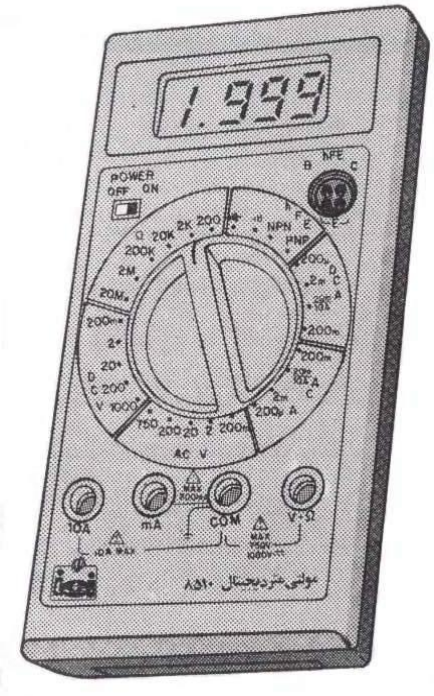
اعداد 000 یا 1 را نشان می دهد.

سیم مشکی　　سیم قرمز

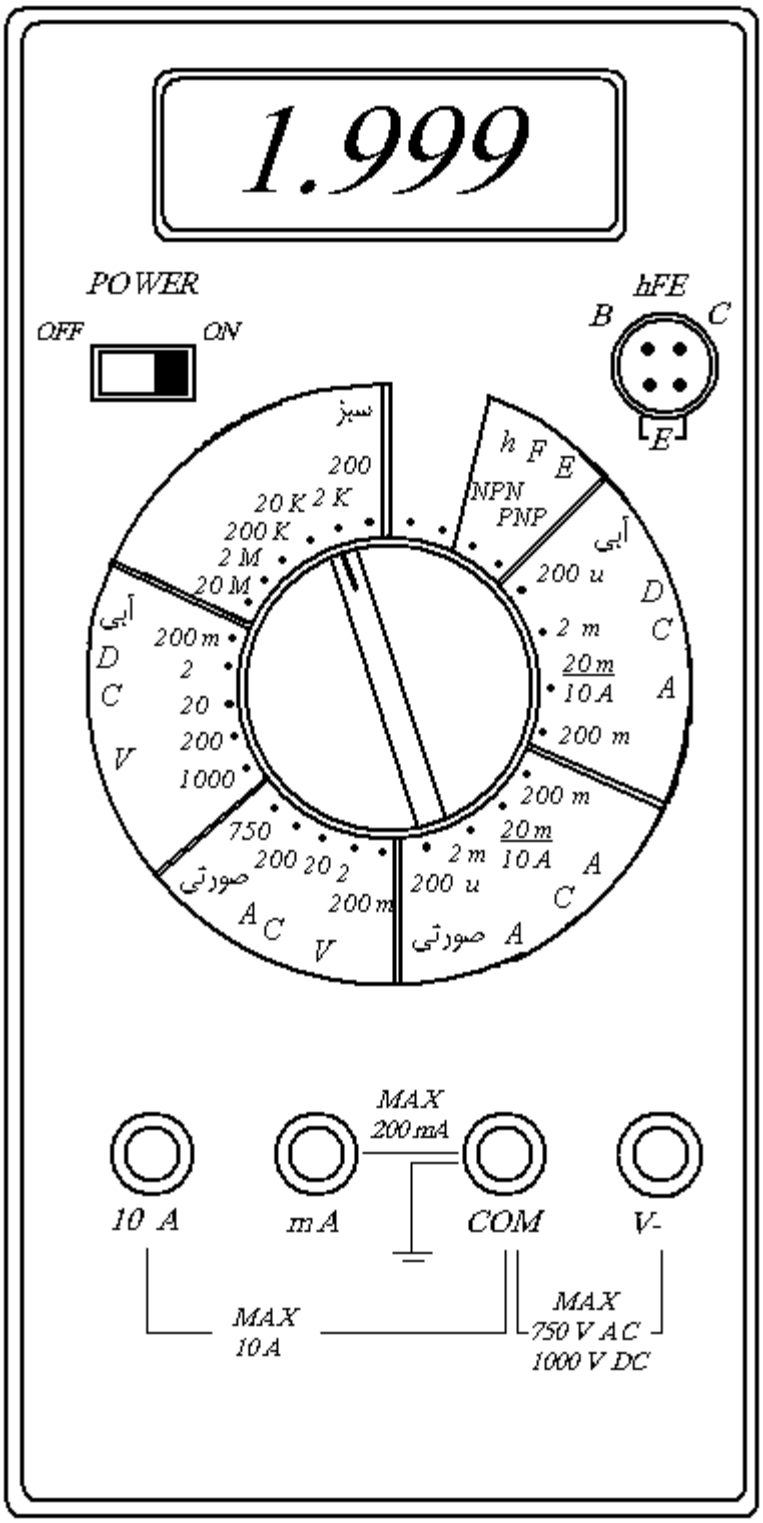
شکل ۱

اندازه گیری hFE ترانزیستور : برای اندازه گیری hFE ترانزیستور ، ابتدا سلکتور را بسته به نوع ترانزیستور روی ناحیه NPN یا PNP تنظیم نمایید. پایه های مربوط به $Base$ و $Collector$ را به ترتیب به ترمینال های B و C و پایه $Emitter$ را بسته به نوع ترانزیستور در یکی از ترمینال های E قرار دهید. در صورت سالم بودن ترانزیستور ، نمایشگر دستگاه مقداری بین 40 تا 1000 را نشان خواهد داد.

تست اتصال کوتاه : جهت تست اتصال کوتاه در مدار ، سلکتور را در وضعیت　　قرار داده ، سیم قرمز را به ترمینال $V\text{-}\Omega$ و سیم مشکی را به ترمینال COM متصل نمایید. دو سر دیگر سیم های تست را نیز در مدار قرار دهید. در صورتی که مقاومت مدار تحت آزمایش زیر $20\ \Omega$ باشد ، صدای بوق به گوش می رسد که نشان دهنده هادی بودن مدار تحت آزمایش است.



دو نمونه آوومتر (مولتی متر) دیجیتال


1.999
POWER
OFF
ON
hFE
B
C
E
سبز
200
2 K
20 K
200 K
2 M
20 M
آبی
200 m
2
20
200
1000
V
D
C
750
200
20
2
200 m
صورتی
A
C
V
h F E
NPN
PNP
آبی
200 u
2 m
20m
10 A
200 m
D
C
A
200 m
20m
10 A
2 m
200 u
A
C
صورتی
A
MAX
200mA
10 A
mA
COM
V-
MAX
10A
MAX
750 V AC
1000 V DC

آزمایش ۱

عنوان آزمایش : **تحقیق قانون اهم و نحوه اتصال مقاومت ها**

هدف آزمایش : تعیین مقدار مقاومت به وسیله کدهای رنگی ـ بررسی قانون اهم ـ اتصال مقاومت ها به صورت سری ، موازی و مختلط

وسایل مورد نیاز : آوومتر ، پتانسیومتر ، تعدادی مقاومت ، منبع تغذیه DC ، سیم های رابط

تئوری آزمایش :

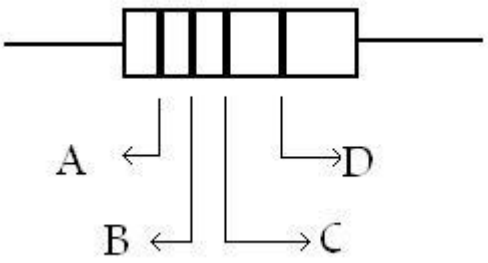
مقاومت *(Resistor)* قطعه ای است که در موارد مختلف از قبیل محدود کردن جریان ، تقسیم جریان و تقسیم ولتاژ به کار می رود و انواع مختلفی دارد. مهم ترین مشخصه یک مقاومت ، مقدار آن است که بر حسب اهم (Ω) ، کیلو اهم $(K\Omega)$ و مگا اهم $(M\Omega)$ بیان می شود.

مقدار واقعی هر مقاومت با مقداری که سازنده آن بیان می کند اختلاف دارد. این اختلاف را درصد خطا یا *Tolerance* می نامند. میزان این خطا بستگی به تکنولوژی ساخت مقاومت دارد.

یکی از انواع مقاومت ها ، مقاومت چینی یا سرامیکی است که دو سر آن به سیم هایی قلع اندود شده متصل است و مقدار مقاومت و میزان *Tolerance* آن نیز به کمک نوارهای رنگی روی مقاومت مشخص می شود. هر رنگ روی مقاومت نشان دهنده عددی خاص است که در جدول ۱-۱ ذکر گردیده است. برای تعیین مقدار مقاومت به کمک جدول کدهای رنگی ، باید مقاومت را طوری مقابل خود قرار داد که نوارهایی که به یک سمت نزدیک تر هستند در سمت چپ و نوار چهارم که نماینده *Tolerance* است و معمولاً به رنگ طلایی یا نقره ای است در سمت راست قرار داشته باشد. در نهایت مانند آنچه در مثال ۱-۱ ذکر شده است مقدار مقاومت را تعیین می نماییم.

رنگ	نوار اول عدد اول	نوار دوم عدد دوم	نوار سوم ضریب	نوار چهارم *Tolerance*
سیاه	*0*	*0*	*1*	
قهوه ای	*1*	*1*	*10*	*1 %*
قرمز	*2*	*2*	10^2	*2 %*
نارنجی	*3*	*3*	10^3	
زرد	*4*	*4*	10^4	
سبز	*5*	*5*	10^5	*0.5 %*
آبی	*6*	*6*	10^6	*0.25 %*
بنفش	*7*	*7*	10^7	*0.1 %*
خاکستری	*8*	*8*	10^8	*0.05 %*
سفید	*9*	*9*	10^9	
طلایی			*0.1*	*5 %*
نقره ای			*0.01*	*10 %*

جدول ۱-۱ : کدهای رنگی مقاومت



طریقه خواندن کدهای رنگی مقاومت :

$$R=AB\times10^{C}\pm\,\%D$$

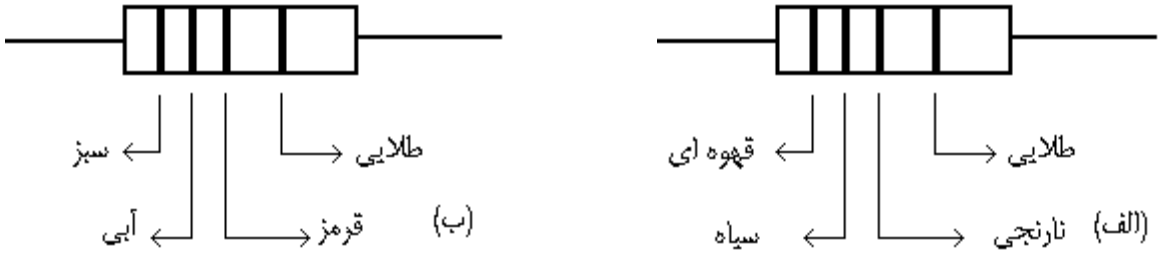
نکته : با توجه به جدول کدهای رنگی مقاومت ها :

۱- اگر نوار سوم (ضریب) سیاه بود ، ضریب منظور نمی گردد.

۲- اگر نوار سوم (ضریب) طلایی بود ، دو رقم اول در *0.1* ضرب می شود.

۳- اگر نوار سوم(ضریب) نقره ای بود ، دو رقم اول در *0.01* ضرب می شود.

مثال ۱-۱ : تعیین مقدار اهمی مقاومت های زیر :



الف : مقدار اهمی مقاومت $= 10\times10^{3} \pm 5\%\ \ Tolerance$

$= 10\ k\Omega \pm 0.5\ k\Omega\ \ = 10000\ \Omega \pm 500\ \Omega$

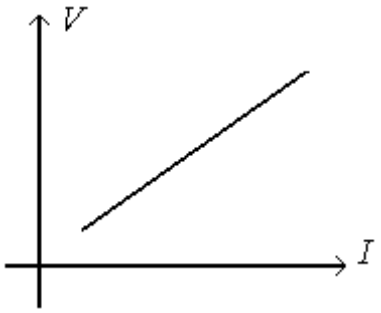
ب : مقدار اهمی مقاومت $= 56\times10^{2} \pm 5\%\ \ Tolerance$

$= 5.6\ k\Omega \pm 0.28\ k\Omega = 5600\ \Omega \pm 280\ \Omega$

قانون اهم : اگر دو سر رسانای R به اختلاف پتانسیل V مرتبط باشد و جریانی به شدت I از آن عبور کند، همواره نسبت اختلاف پتانسیل به شدت جریان مقداری است ثابت، که به آن مقاومت الکتریکی رسانا می گویند.

$$R = \frac{V}{I} \qquad \Leftrightarrow \qquad V = IR$$

رابطه فوق بیان کننده قانون اهم است که نخستین بار توسط گئورگ سیمون اهم ارائه شد و به افتخار او ، به عنوان قانون اهم نام گذاری گردید. این رابطه نشان می دهد که منحنی نمایش تغییرات اختلاف پتانسیل بر حسب شدت جریان ، خطی می باشد. با دقت در نمودار ۱-۱ نیز به خوبی در می یابید که منحنی نمایش V-I خطی بوده و شیب نمودار نیز برابر با مقاومت الکتریکی رسانا می باشد.



نمودار ۱-۱

البته باید توجه کرد که تمام رساناها از قانون اهم تبعیت نمی کنند ، هر رسانایی که از قانون اهم تبعیت می کند را رسانای اهمی گویند.

روش آزمایش ۱ :

۱- یک مقاومت انتخاب کنید و مقدار آن را با توجه به کدهای رنگی به دست آورید.

۲- به کمک اهم متر مقدار مقاومت را اندازه گیری کنید.

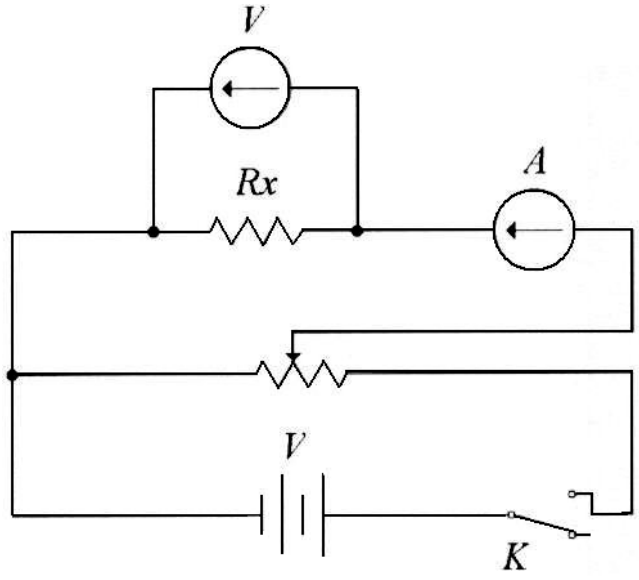
۳- مداری مطابق شکل ۱-۱ تشکیل دهید. با تغییر پتانسیومتر هر بار ولتاژ و جریان را با ولت سنج و آمپر سنج اندازه گیری کنید و جدول ۱-۲ را کامل کنید.

۴- با رسم نمودار V بر حسب I و با استفاده از شیب نمودار ، R_x را پیدا کنید. (روی کاغذ میلی متری)

۵- درصد خطای آزمایش را به دست آورید.

نکته : برای محاسبه درصد خطای آ زمایش از فرمول زیر استفاده می کنیم :

$$\text{درصد خطا} = \frac{|\text{مقدار تجربی} - \text{مقدار تئوری}|}{\text{مقدار تئوری}} \times 100$$



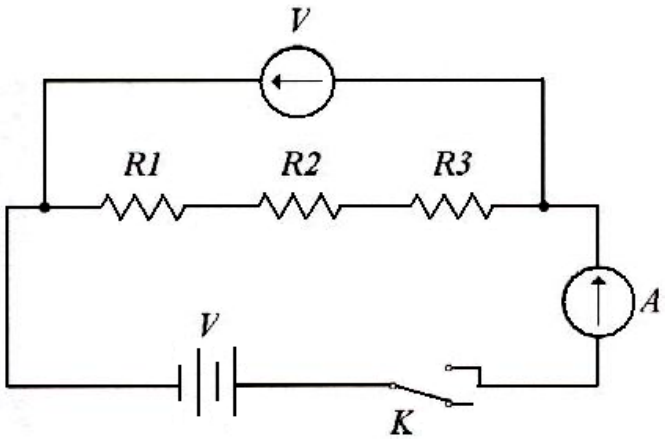
شکل ۱-۱

روش آزمایش ۲ :

۱- سه مقاومت R_1 , R_2 , R_3 را مطابق شکل ۱-۲ به هم وصل کنید. ولتاژ و جریان را اندازه گیری کنید و با استفاده از قانون اهم ، مقاومت کل مدار (R) را به دست آورید. (مقاومت تجربی)

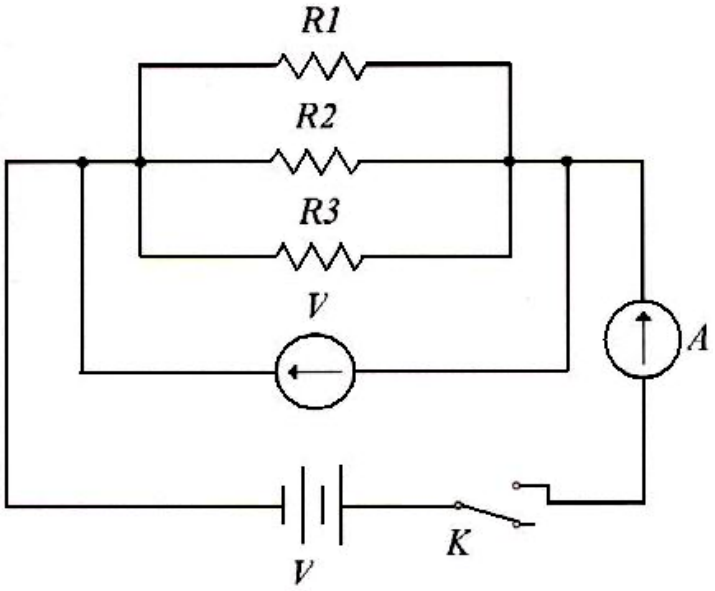
۲- با استفاده از جدول کدهای رنگی ، مقاومت های R_3 , R_2 , R_1 را تعیین کنید و مقاومت کل مدار را در حالت سری از رابطه $R=R_1+R_2+R_3$ به دست آورید. (مقاومت تئوری)

۳- خطای آزمایش را به دست آورید.



شکل ۱-۲

۴- سه مقاومت قبل را به صورت موازی ، مطابق شکل ۱-۳ به هم متصل کرده و مقدار مقاومت کل را از طریق تئوری و تجربی و همچنین درصد خطای آزمایش را به دست آورید.

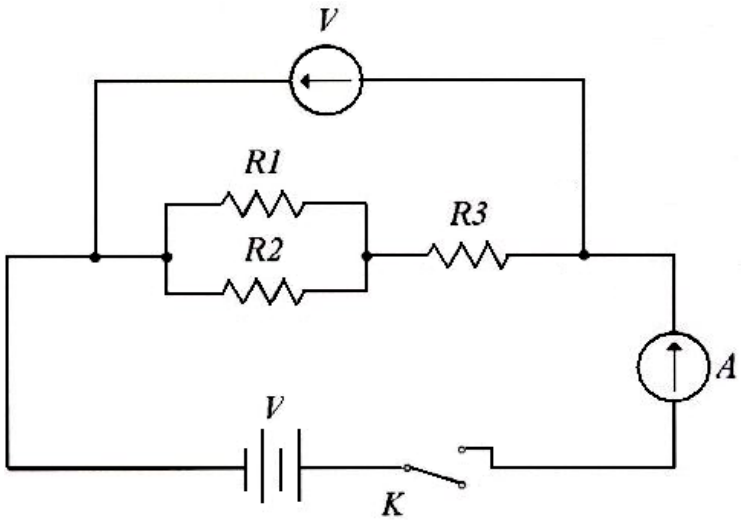


شکل ۱-۳

۵- سه مقاومت قبل را مطابق شکل ۱-۴ به صورت ترکیبی به یکدیگر متصل نمایید و کلیه مراحل قبل به‌طور کامل انجام داده و مقادیر مورد نظر را محاسبه نمایید.

شکل ۱-۴ :

۸



جدول های آزمایش ۱ :

V *(V)*						
I *(A)*						

جدول ۱-۲

آزمایش ۲

عنوان آزمایش : **تحقیق قانون** $R=\rho\frac{L}{S}$

هدف آزمایش : بررسی رابطه مقاومت الکتریکی یک سیم با طول ، سطح مقطع و جنس آن ـ تعیین مقاومت و مقاومت ویژه

وسایل مورد نیاز : آوومتر ، سیم ضخیم ، متر پارچه ای ، کولیس ، منبع تغذیه DC ، سیم های رابط

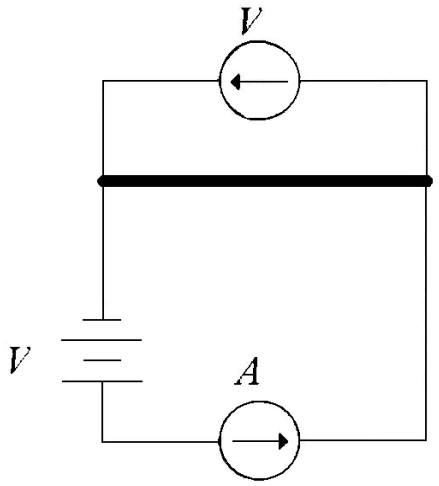
تئوری آزمایش :

مقاومت الکتریکی رسانا به مشخصات ساختمانی آن بستگی دارد. اگر سطح مقطع رسانا در تمام طول آن یکسان باشد ، مقاومت الکتریکی آن از رابطه زیر به دست می آید :

$$R=\rho\frac{L}{S}$$

در رابطه فوق ، ρ مقاومت ویژه رسانا بر حسب اهم متر (Ωm) ، L طول رسانا بر حسب متر (m) و S سطح مقطع بر حسب متر مربع (m^2) است.

مقاومت ویژه رسانا ثابت نیست و با تغییر دمای رسانا ، تغییر می کند. مقاومت ویژه رساناهای فلزی ، با افزایش دما ، افزایش می یابد. زیرا افزایش دما ، دامنه ارتعاش اتم های فلز را افزایش می دهد و برخورد بارهای آزاد با آنها بیشتر می شود و در نتیجه مقاومت ویژه رسانا افزایش می یابد.



شکل ۲-۱

روش آزمایش ۱ :

سه سیم را برداشته و طول هر سیم را با متر پارچه ای و قطر آن را با کولیس یا ریز سنج اندازه گرفته و سطح مقطع آن را به دست آورید و نتایج را در جدول ۲-۱ وارد کنید. به وسیله هر سیم ، مداری مانند شکل ۲-۱ تشکیل دهید. با مشخص نمودن شدت جریان عبوری و اختلاف پتانسیل مربوطه ، مقاومت سیم ها را از رابطه قانون اهم محاسبه کنید. مقاومت ویژه هر سیم را به دست آورید و جدول ۲-۱ را کامل کنید.

روش آزمایش ۲ :

مراحل آزمایش قبل را برای یکی از سیم ها انجام دهید. با این تفاوت که هر بار طول سیم را تغییر دهید و برای هر طول ، مقدار مقاومت و مقاومت ویژه را به دست آورید و جدول ۲-۲ را تکمیل نمایید. مقدار میانگین مقاومت ویژه را به دست آورید و خطای مطلق و خطای نسبی آزمایش را برای ρ محاسبه نمایید.

جدول های آزمایش ۲ :

سیم	L (m)	a (m)	S (m^2)	I (A)	R (Ω)	ρ (Ωm)
۱						
۲						
۳						

$S = \pi r^2$ جدول ۲-۱ $r = a/2$

L (cm)	I (A)	R (Ω)	ρ (Ωm)	$\bar{\rho} \pm \Delta\rho$ (Ωm)
10				
20				
30				
40				
50				
60				
70				
80				

جدول ۲-۲

آزمایش ۳

عنوان آزمایش : **تعیین مقاومت مجهول به روش پل وتستون و پل تار**

هدف آزمایش : اندازه گیری مقاومت مجهول در مدار به روش های مختلف

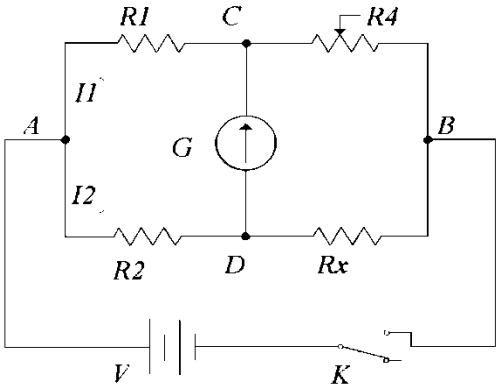
وسایل مورد نیاز : گالوانومتر یا آوومتر، مقاومت های مختلف، دستگاه پل تار، منبع تغذیه DC ، سیم های رابط

تئوری آزمایش ۱ : (پل وتستون)

پل وتستون طرحی است که اولین بار توسط چارلز وتستون برای تعیین مقاومت های مجهول پیشنهاد شد. طبق این طرح دو مقاومت معلوم و ثابت R_1 و R_2 ، یک مقاومت متغیر R_4 و یک مقاومت مجهول R_x مطابق شکل ۳-۱ به هم وصل شده اند. بین نقاط C و D گالوانومتری بسته شده است که عبور جریان را نشان می دهد. مقدار مقاومت متغیر را تغییر می دهیم تا عقربه گالوانومتر روی صفر قرار گیرد ، در این حالت بین نقاط C و D اختلاف پتانسیلی وجود ندارد و می توان نوشت :

$$V_D - V_C = 0 \quad \rightarrow \quad V_D = V_C$$
$$V_A - V_D = V_A - V_C \quad \rightarrow \quad I_2R_2 = I_1R_1$$
$$V_B - V_D = V_B - V_C \quad \rightarrow \quad I_2R_x = I_1R_4$$

از تقسیم روابط $\rightarrow$ $R_x = \frac{R_2R_4}{R_1}$ یا $\frac{R_2}{R_x} = \frac{R_1}{R_4}$



شکل ۳-۱

روش آزمایش ۱ :

۱- مداری مطابق شکل ۳-۱ تشکیل دهید و مقدار مقاومت مجهول (R_x) را به دست آورید.

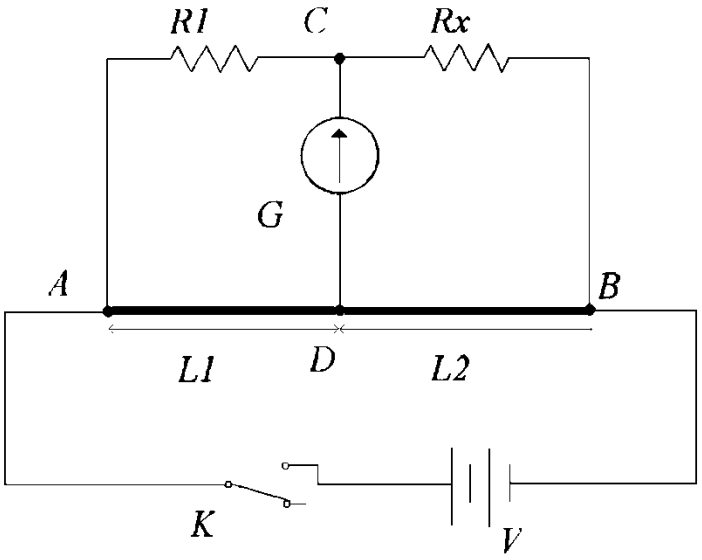
۲- مقدار مقاومت مجهول (R_x) را با توجه به کدهای رنگی به دست آورید.

۳- درصد خطای آزمایش در محاسبه R_x را برآورد کنید.

تئوری آزمایش ۲ : (پل تار)

در پل تار دو سر یک رشته سیم مقاوم AB مطابق شکل ۳-۲ به مقاومت معلوم R_1 و مقاومت مجهول R_x مربوط است. نقاط A و B به کلید قطع و وصل و مولد متصل شده اند. گالوانومتری از یک طرف به محل اتصال دو مقاومت مذکور مربوط است و طرف دیگر آن روی سیم AB می تواند بلغزد و آن را به دو قسمت L_1 و L_2 تقسیم کند. در حقیقت پل تار ، همان پل وتستون است که به جای دو مقاومت آن ، قطعه های L_1 و L_2 به کار رفته است. بنابراین می توان نوشت :

$$R_x = \frac{R_1 L_2}{L_1}$$



شکل ۳-۲

روش آزمایش ۲ :

۱- طول های L_1 و L_2 را به وسیله خط کش اندازه گیری کنید و با توجه به این که R_1 معلوم است مقدار مقاومت مجهول (R_x) را به دست آورید.

۲- مقدار R_x را با توجه به کدهای رنگی محاسبه نمایید.

۳- با توجه به مقادیر به دست آمده از مراحل قبل ، درصد خطای آزمایش در محاسبه R_x را به دست آورید.

آزمایش ۴

عنوان آزمایش : **میدان بارهای الکتریکی**

هدف آزمایش : ترسیم خطوط هم پتانسیل و خطوط میدان مربوط به بارهای الکتریکی

وسایل مورد نیاز : آوومتر ، ظرف نسبتاً بزرگ ، الکترود های مسی ، منبع تغذیه DC ، سیم های رابط

تئوری آزمایش :

هر گاه یک بار الکتریکی q در یک نقطه از فضا قرار گیرد در اطراف آن خاصیتی به وجود می آید که آن را میدان الکتریکی می نامند. همچنین اگر در نقطه ای معین بار مثبت کوچکی تحت تأثیر نیروی الکتریکی قرار بگیرد ، می گوییم در آن نقطه میدان الکتریکی وجود دارد. شدت میدان الکتریکی (E) عبارت است از نیرویی که بر واحد بار الکتریکی مثبت ساکن در آن نقطه وارد می شود :

$$\vec{E}=\frac{\vec{F}}{q_0}$$

چون با وارد کردن بار الکتریکی مثبت به میدان الکتریکی نبایستی تغییری در میدان به وجود آید می توان شدت میدان الکتریکی را به صورت زیر نیز تعریف کرد :

$$\vec{E}=\lim_{q_\circ\to 0}\frac{\vec{F}}{q_0}$$

مطابق قانون کولن ، نیروی وارد بر بار آزمون در نقطه ای به فاصله r از بار آزمون برابر است با :

$$F=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{qq_0}{r^2}\hat{r}$$

$$\varepsilon_0=8.85\times10^{-12}(C^2/N\cdot m^2)$$

$$k=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}=9\times10^9(N\cdot m^2/C^2)$$

در رابطه فوق $\hat{r}$ بردار واحد در امتداد r است. طبق دو رابطه قبل نتیجه می گیریم :

$$\vec{E}=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r^2}\hat{r}$$

خطوط میدان الکتریکی :

هر میدان برداری را می توان با خطوط میدان نمایش داد. خطوط میدان الکتریکی طبق تعریف ، منحنی هایی هستند که در هر یک از نقاط آنها ، بردار میدان مماس بر منحنی باشد. این خطوط برای نمایش چگونگی توزیع میدان به کار می روند. در شکل ۴-۱ خطوط میدان یک بار نقطه ای رسم شده است.

پتانسیل الکتریکی :

دیدیم که در یک میدان الکتریکی بر هر جسم باردار ، نیرویی وارد می شود و از این رو باید برای جابجا کردن جسم باردار در مقابل این نیرو ، کار انجام داد. بر حسب تعریف ، مقدار کاری که برای انتقال واحد بار مثبت از نقطه A به نقطه B لازم است را اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطهA و B می نامند :

$$V_B - V_A = \frac{W_{AB}}{q_0}$$

مقدار کار لازم در جابجایی dr ، برابر است با :

$$W_{AB} = -q_0 \int_A^B \vec{E}\cdot d\vec{r} \implies \qquad dW_{AB} = -\vec{F}\cdot d\vec{r} = -\vec{E}q_0 \cdot d\vec{r}$$

بنابراین اختلاف پتانسیل بین نقاط A و B به طریق زیرمحاسبه می شود :

$$V_B - V_A = \frac{W_{AB}}{q_0} = -\int_A^B \vec{E}\cdot d\vec{r} = -\int_A^B kq(\frac{1}{r^2})dr = kq(\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A})$$

پتانسیل نقطه A واقع در بی نهایت دور را برابر صفر در نظر می گیرند و در نتیجه ، پتانسیل در هر نقطه مثل B از رابطه زیر به دست می آید :

$$V_B = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q}{r}$$

V_B برابر با مقدار کاری است که باید انجام داد تا بار نقطه ای مثبت از بی نهایت دور به نقطه B آورده شود. پتانسیل الکتریکی یک کمیت اسکالر است. پتانسیل الکتریکی مجموعه ای از بارها در

یک نقطه مشخص برابر است با جمع جبری پتانسیل هایی که هر یک از بارها به تنهایی در آن نقطه مشخص ایجاد می کنند. پس :

$$V = \sum_n V_n = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \Sigma \frac{q_n}{r_n}$$

سطوح هم پتانسیل :

اگر بتوان سطحی را پیدا کرد که نقاط واقع بر این سطح همگی دارای پتانسیل یکسانی باشند ، آن سطح را سطح هم پتانسیل می گویند. واضح است که اختلاف پتانسیل بین هر دو نقطه واقع بر یک سطح هم پتانسیل صفر می باشد.

همان طور که در شکل ۴-۱ نشان داده شده است ، سطوح اکوی پتانسیل (هم پتانسیل) برای یک بار نقطه ای کره هایی متحدالمرکز هستند. به آسانی می توان نشان داد که در هر نقطه میدان الکتریکی بر سطوح هم پتانسیل عمود است. زیرا ، اگر میدان الکتریکی بر سطح هم پتانسیل عمود نباشد ، مؤلفه ای در امتداد آن خواهد داشت. با جابجایی واحد بار مثبت در امتداد این مؤلفه کار انجام می شود و در نتیجه نقاط روی سطح مذکور هم پتانسیل نخواهند بود ، که خلاف فرض اولیه است.

پتانسیل الکتریکی :

دیدیم که در یک میدان الکتریکی بر هر جسم باردار ، نیرویی وارد می شود و از این رو باید برای جابجا کردن جسم باردار در مقابل این نیرو ، کار انجام داد. بر حسب تعریف ، مقدار کاری که برای انتقال واحد بار مثبت از نقطه A به نقطه B لازم است را اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطهA و B می نامند :

$$V_B - V_A = \frac{W_{AB}}{q_0}$$

مقدار کار لازم در جابجایی dr ، برابر است با :

$$W_{AB} = -q_0 \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{r} \implies \quad dW_{AB} = -\vec{F} \cdot d\vec{r} = -\vec{E} q_0 \cdot d\vec{r}$$

بنابراین اختلاف پتانسیل بین نقاط A و B به طریق زیرمحاسبه می شود :

$$V_B - V_A = \frac{W_{AB}}{q_0} = -\int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{r} = -\int_A^B kq\left(\frac{1}{r^2}\right) dr = kq\left(\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A}\right)$$

پتانسیل نقطه A واقع در بی نهایت دور را برابر صفر در نظر می گیرند و در نتیجه ، پتانسیل در هر نقطه مثل B از رابطه زیر به دست می آید :

$$V_B = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}.\frac{q}{r}$$

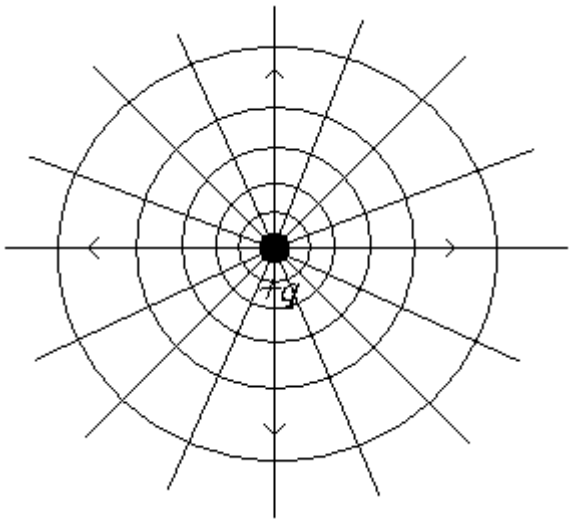
V_B برابر با مقدار کاری است که باید انجام داد تا بار نقطه ای مثبت از بی نهایت دور به نقطه B آورده شود. پتانسیل الکتریکی یک کمیت اسکالر است. پتانسیل الکتریکی مجموعه ای از بارها در یک نقطه مشخص برابر است با جمع جبری پتانسیل هایی که هر یک از بارها به تنهایی در آن نقطه مشخص ایجاد می کنند. پس :

$$V = \sum_n V_n = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\Sigma\frac{q_n}{r_n}$$

سطوح هم پتانسیل :

اگر بتوان سطحی را پیدا کرد که نقاط واقع بر این سطح همگی دارای پتانسیل یکسانی باشند ، آن سطح را سطح هم پتانسیل می گویند. واضح است که اختلاف پتانسیل بین هر دو نقطه واقع بر یک سطح هم پتانسیل صفر می باشد.

همان طور که در شکل ۴-۱ نشان داده شده است ، سطوح اکوی پتانسیل (هم پتانسیل) برای یک بار نقطه ای کره هایی متحدالمرکز هستند. به آسانی می توان نشان داد که در هر نقطه میدان الکتریکی بر سطوح هم پتانسیل عمود است. زیرا ، اگر میدان الکتریکی بر سطح هم پتانسیل عمود نباشد ، مؤلفه ای در امتداد آن خواهد داشت. با جابجایی واحد بار مثبت در امتداد این مؤلفه کار انجام می شود و در نتیجه نقاط روی سطح مذکور هم پتانسیل نخواهند بود ، که خلاف فرض اولیه است.

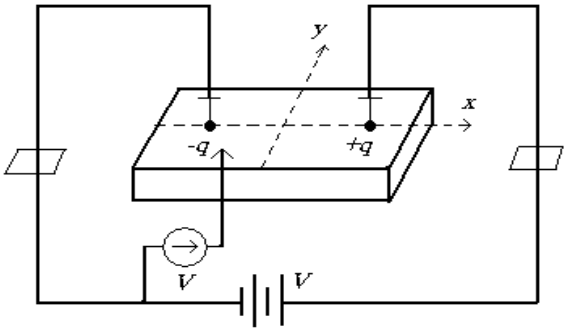


شکل ۴-۱ : خطوط میدان و سطوح هم پتانسیل بار نقطه ای مثبت

روش آزمایش ۱ :

در ظرف آزمایش مقداری آب بریزید. سعی کنید عمق آب در تمام نقاط یکسان و برابر سه میلی متر باشد. برای ایجاد بار نقطه ای از دو الکترود مسی نوک تیز استفاده کنید و آنها را مطابق شکل ۴-۲ درون ظرف قرار دهید. دقت کنید نوک های دو الکترود دقیقاً روی یکی از اعداد صحیح محور x ، در دو طرف محور فرضی y و به فاصله مساوی از مرکز قرار گیرد. الکترودها را به منبع تغذیه DC وصل کنید ، در این حالت نوک الکترودها به منزله بارهای نقطه ای مثبت ومنفی می باشند. محل این نقاط را با دو دایره کوچک ، روی کاغذ میلی متری مشخص کنید.

برای مشخص کردن سطوح هم پتانسیل ، ورودی منفی یک ولت متر را به قطب منفی منبع تغذیه متصل کرده و ورودی $V\text{-}\Omega$ آن را به یک الکترود دسته دار متصل نمایید. با حرکت دادن نوک الکترود دسته دار ، درون ظرف ، نقاطی را پیدا کنید که ولت متر در آن نقاط مقادیر یکسانی را نشان می دهد. این نقاط را روی کاغذ میلی متری علامت زده و به هم وصل کنید تا یک سطح هم پتانسیل به دست آید. توجه نمایید که ولتاژ هر سطح را در کنار آن درج کنید.



شکل ۴-۲

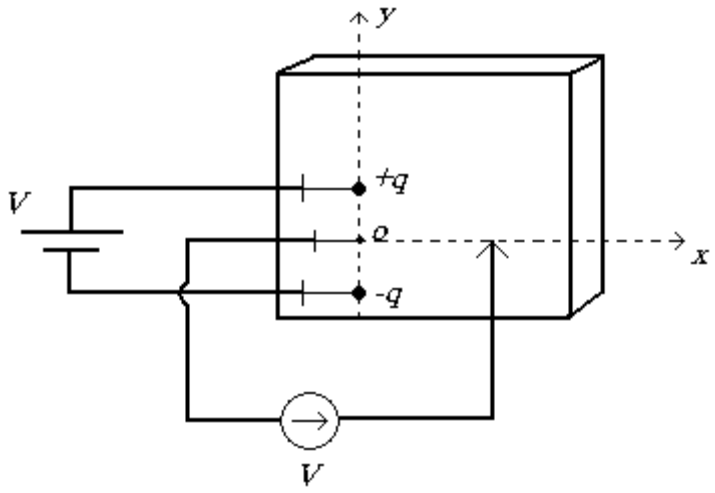
اعمال فوق را برای هفت ولتاژ مختلف انجام دهید و هفت سطح هم پتانسیل در اطراف الکترودهای مثبت و منفی رسم کنید. ولتاژها را چنان اختیار کنید که یکی از خطوط تقریباً میان دو الکترود، سه تای آنها در اطراف الکترود مثبت و سه تای دیگر در اطراف الکترود منفی باشند. در نهایت پس از رسم سطوح هم پتانسیل، خطوط میدان را نیز رسم نمایید.

روش آزمایش ۲ :

تغییرات پتانسیل در حوالی یک دوقطبی الکتریکی : در درس فیزیک ۲ با دوقطبی الکتریکی و روابط مربوط به محاسبه پتانسیل الکتریکی بر روی محور دوقطبی و عمودمنصف آن آشنا شدید. در این قسمت مطالب فوق را عملاً بررسی خواهیم کرد. مطابق شکل ۴-۳ دو الکترود مثبت و

منفی را به فاصله 4 cm از یکدیگر در ظرف آبی که در قسمت قبل آماده کرده بودید قرار دهید و الکترود ها را به دو قطب منبع تغذیه DC متصل کنید. ورودی منفی ولت متر را به یک الکترود متصل نموده و این الکترود را در مرکز دوقطبی قرار دهید. یک الکترود دسته دار نیز به ورودی دیگر ولت متر متصل نمایید.

با استفاده از الکترود دسته دار پتانسیل نقاط واقع بر محور دوقطبی (محور فرضی y) و همچنین نقاط واقع بر عمودمنصف محور دوقطبی (محور فرضی x) را اندازه گیری نمایید. منحنی نمایش تغییرات پتانسیل نقاط واقع بر محور دوقطبی (محور فرضی y) را برحسب فاصله تا مرکز دوقطبی رسم کنید. در نهایت خطوط میدان الکتریکی دوقطبی را نیز ترسیم نمایید.



شکل ۴-۳

آزمایش ۵

عنوان آزمایش : **خازن ها ، شارژ و دشارژ خازن ها**

هدف آزمایش : آشنایی با نحوه عملکرد و کاربرد خازن در مدارها ـ رسم منحنی های شارژ و دشارژ خازن و پیدا کردن ظرفیت خازن

وسایل مورد نیاز : خازن با ظرفیت های مختلف ، ولت متر ، منبع تغذیه DC ، سیم های رابط

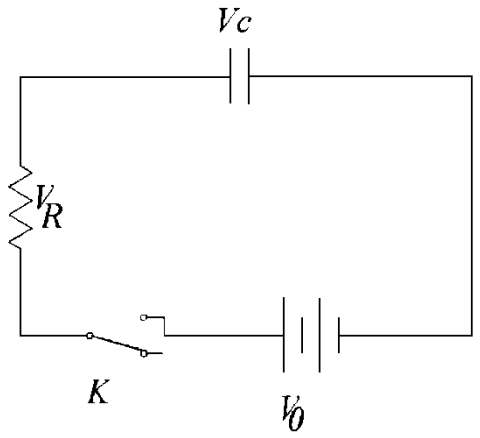
تئوری آزمایش ۱ :

دو جسم رسانا که توسط عایقی از هم جدا شده باشند ، تشکیل خازن *(Capacitor)* می دهند. دو صفحه رسانا را جوشن های خازن و ماده نارسانای بین آنها را دی الکتریک می نامند. اگر جوشن های خازنی را به یک پیل متصل نماییم ، برای مدت کوتاهی جریانی از آن عبور می کند و جوشن ها دارای بار الکتریکی می شوند. جریان در خازن تا زمانی برقرار است که اختلاف پتانسیل دو جوشن خازن با اختلاف پتانسیل دو سر پیل مساوی شود که در این هنگام جریان به صفر می رسد. مقدار بار الکتریکی ذخیره شده در خازن با اختلاف پتانسیل دو سر خازن متناسب است :

$$q = CV \qquad \Longleftrightarrow \qquad C = \frac{q}{V}$$

در رابطه فوق C ، ظرفیت خازن می باشد که به مشخصات فیزیکی و جنس دی الکتریک بستگی دارد.

مدار R-C در شکل ۵-۱ را در نظر بگیرید :



شکل ۵-۱

$$dq = Idt \qquad \rightarrow \qquad q = \int Idt$$

$$V_0 = V_C + V_R \quad \rightarrow \quad V_0 = \frac{q}{C} + IR \quad \rightarrow \quad V_0 = \frac{1}{C}\int Idt + IR$$

معادله فوق ، یک معادله دیفرانسیل است و جواب آن به صورت یک تابع نمایی *(exponential)* می باشد:

ازحل معادله $\Longrightarrow \quad I=\frac{V_0}{R}e^{-t/RC}$

$$V_0=V_C+V_R \rightarrow V_C=V_0-V_R=V_0-IR \rightarrow$$

$$V_C=V_0-R(\frac{V_0}{R}e^{-t/RC}) \rightarrow V_C=V_0(1-e^{-t/RC})$$

با استفاده از رابطه فوق می توان اختلاف پتانسیل دو سر خازن را در هر لحظه مانند t به دست آورد.

در زمان های خاص زیر، ولتاژ دو سر خازن به صورت ذکر شده، تعیین می گردد :

در لحظه ای که کلید مدار را می بندیم:

$t=0 \rightarrow V_C=0$ (خازن خالی است)

پس از مدت زمان طولانی $t=\infty \rightarrow V_C=V_0(1-e^{-\infty})=V_0(1-\frac{1}{\infty})=V_0$

(در بی نهایت، ولتاژ دو سر خازن برابر ولتاژ منبع می شود)

$$t=RC \rightarrow V_C=V_0(1-e^{-1}) \rightarrow$$

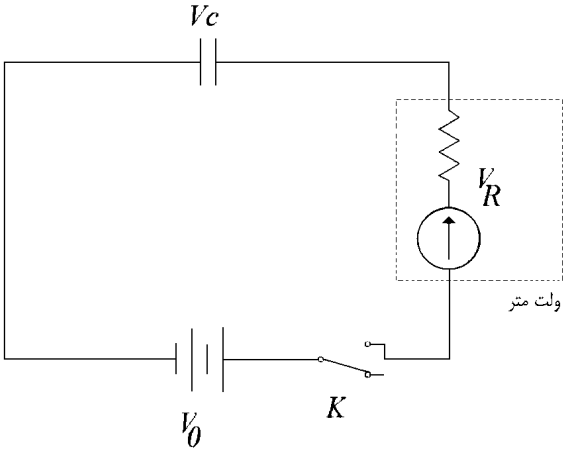
$$V_C=V_0(1-0.37) \quad (e\approx 2.71828182) \rightarrow V_C=0.63V_0$$

RC را ثابت زمانی مدار می نامند و مقدار آن نشان دهنده سرعت پر شدن خازن می باشد.

تعریف : حاصل ضرب RC را که بعد زمانی دارد ، ثابت زمانی خازن یا مدار می نامند و آن عبارت است از مدت زمانی که طول می کشد تا اختلاف پتانسیل دو سر خازن برابر با 0.63 مقدار نهایی (V_0) گردد.

روش آزمایش ۱ :

۱- مداری مطابق شکل ۵-۲ تشکیل دهید. یک خازن مناسب را اختیار کرده و آن را به منبع تغذیه با ولتاژ تقریبی $20\ V$ و یک ولت متر متصل نمایید.



شکل ۵-۲ :

با اتصال کلید K مدت زمانی می گذرد تا خازن کاملاً پر شود در طی این مدت زمان ، مرتباً از مقدار V_R کاسته شده و به V_C افزوده می گردد ، به طوری که در هر لحظه : $V_0 = V_C + V_R$

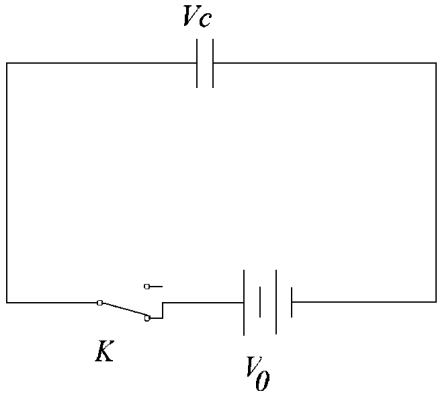
و در لحظه $t = 0$ داریم : $V_C = \varepsilon = V_R$

۲ - برای شروع آزمایش ابتدا خازن را تخلیه نموده ، سپس کلید مدار را بسته و کرنومتر را روشن کنید. هر بیست ثانیه ، مقدار V_R را خوانده و جدول ۵-۱ را تکمیل کنید.

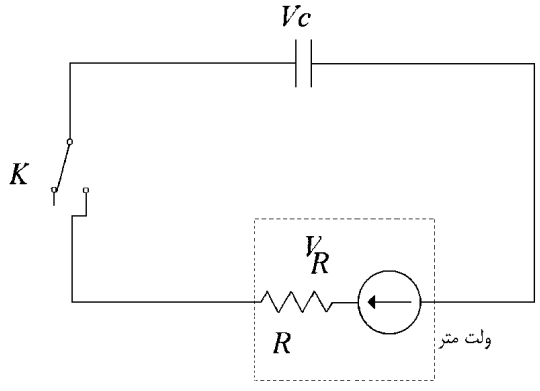
۳ - با رسم نمودار VC نسبت به t روی کاغذ میلی متری و با داشتن C معلوم ، با استفاده از رابطه t=RC مقدار R (مقاومت داخلی ولت متر) را به دست آورید.

تئوری آزمایش ۲ :

دشارژ یا خالی کردن خازن ها : خازن C را در نظر بگیرید که آن را تا ولتاژ V_0 ، مطابق مدار شکل ۵-۳ پر کرده ایم. سپس آن را از منبع تغذیه جدا کرده و مطابق شکل ۵-۴ به صورت موازی به مقاومت R متصل نموده ایم.



شکل ۵-۳



شکل ۵-۴

$$V_R + V_C = 0 \longrightarrow IR + \frac{q}{C} = 0 \longrightarrow IR = \frac{1}{C}\int Idt = 0$$

با حل معادله : $V_C = V_0 e^{-t/RC}$

در حالات خاص :

$$\left\{ \begin{array}{lll} t=0 & \rightarrow & V_C = V_0 \\ t=\infty & \rightarrow & V_C = 0 \\ t=RC & \rightarrow & V_C = V_0 e^{-1} = 0.37 V_0 \end{array} \right\}$$

حاصل ضرب RC ، را که بعد زمانی دارد ، ثابت زمانی خازن در حالت دشارژ (خالی شدن) می نامند و آن مدت زمانی است که طول می کشد تا ولتاژ دو سر خازن به 0.37 مقدار اولیه (V_0) برسد.

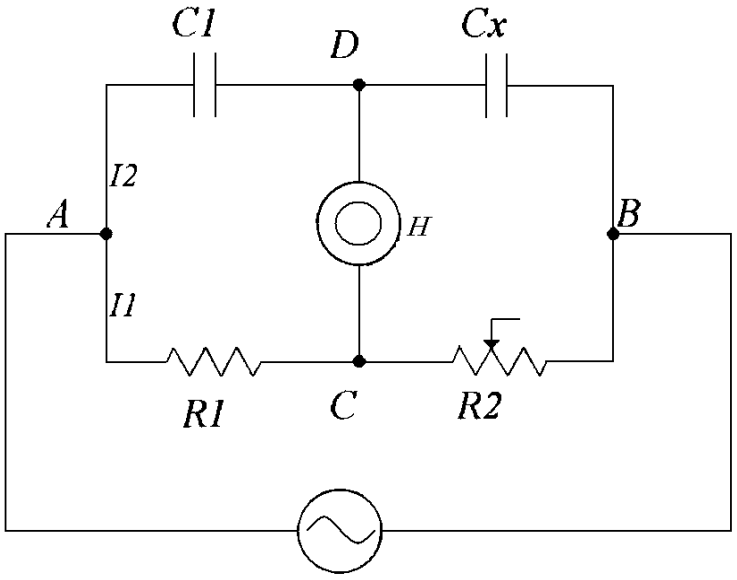
روش آزمایش ۲ :

۱- مداری مطابق شکل ۵-۴ تشکیل دهید و از همان خازن قسمت قبل در مدار استفاده کنید که شارژ شده باشد. هم زمان با بستن کلید ، کرنومتر را به کار انداخته و تغییرات V_R نسبت به زمان را اندازه گرفته و جدول ۵-۲ را کامل کنید.

۲- با رسم منحنی $Ln\ V$ بر حسب t روی کاغذ نیمه لگاریتمی ، خط راستی به دست می آید که ضریب زاویه آن خط برابر با RC می باشد. با داشتن R از مرحله قبل آزمایش ، می توانید C (ظرفیت خازن) را تعیین کنید.

روش آزمایش ۳ :

برای اندازه گیری ظرفیت خازن غیر الکترولیتی می توان از روش پل وتستون استفاده کرد. در شکل ۵-۵ یک مدار پل وتستون را ملاحظه می کنید. مقادیر مقاومت ها و خازن ها را طوری انتخاب کنید که اختلاف پتانسیل نسبی نقاط C و D صفر باشد. این کار به کمک گوشی امکان پذیر است ، به این ترتیب که هر گاه صدا قطع شود ، حالت مذکور بر قرار است. در این حالت روابط زیر بر قرار می باشند :



شکل ۵-۵ :

$$V_A - V_C = V_A - V_D \longrightarrow \alpha : I_1 R_1 = \frac{1}{C_1 \omega} I_2$$

$$V_C - V_B = V_D - V_B \longrightarrow \beta : I_1 R_2 = \frac{1}{C_x \omega} I_2$$

از تقسیم روابط α و β خواهیم داشت :

$$C_x = C_1 \frac{R_1}{R_2} \longrightarrow \frac{R_1}{R_2} = \frac{C_x \omega}{C_1 \omega}$$

جدول های آزمایش ۵ :

t (S)	V_R (V)	V_0 (V)	V_C (V)
0			
20			
40			
60			
80			
100			
120			
140			
160			
180			
200			
.			
.			
.			

$V_C=V_0 - V_R$

جدول ۵-۱

t (S)	$V_C=V_R$ (V)
0	
20	
40	
60	
80	
100	
120	
140	
160	
180	
200	

جدول ۵-۲

آزمایش ۶

عنوان آزمایش : **آشنایی با اسیلوسکوپ (نوسان نما)**
هدف آزمایش : آشنایی با ساختمان ، نحوه کار و استفاده از اسیلوسکوپ
وسایل مورد نیاز : اسیلوسکوپ

تئوری آزمایش :

اسیلوسکوپ دستگاهی است که به وسیله آن می توان هر نوع پدیده متغیری را که قابل تبدیل به ولتاژ یا جریان باشد ، روی صفحه ای مشاهده کرد و مورد بررسی قرار داد. اساس کار دستگاه اسیلوسکوپ ، حرکت دسته ای از الکترون ها است که تقریباً بی وزن بوده و به سهولت می توان آنها را به حرکت در آورد و منحرف نمود لذا ، دستگاه تغییرات خفیف کمیت مورد نظر را مستقیماً نشان می دهد.

مطابق شکل ۶-۱ یک اسیلوسکوپ از قسمت های زیر تشکیل شده است :

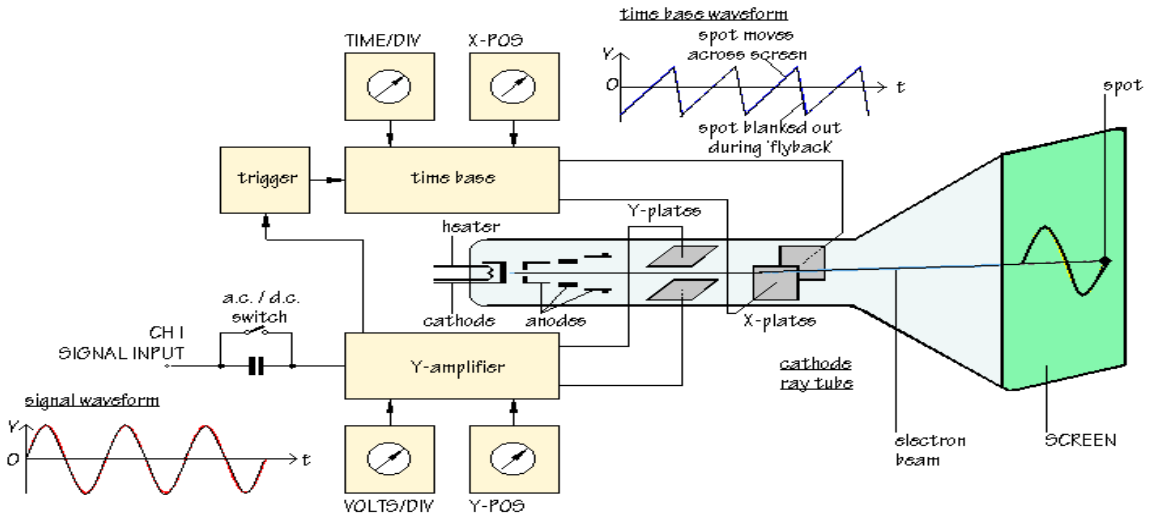
لامپ اسیلوسکوپ که حباب شیشه ای بزرگ به شکل مخروط ناقص بوده و به لوله ای منتهی می شود. در قسمت باریک لوله ای شکل ، کاتد ، آند و صفحه های انحراف قرار دارند. داخل حباب خالی از هوا است و صفحه کوژ جلوی آن با لایه ای از مواد فلورسانس پوشیده شده است. این مجموعه متشکل از سه قسمت زیر است :

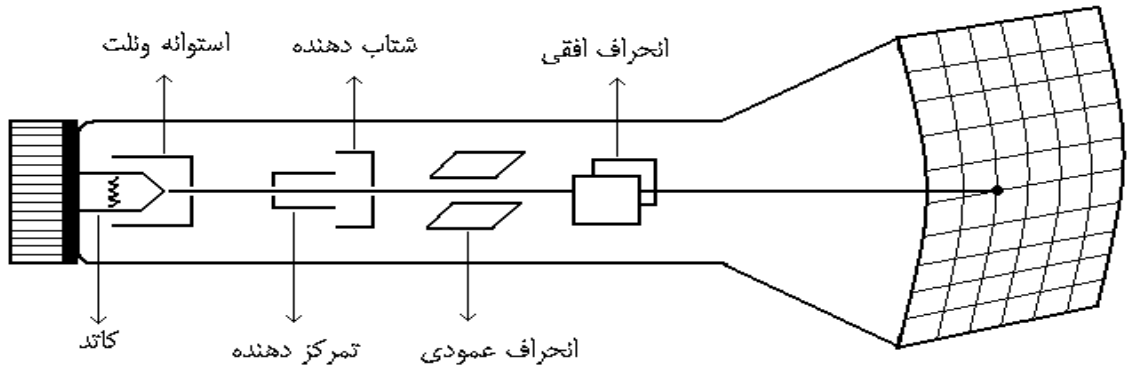
۱- تفنگ الکترونی یا بخش مربوط به تهیه و تمرکز پرتوها *(CRT)*
۲- الکترودهای منحرف کننده پرتوها
۳- صفحه تصویری که با ماده فلورسانس پوشیده شده است

کاتد از جنس اکسید نیکل و به شکل استوانه ساخته شده است و در اولین قسمت لوله باریک قرار گرفته است. منبع تغذیه ، معمولاً با ولتاژ $6.3\ V$ رشته را گرم می کند و باعث التهاب کاتد می شود در نتیجه ، الکترون ها از آن خارج می شوند. جلوی کاتد ، استوانه ونلت قرار گرفته که وسط آن دارای منفذی برای عبور الکترون ها است. الکترون ها پس از عبور از این منفذ به سمت صفحه هدایت می شوند. استوانه ونلت به پتانسیل منفی متصل است و نقش شبکه کنترل را بازی می کند. با تغییر ولتاژ نسبت به کاتد ، می توان میزان الکترون های خارج شده را با شدت پرتوهای الکترونی کنترل کرد. پتانسیومتری روی صفحه دستگاه اسیلوسکوپ وجود دارد که با کلمه *Intensity* مشخص شده و با تغییر آن ، پتانسیل شبکه نسبت به کاتد تغییر می کند و با تغییر شدت پرتوهای الکترونی می توان مقدار روشنایی نقطه تصویر را به دلخواه کم یا زیاد کرد.

بعد از استوانه ونلت قسمتی است که شامل دو آند و یک یا دو الکترود به منظور تمرکز پرتوهای الکترونی است. آند اول استوانه ای است که دارای پتانسیل مثبت زیاد بوده و به آن الکترود کانونی ساز یا آند تمرکز دهنده می گویند. این آند الکترون های اطراف کاتد ملتهب را جذب می نماید و به آن ها شتاب می دهد. الکترون ها با سرعت بسیار زیادی از داخل استوانه آند عبور کرده و به سمت جلو پرتاب می شوند.

آند دوم دارای پتانسیل مثبتی بیش از آند اول می باشد و در کار شتاب دادن به الکترون ها ، کمک می کند و آنها را به شکل یک پرتو باریک ، روی صفحه فلورسانس متمرکز می کند. پتانسیومتری که روی صفحه دستگاه با کلمه *Focus* مشخص شده است ، پتانسیل آند را تغییر می دهد و در اثر این تغییرات نقطه یا خط حاصل روی صفحه فلورسانس باریک تر یا پهن تر می شود.





شکل ۶-۱

پرتوهای الکترونی پس از خروج از تفنگ الکترونی از میدان های ایجاد شده توسط الکترودهای انحراف دهنده عبور می کنند و این دو میدان که یکی مربوط به صفحات عمودی و دیگری مربوط به صفحات افقی هستند ، روی پرتوها اثر می گذارند.

در صورتی که جریان متناوبی به دو صفحه داده شود ، لکه ای که دسته الکترون ها روی صفحه فلورسانس پدید می آورند دارای حرکت رفت و برگشتی خواهد بود. در صورت افزایش بسامد بیش از $10\ Hz$ ، چشم حرکت را تشخیص نمی دهد و مسیر حرکت الکترون ها به صورت خط مستقیمی دیده می شود. صفحه اسیلوسکوپ با انحنای کمی ساخته شده است. قسمت داخلی این صفحه شیشه ای از موادی پوشیده شده که هنگام برخورد الکترون به آن می درخشد. رنگ نور بستگی به جنس ماده فلورسانس دارد که معمولاً سبز متمایل به زرد یا آبی است.

برای آشنایی بیشتر با اسیلوسکوپ به توضیح برخی کلیدهای آن مطابق شکل ۶-۲ می پردازیم :

۱- تغییر مکان ▲▼ *(Position)* :

با چرخاندن پیچ مربوطه ، می توان موج کانال یک *(CH 1)* را در جهت عمودی تنظیم نمود.

۲- کلید ولت بر قسمت *(Volts/Div)* :

تضعیف کننده عمودی مربوط به کانال یک *(CH 1)* ، تنظیم مرحله به مرحله حساسیت عمودی را ممکن می کند.

۳- پیچ کنترل متغیر *(Variable)* :

با چرخاندن این پیچ ، حساسیت عمودی کانال یک *(CH 1)* را می توان دقیقاً تنظیم و کنترل کرد. وقتی کاملاًدر جهت عقربه های ساعت پیچانده شود تضعیف کننده عمودی ، کالیبره می شود.

۴- اهرم سه وضعیتی متناوب ـ زمین ـ مستقیم *(AC-GND-DC)* :

AC (متناوب) : راه را بر مؤلفه *DC* سیگنال ورودی کانال یک *(CH 1)* می بندد.

GND (اتصال به زمین) : مسیر سیگنال را باز کرده و ورودی تقویت کننده عمودی را به زمین متصل می کند ، به این ترتیب خط صفری به دست می آید که از آن می توان به منزله مبنا در اندازه گیری های *DC* استفاده کرد.

DC (مستقیم) : هر دو مؤلفه *DC* و *AC* سیگنال ورودی کانال یک *(CH 1)* را عبور می دهد.

۵- ترمینال ورودی *(Input)* :

محل اتصال سیگنال ورودی کانال یک *(CH 1)* و ورودی عمودی در حالت نمایش *x - y*

۶- کلید ولت بر قسمت *(Volts/Div)* :

تضعیف کننده عمودی مربوط به کانال دو *(CH 2)* ، تنظیم مرحله به مرحله حساسیت را ممکن می کند. در حالت نمایش *x - y* ، جهت تنظیم مرحله به مرحله حساسیت افقی از این کلید استفاده می شود.

۷- پیچ کنترل متغیر *(Variable)* :

با چرخاندن این پیچ ، حساسیت عمودی کانال دو *(CH 2)* را می توان دقیقاً تنظیم و کنترل کرد. وقتی کاملاًدر جهت عقربه های ساعت پیچانده شود تضعیف کننده عمودی ، کالیبره می شود.

۸- اهرم سه وضعیتی متناوب ـ زمین ـ مستقیم *(AC-GND-DC)* :

AC (متناوب) : راه را بر مؤلفه *DC* سیگنال ورودی کانال دو *(CH 2)* می بندد.

GND (اتصال به زمین) : مانند شماره ۴

DC (مستقیم) : هر دو مؤلفه *DC* و *AC* سیگنال ورودی کانال دو *(CH 2)* را عبور می دهد.

۹- ترمینال ورودی *(Input)* :

محل اتصال سیگنال ورودی کانال دو *(CH 2)* و ورودی افقی خارجی در حالت نمایش *x - y*

۱۰- کانال دو ـ وارونه *(CH 2-INV)* :

هنگامی که این کلید در وضعیت وارونه *(INV)* قرار دارد ، سیگنال کانال دو *(CH 2)* وارونه می شود.

۱۱- تغییر مکان ▲▼، *x - y* ◄► :

با چرخاندن پیچ مربوطه ، می توان موج کانال دو *(CH 2)* را در جهت عمودی ، بالا و پایین برد. در حالت نمایش *x - y* ، جهت تنظیم و تغییر مکان افقی نمایشگر از این پیچ استفاده می شود.

۱۲- نمایش *(Mode)* :

پنج دکمه فشاری که انواع مختلف نمایش روی صفحه نوسان نما را به ترتیب زیر کنترل می کند :

کانال یک *(CH 1)* : فقط سیگنال ورودی کانال یک *(CH 1)* را نمایش می دهد.

کانال دو *(CH 2)* : فقط سیگنال ورودی کانال دو *(CH 2)* را نمایش می دهد.

مجموع *(ADD)* : با فشار هم زمان دکمه های *CH 1* و *CH 2* ، مجموع امواج کانال ها روی صفحه نمایش داده می شود. هنگامی که کانال دو ، وارونه شود *(CH 2-INV)* تفاضل دو کانال در این حالت نمایش داده می شود.

متناوب *(ALT)* : سیگنال های دو کانال ، بدون توجه به پایه زمانی *(Sweep Time)* متناوباً نمایش داده می شوند. (برای فرکانس های بالا)

مقطّع *(CHOP)* : نمایش سیگنال های دو کانال به صورت مقطّع ، با فرکانسی در حدود *250 kHz* و بدون توجه به پایه زمانی *(Sweep Time)* . (برای فرکانس های پایین)

۱۳- کلید قطع و وصل (تغذیه) دستگاه ، تنظیم روشنایی صفحه *(Power , Scale Illum)* :

با چرخاندن این پیچ در جهت حرکت عقربه های ساعت ، دستگاه روشن می شود و چرخش بیشتر آن روشنایی صفحه را افزایش می دهد.

۱۴- لامپ تغذیه *(Pilot Lamp)* :

هنگامی که نوسان نما روشن است این لامپ نیز روشن می شود.

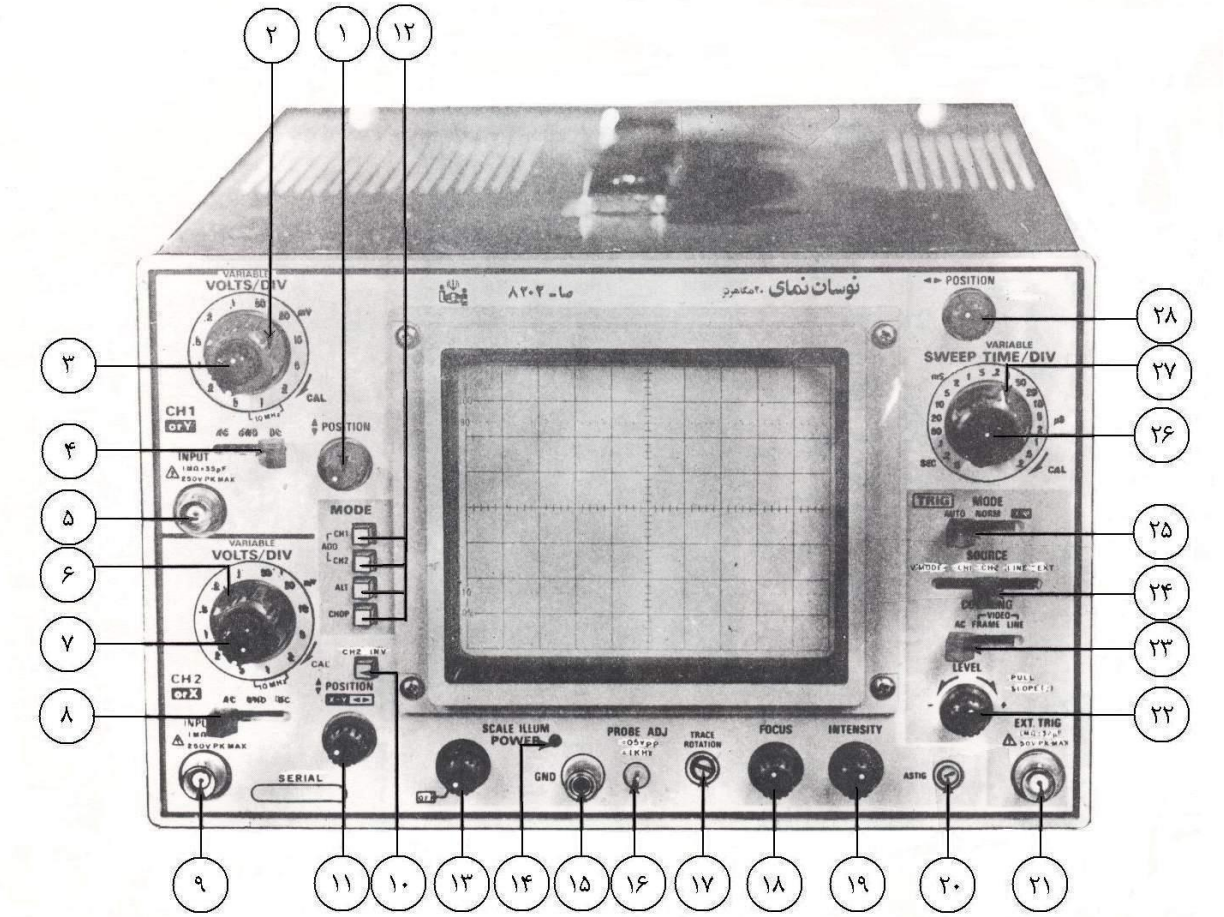
۱۵- اتصال به زمین *(GND)*

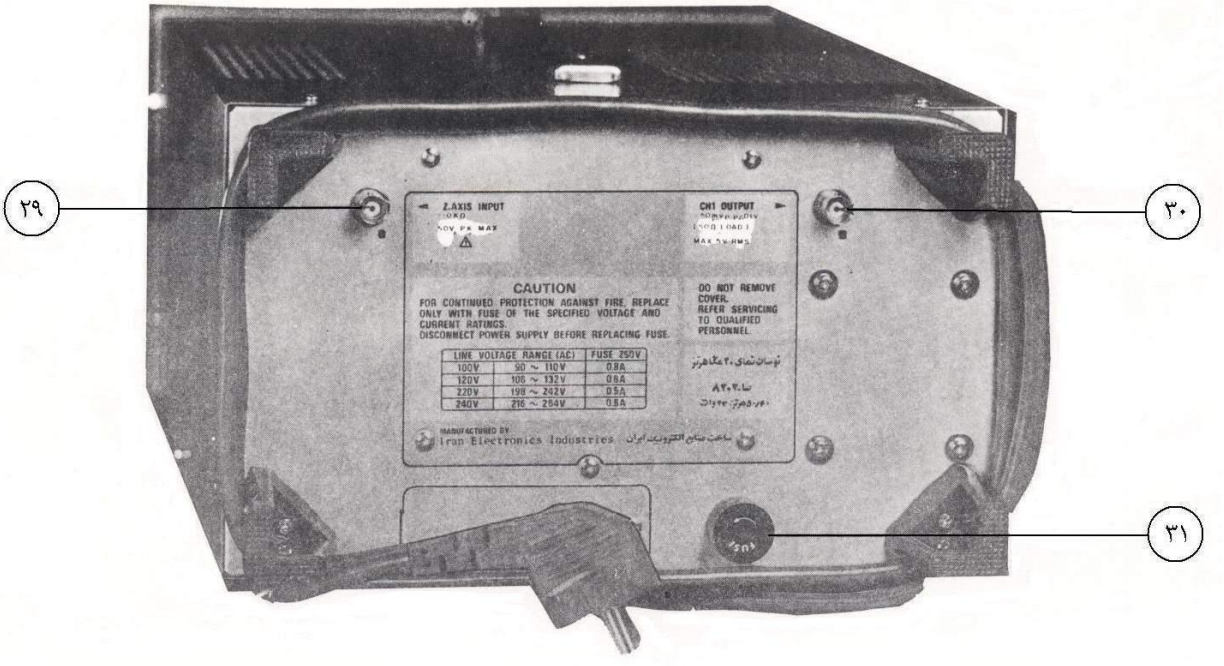
۱۶- تنظیم پروب *(Probe ADJ)* :

سیگنال خروجی به صورت یک موج مربعی با فرکانس *1 kHz* و دامنه ای برابر $0.5\ V_{p\text{-}p}$ (ولتاژ نوک به نوک) می باشد که جهت تنظیم پروب نوسان نما به کار می رود.

۱۷- چرخش محور افقی *(Trace Rotation)* :

توسط این پیچ ، کجی محور افقی که در اثر عوامل مختلف ممکن است ایجاد شوند را می توان تصحیح کرد. میدان های مغناطیسی قوی ممکن است موجب کجی محور افقی شوند. میزان کجی ممکن است با انتقال نوسان نما از محلی به محل دیگر تغییر کند.





نوسان نمای ۲۰ مگاهرتز صاایران مدل ۸۲۰۲

شکل ۶-۲

۱۸- تنظیم کانونی *(Focus)* :

جهت ایجاد واضح ترین تصویر نسبت به میزان روشنایی به کار می رود.

۱۹- تنظیم شدت نور *(Intensity)* :

میزان روشنایی تصویر را برای سهولت مشاهدات تنظیم می کند.

۲۰- آستیگمات *(Astig)*

۲۱- ترمینال ورودی راه انداز خروجی *(EXT Trig)*

۲۲- سطح / شیب *(Level/Pull Slope)*

۲۳- اهرم هم زمانی *(Coupling)*

۲۴- منبع *(Source)*

۲۵- راه اندازی *(Trig Mode)* :

اهرم سه وضعیتی است که نوع راه اندازی را به ترتیب زیر مشخص می کند :

خودکار *(AUTO)* : راه اندازی پایه زمانی با حضور سیگنال راه انداز صورت می گیرد. در این حالت حتی در غیاب سیگنال راه انداز سیستم جاروب پایه زمانی عمل می کند.

عادی *(NORM)* : راه اندازی پایه زمانی به صورت عادی صورت می گیرد ، بدون اعمال سیگنال راه انداز مناسب هیچ گونه تصویری مشاهده نخواهد شد.

(x - y) : سیگنال ورودی کانال یک *(CH 1)* انحراف عمودی (محور y) و سیگنال ورودی کانال دو *(CH 2)* انحراف افقی (محور x) را موجب می شوند. در این حالت انتخاب دکمه نمایش *Mode* ، هیچ اثری در نحوه عمل دستگاه ندارد.

۲۶- پیچ کنترل متغیر *(Variable)* :

جهت تنظیم دقیق پایه زمانی از این پیچ استفاده می گردد. چنانچه این پیچ ، در جهت حرکت عقربه های ساعت پیچانده شود ، پایه زمانی سیستم جاروب ، کالیبره می شود.

۲۷- کلید زمان بر قسمت *(Sweep Time/Div)* :

کلید انتخاب پایه زمانی ; هنگامی که پیچ *Variable* در وضعیت کالیبره قرار گرفته باشد ، می توان هر یک از پایه های زمانی کالیبره (۲۰ مرحله ای) از *0.2* میکروثانیه بر قسمت *(μS/Div)* تا *0.5* ثانیه بر قسمت *(S/Div)* را انتخاب کرد.

۲۸- تغییر مکان ◄► *(Position)* :

جهت حرکت دادن تصویر به سمت چپ و راست صفحه ، به صورت افقی از این پیچ استفاده می شود. با بیرون کشیدن این پیچ تصویر ۱۰ برابر بزرگ می شود.*(Pull ×10 MAG)*

نمای پشت دستگاه :

با توجه به شکل ۶-۲ به شرح کنترل ها و رابط های پشت دستگاه می پردازیم :

۲۹- ورودی محور *z (z Axis Input)* :

محل اتصال ولتاژ جهت مدولاسیون شدت نور ، سازگار با *(Transistor Transistor TTL Logic)* . ولتاژ مثبت ، روشنایی را افزایش و ولتاژ منفی ، روشنایی را کاهش می دهد.

۳۰- خروجی کانال یک *(CH 1 Output)* :

خروجی کانال یک *(CH 1)* با دامنه مناسب ، برای اتصال فرکانس متر جهت اندازه گیری فرکانس سیگنال مورد آزمایش ورودی به کانال یک *(CH 1)* استفاده می شود. جهت پایداری عمل دستگاه ، خروجی کانال یک *(CH 1)* را به ورودی کانال دو *(CH 2)* وصل نکنید.

۳۱- فیوز *(Fuse)*

روش آزمایش :

در این بخش با نحوه راه اندازی و کار با اسیلوسکوپ آشنا می شوید.

۱- کلید تغذیه دستگاه *(Power)* را در جهت عقربه های ساعت چرخانده و دستگاه را روشن کنید. در این حالت نور صفحه نمایش را در کمترین میزان خود ، تنظیم نمایید.

۲- اهرم سه وضعیتی *Trig Mode* را در وضعیت *x - y* قرار دهید.

۳- اهرم سه وضعیتی *AC-GND-DC* را در وضعیت *AC* قرار دهید.

۴- به کمک پیچ های *Position* باریکه الکترونی را در وسط صفحه نمایش متمرکز نمایید.

۵- به کمک پیچ های *Focus* و *Intensity* ، یک نقطه نسبتاً مناسب و ریز در مرکز صفحه تشکیل دهید.

۶- اهرم *Trig Mode* را در وضعیت *AUTO* قرار دهیدو کلید *Sweep Time/Div* را طوری تنظیم کنید که خط راستی روی صفحه دیده شود.

توجه : در انجام مراحل فوق ، دقت کنید که نقطه نورانی به مدت زیادی روی صفحه ، نمایش داده نشود و سریعاً دستگاه را از وضعیت *x - y* خارج کنید زیرا باعث صدمه دیدن دستگاه می شود.

کالیبره کردن اسیلوسکوپ :

جهت استفاده از اسیلوسکوپ قبل از هر کار باید اسیلوسکوپ را کالیبره (تنظیم) نمود تا در اندازه گیری ، کمترین خطا را داشته باشیم.

برای کالیبره کردن دستگاه ، ورودی *Input CH 1* یا ورودی *Input CH 2* را توسط پروب مربوطه به قسمت *Prob ADJ* اسیلوسکوپ متصل نمایید. پیچ *Sweep Time/Div* را در مقابل *0.5 ms* و پیچ *Volt/Div* را مقابل *0.2 V* قرار دهید. در صورتی که پروب به کانال یک *(CH 1)* متصل است ، دکمه *Mode CH 1* را فشار دهید. به کمک پیچ های قرمز ، موجی تولید کنید که *1* خانه افقی و *2.5* خانه عمودی را طی کند. در این حالت دستگاه کالیبره است و دیگر به پیچ های قرمز دست نزنید.

کانال دو *(CH 2)* را نیز می توان به همین ترتیب کالیبره کرد.

آزمایش ۷

عنوان آزمایش : **اندازه گیری V_{p-p} ، دوره تناوب و فرکانس یک موج**

هدف آزمایش : اندازه گیری ولتاژ نوک به نوک (V_{p-p}) ـ محاسبه فرکانس امواج ـ آشنایی و کار با دستگاه مولد موج

وسایل مورد نیاز : اسیلوسکوپ ، دستگاه مولد موج ، سیم های رابط

تئوری و روش آزمایش ۱ :

۱- جهت اندازه گیری ولتاژ نوک به نوک (V_{p-p}) ، سیگنالی را که باید اندازه گیری شود به ورودی *Input* اسیلوسکوپ وصل کنید. دکمه کانال مورد نظر *(Mode)* را فشار دهید. اهرم سه وضعیتی *AC-GND-DC* را در وضعیت *AC* قرار دهید. کلیدهای ولت بر قسمت *(Volt/Div)* و زمان بر قسمت *(Sweep Time/Div)* را در جهت نمایش مناسب شکل موج تنظیم نمایید. پیچ کنترل متغیر *(Variable)* را بچرخانید تا در وضعیت کالیبره قرار گیرد.
با استفاده از پیچ تغییر مکان *(Position)* ، شکل موج را به گونه ای تنظیم کنید که یکی از دو قله موج بر محور افقی صفحه اسیلوسکوپ منطبق گردد و قله دیگر هم روی صفحه نوسان نما قابل رؤیت باشد. فاصله عمودی بین دو نقطه را اندازه گیری کنید و در ضریب *Volt/Div* ضرب کنید تا V_{p-p} به دست آید :

V_{p-p} = فاصله عمودی × ضریب *Volt/Div*

ولتاژ مؤثر (V_e) نیز از رابطه زیر به دست می آید :

$$V_e = \frac{V_{p-p}}{2\sqrt{2}}$$

۲- جهت اندازه گیری دوره تناوب *(Period)* یک موج ، مراحل فوق را تکرار کنید. در این قسمت باید فاصله افقی بین دو نقطه یکسان موج را اندازه گیری نموده و در ضریب *Sweep Time/Div* ضرب کنید ، بنابراین :

T = تعداد خانه های افقی برای یک موج کامل × ضریب *Sweep Time/Div*

۳- فرکانس موج عکس دوره تناوب آن است. پس می توانید فرکانس یک موج را از رابطه زیر به دست آورید :

$$f = \frac{1}{T}$$

۴- برای اندازه گیری ولتاژ مستقیم *(DC)* ، به این طریق عمل کنید که ابتدا اهرم *AC-GND-DC* را در وضعیت *GND* قرار دهید. سپس خط نورانی حاصل را بر محور افقی منطبق کنید. ولتاژ مستقیم را به ورودی اسیلوسکوپ متصل نمایید و اهرم را در حالت *DC* قرار دهید. خط افقی نورانی به سمت بالا یا پایین حرکت خواهد کرد. میزان تغییر فاصله یا جابجایی خط نورانی را بر حسب تعداد درجات تعیین کنید. در نهایت با استفاده از رابطه زیر ولتاژ مستقیم را محاسبه کنید :

ولتاژ *DC* = تعداد درجات × ضریب *Volt/Div*

۴- منحنی های لیساژو *(Lissajous Figures)* :

اگر دو نیرو در امتدادهای عمود بر هم بر جسمی وارد شوند و هر کدام از آنها یک حرکت نوسانی به جسم بدهند ، جسم تحت اثر این دو نیرو ، مسیری را طی می کند که شکل آن مسیرها را منحنی های لیساژو می گویند.

زمانی که پرتو الکترونی از میان صفحات منحرف کننده اسیلوسکوپ عبور می کند تحت اثر میدان الکتریکی ، دارای حرکت نوسانی خواهد بود و روی صفحه اسیلوسکوپ ، یک خط مشاهده می شود. اگر به دو صفحه منحرف کننده ، دو ولتاژ نوسانی وصل شود ، الکترون ها در دو سطح عمود بر هم ، نوسان خواهند داشت. در صورتی که نسبت بسامد دو ولتاژ متغیر ، دو عدد صحیح باشند ، یکی از اشکال لیساژو روی صفحه اسیلوسکوپ تشکیل می شود.

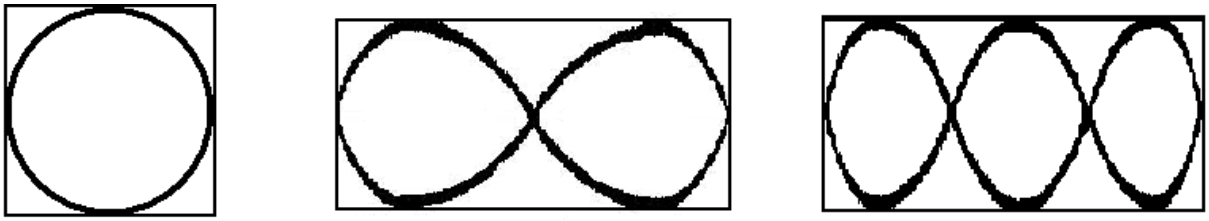
در صورتی که دوره تناوب یکی از ولتاژهای متناوب معلوم باشد ، به کمک اشکال لیساژو می توان فرکانس مجهول ولتاژ دیگر را به دست آورد. برای این کار منحنی لیساژوی حاصل را در مستطیلی فرضی قرار می دهند و بسامد معلومی (f_1) را به صفحات منحرف کننده افقی مربوط می کنند. بسامد مجهول (f_2) از رابطه زیر به دست می آید :

$$\frac{f_2}{f_1} \quad \text{یا} \quad \frac{f_x}{f_y} = \frac{n_1}{n_2}$$

n_1 : تعداد نقاط تماس در امتداد لبه قائم مستطیل

n_2 : تعداد نقاط تماس در امتداد لبه افقی مستطیل

برای مثال ، به اشکال لیساژوی رسم شده در شکل ۷-۱ و روابط مربوطه توجه کنید:



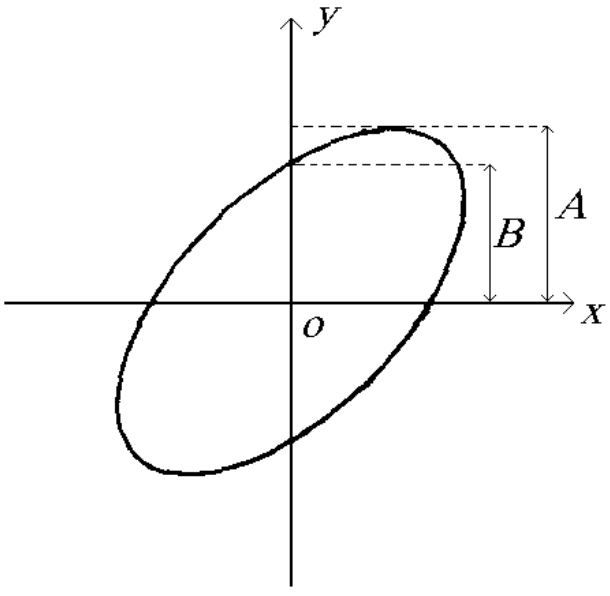
$\frac{n_1}{n_2}=\frac{1}{1}$ $\frac{n_1}{n_2}=\frac{1}{2}$ $\frac{n_1}{n_2}=\frac{1}{3}$

شکل ۷-۱

۵- اندازه گیری اختلاف فاز بین دو موج هم فرکانس :

در صورتی که دو موج هم فرکانس دارای اختلاف فاز باشند به روشی که ذکر خواهد شد می توانید اختلاف فاز بین دو موج را حساب کنید.

ابتدا نقطه نورانی را در مرکز صفحه اسیلوسکوپ تنظیم کنید. دو موج را به کانال های یک و دو اسیلوسکوپ *(CH 1 & CH 2)* داده و کلید *Trig Mode* را در وضعیت x - y قرار دهید. یک منحنی لیساژو مطابق شکل ۷-۲ به دست می آید. برای محاسبه اختلاف فاز بین دو موج (φ) از رابطه زیر استفاده کنید :



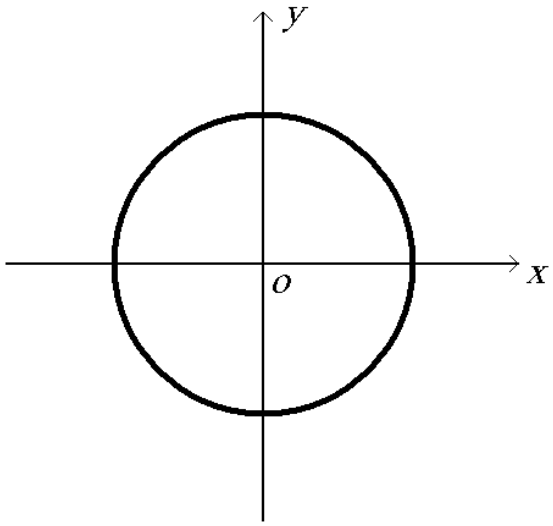
$$Sin(\varphi)=\frac{B}{A}$$

$$\varphi=Sin^{-1}\frac{B}{A}$$

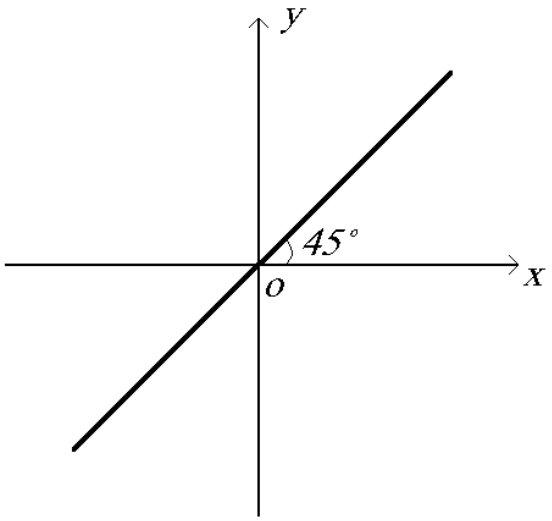
شکل ۷-۲ :

چنانچه دو موج هم فاز باشند ، نوسان نما یک خط راست را نشان می دهد که شیب آن 45^o می باشد. (شکل ۷-۳). چنانچه اختلاف فاز دو موج $\frac{\pi}{2}$ باشد ، شکل موج حاصل

، دایره خواهد بود. (شکل ۷-۴). اختلاف فازهای کمتر یا بیشتر ، تشکیل بیضی های مختلف می دهند.



شکل ۷-۴



شکل ۷-۳

تئوری آزمایش ۲ :

در این بخش با دستگاه مولد موج و نحوه استفاده از آن آشنا می شوید. این دستگاه می تواند انواع امواج سینوسی ، مربعی و مثلثی را تولید کند. با تغییر پیچ تنظیم فرکانس و فشار دادن یکی از محدوده های فرکانسی ، می توان فرکانس مورد نظر را در محدوده وسیع فرکانسی (بسته به نوع دستگاه) انتخاب کرد. در دستگاه مورد استفاده در این آزمایشگاه ، می توان محدوده وسیعی از $0.1\ Hz$ تا $1\ MHz$ را انتخاب نمود. به عنوان مثال چنانچه پیچ تنظیم فرکانس بر روی عدد 10 و دکمه انتخاب محدوده $100\times$ را فشار دهید ، فرکانس موج خروجی $10\times100=1000\ Hz$ یا $1\ KHz$ می باشد.

مطابق شکل ۷-۵ به توضیح کنترل ها و کلیدهای روی صفحه دستگاه مولد موج می پردازیم :

۱- دکمه روشن و خاموش دستگاه *(ON/OFF)*

۲- دکمه های انتخاب محدوده های فرکانس *(Range-Hz)* :

با فشار دادن یکی از این دکمه ها ، به ترتیب فرکانس خروجی با ضریب ده افزایش می یابد. با تغییر پیچ تنظیم فرکانس می توان فرکانس مورد نظر را در محدوده $0.1\ Hz$ تا $1\ MHz$ تنظیم نمود.

۳- دکمه های انتخاب شکل موج *(Wave Form)* :

با فشار دادن یکی از سه دکمه ، می توان امواج سینوسی ، مثلثی یا مربعی را انتخاب نمود.

۴- دکمه تضعیف دامنه *(0 dB/-30 dB)* :

چنانچه این دکمه به سمت بیرون باشد ، دامنه سیگنال خروجی دستگاه به میزان تقریبی *30-dB* کاهش می یابد.

۵- پیچ کنترل دامنه *(Amplitude)* :

این پیچ جهت کنترل دامنه سیگنال خروجی به کار می رود. در آزمایش ها ، این پیچ را در حد متوسط خود قرار دهید.

۶- پیچ تنظیم فرکانس *(Frequency)* :

برای تنظیم فرکانس خروجی از این پیچ استفاده می شود.

۷- پیچ کنترل ولتاژ مستقیم *(DC Offset)* :

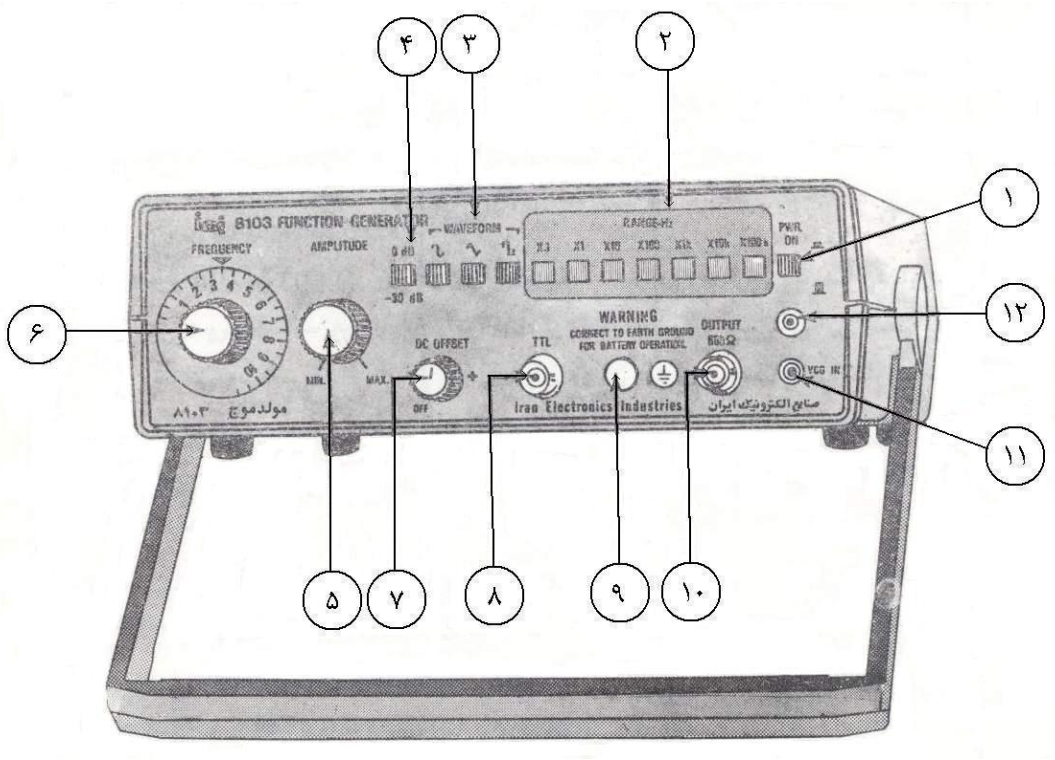
این پیچ مؤلفه ولتاژ مستقیم سیگنال خروجی را در ترمینال خروجی *600 Ω* تغییر می دهد. چنانچه این پیچ در وضعیت *OFF* قرار گیرد ، مؤلفه ولتاژ مستقیم سیگنال خروجی کلاً حذف می شود.

۸- خروجی *TTL (BNC)* :

این خروجی دارای یک موج مربعی *TTL* می باشد که فرکانس آن ، همان فرکانس خروجی *600 Ω* می باشد و ولتاژ آن نیز مقداری ثابت است.

۹- اتصال به زمین :

ارتباط بین دستگاه و اتصال به زمین را برقرار می سازد.



شکل ۷-۵

۱۰- خروجی ۶۰۰ اهم *(Output 600 Ω) (BNC)* :

سیگنالی که توسط دستگاه مولد موج تولید شده با استفاده از این خروجی قابل دسترسی می باشد.

۱۱- ورودی کنترل فرکانس خروجی *(VCG In)* :

با اعمال ولتاژ مناسب به این ورودی می توان فرکانس انتخابی را تغییر داد.

۱۲- دیود نور افشان *(LED)* :

روشن بودن این نشانگر به معنی آماده به کار بودن دستگاه است.

روش آزمایش ۲ :

۱- توسط مولد موج ، سیگنالی تولید کنید و به یکی از کانال های اسیلوسکوپ وارد نمایید. با تغییر شکل موج به اشکال سینوسی ، اره ای و پله ای ، مقادیر خواسته شده در جدول ۷-۱ را به دست آورید و جدول مذکور را کامل کنید.

۲- موجی با فرکانس معلوم را به کانال یک *(CH 1)* اسیلوسکوپ بدهید. موج دیگری با فرکانس مجهول را به کانال دو *(CH 2)* اسیلوسکوپ وارد کنید. با تشکیل منحنی های لیساژو ، فرکانس مجهول را به دست آورید.

با تغییر فرکانس معلوم ، اشکال دیگری از منحنی های لیساژو را تشکیل داده و در هر حالت ، فرکانس مجهول را محاسبه کنید و شکل مربوطه را نیز رسم نمایید.

۳- اختلاف فاز بین دو موج هم فرکانس را به دست آورید.

شکل موج	تعداد خانه های عمودی	ضریب volt/div	V_{p-p} (V)	V_e (V)
سینوسی				
اره ای				
پله ای				

شکل موج	تعداد خانه های افقی	ضریب time/div	T (S)	f (Hz)	فرکانس مولد موج (Hz)
سینوسی					
اره ای					
پله ای					

آزمایش ۸

عنوان آزمایش : **ترانسفورماتورها**

هدف آزمایش : آشنایی با ساختمان ترانسفورماتور

وسایل مورد نیاز : سیم پیچ ، ولت متر ، آمپر متر ، منبع تغذیه AC ، سیم های رابط

تئوری آزمایش :

ترانسفورماتور دستگاهی است که برای تغییر ولتاژ به کار می رود و در حقیقت انرژی الکتریکی را با فشار معینی دریافت کرده و با فشار بیشتر یا کمتر تحویل می دهد. یک ترانسفورماتور از دو سیم پیچ ویک هسته آهنی تشکیل شده است. سیم پیچی که انرژی را دریافت می کند ، سیم پیچ اولیه و سیم پیچی که انرژی را تحویل می دهد ، سیم پیچ ثانویه نام دارد.

هنگامی که جریان متناوبی به دو سر سیم پیچ اولیه وصل شود ، شار مغناطیسی متناوبی در هسته آهنی به وجود می آید که این شار مغناطیسی متغیر ، سیم پیچ اولیه را قطع می کند و نیروی محرکه القایی در آن به وجود می آید که اندازه آن برابر است با :

$$e_P = -kn_P \frac{d\varphi}{dt}$$

شار مغناطیسی متغیر ، سیم پیچ دوم را نیز قطع می کند و در آن نیروی محرکه القایی ایجاد می کند که اندازه آن برابر است با :

$$e_S = -kn_S \frac{d\varphi}{dt}$$

از تقسیم دو رابطه بالا به یکدیگر خواهیم داشت :

$$\frac{e_P}{e_S} = \frac{n_P}{n_S}$$

چون ولتاژ با نیروی محرکه متناسب است ، می توان نوشت :

$$\frac{V_P}{V_S} = \frac{n_P}{n_S}$$

در صورتی که تعداد دورهای سیم پیچ اولیه (n_P) از تعداد دورهای سیم پیچ ثانویه (n_S) بیشتر باشد ، ترانسفورماتور را کاهنده می گویند.

در صورتی که تعداد دورهای سیم پیچ اولیه (n_P) از تعداد دورهای سیم پیچ ثانویه (n_S) کمتر باشد ، ترانسفورماتور را افزاینده می گویند.

ترانسفورماتورها موارد کاربرد زیادی دارند که از آن جمله می توان به کاربرد آنها در انتقال انرژی الکتریکی در فواصل زیاد اشاره کرد.

روش آزمایش ۱ :

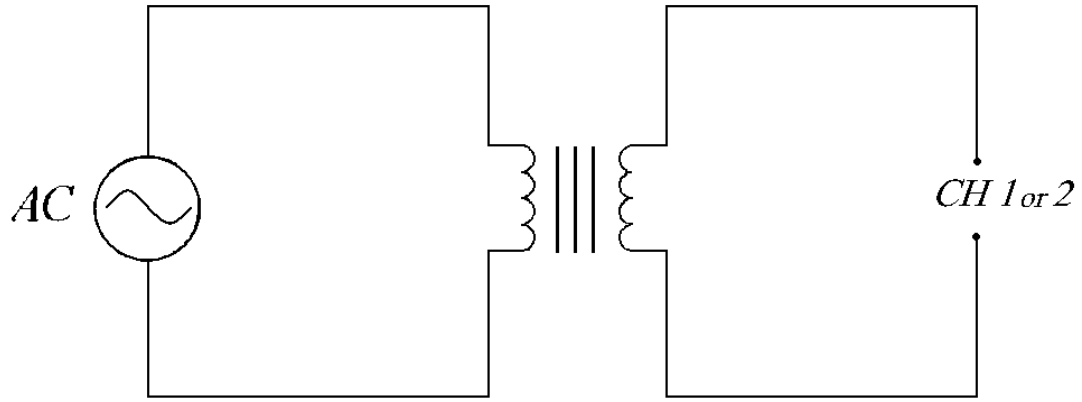
۱- یک ترانس کاهنده بسازید. مطابق شکل ۸-۱ ، سیم پیچ اولیه را به منبع تغذیه متناوب (V_P) و سیم پیچ ثانویه را به یکی از کانال های اسیلوسکوپ وصل کنید.

۲- V_P را با استفاده از ولت متر اندازه گیری کنید. V_S را نیز از رابطه زیر به دست آورید :

$$V_S = \frac{V_{p-p}}{2\sqrt{2}}$$

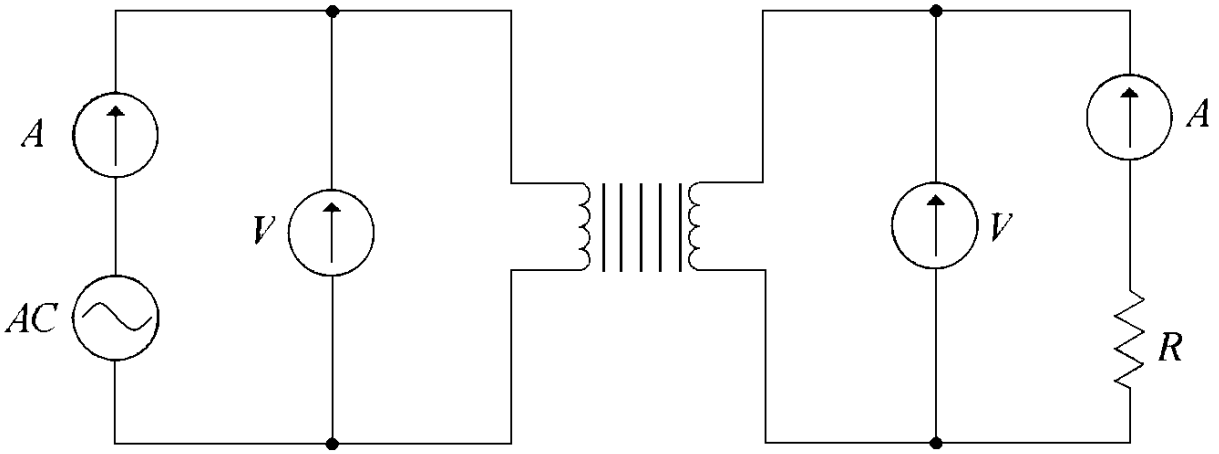
۳- نسبت دور های سیم پیچ ها $(\frac{n_P}{n_S})$ را با نسبت ولتاژها $(\frac{V_P}{V_S})$ مقایسه کنید.

۴- دوره تناوب و فرکانس موج خروجی را به دست آورید.



روش آزمایش ۲ :

مداری مطابق شکل ۸-۲ تشکیل دهید. دو سر سیم پیچ اولیه را به جریان متناوب و دو سر سیم پیچ ثانویه را به یک مقاومت وصل کنید. توسط ولت سنج و آمپر سنج ، مقادیر خواسته شده در جدول ۸-۱ را اندازه گیری کرده و جدول مذکور را کامل کنید.



شکل ۸-۲

نسبت دور سیم پیچ ها	V_P (V)	V_S (V)	I_P (A)	I_S (A)
$n_P = n_S$				
$n_P > n_S$				
$n_P < n_S$				

آزمایش ۹

عنوان آزمایش : **بررسی مدار *R-L***

هدف آزمایش : مطالعه سلف در جریان متناوب و اندازه گیری مقاومت ظاهری

وسایل مورد نیاز : اسیلوسکوپ ، آوومتر ، مقاومت ، سلف ، منبع تغذیه AC ، سیم های رابط

تئوری آزمایش :

هر گاه دو سر سیمی را به اختلاف پتانسیل V وصل کنیم ، در صورتی که مقاومت آن R باشد ، بعد از مدت زمان کوتاهی ، شدت جریان از رابطه مقابل به دست می آید :

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

حال اگر همان سیم را به صورت مارپیچ درآوریم و در جریان مستقیم قرار دهیم ، مدتی طول می کشد تا شدت جریان به مقدار ماکسیمم خود برسد. زیرا با تغییر جریان از صفر تا I ، شار مغناطیسی تغییر خواهد کرد و این باعث ایجاد نیروی محرکه خودالقایی می شود و بنا بر قانون لنز، با عامل به وجود آورنده خود مخالفت می کند و از رسیدن جریان به حداکثر مقدار خود جلوگیری می کند. به همین علت، در لحظات اول علاوه بر مقاومت خطی، مقاومت دیگری نیز ظاهر می شود.

در صورتی که دو سر سیم پیچ قبل به جریان متناوبی مربوط شود ، چون جهت جریان لحظه به لحظه تغییر می یابد بر اثر آن ، شار مغناطیسی تغییر می کند و همواره نیروی محرکه خودالقایی در مدار به وجود می آید. در این حالت ، مقاومتی در مدار ایجاد می شود که به آن مقاومت القایی سیم پیچ (سلف) (X_L) گویند و مقدار آن را از رابطه زیر می توان محاسبه کرد:

$$X_L = 2\pi f L$$

در رابطه فوق، L ضریب خودالقایی سیم پیچ است که به مشخصات ساختمانی سیم پیچ نظیر تعداد دور و سطح مقطع سیم پیچ بستگی دارد. f نیز بسامد جریان متناوب می باشد.

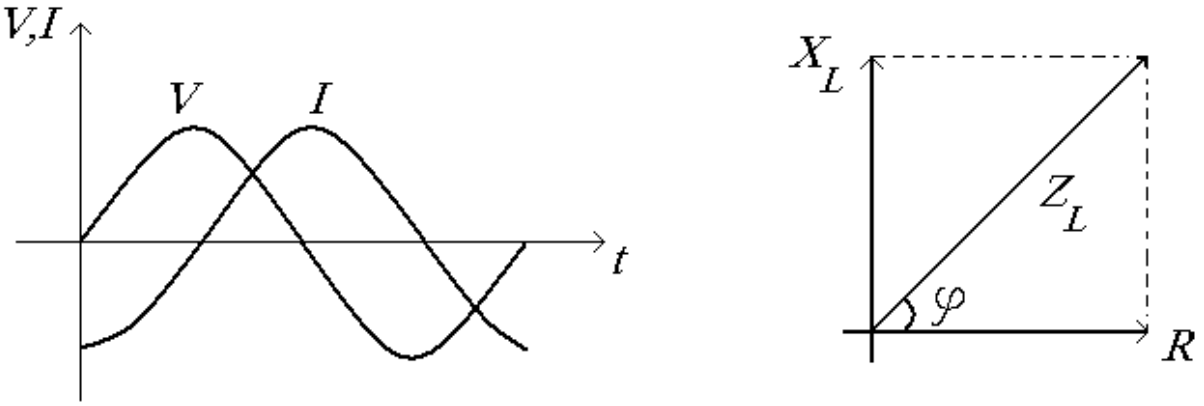
معادله جریان متناوب به صورت $I = I_m\, Sin(\omega t)$ می باشد. برای محاسبه ولتاژ یک سلف با توجه به رابطه مقابل، خواهیم داشت :

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

$$\rightarrow \quad \frac{V_m}{I_m} = L\omega \quad \rightarrow \quad V_m = LI_m\omega \quad \rightarrow \quad \boxed{X_L = L\omega}$$

چنانچه به معادلات نوشته شده برای شدت جریان و اختلاف پتانسیل توجه کنید، درمی یابید که در مدار شامل سلف، شدت جریان نسبت به اختلاف پتانسیل دو سر سلف به اندازه $\frac{\pi}{2}$ رادیان عقب تر است.

اگر مقادیر مقاومت اهمی (R) و مقاومت القایی (X_L) را با بردار نمایش دهیم، مقاومت کل در مقابل جریان، برآیند این دو بردار است که با Z_L نمایش می دهند و مقاومت ظاهری یا *Impedance* مدار می نامند :



شکل ۹-۱

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

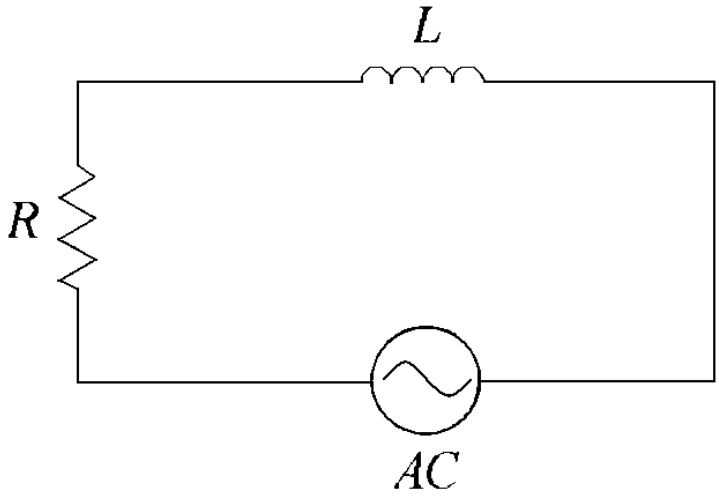
$$L = \frac{X_L}{\omega} = \frac{X_L}{2\pi f} \qquad \rightarrow \qquad X_L = L\omega$$

با توجه به شکل ۹-۱ میزان اختلاف فاز از رابطه زیر به دست می آید :

$$Cos(\varphi) = \frac{R}{Z_L} \quad \text{یا} \qquad Tan(\varphi) = \frac{X_L}{R}$$

روش آزمایش ۱ :

۱- مداری مطابق شکل ۹-۲ تشکیل دهید. مقاومت R را حدود $150\ \Omega$ در نظر بگیرید. به کمک یک آوومتر ، ولتاژ دو سر مقاومت (V_R) و دو سر سلف (V_L) را اندازه گیری کنید. رابطه $V_T = \sqrt{V_R{}^2 + V_L{}^2}$ را تحقیق نمایید.

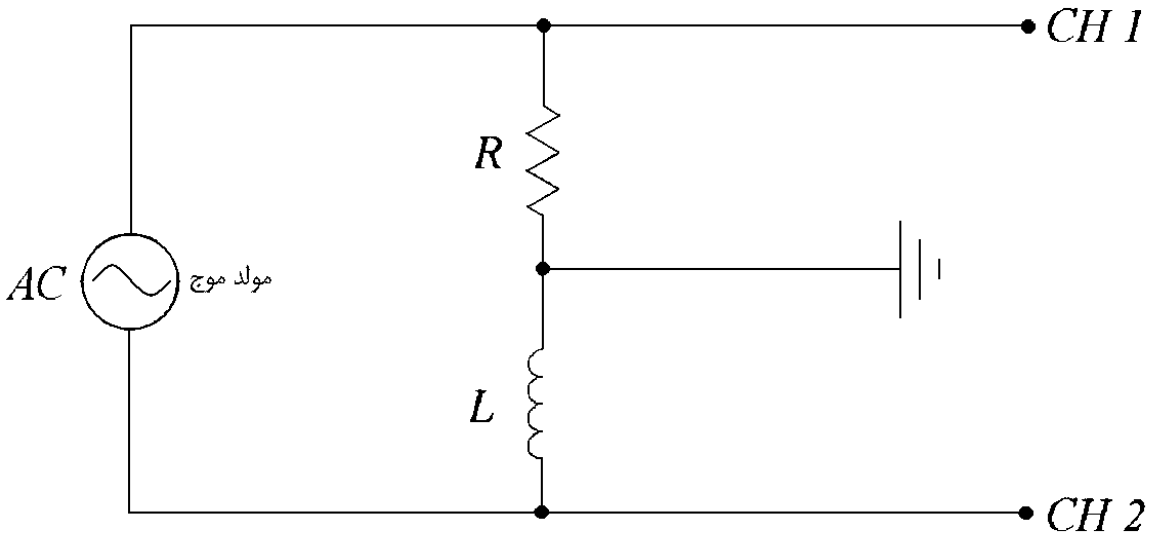


شکل ۹-۲ :

۲- نمودار برداری ولتاژها و مقاومت ها را روی کاغذ میلی متری رسم کنید و مقاومت ظاهری کل مدار ، مقاومت القایی سیم پیچ و ضریب خودالقایی را به دست آورید.
۳- (راهنمایی : به کمک رابطه قانون اهم ، جریان مدار را حساب کنید.)
۴- اختلاف فاز را محاسبه کنید.

روش آزمایش ۲ :

۱- مداری مطابق شکل ۹-۳ بر پا کنید و مطابق شکل مذکور به کانال های اسیلوسکوپ وصل نمایید. به جای منبع تغذیه از یک مولد موج استفاده کنید.
۲- با تغییر فرکانس ، ولتاژ نوک به نوک و ولتاژ مؤثر دو سر سلف را به دست آورید. جدول ۹-۱ را کامل کنید. نمودار VL بر حسب f را روی کاغذ میلی متری رسم کرده و نتیجه را گزارش نمایید.
۳- اختلاف فاز بین خروجی کانال یک (CH 1) و کانال دو (CH 2) اسیلوسکوپ را به دست آورید.
۴- با تغییر فرکانس ، ولتاژ دو سر مقاومت را در هر حالت محاسبه نمایید. جدول ۹-۱ را کامل کنید و نمودار VR بر حسب f را رسم نموده و نتیجه را گزارش کنید.



شکل ۹-۳

جدول های آزمایش ۹ :

f (Hz)	V_R (p-p) (V)	V_L (p-p) (V)	V_L (e) (V)

جدول ۹-۱

آزمایش ۱۰

عنوان آزمایش : **بررسی مدار *R-C***

هدف آزمایش : مطالعه خازن در جریان متناوب ـ بررسی فیلترهای پایین گذر و بالا گذر

وسایل مورد نیاز : اسیلوسکوپ ، مولد موج ، خازن ، مقاومت ، سیم های رابط

تئوری آزمایش ۱ :

مدار *R-C* : هر گاه ولتاژ متناوبی به یک خازن اعمال شود ، به علت شارژ و دشارژ دائمی خازن ، در مدار ، جریان برقرار می شود. مقدار جریان به دامنه ولتاژ ، ظرفیت خازن و فرکانس موج متناوب بستگی دارد. در مدار جریان DC پس از شارژ شدن ، خازن اجازه عبور جریان را نمی دهد.

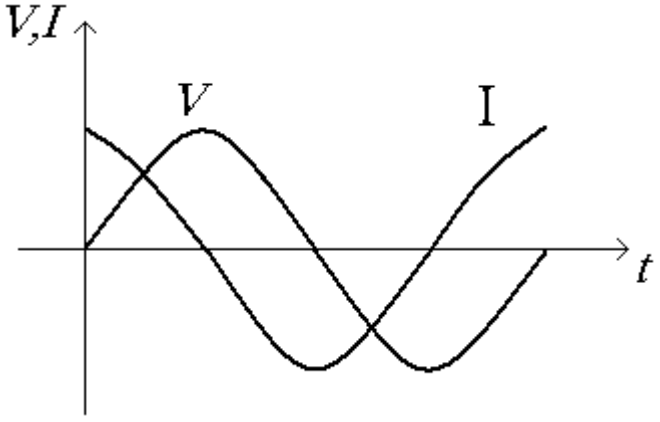
نسبت ولتاژ دو سر خازن به جریان خازن را عکس العمل یا مقاومت ظاهری (ظرفیتی) خازن (X_C) می نامند :

$$X_C = \frac{V_C}{I_C}$$

عکس العمل یک خازن در مقابل یک موج سینوسی ، از رابطه زیر نیز به دست می آید. در رابطه مذکور C ظرفیت خازن و f فرکانس موج متناوب می باشد :

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

ولتاژ و جریان در خازن به اندازه $90°$ نسبت به هم اختلاف فاز دارند ، به این صورت که جریان نسبت به ولتاژ $\frac{\pi}{2}$ ، تقدم فاز دارد. (شکل ۱۰-۱)

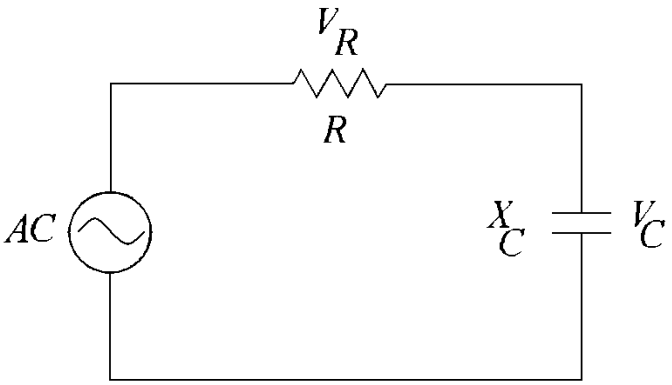


شکل ۱۰-۱ :

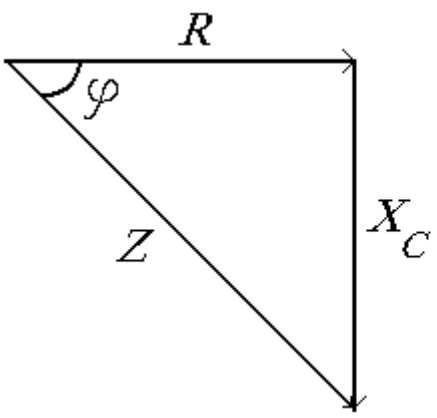
مقدار جریان در نقاط ماکسیمم و مینمم ولتاژ صفر است و در نقاطی که ولتاژ به صفر می رسد ، مقدار جریان حداکثر است. بنابراین جریان خازن در هر لحظه ، به دو عامل بستگی دارد : یکی ظرفیت خازن و دیگری تغییرات ولتاژ که به صورت زیر بیان می شود :

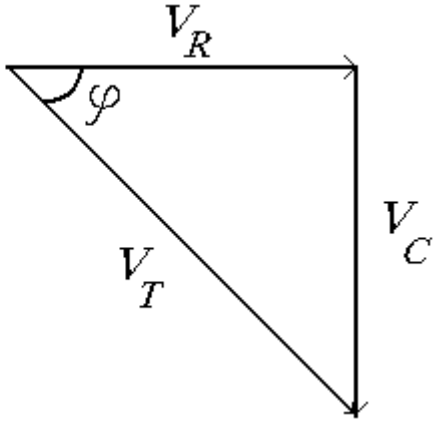
$$I_C = C\frac{dV}{dt}$$

در مدار $R\text{-}C$ شکل ۱۰-۲ روابط نوشته شده برقرار است :



شکل ۱۰-۲ :





در مدار $R\text{-}C$ سری ، جریان در تمام نقاط مساوی است و از طرفی ولتاژ دو سر مقاومت و جریان نیز هم فازند اما ، ولتاژ دو سر خازن به اندازه $90°$ عقب تر از جریان است.

$Impedance$ کل مدار یا مقاومت ظاهری کل مدار (Z) از رابطه زیر به دست می آید :

$$Z = \sqrt{R^2 + {X_C}^2}$$

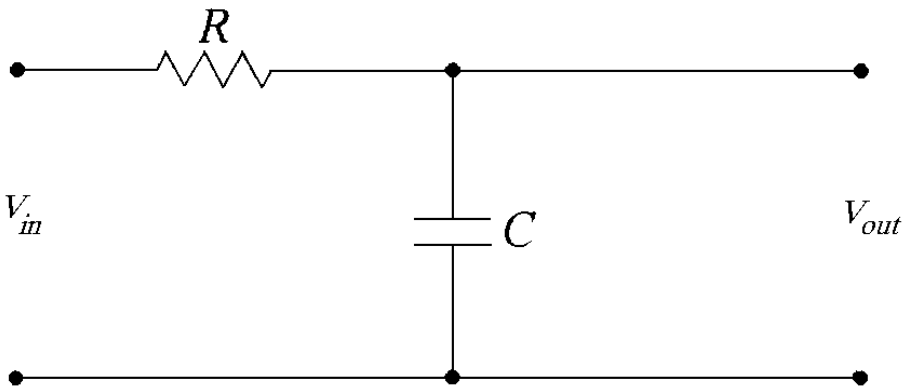
$$Tan(\varphi) = \frac{X_C}{R} \quad ; \quad I = \frac{V_T}{Z} \quad ; \quad V_T = \sqrt{{V_R}^2 + {V_C}^2}$$

تئوری آزمایش ۲ :

فیلترها : در بسیاری از مدارهای الکترونیکی ، جریان مدار ، مجموعه ای از امواج با فرکانس های مختلف است. در اغلب مدارها نیاز به یک فرکانس خاص یا مجموعه ای از فرکانس ها می باشد که از مداری به عنوان فیلتر ، برای این منظور استفاده می شود.

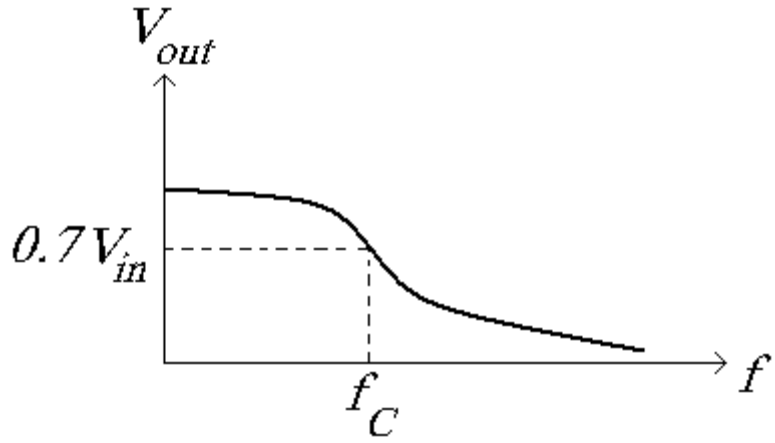
۱- فیلتر پایین گذر : نوعی فیلتر است که امواج دارای فرکانس خاصی را عبور می دهد و از آن فرکانس به بعد، مانع عبور امواج می شود. نمونه ای از یک مدار فیلتر پایین گذر را در شکل ۱۰-۳ ملاحظه می کنید.

خازن و مقاومت تقسیم ولتاژی از ولتاژ ورودی به وجود می آورند که ولتاژ دو سر خازن، ولتاژ خروجی است. با افزایش فرکانس، عکس العمل خازن کاهش یافته و به تدریج ولتاژ خروجی کاهش می یابد.



شکل ۱۰-۳ :

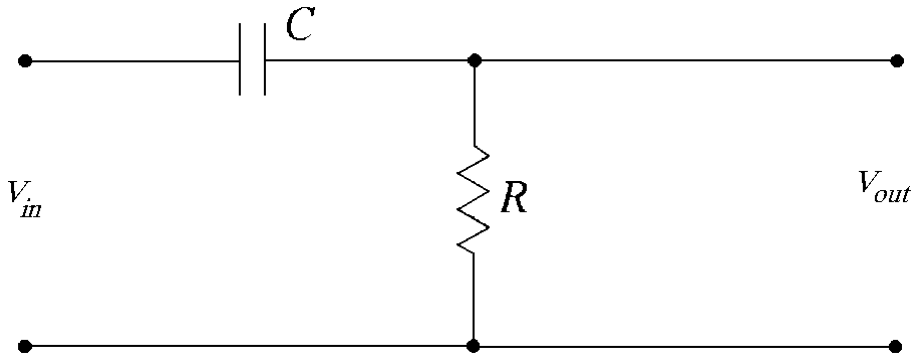
در فرکانس $f_C = \frac{1}{2\pi RC}$ عکس العمل خازن و مقاومت مساوی شده و ولتاژ خروجی 0.7 ولتاژ ورودی می شود. (شکل ۱۰-۴). این فرکانس را فرکانس قطع مدار می نامند. از این فرکانس به بعد ، دامنه خروجی ، شدیداً کاهش می یابد. بنابراین فیلتر پایین گذر مذکور ، امواج از فرکانس صفر تا f_C را به خوبی عبور می دهد که به این محدوده فرکانسی ، باند عبور گویند.



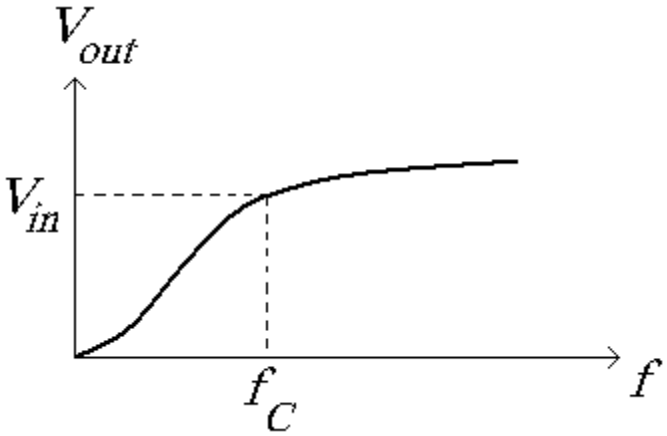
شکل ۱۰-۴ :

۲- فیلتر بالا گذر : فیلتر بالا گذر ، عکس فیلتر پایین گذر است به این ترتیب که ، امواج از فرکانس قطع به بعد را اجازه عبور می دهد. در شکل ۱۰-۵ مدار یک فیلتر بالا گذر رسم شده است. با توجه به شکل درمی یابید که ولتاژ دو سر مقاومت به عنوان ولتاژ خروجی مدار در نظر گرفته می شود.

در فرکانس های پایین، عکس العمل خازن زیاد بوده و ولتاژی در خروجی ظاهر نمی شود. با افزایش فرکانس، عکس العمل کاهش یافته و ولتاژ بیشتری به خروجی می رسد تا در فرکانس $f_C = \frac{1}{2\pi RC}$ ولتاژ ورودی در خروجی ظاهر می شود. (شکل ۱۰-۶)



شکل ۱۰-۵ :



شکل ۱۰-۶ :

روش آزمایش ۱ :

۱- یک مدار فیلتر پایین گذر تشکیل دهید. خازن و مقاومت مناسبی را اختیار کرده و در مدار قرار دهید. به جای منبع تغذیه از یک مولد موج استفاده کنید و خروجی مدار را به اسیلوسکوپ متصل نمایید.

۲- فرکانس را از $100\ Hz$ تا $10\ KHz$ تغییر دهید و جدول ۱۰-۱ را کامل کنید.

۳- نمودار V_e بر حسب f را روی کاغذ میلی متری رسم کنید و فرکانس قطع مدار را از روی نمودار بیابید. (مقدار عملی)

۴- فرکانس قطع مدار را به صورت تئوری محاسبه کرده و با مقدار عملی ، مقایسه کنید. درصد خطا را نیز به دست آورید.

۵- در صورتی که خازن مورد استفاده مجهول باشد ، ظرفیت خازن را پیدا کنید.

روش آزمایش ۲ :

آزمایش قبل را برای یک فیلتر بالا گذر انجام دهید. جدول ۱۰-۲ را کامل نمایید و کلیه مقادیر و نمودار های خواسته شده در قسمت قبل را برای این قسمت نیز به دست آورید.

جدول های آزمایش ۱۰ :

f (Hz)	V_{p-p} (V)	V_e (V)	T (S)
100			
300			

جدول ۱۰-۱

f *(Hz)*	V_{p-p} *(V)*	V_e *(V)*	T *(S)*
100			
300			

جدول ۱۰-۲