میدان مغناطیسی قرار دارد جریان الکتریکی عبور کند، گشتاوری به آن وارد می شود که متناسب با شدن جریان عبور کرده از قاب(I) است به عبارت دیگر می توان نوشت:

$$\tau = \mu B \quad \sin\theta = (NIA)B\sin\theta = (NAB \quad \sin\theta)I = KI \qquad (1)$$

که در آن N تعداد دور سیم پیچ، A مساحت قاب، B شدت میدان مغناطیسی و θ زاویه بین راستای میدان مغناطیسی و بردار عمود بر سطح قاب است. فنری نیز به قاب متصل است که وقتی قاب در اثر گشتاور τ انحراف پیدا می کند، باز و بسته می شود. از طرف فنر نیز گشتاوری مانند τ' به قاب وارد می گردد که متناسب با θ، زاویه چرخش است، بطوری که:

$$\tau' = k'\theta \qquad (2)$$

که در آن k ضریب سختی پیچشی فنر می باشد. چون در حالت تعادل گشتاورهای τ و τ' با هم مساوی هستند، می توان از روابط(۱) و (۲) نتیجه گرفت که:

$$kI = k'\theta \qquad (3)$$

و یا

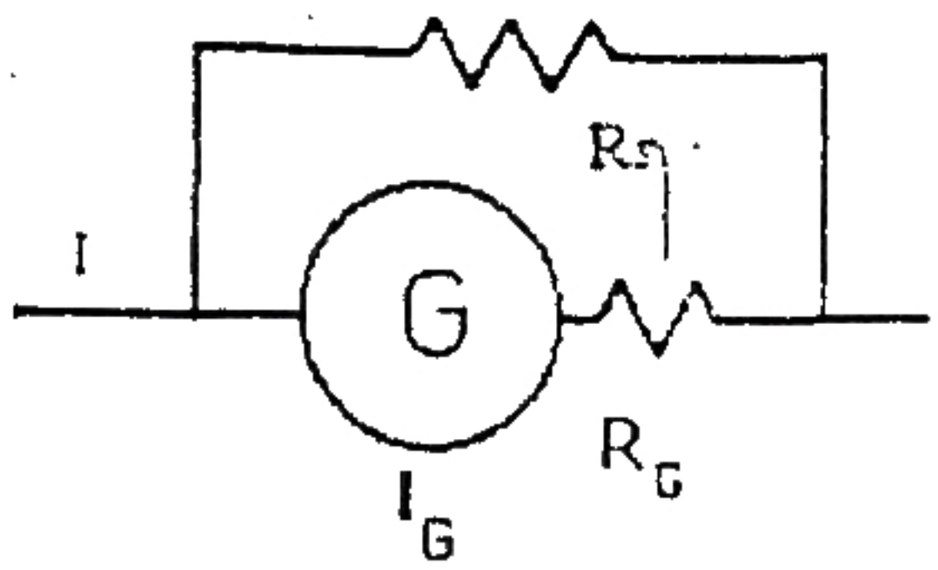
$$I = \frac{k'}{k}\theta \qquad (4)$$

مشاهده می شود که مقدار جریان متناسب با زاویه انحراف قاب است. پس می توان شدت جریان را از روی میزان انحراف قاب سنجید. وسیله سنجش می تواند یک عقربه باشد که در اثر گشتاور وارد شده به قاب حرکت می کند(شکل۱). در بعضی از گالوانومترها آئینه ای به قاب متصل است و با حرکت قاب دوران می نماید. دوران آئینه باعث انحراف اشعه نورانی که به آن می تابد، می گردد. گالوانومترهای نوع دوم دقت بیشتری دارند.

در نوع عقربه دار، صفحه مدرجی به دستگاه اضافه شده که می تواند زاویه انحراف قاب و در نتیجه جریان را نشان دهد. در نوع آئینه دار شعاع نوری به آئینه متصل به قاب می تابد و انعکاس آن روی خط کش مدرج انحراف قاب را مشخص می کند.

۲- آمپرمتر

آمپرمتر برای اندازه گیری شدت جریان بکار می رود و از گالوانومتری که با یک مقاومت خیلی کم به صورت موازی بسته شده، تشکیل گردیده است.



(شکل ۲)

مقاومت R_S را اصطلاحاً شنت یا مهار می گویند. مقاومت شنت خیلی کمتر از مقاومت گالوانومتر(R_G) است به طوری که بیشتر جریان از شنت می کذرد. در واقع مقاومت کم شنت باعث می شود که اولاً مقاومت کل دستگاه کم باشد و در نتیجه وقتی در مدار قرار می گیرد، مقاومت مدار و در نتیجه جریان آن را به میزان ناچیزی تغییر دهد. ثانیاً شدت جریان خیلی زیادی از قاب گالوانومتر عبور نکند و آسیبی به آن نرسد. آمپرمترها معمولاً دارای دامنه های(Range) مختلف اند. تغییر دامنه کار آمپرمتر، با تعویض مقاومت شنت انجام می گیرد. اگر مقاومت شنت R_S، مقاومت قاب R_G، جریان ورودی به آمپرمتر I ، جریان گالوانومتر I_G و جریان شنت I_S باشد، داریم:

$$I = I_S + I_G \qquad (۵)$$

روشن است که گالوانومتر با مقاومت شنت موازی است، در نتیجه ولتاژ دو سر هر دو برابر است. یعنی:

$$R_S I_S = R_G I_G \qquad (۶)$$

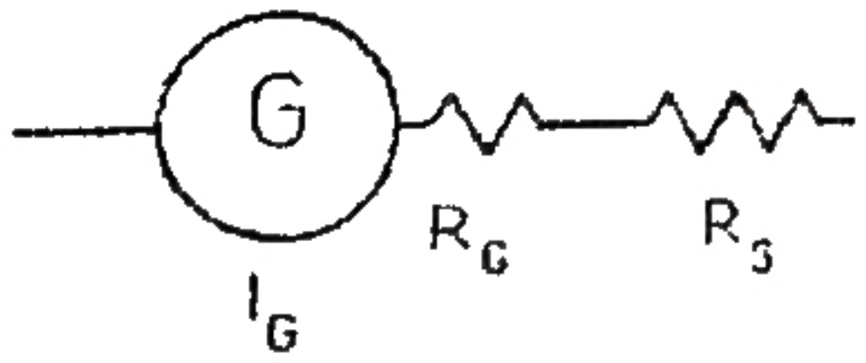
با حذف I_S از رابطه(۵)در معادله(۶)داریم:

$$I = [(R_S + R_G)/ R_S]I_G \qquad (۷)$$

اکنون با اندازه گیری جریان عبوری از گالوانومتر می توان جریان مدار را به دست آورد. معمولاً صفحه گالوانومتر را با کمک رابطه فوق بر حسب جریان مدار مدرج می کنند و آنچه به دست می آید آمپرمتر است.

۳- ولت متر

ولت متر دستگاهی است که به کمک آن اختلاف پتانسیل بین دو نقطه را اندازه می گیرند. اساس ساختمان ولت متر نیزهمان گالوانومتر است با این تفاوت که مقاومت خیلی زیادی با سیم پیچ قاب آن به طور سری بسته شده است.

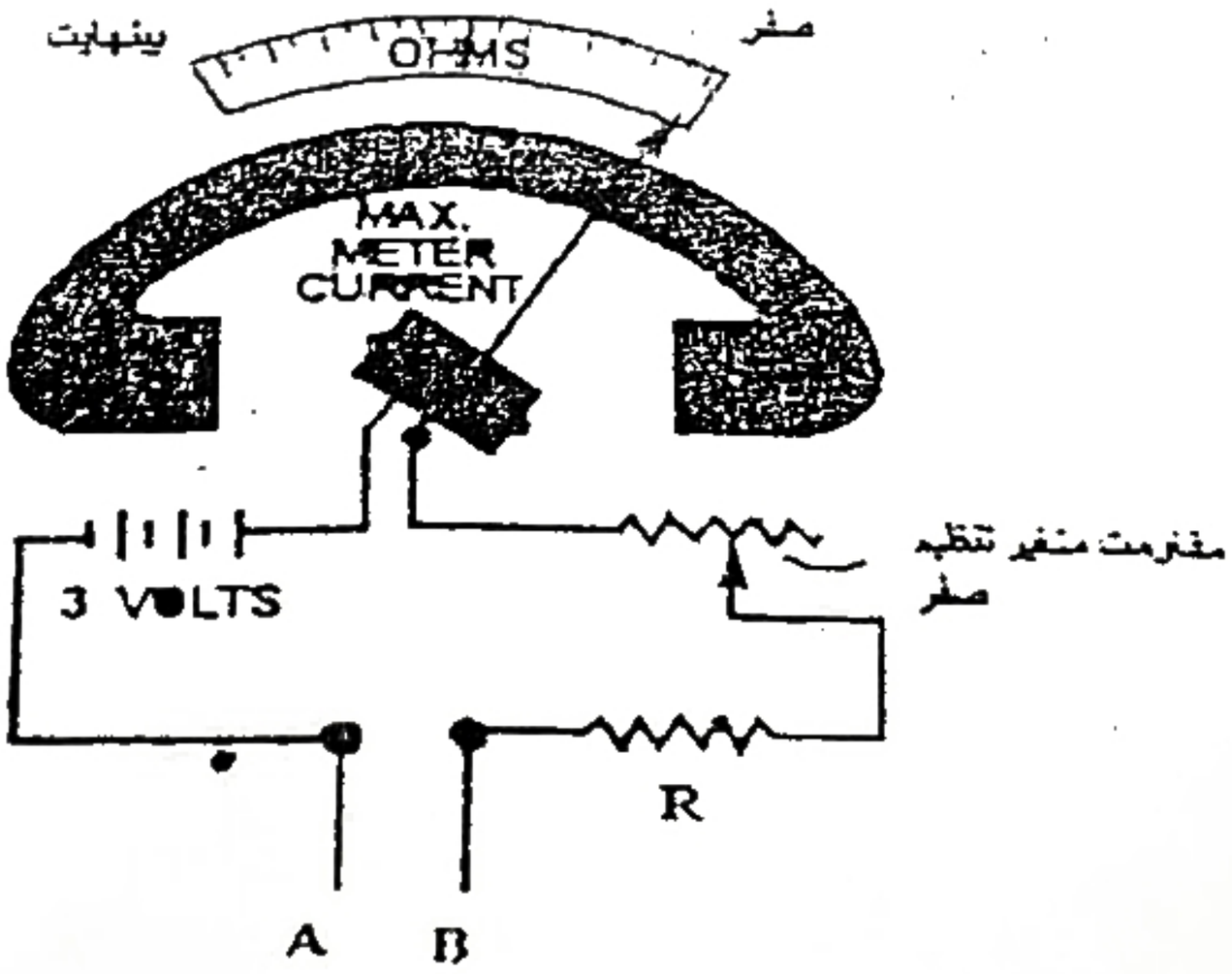


(شکل ۳)

R_G مقاومت گالوانومتر و R_S مقاومت شنت است. دامنه های(Range) مختلف اندازه گیری ولتاژ، با تغییر مقاومت شنت حاصل می شود. روشن است که با گالوانومتر نمی توان مستقیماً اختلاف پتانسیل بین دو نقطه، مثلاً دو سر باطری را اندازه گرفت. زیرا وقتی گالوانومتر را به قطب های مثبت و منفی باطری وصل می کنیم به علت کم بودن مقاومت قاب، جریان نسبتاً زیادی(نسبت به ماکزیمم جریان قابل تحمل گالوانومتر) از آن عبور می کند و بنابراین حتی اگر گالوانومتر صدمه نبیند انحراف عقربه آن از ماکزیمم خود می گذرد و اندازه کمیت مورد نظر را درست نشان نمی دهد. ولت متر ایده آل باید دارای مقاومت درونی بی نهایت باشد تا با وصل کردن آن بین دو نقطه، تغییری در اختلاف پتانسیل آن دو نقطه بوجود نیاورد. به همین دلیل مقاومت شنت را بسیار بزرگ می گیرند.

۴- اهم متر

این دستگاه که برای اندازه گیری مقاومت بکار می رود از یک آمپرسنج دقیق، یک باطری، یک مقاومت ثابت و یک مقاومت متغیر (رئوستا) که همگی در جعبه اهم متر بطور سری قرار گرفته اند، تشکیل شده است. شکل(۴) شمائی از یک اهم متر را نمایش می دهد.



شکل(۴)

مقاومت R برای حفاظت آمپرمتر در مقابل جریان بیش از حد و رئوستا برای تنظیم صفر دستگاه بکار می رود. چنانچه نقاط B و A به یکدیگر متصل شوند، جریانی از مدار عبور می کند و عقربه آمپرمتر انحرافی را نشان می دهد. محل تعادل عقربه در این حالت روی صفحه مدرج دستگاه، صفر دستگاه است. به مرور زمان باطری دستگاه مصرف می شود و مقاومت درونی آن افزایش می یابد که این خود باعث تغییر شدت جریان مدار و در نتیجه به هم خوردن صفر دستگاه می شود. با کم کردن مقاومت رئوستا جریان مدار را زیاد و صفر دستگاه را تنظیم می کنند. حال چنانچه مقاومت مورد اندازه گیری بین دو نقطه A و B قرار گیرد، بسته به مقدار این مقاومت، عقربه آمپرمتر بیشتر یا کمتر منحرف می شود. از صفحه مدرج دستگاه که به جای جریان بر حسب مقاومت مدرج شده است، مقدار مقاومت بین دو نقطه مذکور را می توان اندازه گرفت.

ب: وسایل الکتریکی

غیر از وسایل اندازه گیری که شرح داده شد، ابزارهای الکتریکی دیگری هم در این آزمایشگاه مورد استفاده قرار می گیرند. در زیر نقش و اساس کار این وسایل به اختصار توضیح داده می شود.

۱- ترانس مبدل(ترانسفورمر)

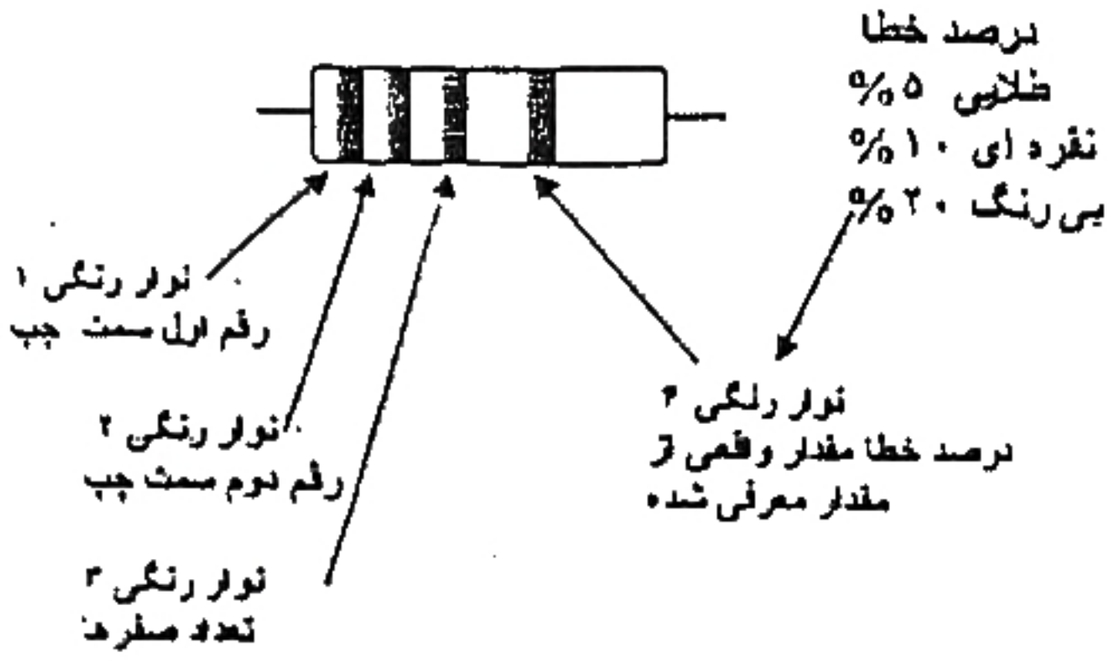
این وسیله برای تبدیل ولتاژهای متناوب از مقداری به مقدار دیگری به کار می رود. به عنوان نمونه ترانسفورماتور ۶ ولت می تواند ولتاژ ۲۲۰ ولت برق شهر را به ۶ ولت کاهش دهد. ترانس ها را بسته به اینکه ولتاژ را زیاد یا کم کنند، به ترتیب افزاینده یا کاهنده می نامند.

۲- منبع تغذیه یا مولد

هر دستگاهی که مولد اختلاف پتانسیل بین دو نقطه باشد، منبع تغذیه نامیده می شود. این دستگاه یا اختلاف پتانسیل متناوب(AC) تولید می کند و یا اختلاف پتانسیل مستقیم(DC). ساده ترین منبع تغذیه AC ، ترانسفورماتور است که شرح آن در بالا آمد. ساده ترین منبع تغذیه DC هم یک باطری است. اغلب منابع تغذیه، علاوه بر ولتاژهای ثابت و مشخص(مثلاً$\pm$۶ و $\pm$۱۲ ولت) ولتاژ و جریان متغیر قابل تنظیم هم تولید می کنند.

۳- مقاومت

مقاومت در مدارهای الکتریکی، یک قطعه مصرف کننده انرژی است که برای تنظیم ولتاژ یا جریان و یا ایجاد گرما به کار می رود. مقاومت های معمولی دو نوع اند، سیمی و ترکیبی. برای جریان های زیاد معمولاً از مقاومت های سیمی استفاده می شود. در مدارهای الکترونیکی بیشتر نوع ترکیبی آن به کار می رود. مقدار مقاومت های ترکیبی را معمولاً با نوارهای رنگی بر روی آن مشخص می کنند. معنی رنگ ها در جدول ۱ و روش خواندن این گونه مقاومت ها در شکل ۴ مشخص شده است.



رنگ	شماره
سیاه	0
قهوه ای	۱
قرمز	۲
نارنجی	۳
زرد	۴
سبز	۵
آبی	۶
بنفش	۷
خاکستری	۸
سفید	۹

شکل (۵)

همان طور که در شکل ۵ نیز می بینید، نوار ۱و ۲ به ترتیب رقم های یکان و دهگان یک عدد دو رقمی(با توجه به جدول کد رنگ ها) را مشخص می کنند. مثلاً اگر نوار ۱ قهوه ای و نوار ۲ قرمز باشد عدد ۱۲ را داریم و یا اگر نوار ۱ زرد و نوار ۲ بنفش باشد عدد ۴۷ را نشان می دهد. نوار ۳ تعداد صفرهائی است که باید سمت راست عدد حاصل از دو رنگ اول و دوم قرار داد. پس اگر نوار ۳، زرد باشد باید چهارتا صفر سمت راست عدد حاصل قرار داد.

مثال:

نوار۱: قهوه ای، نوار۲: قرمز، نوار۳: زرد = ۱۲۰۰۰۰ اهم یا ۱۲۰ کیلو اهم.

نوار۱: سبز، نوار۲: آبی، نوار۳: سبز = ۵۶۰۰۰۰۰ اهم یا ۵/۶ مگا اهم.

ترتیب نوارها را می توان با توجه به اینکه نوار خطا(طلایی، نقره ای یا بی رنگ) باید سمت راست قرار گیرد، معین کرد. علاوه براین، نوارهای رنگی(همان طور که در شکل نیز نمایان است) به طور نامتقارن روی بدنه نقش بسته اند. به طوری که به یکی از گوشه های بدنه مقاومت نزدیک ترند. برای خواندن کد رنگ، مقاومت را باید طوری گرفت تا، نواری که با گوشه مقاومت نزدیک تر است سمت چپ قرار گیرد. این نوار همان نوار رنگ ۱ است.

چون مقاومت ها به صورت انبوه ساخته می شوند امکان اندازه گیری و شماره گذاری تک تک آنها وجود ندارد. در نتیجه ممکن است اندازه واقعی هر مقاومت با آنچه که با کد رنگ روی آن نوشته شده متفاوت باشد. نوار رنگی ۴، مقدار درصد تفاوت مقاومت واقعی را با اندازه ای که روی آن نقش بسته نشان می دهد. مثلاً اگر نوار۴، طلایی باشد احتمالاً اندازه واقعی تا ۵٪ با مقداری که کد رنگ نشان می دهد، تفاوت دارد.

باید دقت کرد که هر مقاومت، اندازه مشخصی از جریان را می تواند عبور دهد. اگر جریان عبوری از حد بالای جریان قابل تحمل بیشتر باشد، آن قدر گرم می شود که احتمالاً می سوزد. در واقع هر مقاومت توان معینی را می تواند تحمل کند. مقاومت ها را با توان های متفاوتی می سازند. هنگام استفاده از هر مدار باید به توان(در نتیجه به جریان مجاز) آن توجه کرد.

۴- رئوستا

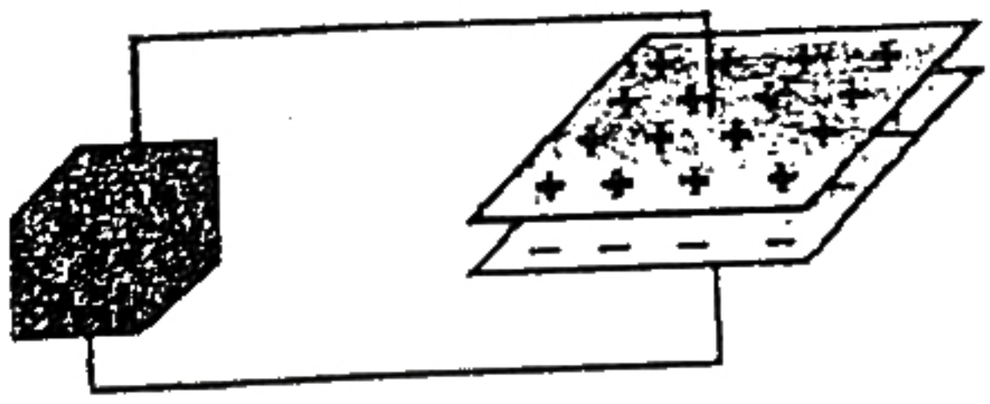
رئوستا مقاومت متغیری است که برای تغییر شدت جریان، تنظیم اختلاف پتانسیل و یا تغییر مقاومت یک مدار به کار می رود. نوع سیمی آن از یک استوانه سیم پیچی شده که لغزنده ای می تواند روی آن حرکت کند تشکیل شده است.دو نقطه اتصال در پایین رئوستا قرار دارد که به دو سر مقاومت سیمی متصل است. معمولاً برای حفاظت کاربر در مقابل گرما و یا جریان الکتریکی رئوستا، روی سیم پیچ را با یک پوشش توری می پوشانند.

۵- جعبه مقاومت

این دستگاه از مجموعه ای مقاومت مختلف(مثلاً از ۱ اهم تا ۴ مگا اهم) که به طور سری به هم بسته شده و در جعبه ای قرار دارند، تشکیل یافته است. بسته به اینکه کدام یک از کلیدها در حالت in قرار گرفته باشد، جریان از آن مقاومت عبور خواهد کرد. بنابراین با قراردادن هر کلید در وضعیت in مقاومت مربوطه در مدار قرار می گیرد.

۶- خازن

خازن از دو هادی که توسط عایقی از هم جدا شده اند تشکیل یافته است. هر یک از دو صفحه هادی خازن را *جوشن خازن* می نامند. بر حسب شکل هندسی هادی خازن ها را به انواع مسطح، استوانه ای و ... تقسیم می کنند. آنها را بر حسب نوع عایق نیز به انواع الکترولیتی، کاغذی، میکایی و ... تقسیم می کنند. ساده ترین آنها خازن مسطح بوده که از دو صفحه موازی تشکیل گردیده است.



شکل (۶)

اگر دو جوشن خازنی را مطابق شکل ۶ به یک باتری متصل کنیم، برای مدت کوتاهی جریانی بوجود می آید و صفحات خازن دارای بار الکتریکی می شوند. هنگامی که اختلاف پتانسیل دو سر خازن با اختلاف پتانسیل باتری برابر شد، جریان به صفر می رسد. در مدتی که جریان در مدار برقرار است، بار جوشن ها افزایش می یابد. بار روی صفحات خازن از نظر مقدار، همواره برابر ولی از نظر علامت مخالف یکدیگر هستند. بار جمع شده روی صفحات خازن متناسب با ولتاژی است که به آن متصل گردیده است.

یعنی :

$$q = cV \qquad (۸)$$

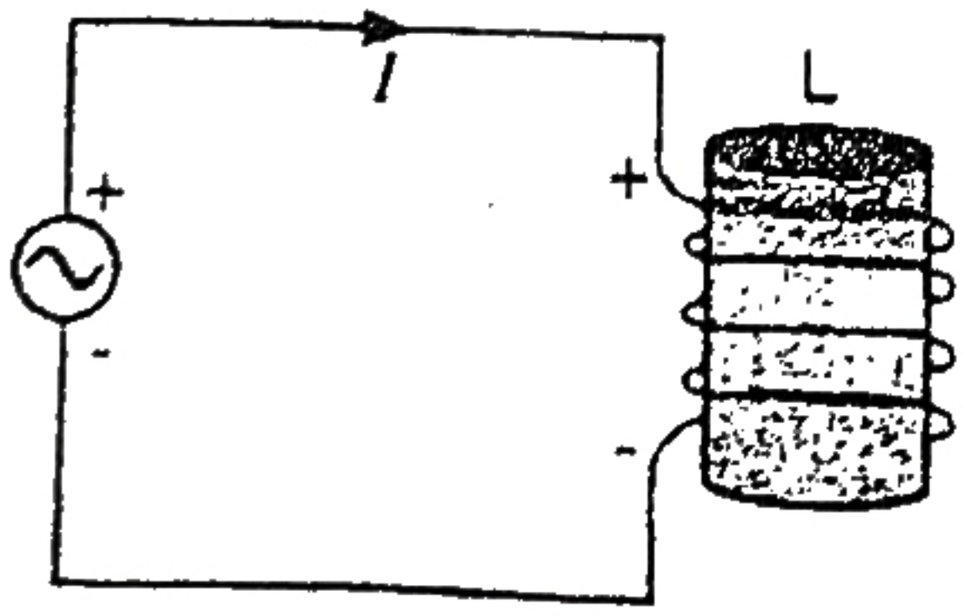
که q بار ذخیره شده، V ولتاژ اعمال شده به باتری و c ضریب تناسب است. ضریب تناسب c تنها به شکل هندسی خازن و ضریب گذردهی الکتریکی عایق آن مربوط است و به آن ظرفیت خازن می گویند. واحد ظرفیت خازن فاراد است. با مشتق گیری از طرفین(۸) رابطه جریان عبوری از خازن و اختلاف پتانسیل آن به دست می آید:

$$i = C\frac{dv}{dt} \qquad (۹)$$

یعنی جریان عبوری از خازن متناسب با مشتق ولتاژ اعمال شده به آن است. خازن انرژی را به صورت میدان الکتریکی در خود ذخیره می کند. عایق بعضی از انواع خازن ها از مواد شیمیایی ساخته می شود که به جهت میدان الکتریکی(و در نتیجه به جهت اتصال قطب های باطری به صفحات خازن) حساس هستند این نوع خازن ها را خازن الکترولیت می نامند. روی بدنه این نوع خازن ها پایه ای که باید به قطب منفی تر باطری متصل گردد، علامت گذاری شده است. هنگام به کاربردن این نوع خازن ها باید در اتصال صحیح پایه ها دقت نمود. در غیر این صورت، علاوه بر اینکه ممکن است خازن آسیب ببیند، تا حداکثر ظرفیت نیز شارژ نمی شود.

۷- خودالقا(سلف)

خودالقا از سیمی که روی محیط یک استوانه(معمولاً با مقطع دایره) پیچیده شده، تشکیل می گردد(شکل۷) فاصله حلقه های سیم پیچ نسبتاً کم است. ممکن است مقطع مستطیل نیز باشد.



شکل (۷)

خودالقا، انرژی را به صورت میدان مغناطیسی در خود ذخیره می کند. ولتاژ دو سر خودالقا متناسب با مشتق زمانی جریان عبور کننده از آن است که ضریب تناسب، تنها به مشخصات هندسی خوالقا و ضریب گذردهی مغناطیسی هسته آن ارتباط دارد. یعنی می توان نوشت:

$$V = L\frac{dI}{dt} \qquad (۱۰)$$

واحد اندازه گیری ضریب خودالقا هانری است. سلف معمولاً در مدارهای جریان متناوب به کار می رود، اما ممکن است برای تولید میدان مغناطیسی ثابت، از آن جریان یک سو هم عبور داده شود.

آزمایش ۲
الکتریسته ساکن

هدف:

بررسی روش های تولید بار الکتریکی ساکن، تحقیق پدیده های الکترواستاتیکی، آشنایی و آزمایش با ماشین واندوگراف.

وسایل آزمایش:

الکتروسکپ، میله های شیشه ای و ابونیتی، ماشین واندوگراف، جعبه وسایل الکتریسته ساکن.

تئوری آزمایش:

در اثر مالش اجسام مختلف به هم، قدری از بارهای الکتریکی یکی به دیگری منتقل می‌گردد و اجسام دارای بار الکتریکی می شوند. آزمایش نشان می دهد که:

۱) هرگاه اجسامی نظیر شیشه، کائوچو و لاک را با پارچه ابریشمی یا پشمی مالش دهیم دارای بار الکتریکی خواهند شد.

۲) بارهای الکتریکی ایجاد شده در شیشه و لاک دو نوع مختلف هستند که بنا بر قرارداد، بار مربوط شیشه مثبت و بار الکتریکی لاک منفی در نظر گرفته شده است.

۳) طبق قانون کولن دو بار همنام همدیگر را دفع و دو بار غیر همنام همدیگر را جذب می کنند. نیروی بین بارها از رابطه زیر به دست می آید:

$$\left|\overrightarrow{F}\right| = \frac{Kqq'}{d^2} \quad , \quad K = 9\times10^9\, Nm^2/C^2 \qquad (۱)$$

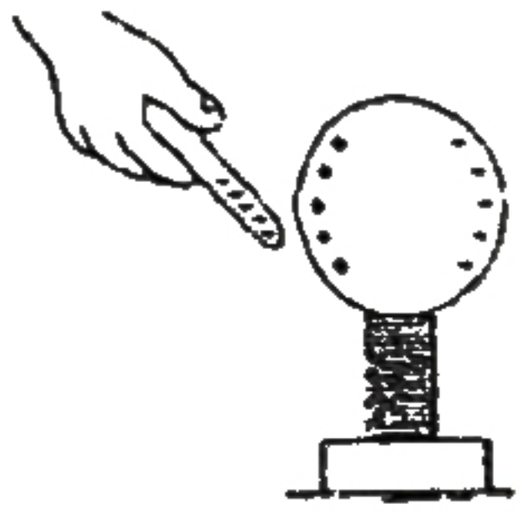
که در آن q و q' بار دو ذره و d فاصله دو بار است.

۴) بارهای الکتریکی یک جسم رسانا بیشتر در نوک های تیز جمع می شوند.

۵) بار الکتریکی یک رسانای باردار روی سطح خارجی آن قرار می گیرد.

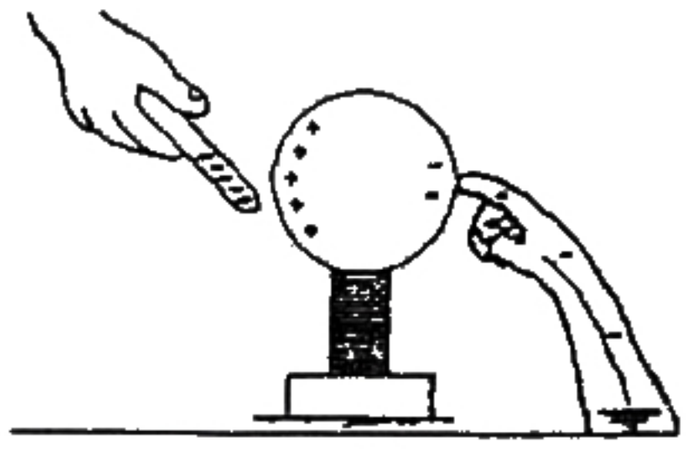
۶) اجسام رسانا را به روش القاء هم می توان باردار کرد. باردار کردن رساناها به روش القا به این صورت انجام می گیرد:

اگر یک جسم باردار ره به یک جسم رسانا نزدیک کنیم(مطابق شکل ۱) میدان الکتریکی آن باعث جدایی بارهای رسانا می شود.



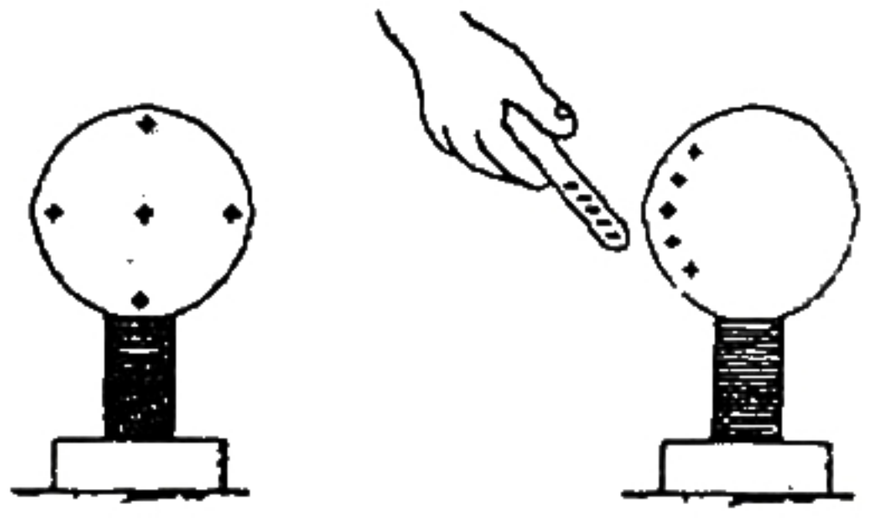
شکل ۱ جدا شدن بارها در رسانا

آن قسمت از جسم رسانا که به جسم باردار نزدیک تر است دارای بار مخالف جسم القاکننده و قسمت دورتر دارای باری همنام آن می گردد.(چرا؟) اگر در حالی که دو جسم به هم نزدیک اند، با یک سیم رابط(یا دست) قسمت دورتر(از جسم القاکننده) را برای چند لحظه به زمین وصل کنیم، بارهای آن منطقه به زمین منتقل می شوند. شکل زیر سیستم شکل ۱ را در این حال نشان می دهد.



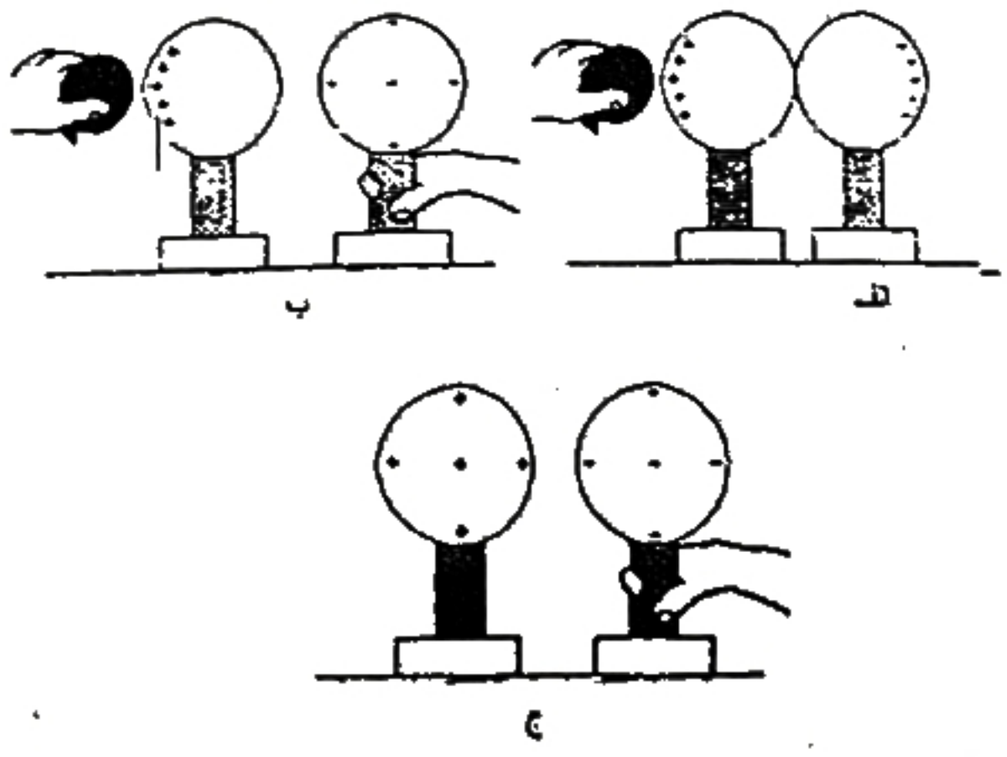
شکل ۲

حال اتصال را قطع و جسم باردار را از رسانا دور می کنیم، بارهای باقی مانده در رسانا باعث می گردند که کره بار غیر همنام با بار القاگر داشته باشد. به همین روش و با اتصال زمین کردن بخش نزدیک تر کره به جسم القاکننده، می توان بار القائی همنام با بار جسم القاگر ایجاد نمود.



شکل ۳

با استفاده از دو کره به روش القا می توان با جداکردن بارها، هر دو کره را باردار نمود. شکل‌های زیر را ملاحظه نمائید.

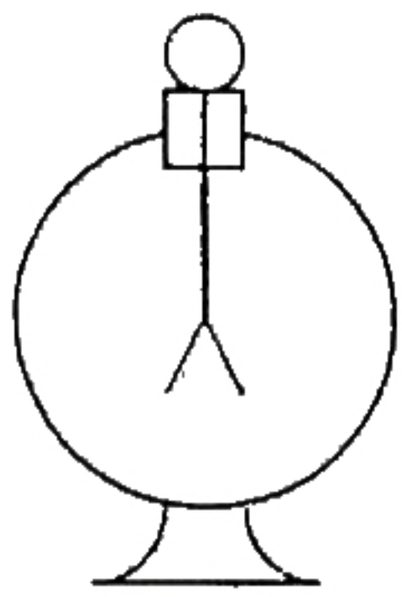


شکل ۴

وسایل آزمایش:

۱- الکتروسکپ

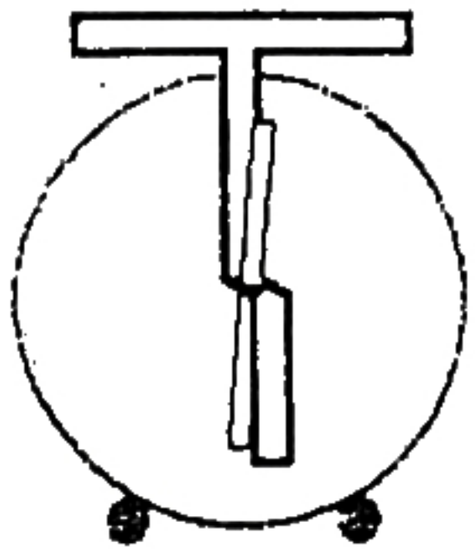
این وسیله دستگاهی است که برای اندازه گیری مقدار الکتریسته ساکن به کار می رود. ساختمان دستگاه شامل جعبه ای است که روی یک پایه عایق قرار گرفته است. داخل جعبه، یک میله فلزی قرار دارد که یک تیغه نازک به آن لولا شده است. ممکن است به جای یک تیغه، دو تیغه به میله آویزان باشند.(شکل ۵) چنانچه بار الکتریکی را به میله منتقل کنیم، چون رسانا است قسمتی از بار را به ورقه ها می رساند و در نتیجه ورقه ها دارای بار همنام شده یکدیگر را دفع می کنند. زاویه بین ورقه ها به میزان نیروی دافعه آنها و در نتیجه به مقدار بار منتقل شده به آنها بستگی دارد.



شکل ۵

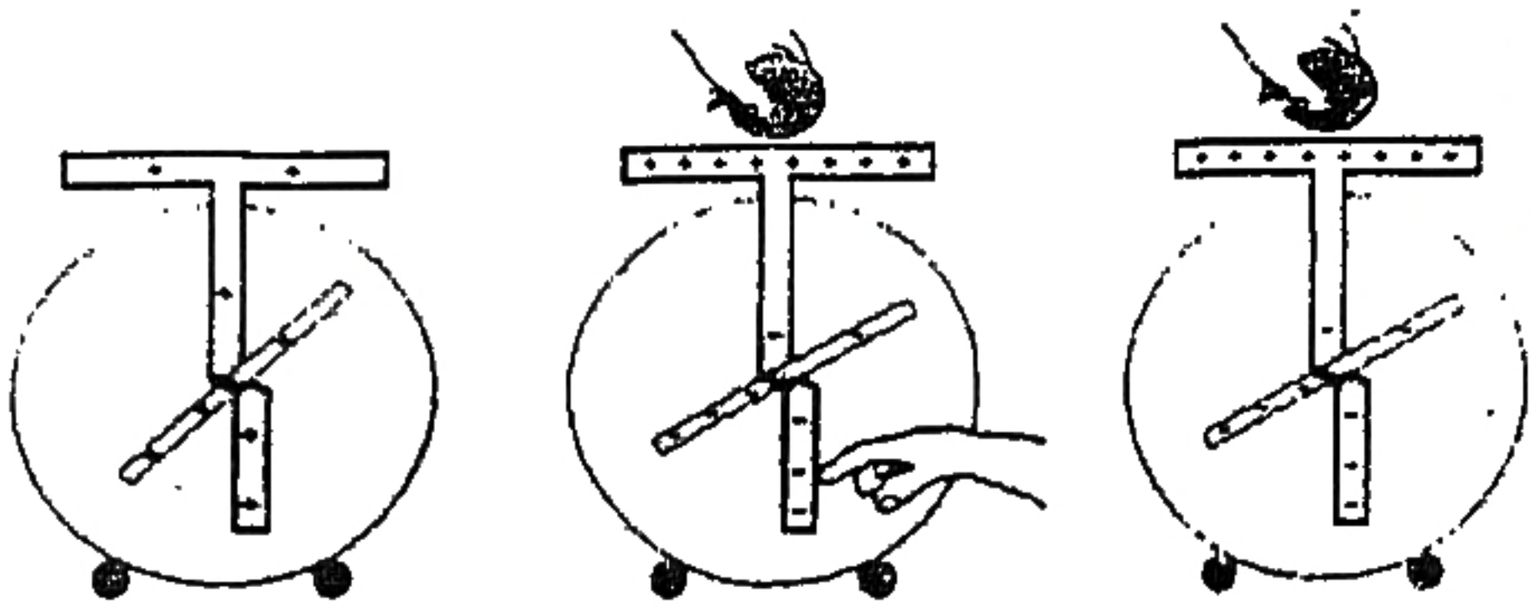
۲- الکتروسکپ مدرج

اگر به جا یکی از ورقه های الکتروسکپ عقربه ای فلزی بسیار سبک و به جای ورقه دیگر، یک صفحه فلزی ثابت قرار داده شود، میزان انحراف عقربه می تواند معین کننده میزان بار منتقل شده به آن باشد. برای اندازه گیری بار منتقل شده به عقربه از صفحه مدرجی که مقابل آن است استفاده می شود. (شکل ۶)



شکل ۶

به کمک القا می توان الکتروسکپ را باردار نمود. روش کار همانند باردادرنمودن کره فلزی است که توضیح داده شد. شکل۷ مرحله باردار نمودن الکتروسکپ را نشان می دهد.

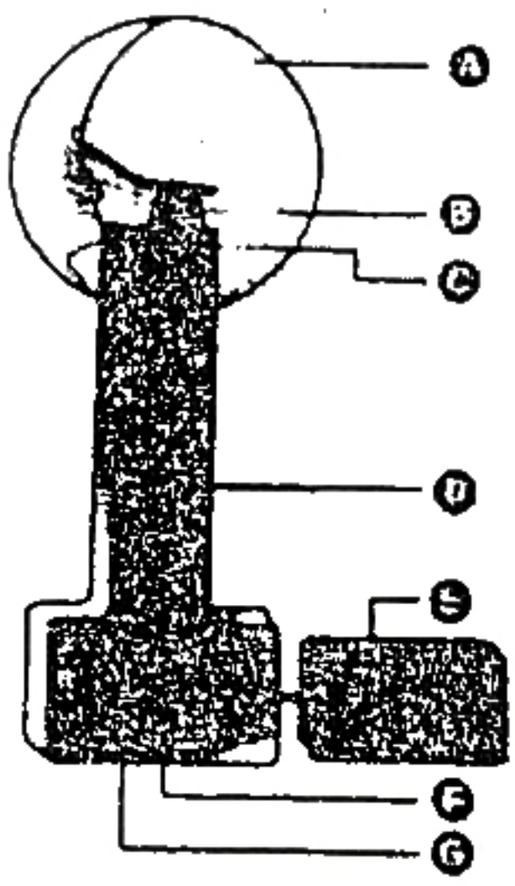


الف ب ج

شکل ۷

۳- ماشین واندوگراف

اصولاً ماشین های الکترواستاتیکی، که برای ایجاد پتانسیل های خیلی زیاد(هزار ولت تا چند میلیون ولت) به کار می روند، به دو روش مالش و القاء تولید بار(و در نتیجه تولید پتانسیل) می کنند. گرچه این ماشین ها پتانسیل خیلی بالایی تولید می کنند اما جریان آنها معمولاً پایین است. یکی از ماشین هایی که به روش القاء تولید بار الکتریکی و پتانسیل زیادی می کند واندوگراف نام دارد. شکل ۸ شمای یک ماشین واندوگراف ساده را که برای مقاصد نمایشی ساخته شده است، نشان می دهد. کره فلزی و توخالیA روی پایه عایق استوانه ای شکل C قرار گرفته است. تسمه لاستیکی D به کمک موتور E که به محور G متصل است، می چرخد و در اثر مالش محور ابونیتی F باردار می گردد. بارهای روی تسمه لاستیکی که در حال چرخش است، به کمک برس فلزی B به کره محور فلزی منتقل می شوند و تکرار مداوم این کار باعث افزایش بار کره می شود. در نتیجه، پتانسیل کره مرتباً افزایش می یابد. توجه داشته باشید که در صورت نزدیک شدن به کره ممکن است در اثر تخلیه الکتریکی به شما آسیب برسد. به همین دلیل هنگام کار با واندوگراف باید نکات ایمنی را رعایت کنید.



شکل ۸

روش آزمایش:

ابتدا وسایل آزمایش را تمیز نمایید. سپس آزمایش های زیر را با دقت انجام دهید.

۱- میله ابونیتی را به روش مالش با پارچه باردار کنید. میله باردار شده را به صفحه الکتروسکپ تماس دهید تا الکتروسکپ نیز باردار گردد. دقت کنید که سطح بیشتری از میله با صفحه الکتروسکپ تماس پیدا کند (چرا؟) ورقه های الکتروسکپ از هم باز می شوند. اگر ورقه ها خوب باز نشدند این عمل را دوباره تکرار کنید.

۲- حال میله شیشه ای باردار را به الکتروسکپی که با میله ابونیتی باردار کرده اید، نزدیک کنید و نتایج مشاهدات خود را توجیه و یادداشت کنید.

۳- یک کره فلزی را به روش القاء توسط میله شیشه ای(که قبلاً باردار کرده اید)باردار کنید و نوع بار آن را با الکتروسکپ باردار شده با میله ابونیتی مشخصی کنید.

۴- دو کره فلزی را طوری مجاور هم قرار دهید که با هم در تماس باشند. حال میله ابونیتی باردار را نزدیک یکی از دو کره فلزی قرار دهید و در همین حال دو کره را بدون آنکه با دستتان تماس یابند از هم جدا کنید. به کمک الکتروسکپ، بار هر یک از دوکره را مشخص کنید و نتایج حاصل را توجیه نموده و یادداشت کنید.

۵- کارهای زیر توسط کارشناس آزمایشگاه برایتان نمایش داده می شود. مکانیسم و علت پدیده های مربوطه را بیان کنید.

۵-۱) تولید الکتریسته ساکن با ماشین واندوگراف.

۵-۲) تجمع بار رساناها در نوک های تیز، تخلیه الکتریکی از نوک های تیز.

۵-۳) بازشدن رشته های نخ از هم.

۵-۴) تخلیه الکتریکی واندوگراف به وسیله پایه متصل به آن.

۵-۵) روشن شدن مهتابی و لامپ نئون.

۵-۶) حرکت نوسانی گلوله فلزی.

۵-۷) کاربرد استوانه فاراده و استوانه گاوسی.

۵-۸) انحراف شعله شمع.

آزمایش شماره ۳
نوسان نمای کاتدی(اسیلوسکپ)

هدف:

آشنایی با طرز کار اسیلوسکپ، اندازه گیری فرکانس یک موج، اندازه گیری ولتاژ Rms^1 , $p\text{-}p^2$ و رسم منحنی های لیساژو.

وسایل آزمایش:

اسیلوسکوپ- منبع تغذیه- اسیلاتور- سیم های رابط- ولت متر.

مقدمه:

آشنایی با لوله پرتو کاتدی:

شکل(۱) تصویری از لوله پرتو کاتدی را نشان می دهد از این لوله ها در ساختن نوسان نما و لامپ تصویرهای تلویزیون و پایانه های کامپیوتر استفاده می شود.

درون لوله از هوا تخلیه شده است. فشار درون آن در حدود ۱۰ میلی متر جیوه است. اگر فشار بیش از این باشد، برخورد الکترون ها با ملکول های هوا و پراکندگی پرتو الکترون زیاد می شود. کاتد، که در سمت چپ تصویر است، به کمک گرم کننده ای تا دمای بالا نسبتاً گرم می شود و الکترون ها از سطح کاتد، پرتاب می شوند. آند شتاب دهنده، که سوراخی در مرکز آن است، نسبت به کاتد، پتانسیل بالایی دارد. به این ترتیب بین آند شتاب دهنده و کاتد، میدان الکتریکی افقی از راست به چپ وجود دارد. الکترون ها به محض خروج از سوراخ وسط آند با سرعت ثابت به طرف صفحه فلوئورسان پیش می روند، محل برخورد الکترون ها با سطح شدیداً درخشان می شود.

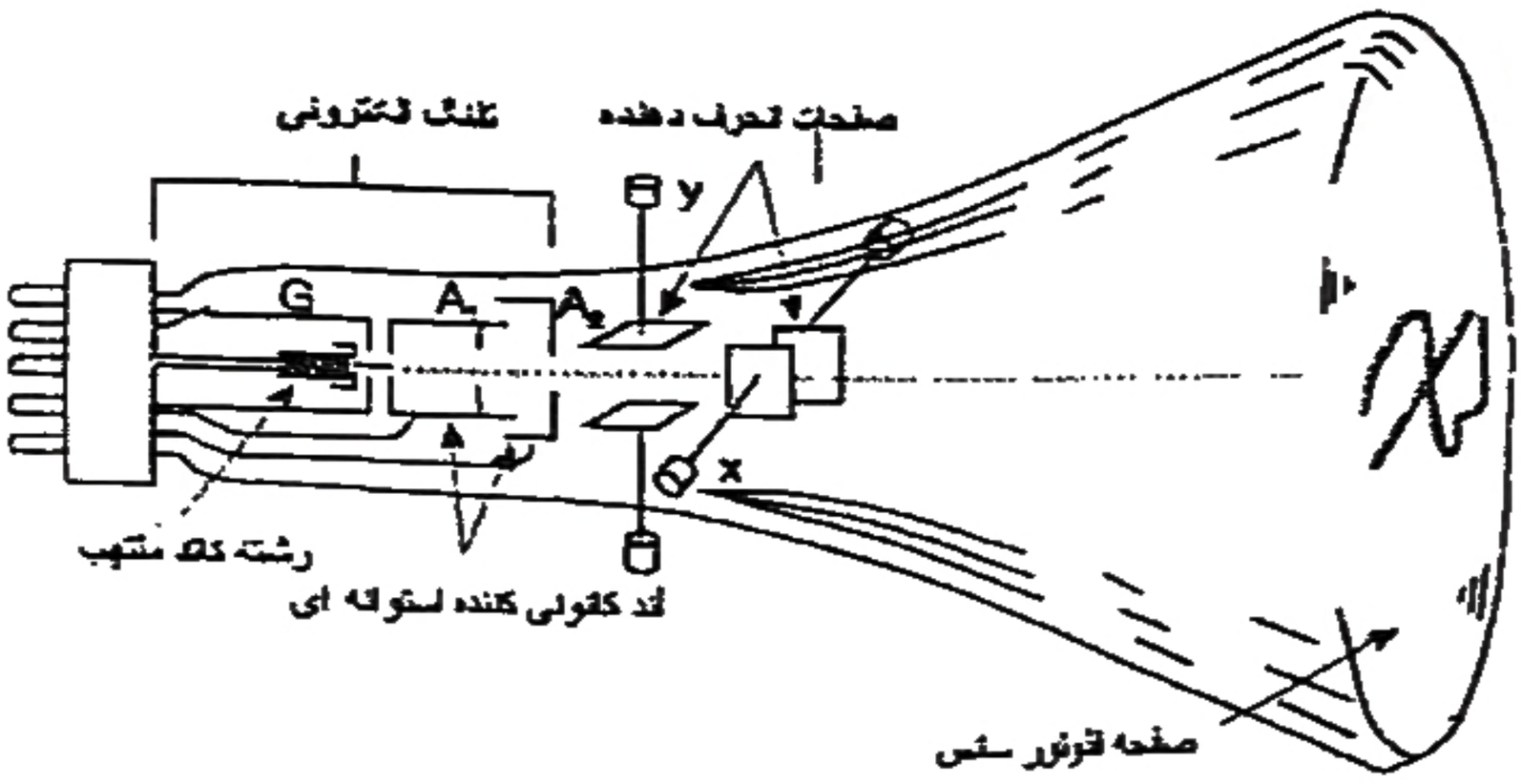
درست پس از کاتد، شبکه کنترل قرار دارد، وظیفه این شبکه تنظیم تعداد الکترون هایی است که به آند می رسند(لذا تنظیم میزان شدت روشنایی صفحه فلوئورسان است).

مجموعه شبکه کنترل، آند تمرکز دهنده(در شکل رسم نشده است) و آند شتاب دهنده را تفنگ الکترون می نامند. الکترون از میان دو جفت صفحه منحرف کننده نیز عبور می کند. میدان الکتریکی بین جفت صفحه اول الکترون را در امتداد افقی، و میدان بین جفت صفحه دوم آن را در امتداد قائم منحرف می کند. لذا مختصات نقطه روشن بر روی صفحه فلوئورسان متناسب با ولتاژهای منحرف کننده است. این امر اساس ساختمان نوسان نمای کاتدی را تشکیل می دهد. هرگاه بین دو جفت صفحه انحراف دهنده، میدان وجود نداشته باشد، الکترون ها از آند شتاب دهنده به طرف فلوئورسان روی مسیر مستقیمی حرکت کرده، در نقطه ثابتی به صفحه برخورد می کنند و محل برخورد به نقطه درخشانی تبدیل می شود.

---

[1] ـ قله به قله Peak to Peak

[2] ـ (مقدار مؤثر)Root Mean Square



شکل (۱)

برخی کلیدهای لازم مورد استفاده در آزمایش به صورت زیر است:

۱- کلید روشن و خاموش کردن دستگاه.(POWER)

۲- مربوط به شدت روشنایی تصویر.(INTENSITY)شدت نور صفحه.

۳- کانونی کردن تصویر.(FOCUS)

۴- ادغام دو سیگنال افقی و عمودی جهت تشکیل اشکال لیساژو.(X-Y)

۵- تغییر مکان افقی روی صفحه تصویر.(POSITION)

۶- زمان بر قسمت‌با این پیچ می توان وقتی پیچ کالیبره در منتهی الیه ساعتگرد باشد تقسیمات زمان را تغییر داد(برای خواندن فرکانس).(TIME/DIV)

۷- تنظیم دقیق(وقتی به منتهی الیه ساعتگرد پیچیده شود پایه زمانی کالیبره می گردد).(VARIABLE)

۸- تغییر مکان صفحه تصویر در جهت محور Y ها.(POSITION)

۹- کلید سه وضعیتی AC و DC و GND:

AC : راه را بر مؤلفه DC سیگنال ورودی می بندد..

DC : هر دو مؤلفه DC و AC سیگنال ورودی را عبور می دهد.

GND : مسیر سیگنال را باز کرده و ورودی تقویت کننده را به زمین متصل می کند. بنابراین خط صفری به دست می آید که از آن می توان به منزله مبنا در اندازه گیری های DC استفاده کرد.

۱۰- محل ورودی سیگنال اول به دستگاه(کانال۱).(CH1 INPUT(X))

۱۱- محل ورودی سیگنال دوم به دستگاه(کانال۲).(CH2 INPUT(Y))

۱۲- معکوس کننده سیگنال دوم.(INVERT)

۱۳- تقویت بهره عمودی یا افقی به صورت ۵ برابر.(X5 MAG)

۱۴- ولت بر قسمت: بهره تقویت کننده کانال۱ و تنظیم حساسیت. وقتی پیچ تنظیم دقیق در وضعیت کالیبره قرار گیرد بهره را می توان توسط تقسیمات تغییر داد(در اندازه گیری دامنه).

۱۵- نمایش سیگنال ورودی کانال ۱ یا ۲ روی صفحه تصویر.(CH1 یاCH2)

۱۶- جمع دو سیگنال.(ADD)

۱۷- اتصال المان تست شونده به دستگاه.

۱۸- مربوط به کالیبره کردن قسمت داخلی دستگاه.

کلیدهای SOUREC و TRIG MODE بایستی در بالاترین حالت خود INT و AUTO قرارداشته باشد.

- توجه : کلیدهای کالیبره ولتاژ و زمان(CAL) همواره بایستی در منتهی الیه ساعتگرد باشد، دامنه تقسیمات به کار رفته معتبر باشد.
- کلید TRIG LEVEL همواره در وضعیت LOCK قرار داشته باشد.

مشخصات کلیدهای مورد نیاز اسیلاتور:

۱- کلید روشن و خاموش کردن دستگاه(POWER)

۲- پیچ مربوط به تغییرات زیاد فرکانس.

۳- پیچ مربوط به تغییرات کم فرکانس.(VARIABLE)

۴- کلید مربوط به فرم موج ها.

۵- پیچ مربوط به تنظیم ولتاژ.(AMPL)

۶- خروجی دستگاه(OUTPUT) در این آزمایشگاه تنها از این اتصال استفاده می شود.

* توجه :

۱) هرگاه چراغ KHZ روی صفحه نمایش در حال چشمک زدن باشد عدد بسامد بر حسب کیلوهرتز می باشد.

۲) ولتاژ داده شده در صفحه نمایش ولتاژ قله به قله است که با ولتاژ نشان داده شده به وسیله ولتمتر متفاوت است.

۳) در حین آزمایش چراغ COUNT, EXT , DUTY , SW, FREG LEVEL بایستی خاموش باشد.

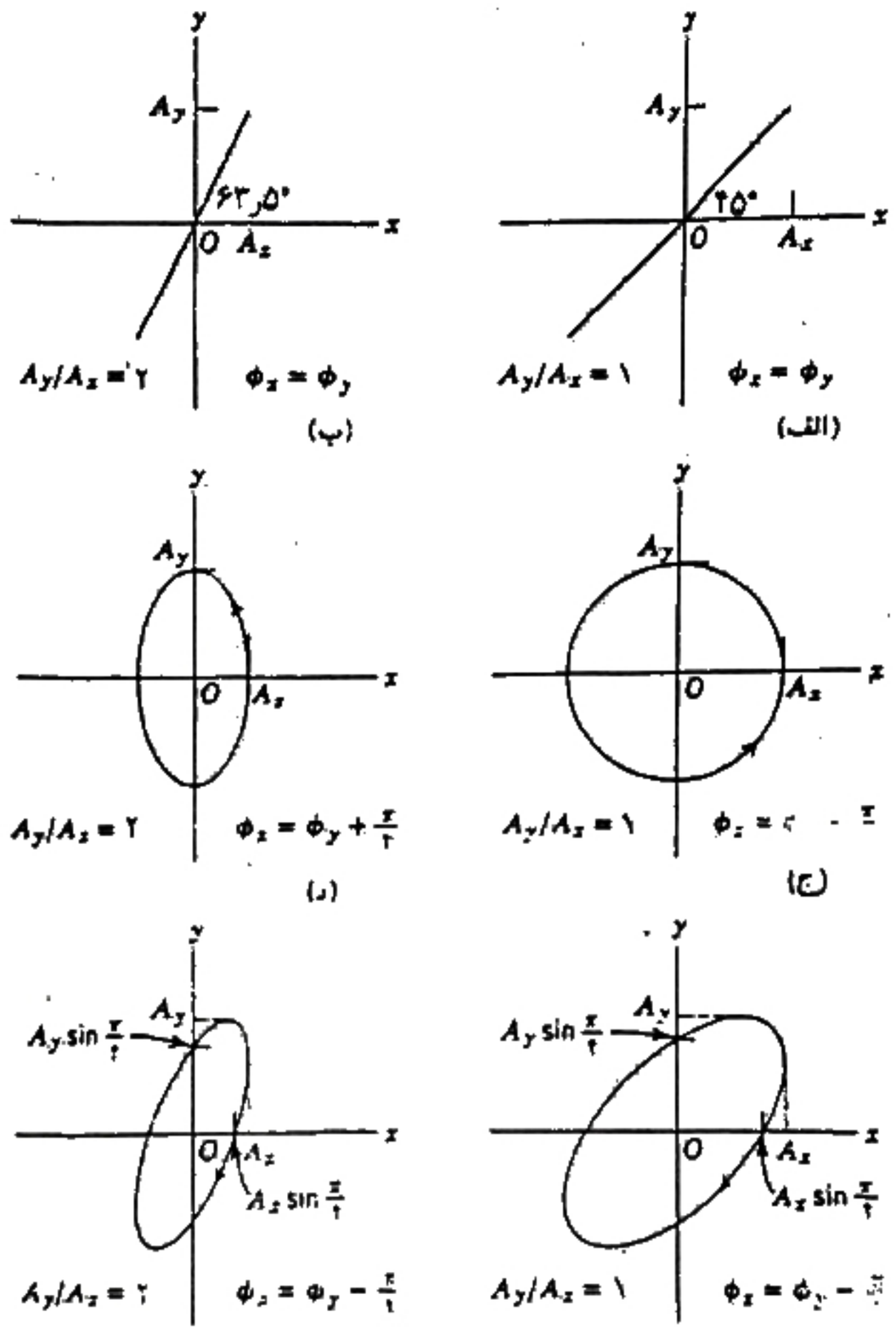
تئوری آزمایش:

معادله یک موج سینوسی به صورت $y = A\sin(\omega t + \varphi)$ می باشد که در آن A دامنه نوسان و ω سرعت زاویه ای و φ فاز اولیه می باشد. و معادله یک موج دندانه اره ای x=ct است که در آن x مقداری است ثابت با حذف t از دو معادله بالا نتیجه می شود. $y = A\sin\omega(x/c)$ که در آن فاز اولیه صفر فرض شده است. بنابراین از ترکیب یک موج دندانه اره ای و یک موج سینوسی، یک موج سینوسی پدید آید.

حال اگر دو موج سینوسی یا کسینوسی در دو امتداد عمود برهم با هم ترکیب شوند حرکت برآیند(موج برآیند) عبارتست از مجموع دو نوسان سینوسی مستقل و بسته به بسامد ارتعاشات و دامنه امواج و فاز اولیه، شکل موج حاصل تعیین می گردد.

حالت های مختلف این ترکیب ها تشکیل منحنی های لیساژو را می دهد که با استفاده از اسیلوسکوپ قابل مشاهده هستند. ترکیب دو موج سینوسی عمود برهم که دارای بسامد مساوی دارند در مطالعه نور قطبیده و

مدارهای جریان متناوب اهمیت زیادی دارند. ترکیب های عمود برهم که دارای بسامدهای مختلف هستند تشکیل شکل های پیچیده تری می دهند که بستگی به ω_1 و ω_2 امواج ترکیبی دارد.
تمام ترکیب های حاصل از دو منبع سینوسی عمودبرهم که بسامد مساوی دارند یا مسیرهای بیضی شکل متناظرند، دایره و خط راست حالت های خاصی از بیضی هستند.
این موضوع را می توان با حذف t از دو معادله $X = A_X \sin(\omega t + \varphi_X)$ و $Y = A_y \sin(\omega t + \varphi_y)$ استنتاج نمود.



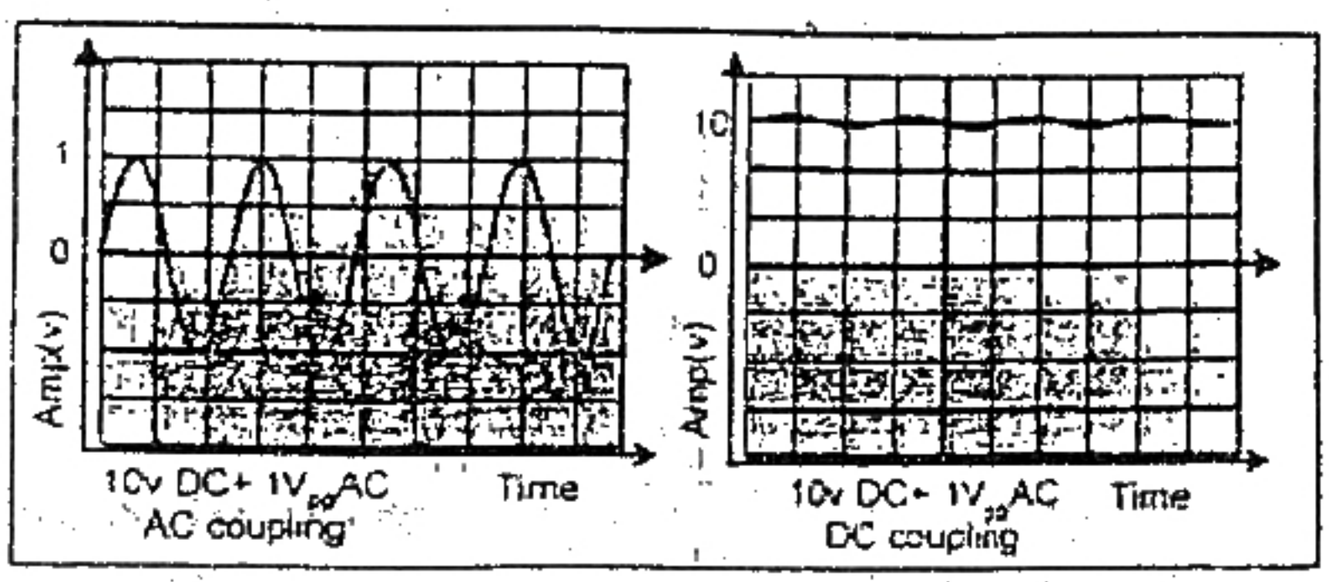
شکل۲

روش آزمایش:

الف- قبل از کار با دستگاه روش کار با آن را به دقت مطالعه کنید و دقت داشته باشید که کلیه کلیدهای دکمه ای به طرف بیرون و پیچ های کالیبره و Lock در منتهی الیه ساعتگرد باشند. دستگاه را روشن نموده و مدتی صبر کنید تا صفحه نمایش روشن گردد. توسط پیچ های شماره ۲ و ۳ شدت نور و کانونی بودن آن را تنظیم کنید. توسط فیش های مربوطه از منبع تغذیه به ورودی ۱ وصل نمایید و با تغییر پیچ شماره ۶ شکل موج را ثابت کنید. زمان تناوب موج سینوسی تشکیل شده را اندازه بگیرید. دقت کنید که از فیش های جریان متناوب منبع تغذیه استفاده شود.

تعداد خانه های افقی اسیلوسکوپ در یک طول موج X درجه ای که پیچ زمان بر قسمت نشان می دهد T و با توجه به رابطه $V=\frac{1}{T}$ فرکانس برق شهر را اندازه گیری کنید.

پس از اندازه گیری فرکانس برق شهر سیم رابط را به اسیلاتور متصل نموده و از اسیلاتور موجی با فرکانس دلخواه به اسیلوسکوپ بدهید و به ترتیب قبل فرکانس آن را مشخص کنید. در صورتی که موج ورودی دارای بخش dc باشد، موج بالاتر از سطح صفر درجه بندی صفحه اسیلوسکوپ پدیدار می شود. در این صورت می توان با قرار دادن کلید ۹(یا ۳) روی ac سطح dc را حذف کرد. شکل زیر این دو حالت را نشان می دهد. همان طور که دیده می شود، اگر سطح DC خیلی بزرگتر از دامنه ac باشد، بخش ac به خوبی دیده نمی‌شود.



شکل ۳

ب- اندازه گیری ولتاژ p-p و V_{rms}

برای امواج مطالعه شده در قسمت قبل ولتاژ p-p هر موج را نیز با خواندن تعداد خانه های قائم موج(از قله به قله) به ترتیب ذیل محاسبه کنید.

درجه ای که پیچ ولت بر متر نشان می دهد x تعداد خانه های اسیلوسکوپ از قله به قله(روی محور y)=V_{p-p} ولتاژ اسیلاتور را تغییر داده و برای ولتاژ جدید نیز V_{p-p} را اندازه گیری نمایید.

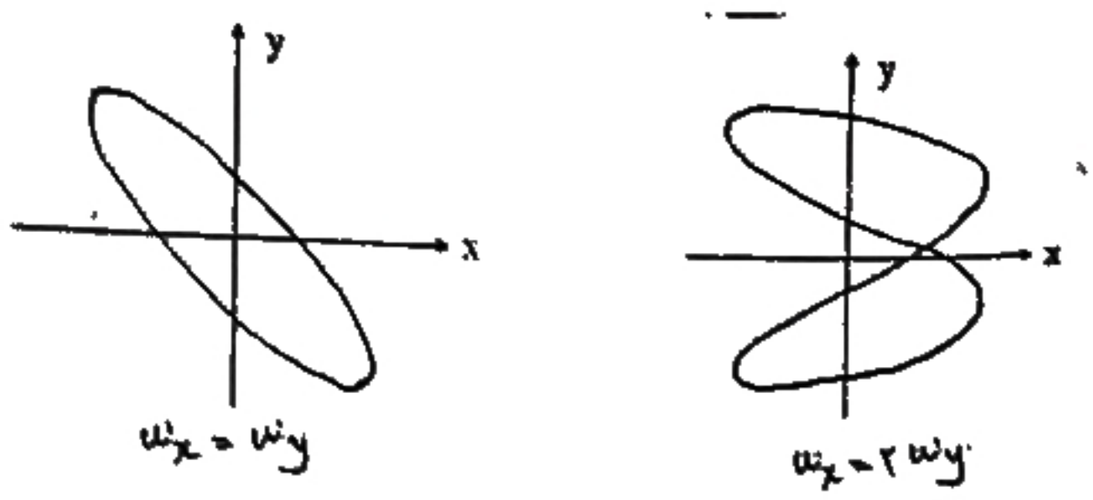
در هر حالت با توجه به رابطه $V_{rms}=\frac{V_{p-p}}{2\sqrt{2}}$ مقدار ولتاژی را که یک ولت متر نشان می دهد به دست آورید و با اندازه گیری مستقیم ولتاژهای مربوطه توسط ولت متر درستی نتایج را بررسی کنید.

ج- تشکیل منحنی های لیساژو:

برای دیدن منحنی های لیساژو از منبع تغذیه اسیلاتور استفاده نموده و هر کدام را به کانال ۱ و ۲ اسیلوسکوپ وصل کنید. به هر یک از صفحات افقی و عمودی یک موج سینوسی متصل نمایید. هرگاه فرکانس دو موج با هم مساوی یا مضارب درستی از یکدیگر باشند منحنی های ساده لیساژو بر روی صفحه نوسان نما ایجاد می کردند. برای فرکانس های مختلف هر یک از دو موج، شکل های حاصل را در دفترکار خود رسم کنید. ولتاژ هر کدام از اسیلاتورها را تغییر داده و برای حالات مختلف(ولتاژها مساوی، فرکانس ها مساوی)(ولتاژها مساوی، فرکانس ها مضارب صحیحی از یکدیگر)(ولتاژها مختلف، فرکانس ها مساوی)(

ولتاژها مختلف، فرکانس ها مضرب صحیحی از یکدیگر) شکل موج ها را مشاهده نموده و برای خود تحلیل نمایید.

شکل دو موج در ذیل داده شده است:



شکل ۴

آزمایش ۴
(پل و تستون و پل تار)

هدف آزمایش:

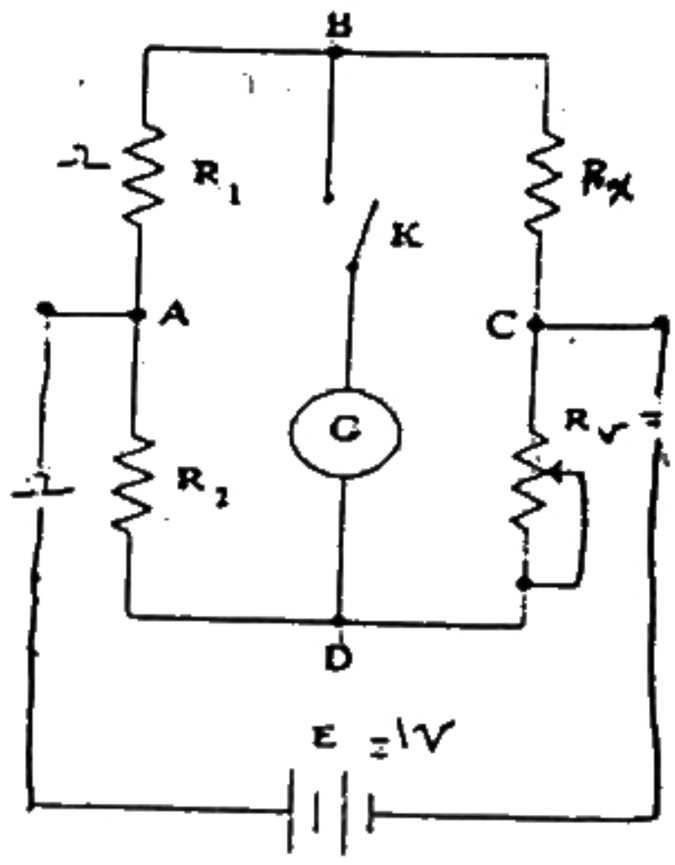
آشنائی با پل و تستون و پل تار و تعیین مجهول با آنها، اندازه گیری مقاومت درونی گالوانمتر به روش کلوین.

وسایل آزمایش:

پل و تستون- پل تار- گالوانمتر- منبع تغذیه- جعبه مقاومت- تعدادی مقاومت معلوم و مجهول.

شرح وسایل و تئوری آزمایش:

الف- پل و تستون: این وسیله که برای اندازه گیری مقاومت مجهول به کار می رود از سه مقاومت R_1, R_2, R_v و یک مقاومت R_x، گالوانمتر و منبع تغذیه مطابق شکل(۱) تشکیل شده است.



شکل ۱

با بستن کلید K جریانی در مدار بر قرار شده و گالوانمتر انحرافی را نشان می دهد. حال چنانچه مقاومت R_v را تغییر دهیم می توانیم حالتی را بوجود آوریم که عقربه گالوانمتر روی صفر ایستاده و هیچ گونه انحرافی را نشان ندهد، در این جریان خط BD مساوی صفر بوده و نقاط B و D هم پتانسیل خواهند بود، یعنی: $V_B=V_D$ و می توانیم روابط زیر را در این حالت بنویسیم:

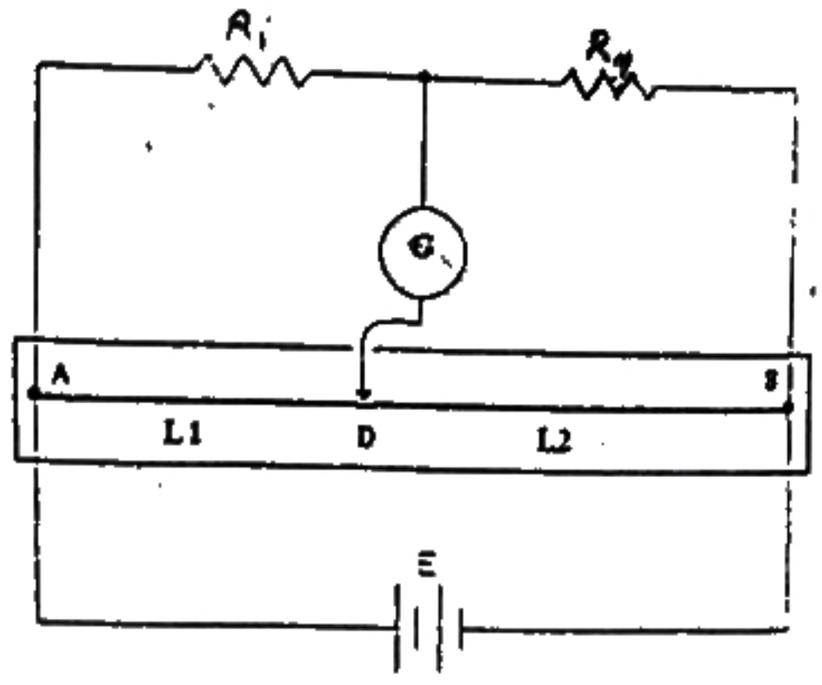
$$I_1 = I_X$$
$$I_2 = I_V$$
$$V_{CB} = V_{CD} \Rightarrow R_X I_X = R_V I_V \qquad (1)$$
$$\Rightarrow \frac{R_X}{R_1} = \frac{R_V}{R_2}$$

$$V_{AB} = V_{AD} \Rightarrow R_1 I_1 = R_2 I_2$$

چنانچه یکی از مقاومت های پل مجهول باشد می توان با استفاده از رابطه(۱) مقدار آن را به دست آورد.

ب- پل تار:

این پل که شکل ساده ای از پل و تستون است از یک سیم فلزی مقاومت AB که روی خط کش مدرجی نصب شده است تشکیل شده، لغزنده D که به گالوانمتر G متصل است می تواند روی سیم AB حرکت کند.



شکل ۲

از طرفی چون مقاومت یک سیم فلزی متناسب با طول آن است، می توان دو طول L_1 و L_2 از سیم AB را به عنوان دو مقاومت معلوم پل وتستون در نظر گرفت. در این صورت، در شرایط تعادل:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{L_1}{L_2} \qquad (۲)$$

بوده و چنانچه یکی از مقاومت ها R_2 و R_1 مجهول باشد می توان با استفاده از رابطه(۲) آن را به دست آورد.

روش آزمایش:

الف- مدار شکل(۱) را مرکب از مقاومت های معلوم R_2وR_1، جعبه مقاومت و مقاومت مجهول X ببندید.(یکی از سیم های گالوانمتر را به (عنوان کلید) وصل کنید و گالوانمتر را نیز روی حساسیت کم(مقاومت زیاد) قرارداده در مراحل روی حساسیت زیاد(مقاومت کم)قرار دهید.

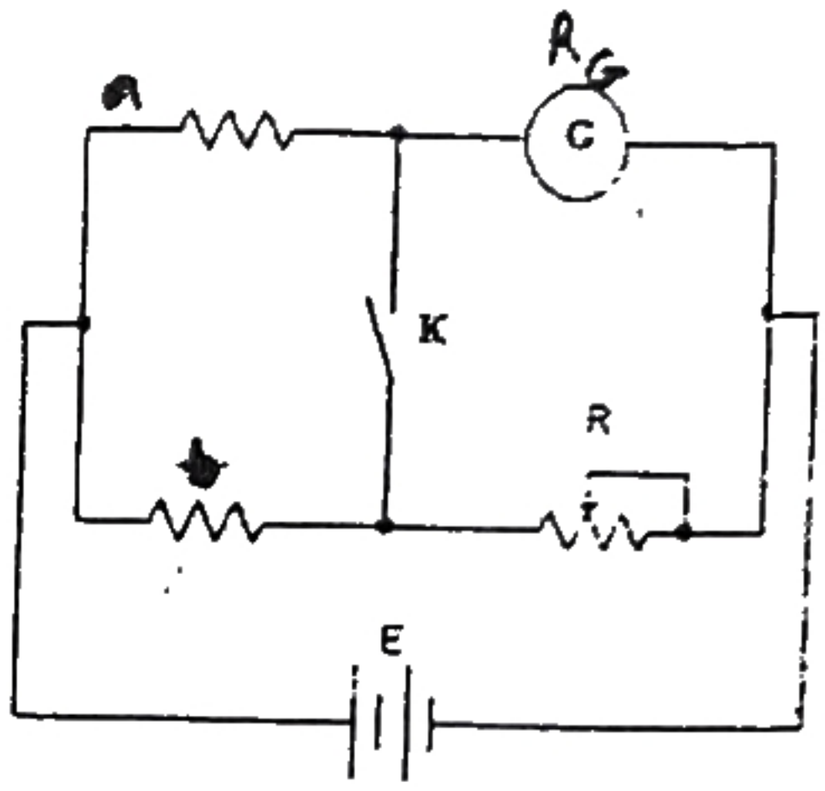
سیم آزاد گالوانمتر را یک لحظه خیلی کوتاه به گالوانمتر وصل کنید(اگر مدت اتصال زیاد شود گالوانمتر می سوزد) و انحراف عقربه را به خاطر بسپارید.

به کمک جعبه مقاومت R_v را تغییر دهید و هربار سیم آزاد را به گالوانمتر وصل کنید و انحراف عقربه گالوانمتر را مشاهده نمائید. عمل را آنقدر ادامه دهید تا عقربه گالوانمتر روی صفر بایستد و با قطع و وصل سیم دیگر حرکت نکند. در این حال R_v را خوانده و با استفاده از رابطه زیرR_x را حساب کنید.

$$R_x = \frac{R_1}{R_2} R_v$$

ب) برای اندازه گیری مقاومت درونی گالوانمتر به روش کلوین مدار شکل(۴) را ببندید (کلیدK حتماً باز باشد).

- حدود a و b به ترتیب کیلو اهم و زیر ۱۰۰ اهم باشد.



شکل ۳

در حالی که کلید K باز است. عقربه گالوانمتر انحرافی را نشان می دهد(اگر عقربه از صفحه گالوانمتر، خارج شد مقاومت 'R را زیادتر کنید) با بستن کلید K انحراف عقربه تغییر می کند، R را آنقدر تغییر دهید تا با بازکردن و بستن کلید K انحراف عقربه ثابت باشد در این صورت رابطه پل و تستون برقرار است(چرا؟)
و داریم:

$$R_G = \frac{a}{b} R \qquad (۳)$$

ج) پل تار:

۱- مداری مطابق شکل(۲) ببندید(کلید k باز باشد).

۲- کلید k را بسته و لغزنده را آنقدر تغییر دهید تا عقربه گالوانمتر روی صفر قرار گیرد در این صورت طول های L_1 و L_2 را اندازه گرفته و از رابطه(۴) R_1 را حساب کنید.

$$R_1 = \frac{L_1}{L_2} R \qquad (۴)$$

جداول ۱،۲و ۳ را تکمیل کنید.

R_x	R_v	R_b	R_a

جدول ۱

R_G	R_v	R_b	R_a

جدول ۲

R_x	R_v	L_2	L_1

جدول ۳

آزمایش ۵

مطالعه رفتار خازن ها در مدار DC

هدف:

مطالعه رفتار خازن در مدارهای DC، رسم منحنی شارژ و دشارژ خازن، اندازه گیری ظرفیت خازن، اندازه گیری ظرفیت خازن های سری و موازی.

وسایل آزمایش:

منبع تغذیه DC، خازن های ۱۰۰۰، ۴۷۰ میکروفاراد، کرنومتر، جعبه مقاومت (۴۷ KΩ).

تئوری آزمایش:

خازن یکی از اجزاء پر مصرف در مدارهای الکتریکی و الکترونیکی است. خازن یک عنصر ذخیره کننده انرژی است که انرژی در میدان الکتریکی بین جوشن های آن ذخیره می شود. خازن ها در دستگاه های متعددی مورد استفاده قرار می گیرند که از آن جمله می توان مدارهای الکتریکی و الکترونیکی،(مانند اسیلوسکوپ، رادیو، تلویزیون و ...) و حتی شتاب دهنده ها را نام برد.

ساده ترین نوع خازن از دو صفحه فلزی جدا از هم که در مجاورت یکدیگر قرار دارند تشکیل شده است. اگر این دو صفحه را به سر یک مولد DC وصل کنیم، الکترون ها به صفحه ای که به قطب منفی مولد وصل شده، می روند. نیروی دافعه این الکترون ها بر الکترون های صفحه دیگر، آنها را به قطب مثبت مولد می راند. به این ترتیب صفحه دوم دارای بار مثبت خواهد شد. حرکت بارها تا زمانی ادامه می یابد که جوشن های خازن با قطب های باطری هم پتانسیل شوند. در این صورت عبور بارها متوقف می شود و خازن مانند یک کلید باز در مدار عمل می کند. در چنین صورتی می گوییم خازن *شارژ*(پر) شده است. حال اگر مولد را از مدار خارج کرده و دو سر خازن را به هم وصل کنیم بارهای دو جوشن با یک جریان لحظه ای حاصل از حرکت بارها، همدیگر را خنثی می کنند و خازن *دشارژ*(تخلیه) می شود.

نسبت بار صفحات خازن به اختلاف پتانسیل آنها مقداری ثابت است که به شکل هندسی و خواص الکتریکی عایق بین جوشن های آن بستگی دارد. این نسبت را *ظرفیت خازن* می گویند. واحد اندازه گیری ظرفیت، فاراد است. خازن هایی که در مدارهای الکتریکی به کار می روند، معمولاً خیلی کوچکتر از یک فاراد هستند. به همین دلیل، واحدهای عملی تر آن *میکروفاراد* و *پیکوفاراد* می باشند. قرار دادن یک دی الکتریک بین جوشن های خازن ظرفیت آن را K برابر افزایش می دهد که K ضریب دی الکتریک آن عایق است.

همانطور که اشاره شد ظرفیت یک خازن به ابعاد آن بستگی دارد، در مورد خازن مسطح این بستگی با رابطه:

$$C = K\varepsilon_0 \frac{A}{d} \qquad (1)$$

داده می شود، که در آن A مساحت جوشن ها و d فاصله بین آنها است. خازن ها به دو صورت سری یا موازی به هم بسته می شوند.

$V_C + V_R = V_0$

$V_C = \frac{q}{C}$ $V_R = RI$

$\frac{q}{C} + RI - V_0 = 0$

$\frac{q}{C} + R\frac{dq}{dt} - V_0 = 0$

$q = CV_0(1 - e^{\frac{-t}{RC}})$

$V = V_0(1 - e^{\frac{-t}{RC}})$

- در حالت سری ظرفیت معادل از رابطه :

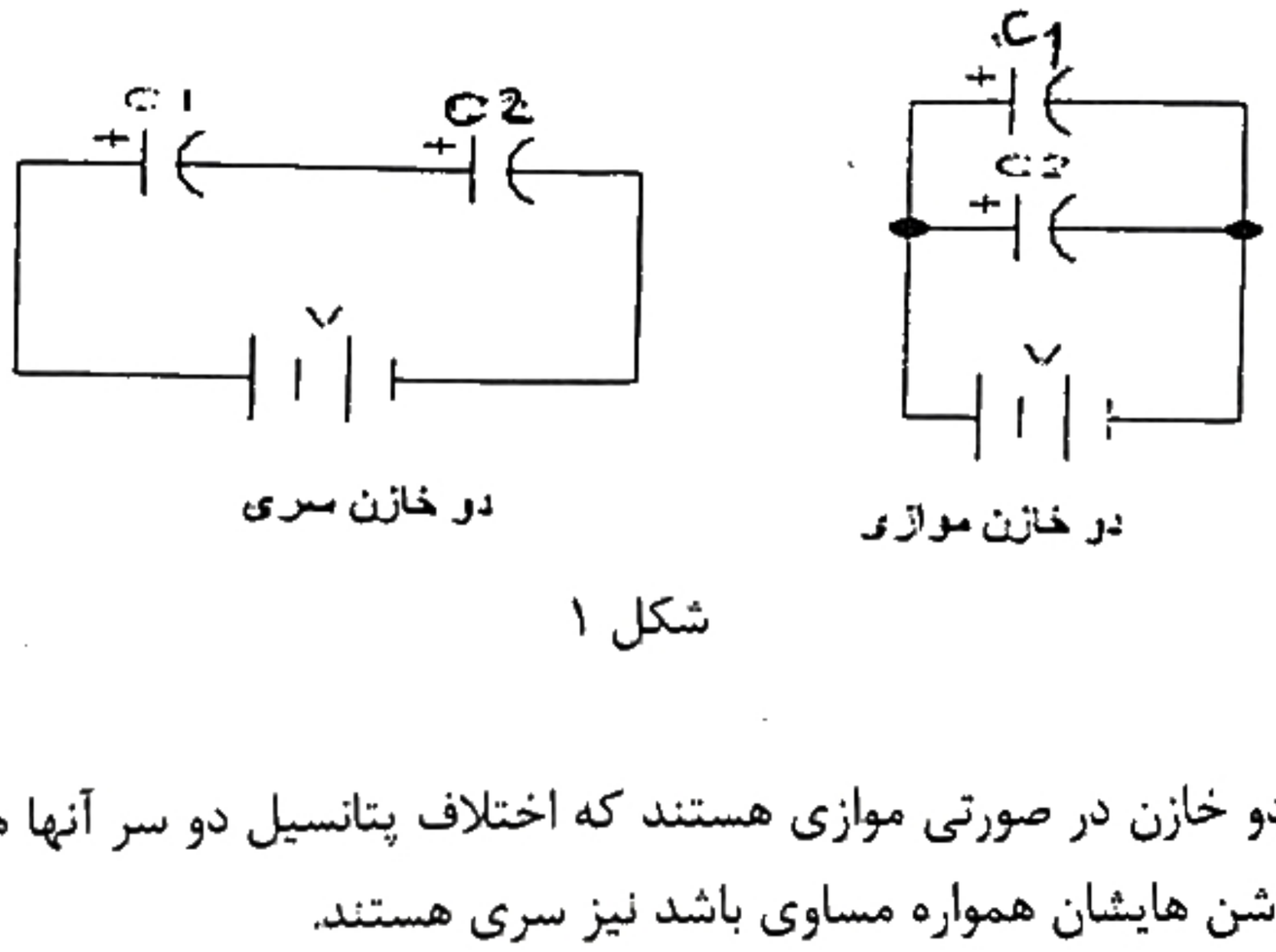
$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \ldots + \frac{1}{C_n} \qquad (۲)$$

- در حالت موازی ظرفیت معادل از رابطه :

$$C = C_1 + C_2 + \ldots + C_n \qquad (۳)$$

به دست می آید.

شکل ۱ خازن ها را در حالت سری یا موازی نشان می دهد.



دو خازن سری

دو خازن موازی

شکل ۱

با توجه به شکل ۱، دو خازن در صورتی موازی هستند که اختلاف پتانسیل دو سر آنها همواره برابر باشد. دو خازن که بار روی جوشن هایشان همواره مساوی باشد نیز سری هستند.

الف: بررسی شارژ و دشارژ خازن(پرکردن و خالی کردن خازن):

هرگاه جوشن های خازنی را به دوقطب یک منبع تغذیه وصل کنیم، خازن شارژ می شود. در این صورت ولتاژ آن پس از مدتی که بستگی به مقاومت مدار و ظرفیت خازن دارد، برابر ولتاژ دو سر منبع تغذیه می شود. هنگام شارژ خازن در مدار شکل ۲ قانون کیرشهف را می توان به شکل زیر نوشت:

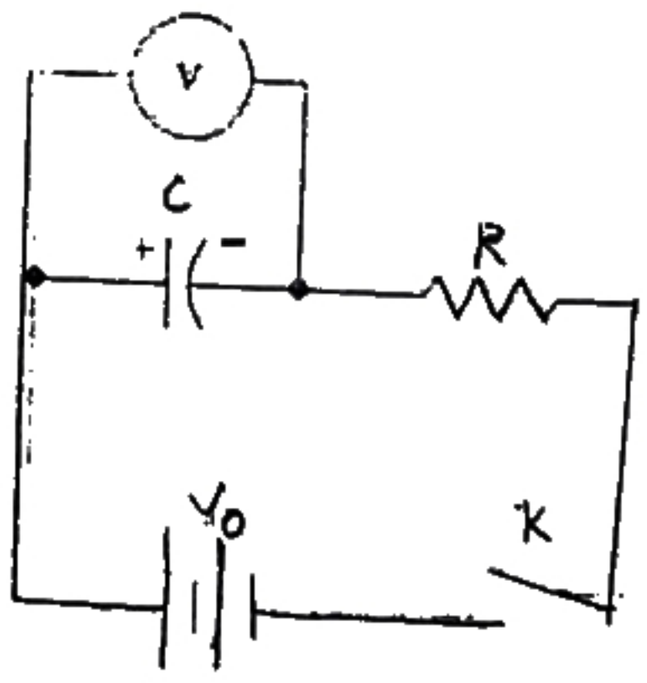
$$V_C + V_R = V_0 \qquad (۴)$$

که در آن V_C ولتاژ دو سر خازن و V_R ولتاژ دو سر مقاومت و V_0 ولتاژ دو سر باطری می باشد. اما می دانیم $V_C = \frac{q}{C}$، که C ظرفیت خازن و q بار آن است. پتانسیل مقاومت، $V_R = RI$ می باشد. پس می توان نوشت:

$$\frac{q}{C} + RI = V_0 \qquad (۵)$$

همچنین، جریان مدار I= dq/dt است. با توجه به این مطالب می توان نتیجه گرفت که:

$$\frac{q}{C} + R\frac{dq}{dt} - V_0 = 0 \qquad (۶)$$



شکل ۲

با حل معادله دیفرانسیل داریم:

$$q = CV_0(1 - e^{\frac{-t}{RC}}) \qquad (۷)$$

و یا:

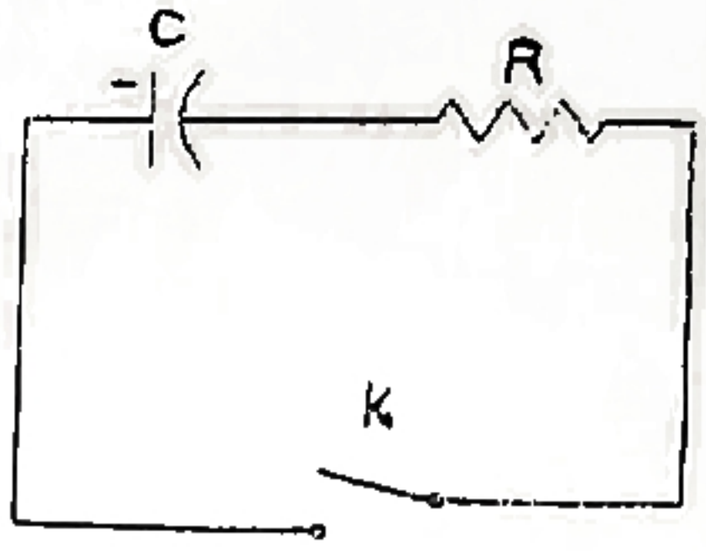
$$V = V_0(1 - e^{\frac{-t}{RC}}) \qquad (۸)$$

که RC ثابت زمانی مدار نامیده می شود.

دشارژخازن:

حال اگر پس از شارژ کامل خازن، منبع تغذیه را از مدار خارج کنیم و مطابق شکل ۳ به جای آن کلیـدی(در حالت اتصال کوتاه) قرار دهیم، قانون کیرشهف برای آن به این صورت خواهد بود.

$$V_C + V_R = 0 \qquad (۹)$$



شکل ۳

با قرار دادن رابطه ولتاژ مقاومت و خازن داریم:

$$\frac{q}{C}+R\frac{dq}{dt}=0 \qquad (10)$$

در نتیجه:

$$q=q_0e^{\frac{-t}{RC}},V_0=\frac{q_0}{C} \qquad (11)$$

که در آن A ثابتی است که با توجه به شرایط اولیه به دست می آید. در t=0 بار خازن q_0 است. در نتیجه:

$$V=V_0e^{\frac{-t}{RC}} \qquad (12)$$

با توجه به روابط(۸) و (۱۲)چگونگی شارژ و دشارژ خازن را می توان بررسی نمود. با انـدازه گیـری لحظـه ای ولتاژ خازن در حال شارژ(یا دشارژ)می توان ظرفیت خازن را نیز محاسبه کرد. آزمایش زیر به این منظور طرح شده است.

روش آزمایش:

الف: شارژ و دشارژ خازن، اندازه گیری ظرفیت

۱. یک سیم برای مدت کوتاهی به هم وصل کنید). مدار آزمایش را مطابق شکل ۲ ببندید. مقاومت مدار را ۴۷ کیلو اهم انتخاب کنید. همزمان با بستن کلید K کرنومتر را به کار اندازید. ولتـاژ دو سـر خـازن را هـر ۵ ثانیه خوانده و در جدول شماره ۱ یادداشت کنید.

۲. آزمایش فوق را برای خازن ۴۷۰ میکروفاراد نیز انجام دهید. نتایج را در جدول ۲ بنویسید.

۳. خازن ۴۷۰ میکرو فاراد را شارژ کنید(برای این کار کافیست دو سر آن را برای مدت کوتاهی به دو سر منبع تغذیه وصل کنید) و آن را در مدار دشارژ(شکل۳) قرار دهید. همزمان با بستن کلید K کرنومتر را به کـار اندازید. ولتاژ دو سر خازن را هر ۵ ثانیه خوانده و در جدول شماره ۳ یادداشت کنید.

ب: به هم بستن خازن ها به صورت موازی و سری

۱. دو خازن ۱۰۰۰و ۴۷۰ میکروفاراد را به صورت سری ببندید و به جای خازن C در مدار شارژ قرار دهید و مراحل آزمایش ۱ تکرار کنید. نتایج این آزمایش را در جدول شماره ۴ بنویسید.

۲. در خازن ۱۰۰۰ و ۴۷۰ میکروفاراد را به صورت موازی ببندید و مثل آزمایش ۴ آن را در مدار شارژ قرار دهید. تغییرات ولتاژ با زمان را در جدول شماره ۵ بنویسید.

ج: نتیجه گیری و ارائه نتایج

با استفاده از نتایجی که در تجربه شارژ خازن به دست آورده اید(داده های جدول ۱ و ۲) منحنی شارژ خازن را برای خازن های ۱۰۰۰ و ۴۷۰ میکروفاراد روی کاغذ میلی متری رسم کنید.
با استفاده از منحنی شارژ و دشارژ نمی توان نتایج دقیقی به دست آورد. اما اگر از طرفین رابطه(۸) و (۱۲) لگاریتم بگیریم داریم:

$$\log(V_0 - V_C) = \log V_0 - \frac{t}{RC}(\log e) \qquad \text{مربوط به منحنی شارژ} \qquad (۱۳)$$

$$\log V_C = \log V_0 - \frac{t}{RC}(\log e) \qquad \text{مربوط به منحنی دشارژ}$$

به عبارت دیگر اگر برای شارژ خازن لگاریتم $V_0 - V_C$ را برحسب زمان رسم کنیم منحنی حاصل خط راستی خواهد بود که ضریب زاویه آن $\frac{1}{RC}\log e$ است. و اگر برای دشارژ خازن لگاریتم Vc را برحسب زمان رسم کنیم منحنی حاصل خط راستی خواهد بود که ضریب زاویه آن نیز $\frac{1}{RC}\log e$ است. با اندازه گیری ضریب زاویه خطوط حاصل، ثابت های زمانی را با مقادیری که روی خازن ها نوشته شده است، مقایسه کنید. و درصد خطای مطلق نسبی را محاسبه کنید. منابع احتمالی خطا و راه کم کردن آن را توضیح دهید. جدول های ۱ تا ۵ را ضمیمه گزارش کار خود کنید.
* توجه کنید که برآورد خطا، در هر تجربه به ولتاژ اولیه(یا ولتاژ نهانی) خازن نیاز دارید.

جدول ۱

t																			
V_0																			
V_C																			
$V_0 - V_C$																			
$\log(V_0 - V_C)$																			

شارژ خازن ۱۰۰۰ میکروفاراد

جدول ۲

t																			
V_0																			
V_C																			
$V_0 - V_C$																			
$\log(V_0 - V_C)$																			

شارژ خازن ۴۷۰ میکروفاراد

جدول ۳

t																			
$\frac{\Delta t}{t}$																			
V_C																			
$\frac{\Delta V_C}{V_C}$																			
$\frac{\Delta C}{C}$																			

دشارژ خازن ۴۷۰ میکروفاراد

جدول ۴

t																		
V_0																		
V_C																		
V_0- V_C																		
log(V_0- V_C)																		

شارژ خازن سری

جدول ۵

t																		
V_0																		
V_C																		
V_0- V_C																		
log(V_0- V_C)																		

شارژ خازن های موازی

آزمایش ۶
بررسی تغییرات مقاومت الکتریکی با دما

هدف:

اندازه گیری ضریب حرارتی مقاومت هادی ها به کمک رسم نمودار تغییرات مقاومت بر حسب درجه حرارت.

وسایل آزمایش:

مقاومت سیمی- مقاومت معلوم- گالوانمتر- ترمومتر- بشر و هیتر.

مقدمه:

مقاومت الکتریکی مواد مختلف با درجه حرارت تغییر می کند. از این نظر اجسام هادی جریان را می توان به شکل زیر دسته بندی نمود.

۱- موادی که با افزایش درجه حرارت مقاومت الکتریکی آنها زیاد می شود. نظیر: فلزات و اکثر آلیاژها.

۲- موادی که با افزایش درجه حرارت مقاومتشان کم می شود. نظیر: کربن، الکترولیت ها، نیمه هادی ها.

۳- موادی که مقاومتشان در یک فاصله حرارتی، مستقل از دما است. مانند: الیاژ منگانین که تجربه نشان می دهد که مقاومت فلزات خالص با ازدیاد دما بالا می رود. تا تقریب مرتبه دوم، تغییر مقاومت بر حسب دما به صورت زیر است:

$$R_t = R_0(1 + \alpha t + \beta t^2) \qquad (۱)$$

که در آن R_0 مقاومت هادی در صفر درجه سانتی گراد، R_t مقاومت درجه حرارت t(بر حسب سانتی گراد) و α و β مقادیر ثابتی می باشند که با اندازه گیری به دست می آید. در عمل به خاطر کوچک بودن β می توان از جمله βt^2 صرف نظر نموده و رابطه خطی زیر را به کار برد:

$$R_t = R_0(1 + \alpha t) \qquad (۲)$$

بر اساس این رابطه، R تابع خطی از درجه حرارت است. α ضریب حرارتی مقاومت نامیده می شود که عبارت است از تغییر نسبی مقاومت جسم $\frac{\Delta R}{R}$ به اندازه تغییر یک درجه سانتی گراد، یعنی :

$$\alpha = \frac{R_t - R_0}{R_0 \Delta t} = \frac{\Delta R}{R_0 \Delta t} \qquad (۳)$$

روشن است که رابطه فوق برای همه اجسام و برای هر درجه حرارتی صادق نیست. اما برای اکثر مواد در فاصله دماهای کوچک با تقریب خوبی صادق است.

روش آزمایش:

آزمایش۱:

۱- تعیین ضریب حرارتی یک مقاومت فلزی با ضریب حرارتی مثبت.

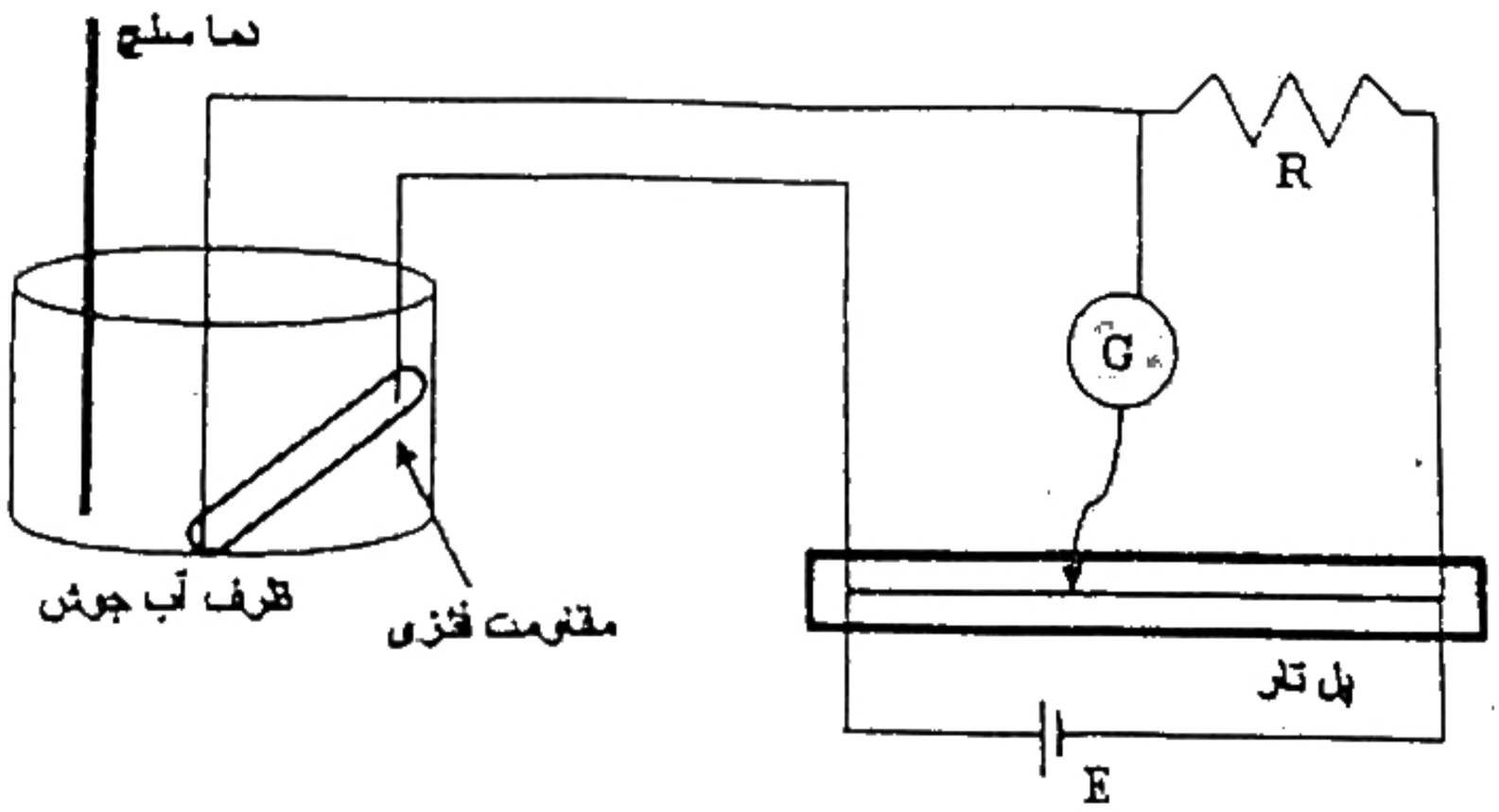
۲- سیم پیچی را که به عنوان مقاومت مورد آزمایش در نظر گرفته شده، در مدار پل تار به جای مقاومت مجهول قرار داده و مدار آزمایش را تکمیل کنید.

۳- سیم پیچ و دماسنج را مطابق شکل ۱ به وسیله گیره و پایه، داخل بشر قرار داده در آن آب بریزید توجه کنید که باید تمام سیم پیچ داخل آب قرار گیرد.

۴- پس از به جوش آمدن آب در بشر چند لحظه آن را هم بزنید تا دماسنج، دمای ثابتی را نشان دهد. این دما را یادداشت کرده و در همین حال مقاومت سیم پیچ را نیز اندازه بگیرید و نتیجه را در ردیف اول جدول ۱ یادداشت کنید.

۵- منبع تغذیه را روی ۱ ولت قرار داده و فقط هنگامیکه می خواهید مقاومت را اندازه بگیرید آنرا روشن کنید.

۶- همین طور که آب به مرور سرد می شود- درحالیکه آب را به هم می زنید- مقاومت سیم را در درجه حرارت های مختلف اندازه گرفته و در جدول ۱ یادداشت کنید. (توجه داشته باشید که درجه حرارت در موقعی که پل به حال تعادل است ثابت بماند).



شکل۱

آزمایش ۲:

تعیین درجه حرارت تقریبی فیلامان یک لامپ روشنایی

۱- مقاومت یک لامپ ۶ ولت خاموش را(در درجه حرارت اتاق) به وسیله اهم متر اندازه بگیرید.

۲- حال لامپ را روشن کنید و به کمک آمپرمتر جریانی را که از آن می گذرد اندازه گیری نمایید. ولتاژ دو سر آن را نیز با ولت متر اندازه گیری کنید. از رابطه $R_t = V/I$ مقاومت آن را در دمای t محاسبه نمایید. مقدار ضریب حرارتی لامپ $\alpha=0.003\ 1/C^0$ است. با دوبار استفاده از رابطه (۲) R_0 و t را به دست آورید.

نتیجه گیری و ارائه نتایج:

۱- با استفاده از جدول ۱ منحنی مقاومت سیم پیچ R_t را بر حسب درجه حرارت، روی کاغذ میلی متری رسم کنید.

۲- با استفاده از نموداری که رسم کرده اید، مقاومت سیم در صفر درجه و α ضریب حرارتی مقاومت را به دست آورید.

$T(^0c)$					
$L_1(cm)$					
$L_2(cm)$					
R					

آزمایش ۷
بررسی پدیده های الکترومغناطیسی

هدف:

بررسی شاروالقاء مغناطیسی، نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی و نیروی محرکه القائی(قانون القاء فاراده)، ترانسفورماتورها و جریان فوکو.

وسایل آزمایش:

الکترومگنت، حلقه های فلزی، آهن بای تیغه ای، سیم پیچ و لامپ، آمپرمتر، ولت متر و گالوانومتر.

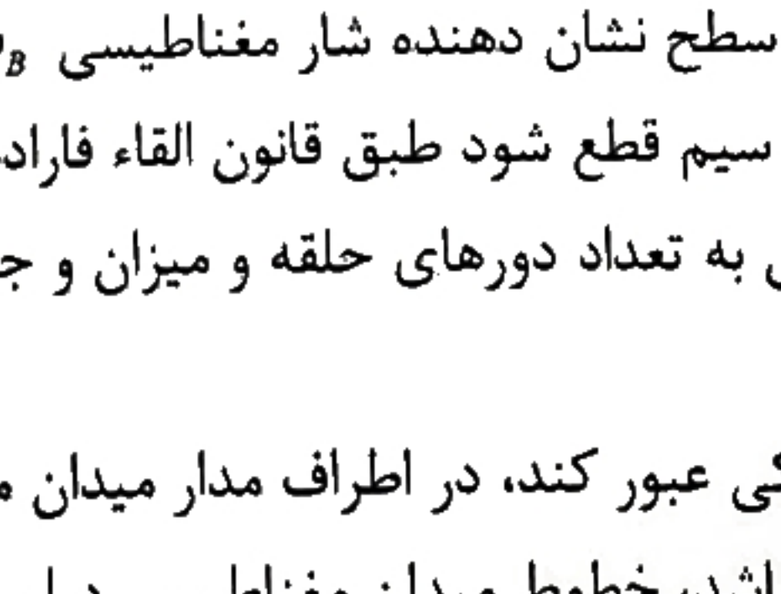
تئوری آزمایش:

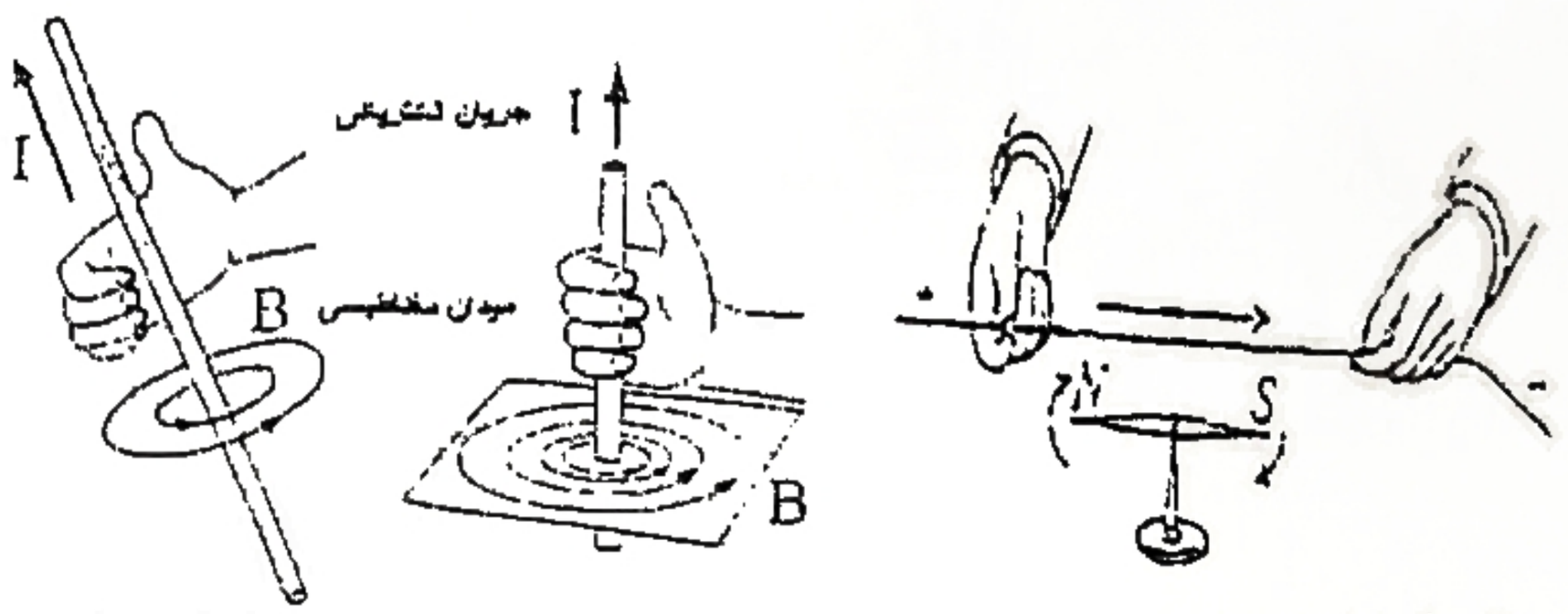
آهن ربائی که بیشتر با آن آشنا هستیم، آهن ربایی است که بر روی آن زندگی می کنیم یعنی زمین. قطب مغناطیسی در نیم کره شمالی قطب جنوب است و خطوط در آنجا همدیگر را قطع می کنند و قطب مغناطیسی شمال در نیم کره جنوبی قرار دارد و خطوط $\vec{B}$ از آن خارج می شوند. واضح است که هیچ آهن ربای میله ای در مرکز زمین دفع نشده است و خاصیت مغناطیسی زمین به این واقعیت ها مربوط می شود که هسته مرکزی زمین به شعاع ۵۵٪ مایع است و کاملاً رسانا است و در دوران زمین سهیم است و یک اثر دینام مانند که شامل جریان های چرخشی در هسته زمین است و سازوکار آن تا کنون معلوم نشده است در مرکز زمین عمل می کند.

نقش براده های آهن پاشیده شده بر روی ورق کاغذی که یک آهن ربای میله ای در زیر آن قراردارد نشان می دهد که دو قطب آهن ربا به صورت مجزا و به فاصله d از هم قرار دارند و تجربه نشان داده است که اگر آهن ربایی شکسته شود هریک از قطعات باز هم دوقطبی خواهد بود و اگر تا سطح الکترون ها، پروتون ها و نوترون ها هم شکسته شود هر یک از ذرات بنیادی دوقطبی های مغناطیسی اند.

برای هر آهن ربا خطوط میدان مغناطیسی $\vec{B}$از قطب شمال N خارج شده و به قطب جنوبS ختم می شوند. تعداد خطوط میدان در واحد سطح نشان دهنده شار مغناطیسی φ_Bمی باشد. هنگامی که خطوط مغناطیسی یک آهن ربا توسط یک حلقه سیم قطع شود طبق قانون القاء فاراده در حلقه جریان الکتریکی ایجاد می شود که شدت جریان القائی بستگی به تعداد دورهای حلقه و میزان و جهت قطع خطوط میدان در واحد زمان دارد.

هرگاه از مداری جریان الکتریکی عبور کند، در اطراف مدار میدان مغناطیسی ایجاد خواهد شد. اگر مدار حامل جریان یک سیم راست باشد، خطوط میدان مغناطیسی دوایر متحدالمرکزی مانند شکل ۱ خواهد بود.





الف) آزمایش اورستد ب) معین کردن جهت میدان مغناطیسی به کمک جهت جریان

شکل ۱

فاراده دانشمند انگلیسی به کمک آزمایش نشان داد که، تغییر زمانی میدان مغناطیسی نیز باعث ایجاد میدان الکتریکی می گردد. کمیت هایی که در واقع به هم مربوطند، شار مغناطیسی و نیروی محرکه القائی هستند. شار مغناطیسی به صورت $\Phi = \int \vec{B}.\vec{ds}$ تعریف می گردد. که در آن $\vec{B}$ میدان مغناطیسی و $\vec{ds}$ جزئی از سطح است که میدان مغناطیسی آن را قطع می کند. رابطه ریاضی توصیف کننده این پدیده به صورت زیر است.

$$\frac{-\partial\Phi}{\partial t} = \varepsilon \qquad (۱)$$

به عبارت دیگر، تغییر شار مغناطیسی نسبت به زمان در یک مدار، ایجاد نیروی محرکه القائی می کند.
تغییر شار به دو صورت ممکن می گردد:

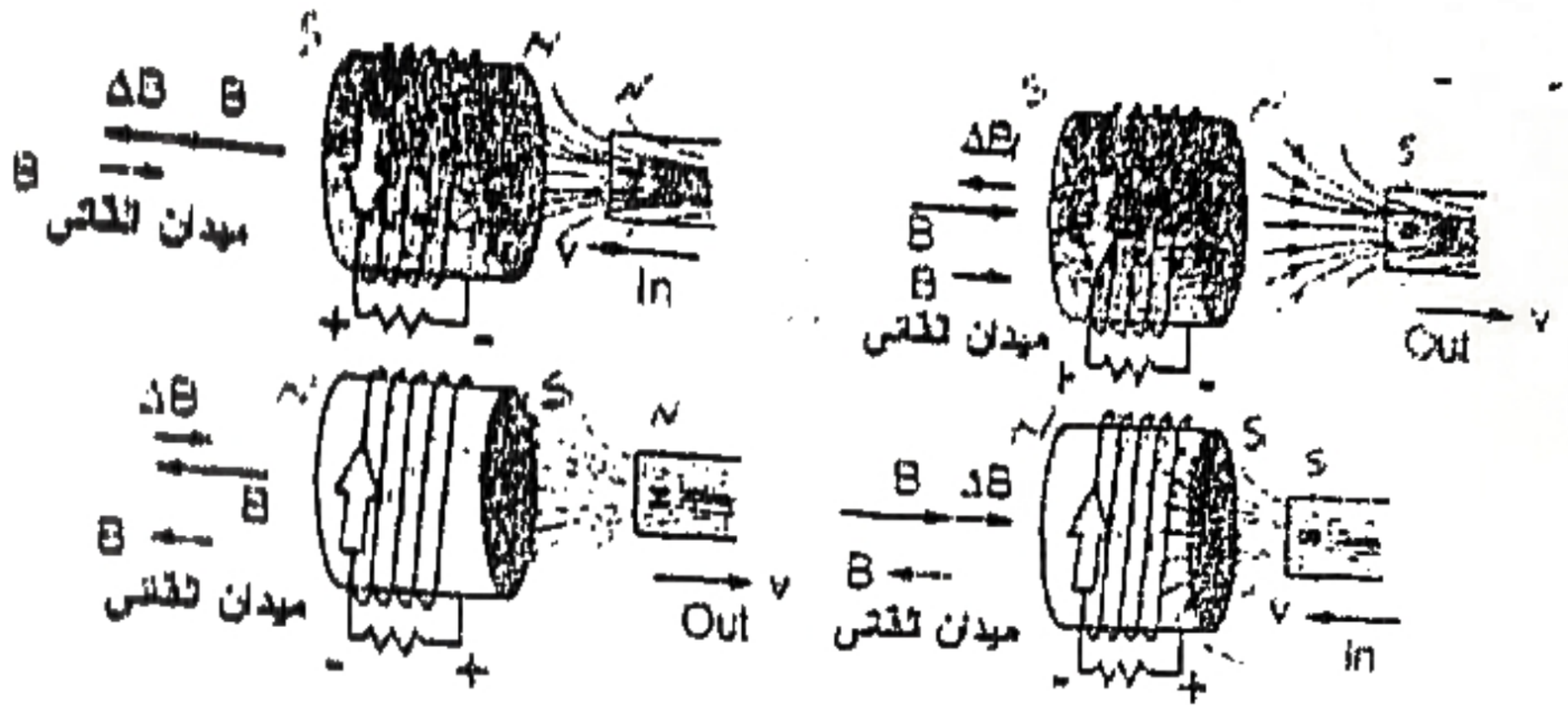
۱- حرکت یا تغییر شکل مداری که میدان مغناطیسی از آن عبور می کند.

۲- تغییر میدان مغناطیسی نسبت به زمان.

لنز دانشمند آلمانی همزمان با فاراده آزمایشاتی انجام داد که در نتیجه آنها قانون مهمی را در مورد جهت جریان القائی کشف کرد. بیان قانون لنز به این صورت است:

جهت نیروی محرکه و جریان القائی همیشه طوری است که با تغییر شار القا کننده مخالفت می کند. به بیان دیگر *جریان القائی دارای جهتی است که شار میدان مغناطیسی حاصل از آن با تغییر شار القا کننده ای که آن را به وجود آورده است مخالفت می کند.*

شکل (۲) چگونگی القا و جهت میدان القائی در یک سیم پیچ را نشان می دهد. عامل القا کننده در این شکل آهن ربای متحرک می باشد، که سیم پیچ نزدیک یا از آن دور می گردد.



شکل ۲

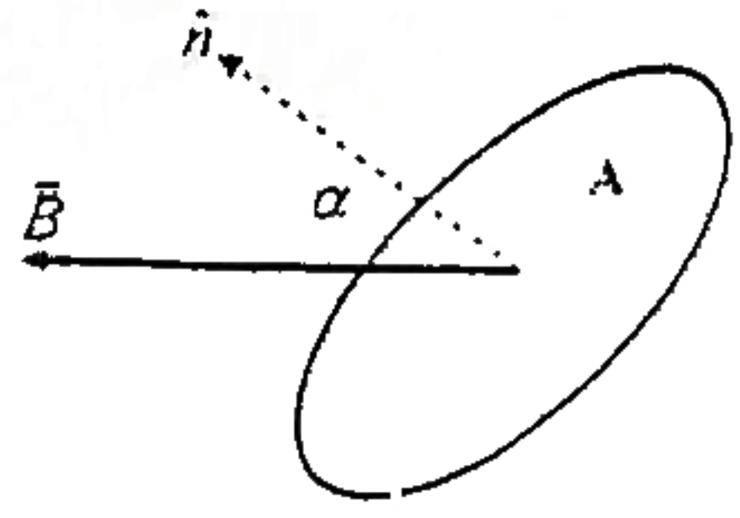
به کمک قوانین فوق می توان به بسیاری از پدیده های مغناطیسی پاسخ داد. مثلاً:
اگر جریانی از مداری عبور کند و این مدار در میدان مغناطیسی باشد، از طرف میدان مغناطیسی نیرویی به آن وارد می شود که موجب حرکت یا تغییر شکل آن می شود(نیروی لاپلاس).
روشن است که جریان عبوری از سیم باعث ایجاد میدان مغناطیسی می گردد و در اثر برهمکنش میدان مغناطیسی حاصل از جریان، به سیم نیرویی وارد می شود. اگر جریان سیم I بوده و طول آن با بردار $\vec{L}$ نمایش داده شود و سیم در میدان مغناطیسی خارجی ثابت $\vec{B}$ قرار گیرد، آنگاه نیروی وارد بر سیم از رابطه زیر به دست می آید:

$$\vec{F} = I\vec{l} \times \vec{B} \qquad (۲)$$

یکی دیگر از پدیده های جالب مغناطیسی جریان فوکو است. اگر یک قطعه فلزی در میدان مغناطیسی متغیر با زمان قرار گیرد، به علت تغییر شار مغناطیسی در تمام اجزای آن نیروی محرکه القائی ایجاد می گردد. چون این قطعه هادی جریان است، نیروی محرکه القائی باعث ایجاد جریانی در تمام قطعه فلز می شود. این جریان را جریان فوکو می نامند. اگر تغییر شار خیلی زیاد باشد، آنگاه شدت جریان نیز زیاد خواهد بود. جریان القائی باعث اتلاف توان به صورت گرما در فلز می گردد و در نتیجه فلز داغ می شود. این پدیده اساس کوره های القائی می باشد.
برای بررسی و مطالعه پدیده های فوق باید به نکات زیر توجه کرد:

۱- جهت قراردادی جریان الکتریکی بین دو نقطه یک مدار از پتانسیل زیادتر(مثبت) به پتانسیل کمتر(منفی) است.

۲- شار مغناطیسی که از قابی به سطح A واقع در میدان B می گذرد از رابطه $\Phi = NAB\cos\alpha$ که در آن A سطح قاب، N تعداد دورهای قاب، B شدت میدان مغناطیسی و α زاویه بین بردار B و برداری که عمود بر سطح قاب است.



شکل ۳

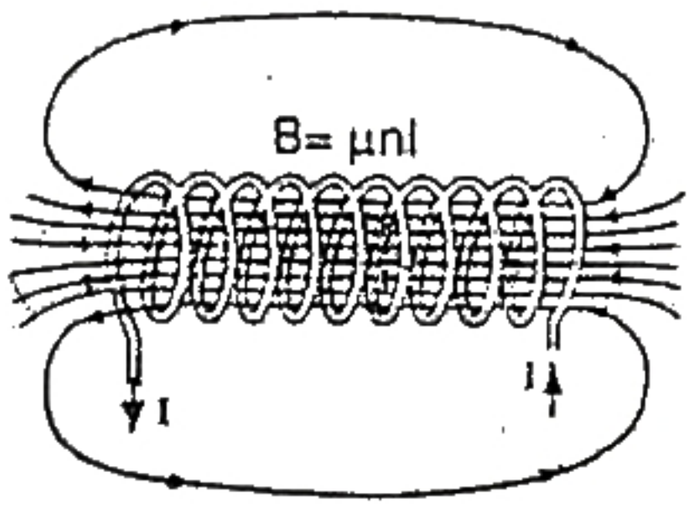
۳- قانون القاء فاراده و قانون لنز برای سیم پیچی که N دور پیچیده شده به کمک رابطه زیر بیان می‌گردد:

$$\varepsilon = -N\frac{d\Phi}{dt} \qquad (۳)$$

۴- میدان مغناطیسی داخل سیم پیچ طویلی به طول L که جریان I از آن عبور می کند از رابطه زیر بدست می آید:

$$B = \mu_o \frac{N}{l} I = \mu_o nI \qquad (۴)$$

که در آن N تعداد کل دورهای سیم پیچ، n تعداد دور در واحد طول و B میدان در امتداد محور سیم پیچ است.

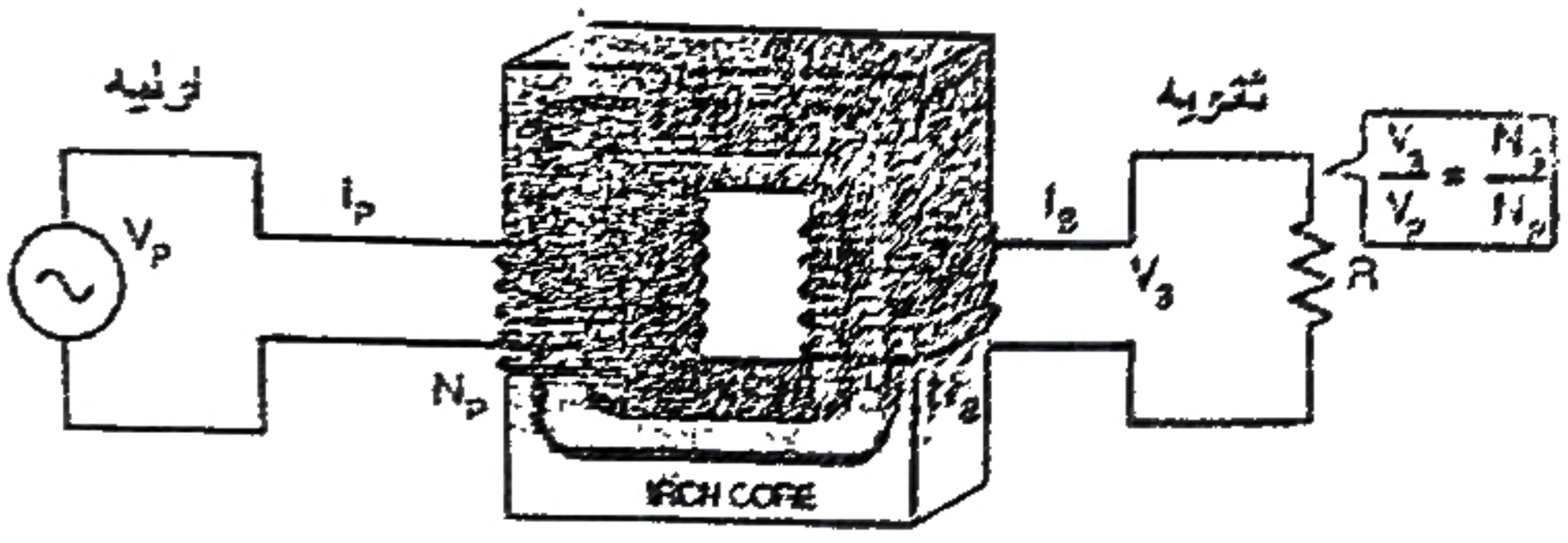


شکل ۴

۵- ترانسفورمر، از دو سیم پیچ که روی یک هسته اهنی پیچیده شده اند، تشکیل می گردد. به یکی از سیم پیچها (اولیه) ولتاژی را اعمال می کنند. عبور جریان متناوب از سیم پیچ اولیه، میدان مغناطیسی متغیری در هسته آهنی (و در نتیجه در سیم پیچ ثانویه) ایجاد می کند. میدان مغناطیسی متغیر، شار متغیری ایجاد می کند که این خود موجب تولید جریان متناوب در ثانویه می شود. فرض کنید اولیه n_p دور و ثانویه n_s دور سیم پیچی شده باشند.

چون شار مغناطیسی ای که از هر حلقه مدار اولیه و ثانویه عبور می کند با هم مساوی هستند، شدت جریان و ولتاژ دو مدار با رابطه زیر به هم مربوط می شوند:

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p} = \frac{N_p}{N_s} \qquad (۵)$$



شکل ۵

روش آزمایش :

۱- دو سر یک خود القا را به یک گالوانومتر وصل کنید و با حرکت دادن آهنربای تیغه ای در داخل آن، جریان القایی ایجاد شده و جهت آن را ملاحظه نمایند. با توجه به شکل ۲ جهت و اندازه جریان القایی را توضیح دهید.

۲- دو سر سیم پیچ با دورهای مختلف را در دوشاخه یک هسته آهنی نعلی شکل، مقابل یکدیگر قرار دهید. یکی از آنها را به ترانس ۶ ولت و دومی را به یک ولت متر وصل نمایید. در این حالت مشاهده خواهید کرد که عقربه ولت متر منحرف می شود. علت را توضیح دهید و رابطه ۵ را تحقیق کنید.

۳- دستگاه الکترومگنت را به طور قائم روی میز قرار دهید. چون ولتاژ اعمال شده به سیم پیچ، متغیر با زمان است، میدان مغناطیسی ایجاد شده نیز متغیر خواهد بود. حال آزمایش های زیر را انجام دهید:

I. سیم پیچی را که لامپی به آن متصل است روی هسته الکترومگنت قرار دهید. ملاحظه خواهید کرد که لامپ روشن می شود علت را بیان کنید.

II. اگر سطح سیم پیچ مذکور را به موازات سطح قاعده الکترومگنت قرار دهید، لامپ کاملاً پرنور خواهد شد، ولی اگر سطح آن عمود بر سطح قاعده هسته الکترومگنت قرار گیرد، لامپ خاموش خواهد شد. علت را توضیح دهید. با توجه به آزمایش چگونگی توزیع تقریبی خطوط میدان را در انتهای هسته الکترومگنت رسم کنید.

III. دو حلقه فلزی با ضخامت و وزن های مختلف را به ترتیب بالای هسته الکترومگنت قرار دهید. مشاهدات خود را با ذکر دلیل و فرمول ریاضی بنویسید. مخصوصاً توضیح دهید چرا با آنکه یکی از حلقه ها سنگین تر است بالاتر از دیگری که سبک تر است قرار می گیرد.

IV. هرگاه دو حلقه فوق را با هم بالای الکترومگنت قرار دهیم همدیگر را جذب می کنند. علت این امر را توضیح دهید توضیح دهید چرا حلقه سبک تر به طرف حلقه سنگین تر می‌رود.

V. به ترتیب سه صفحه آهنی، مسی و آلومینیومی را روی هسته الکترومگنت قرار دهید. ملاحظه خواهید کرد که هر سه گرم می شوند. علت را توضیح دهید. برمبنای این پدیده می‌توانید اساس کوره های القایی را بیان کنید.

VI. دو حلقه فلزی آزمایش(III) وقتی بالای هسته الکترومگنت قرار می گیرند گرم می‌شوند، علت را بنویسید.

VII. با توجه به موارد (V) و (VI) توضیح دهید که چرا هسته ترانس ها را ورقه ورقه می سازند.

آزمایش شماره ۸
تحقیق قوانین اهم و کیرشهف

هدف:
مطالعه و بررسی قانون اهم برای مقاومتهای خطی و تحقیق قوانین کیرشهف

وسایل آزمایش:
باطری‌های ۱/۵ و ٦ ولت، منبع تغذیه DC، آمپرمتر، ولتسنج، گالوانومتر، رئوستا و مقاومتهای مختلف.

- الف: **تحقیق قانون اهم:**

اگر به دو سر یک قطعه رسانای الکتریکی اختلاف پتانسیل معینی اعمال گردد، آنگاه جریان الکتریکی از آن می گذرد. برای اولین بار، جورج سیمون اهم در سال ۱۸۲۷ رابطه بین ولتاژ دو سر هادی با جریان عبور کننده از آن را به طور کمی به صورت یک رابطه ریاضی بیان نمود.

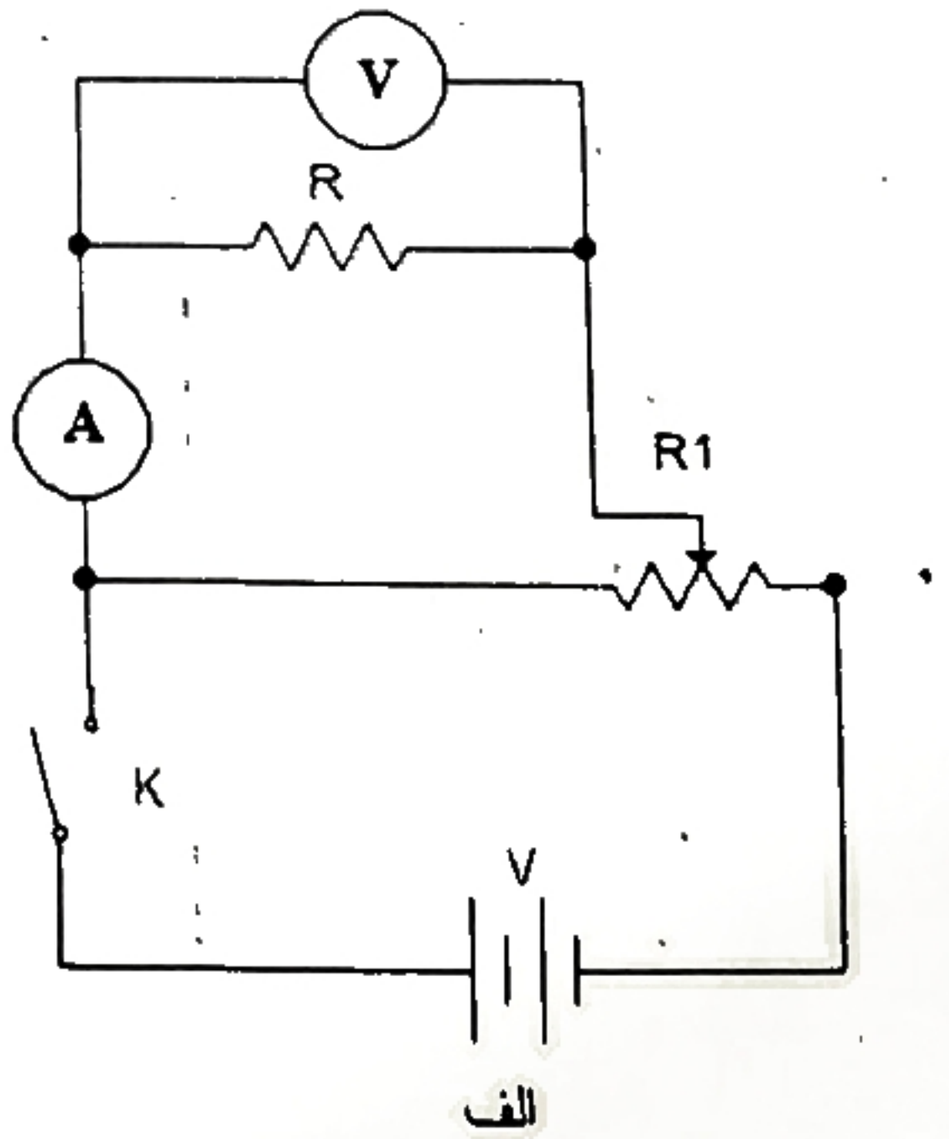
طبق قانون اهم در یك دمای ثابت، شدت جریانی که از یك مقاومت عبور می‌کند متناسب با اختلاف پتانسیل دو سر آن است. ضریب تناسب را با R نشان می‌دهند و به آن مقاومت الکتریکی جسم در دمای مذکور گویند. یعنی:

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

که V اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت R و I جریان عبور کرده از آن است. در بسیاری از رساناها تغییرات V برحسب I خطی است (یعنیR ثابت است). چنین اجسامی از *قانون اهم* پیروی می‌کنند که به آنها اجسام اهمی هم می‌گویند. اما در بعضی رساناها این تغییرات خطی نیست. به عبارت دیگر، بعضی اجسام از قانون اهم پیروی نمی‌کنند. در این آزمایش به تحقیق قانون اهم و بررسی رفتار مقاومتهای اهمی در ولتاژهای مختلف می پردازیم.

روش انجام آزمایش

یکی از مقاومتهایی را که در اختیار دارید بعنوان مقاومت R در مداری مثل شکل ۲ قرار دهید. در این مدار R_1 یك رئوستا است که برای تغییر اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت R مورد استفاده قرار می‌گیرد. اگر منبع تغذیه با ولتاژ قابل تنظیم در اختیا دارید، مدار شکل ۱- ب را به کار ببرید. در هر صورت به یاد داشته باشید که به کمک یک منبع ولتاژ ثابت و یک مقاومت متغیر (مثلا رئوستا) می توانید یک منبع ولتاژقابل تنظیم بسازید.



شکل ۱

مدار را وصل کنید و با تغییر لغزنده رئوستا (یا با تغییر ولتاژ منبع ولتاژ قابل تنظیم) اختلاف پتانسیل‌های مختلفی را به دو سر مقاومت اعمال کنید. به ازای هر ولتاژ، جریانی را که از مقاومت عبور می‌کند، بوسیله آمپرمتر بخوانید و در جدول ۱ ثبت کنید.

محاسبه خطا: آنچه در این آزمایش اندازه گیری می شود، ولتاژ و جریان است. به کمک ولتاژ و جریان های اندازه گیری شده در هر تجربه، مقاومت از رابطه $R = \frac{V}{I}$ محاسبه می شود. تابع خطای نسبی را می توان به صورت زیر به دست آورد:

$$R = \ln(\frac{V}{I}) = \ln(V) - \ln(I) \qquad (۲)$$

$$\frac{dR}{R} = \frac{dV}{V} - \frac{dI}{I}$$

درنتیجه، حداکثرخطای نسبی از رابطه زیر به دست می آید:

$$\left.\frac{\Delta R}{R}\right|_{max} = \left|\frac{\Delta V}{V}\right| + \left|\frac{\Delta I}{I}\right| \qquad (۳)$$

که در آن ΔV و ΔI به ترتیب، خطا در اندازه گیری ولتاژ(V) و جریان (I) هستند. در صورتی که تنها منبع خطا، دقت دستگاههای اندازه گیری باشد، ΔV (یا ΔI) نصف کوچکترین درجه موجود روی نشانگر دستگاه اندازه گیری است. اگر از دستگاه های دیجیتال استفاده می کنید، خطا را نصف کوچکترین مقداری که دستگاه در آن دامنه اندازه گیری می کند، بگیرید. خطای نسبی برای مقادیر اندازه گیری شده در هر تجربه را نیز به جدول ۱ بیفزائید. حدود دقت آزمایش را برآورد نمائید.

ب: تحقیق قوانین کیرشهف

تعیین شدت جریان و اختلاف پتانسیل در مدارهایی که انشعاب‌های زیادی دارند به کمك دو قانون کیرشهف انجام می‌گیرد. این قوانین به شرح زیراند.

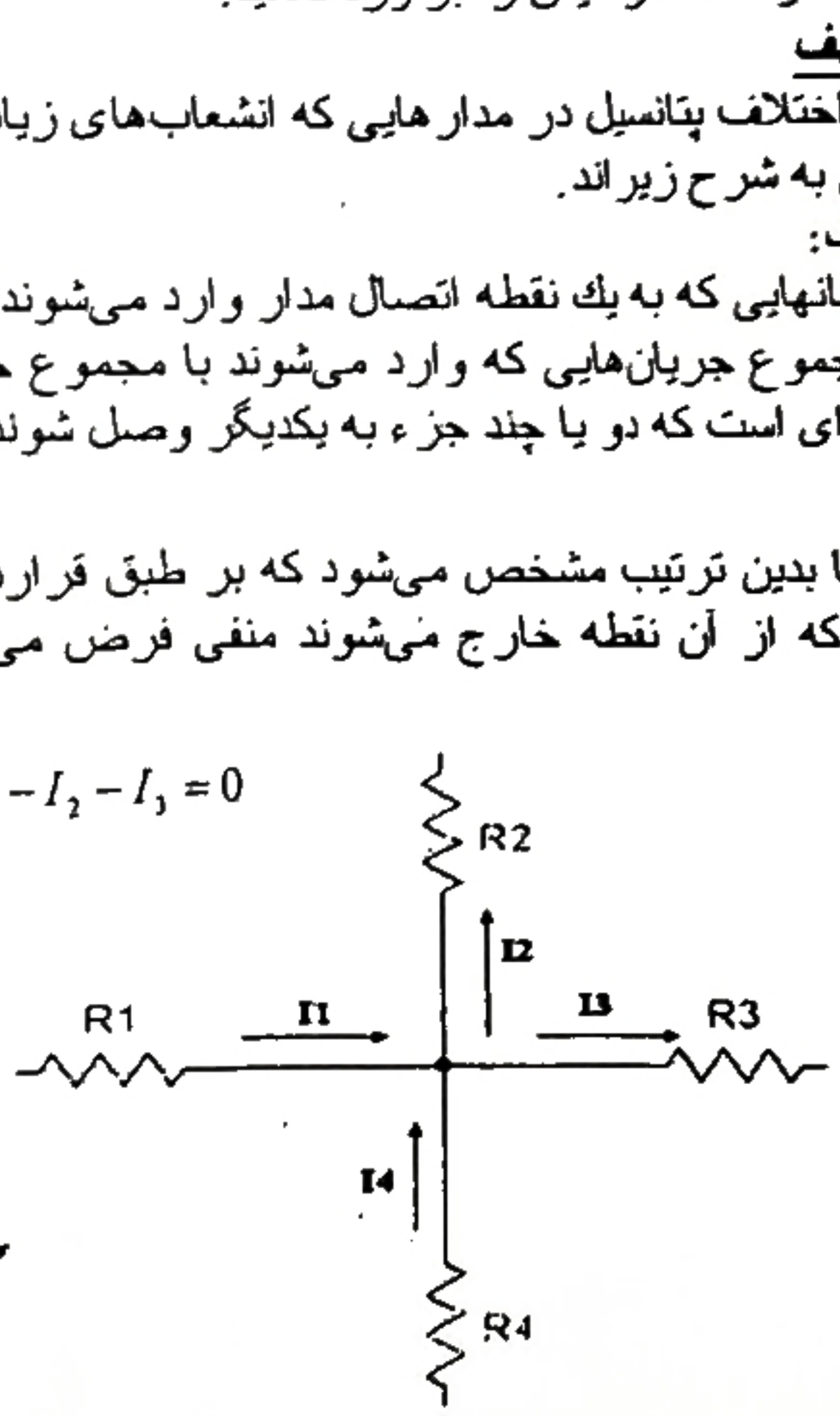
۱- قانون جریان کیرشهف:

جمع جبری شدت جریانهایی که به یك نقطه اتصال مدار وارد می‌شوند صفر است، به عبارت دیگر در هر نقطه اتصال از مدار، مجموع جریان‌هایی که وارد می‌شوند با مجموع جریان‌هایی که خارج می‌شوند برابر است (نقطه اتصال، نقطه‌ای است که دو یا چند جزء به یکدیگر وصل شوند). یعنی:

$$\sum I_i = 0 \qquad (۴)$$

علامت جبری جریانها بدین ترتیب مشخص می‌شود که بر طبق قرارداد، جریانهایی که به یك نقطه وارد می‌شوند مثبت و آنهایی که از آن نقطه خارج می‌شوند منفی فرض می‌شوند. در شکل ۲ طبق قانون اول کیرشهف داریم:

$$\sum I_i = I_1 + I_4 - I_2 - I_3 = 0 \qquad (۵)$$



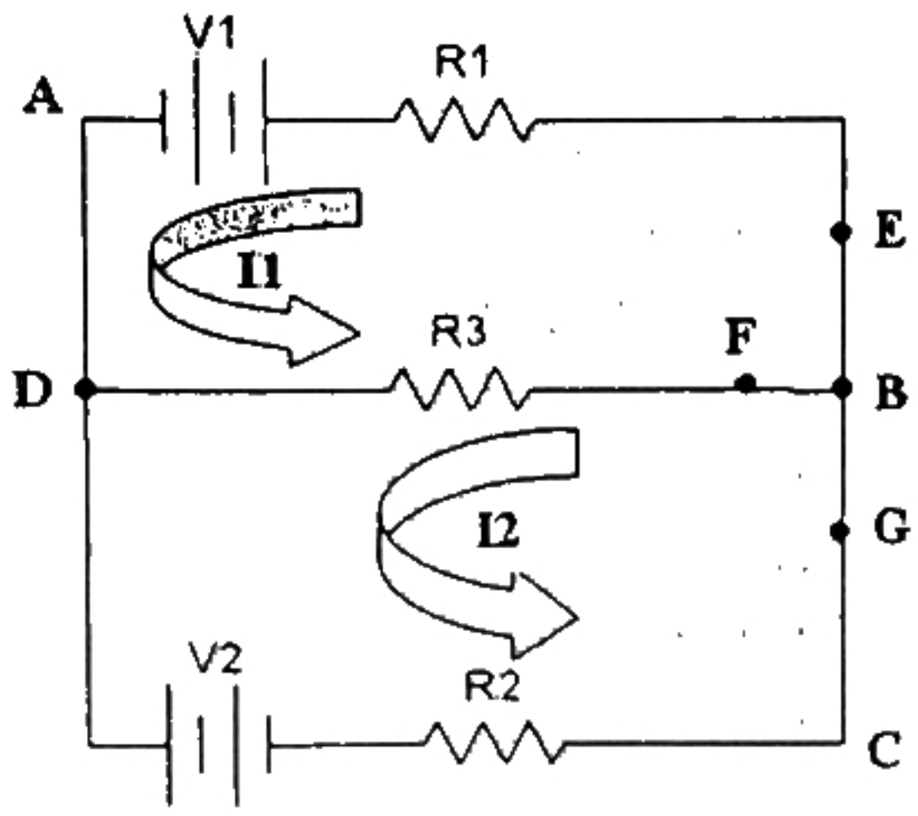
شکل ۲

۲ـ قانون ولتاژ کیرشهف:

در هر مدار بسته الکتریکی جمع جبری تمام اختلاف پتانسیلها در آن مدار بسته برابر صفر است. یعنی:

$$\sum V_i = 0 \qquad (۶)$$

هر حلقه بسته ای که از آن انشعابی خارج نشده باشد، حلقه ساده است. اثبات می شود که تعداد مجهولات مستقل در هر مدار الکتریکی برابر تعداد حلقه های ساده آن مدار است. یکی از روشهای ساده حل یک مدار الکتریکی روش حلقه جریان نام دارد. در این روش برای هر حلقه ساده مدار یک جریان در جهت دلخواه انتخاب می کنیم. سپس در مسیرحلقه بسته پتانسیل اجزای مدار را جمع جبری می کنیم. جریان در شاخه های مشترک، جمع جبری جریان فرضی حلقه هائی است که شاخه بین آنها مشترک است. برای عناصر مصرف کننده انرژی در مدار (مقاومت، خازن، خود القا) وقتی در جهت جریان فرضی از آنها عبور می کنیم، علامت مثبت و برای عناصر تولید کننده انرژی در مدار (منابع ولتاژ) وقتی در جهت جریان ابتدا به قطب منفی برسیم، پتانسیل باتری را منفی واگر ابتدا به قطب مثبت برسیم، پتانسیل باتری را مثبت درنظرمی گیریم. بنابراین در شکل ۳ داریم:



شکل ۳

در مسیر ADBA $R_3(I_1 - I_2) + R_1 I_1 + V_1 = 0$

در مسیر BDCA $R_3(I_2 - I_1) + V_2 + R_2 I_2 = 0$

از حل دستگاه معادله فوق، جریان های شاخه ها و درنتیجه جریان و ولتاژ تمام اجزای مدار به دست می آیند.

توجه داریم که جریان شاخه مشترک با توجه به حرکت در هر شاخه معین می شود.

روش آزمایش

ابتدا مدار شکل ۳ را ببندید. پس از اطمینان از صحت مداری که بسته اید به صورت زیر عمل کنید:

۱ـ آمپرمتر را در نقاط F،E وG قرار دهید و شدت جریانهای I_1، I_2 و I_3را اندازه بگیرید و مقادیر اندازه گیری شده را در جدول شماره ۲ وارد کنید. توجه کنید که جهت جریانها را با توجه به جهت انحراف عقربه آمپرمتر درست یادداشت کنید.

۲ـ رابطه $\sum I_i = 0$ را در نقطه B تحقیق کنید.

۳ـ با استفاده از ولتمتر، اختلاف پتانسیل دو سر هر یك از مقاومتها و باطریها را بخوانید و در جدول شماره ۳ یادداشت کنید. به کمک مقادیری که اندازه گیری کرده اید، قانون دوم کیرشهف را تحقیق نمایید.

محاسبه خطا: همانطور که بارها گفته شد، حداکثر خطای مطلق دستگاه های اندازه گیری، نصف کوچکترین درجه در دامنه اندازه گیری است. با توجه به این مطلب، اگر تنها خطای آزمایش خطای دستگاه

اندازه گیری باشد، آنگاه در برآورد جمع جبری چند مقدار اندازه گیری شده، حد اکثر خطای محتمل برابر مجموع خطاهای در اندازه گیری است. مثلا حداکثر خطای محتمل در تجربه قانون اول کیرشهف داریم:

$$\Delta e = |\Delta I_1| + |\Delta I_2| \ldots + |\Delta I_n| \qquad (۷)$$

که در آن $|\Delta I_i|$ قدر مطلق خطای اندازه گیری کمیت I_i و Δe حد اکثر خطای تجربه است. از همین روش می توان حداکثر خطای مطلق در تجربه قانون دوم کیرشهف را نیز برآورد نمود.

نتیجه گیری و ارائه نتایج:

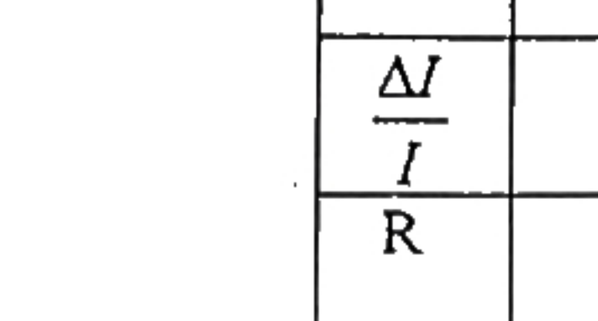
۱- با استفاده از اعداد جدول شماره ۱ اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت اهمی را برحسب شدت جریان رسم کنید. با اندازه گیری شیب این خط اندازه مقاومت را محاسبه کنید. منابع خطا را ذکر کرده، توضیح دهید چگونه می‌توان خطای آزمایش را کم کرد.

۲- آیا در آزمایش تحقیق قوانین کیرشهف خطایی وجود داشت؟ چرا؟ چگونه می‌توان این خطا را کم کرد؟

همه جدولها را ضمیمه گزارش کار خود کنید.

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

جدول ۱



I_1	I_2	I_3

جدول ۲

V_{R1}	V_{R2}	V_{R3}	V_1	V_2

جدول ۳

آزمایش شماره ۹
جریانهای متناوب در مدارهای R-C و R-L

هدف:
بررسی جریانهای متناوب در مدارهای با جریان و ولتاژ متغیر با زمان، تعیین امپدانس و اختلاف فاز جریان- ولتاژ، بررسی اثر هسته سیم‌پیچ در ضریب خود القاء آن.

وسایل آزمایش:
ولتمتر AC، آمپرمتر AC، مقاومت، خازن، سیم‌پیچ (سلف) با هسته، ترانسفورمر، اسیلوسکوپ، لامپ کوچک ۶ ولتی.

مقدمه:
جریانهای DC، جریانهائی هستند که تنها در یک جهت در مدار جریان می یابند. جریانهای AC به طور متناوب در هر دو جهت در مدار برقرار می شوند. ولتاژهای وابسته به این جریان ها معمولا به صورت

$$V = V_m \sin(\omega t) \qquad (۱)$$

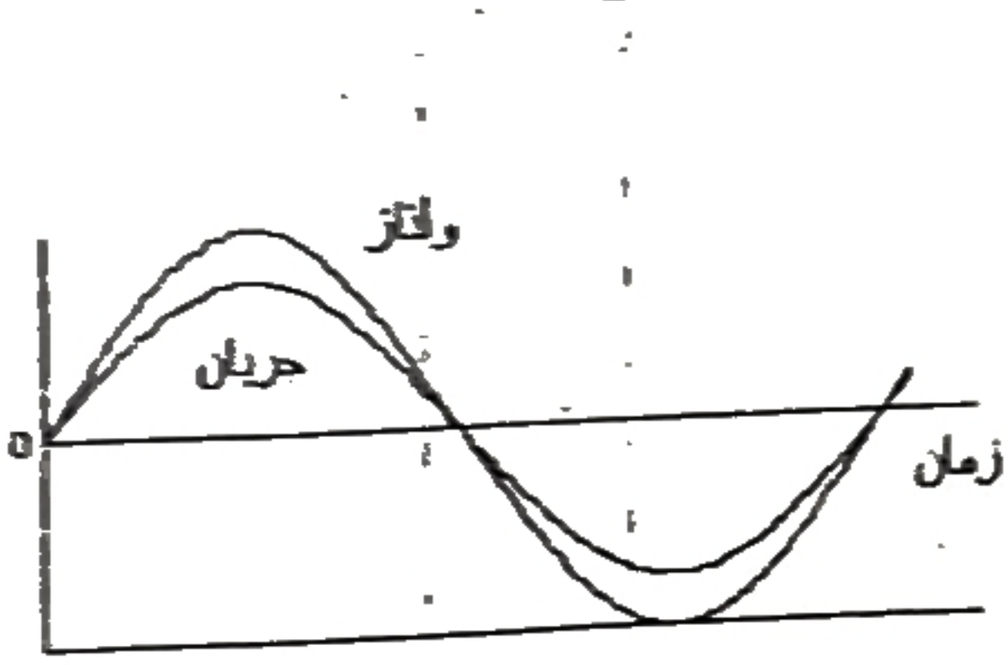
هستند. برای برق خانگی فرکانس تناوب ۵۰ (در بعضی کشورها ۶۰) هرتز است. فرکانس زاویه ای به صورت $\omega = 2\pi f$ از فرکانس f به دست می آید. Vm ولتاژ ماکزیمم است؛ برای برق خانگی Vm حدود ۳۱۱ ولت می باشد. ولتاژ برق خانگی به ۲۲۰ ولت معروف است. ۲۲۰ ولت مقدار موثر ولتاژ برق است، که در واقع جذرمتوسط مجذور ولتاژ می باشد. برای ولتاژهای سینوسی به صورت (۱) داریم:

$$V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \qquad (۲)$$

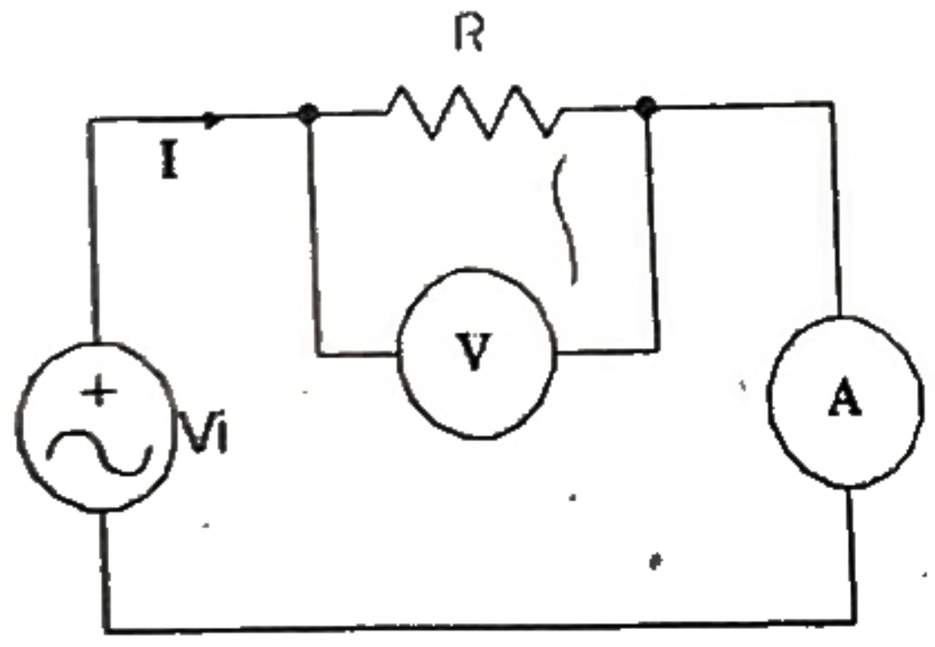
که Vm ولتاژ ماکزیمم و V_{rms} ولتاژ موثر می باشد.

فرض کنید جریان متناوب سینوسی که سادەترین نوع جریان متناوب است، در مدار شکل ۱- الف جاری باشد. یعنی جریان در مدار به صورت زیر نسبت به زمان تغییرکند:

$$I = I_m \sin\omega t \qquad (۳)$$



ب



الف

شکل ۱

اگر قانون دوم کیرشهف را برای مدار فوق بنویسیم داریم:

$$V_i = RI = RI_m \sin\omega t \qquad (۴)$$

مقایسه روابط (۳) و (۴) نشان می‌دهد که ولتاژ و جریان همفاز هستند. لذا نمودار تغییرات جریان و ولتاژ به شکل ۱- ب خواهد بود.

اگر یک خودالقا به ولتاژ (۱) متصل گردد، جریان و ولتاژ در خودالقا دیگر هم فاز نیستند. برای خودالقا داریم:

$$V = l\frac{di}{dt} \qquad (۵)$$

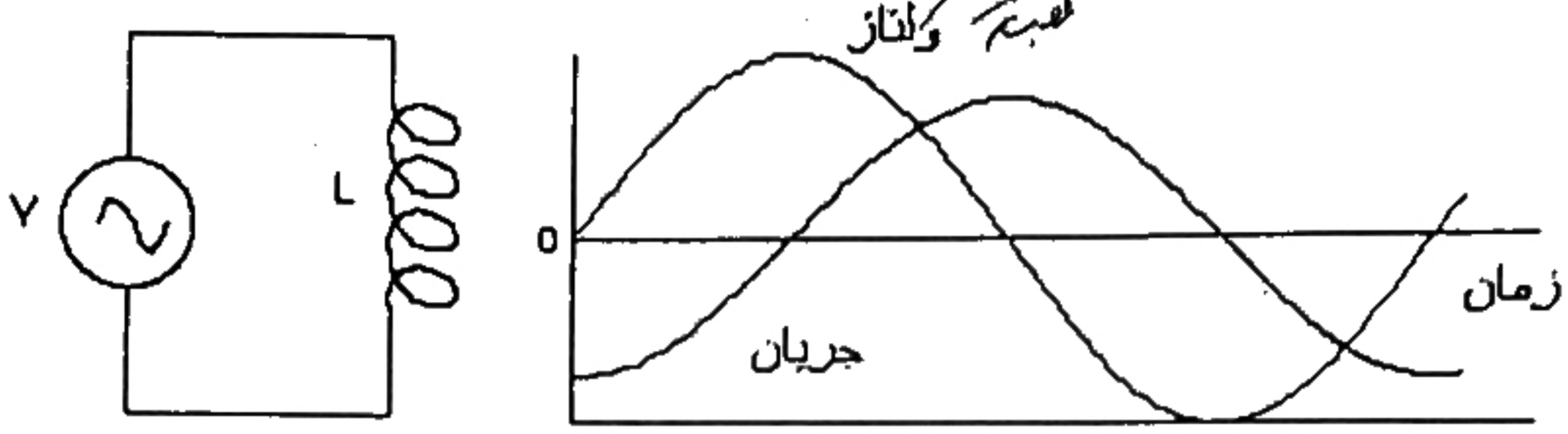
و یا:

$$i = \frac{1}{l}\int V dt \qquad (۶)$$

با استفاده از (۶) داریم:

$$i = -\frac{1}{l\omega}V_m \cos(\omega t) = \frac{1}{l\omega}V_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) \qquad (۷)$$

می توان دید که جریان ۹۰ درجه از ولتاژ جلوتر است. شکل ۲ این واقعیت را نشان می دهد.



شکل ۲

رابطه (۷) را می توان به صورت

$$V_m \sin(\omega t) = l\omega\, i \qquad (۸)$$

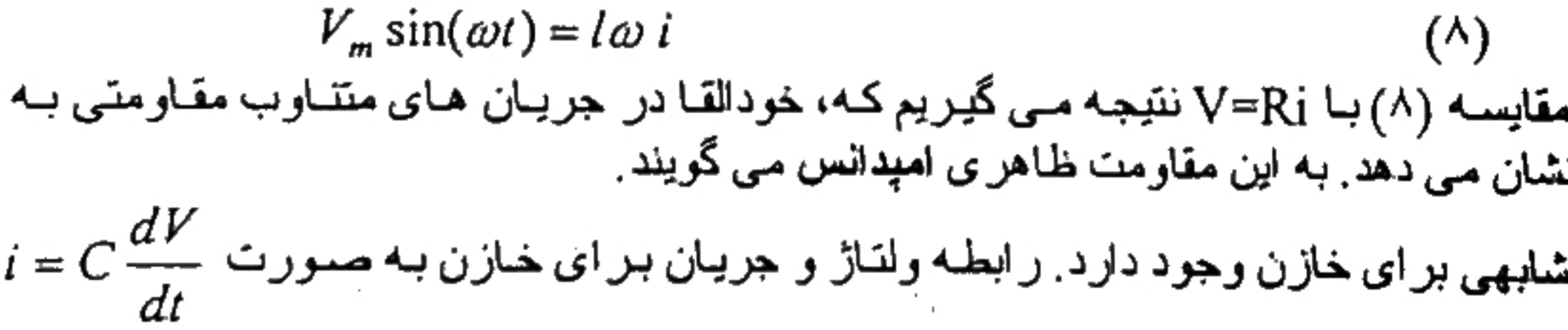
نوشت. ازمقایسه (۸) با V=Ri نتیجه می گیریم که، خودالقا در جریان های متناوب مقاومتی به اندازه $Z = l\omega$ نشان می دهد. به این مقاومت ظاهری امپدانس می گویند.

وضعیت مشابهی برای خازن وجود دارد. رابطه ولتاژ و جریان برای خازن به صورت $i = C\frac{dV}{dt}$ است.

اگر ولتاژ (۱) به خازن اعمال گردد، آنگاه جریان در خازن به صورت:

$$i = C\omega V_m \cos(\omega t) = C\omega V_m \sin(\frac{\pi}{2} + \omega t) \qquad (۹)$$

خواهد بود. یعنی جریان به اندازه ۹۰ درجه نسبت به ولتاژ تاخیر فاز دارد. شکل ۳ این مطلب را نشان می دهد.



شکل ۳

از مقایسه معادله (۹) با V=Ri متوجه می شویم که خازن در جریان های متناوب مقاومت ظاهری $Z = \frac{1}{C\omega}$ از خود نشان می دهد.

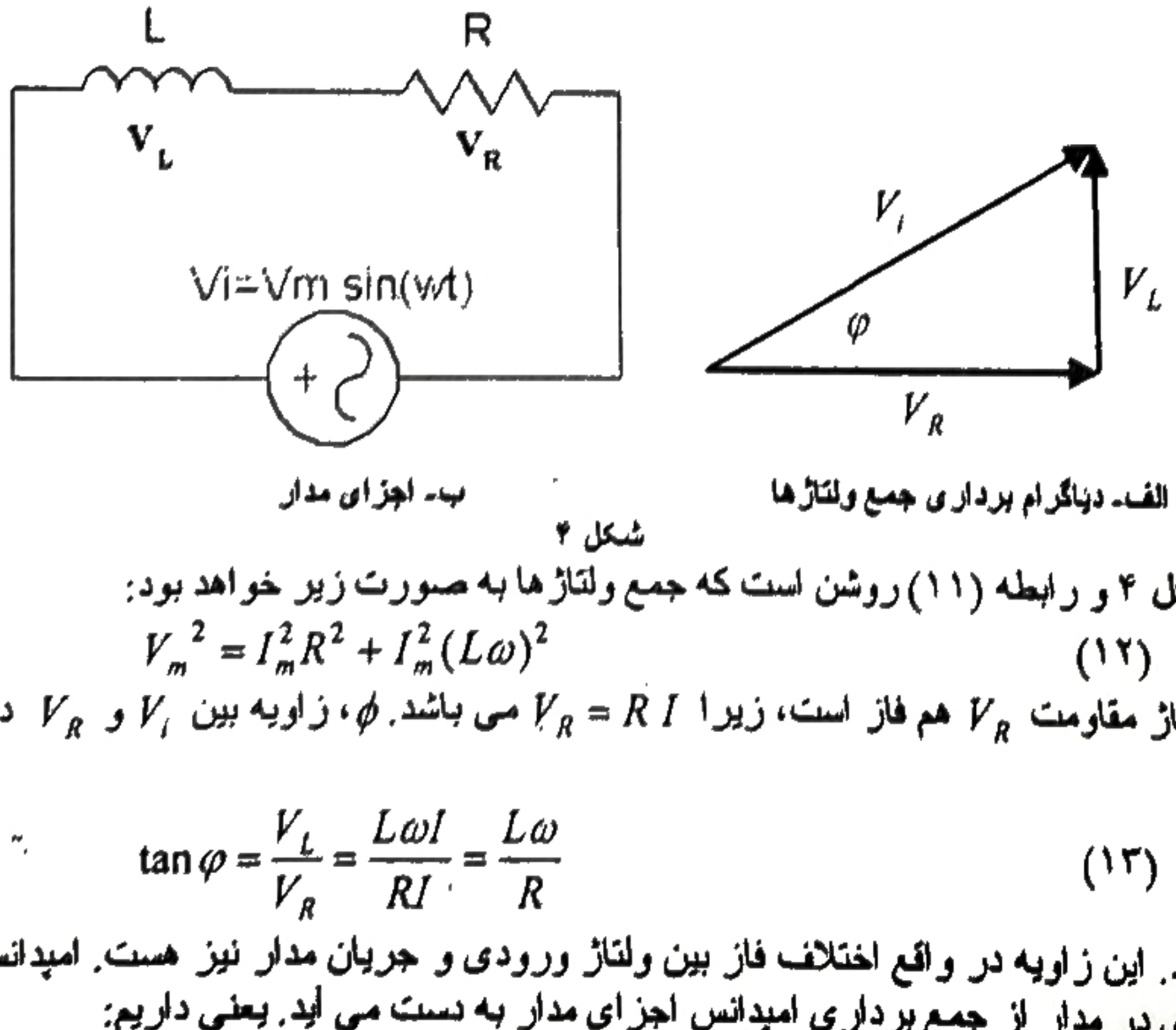
در مدارهائی که شامل ترکیبی از مقاومت، خودالقا و خازن است، می توان از تمام روابط مدارهای DC مثل قوانین کیرشهف و ... استفاده نمود. تنها باید توجه داشت که به علت وجود اختلاف فاز بین ولتاژ عناصر مدار، جمع ولتاژها (همچنین جمع مقاومتهای ظاهری) جمع اسکالر نیست. بلکه جمع این مقادیر باید به صورت برداری انجام گردد. اگر یک صفحه دو بعدی x-y را درنظر بگیریم، ولتاژ عناصر مقاومتی را به صورت بردارهائی در راستای محور x رسم می کنیم. ولتاژ خودالقاها را نیز به صورت بردارهائی در راستای y+ و ولتاژ خازن ها را بردارهائی در راستای y- رسم می نمائیم. جمع کل، برابر برآیند بردارهای رسم شده خواهد بود.

مداری را در نظر بگیرید که در آن یک سلف و یک مقاومت به صورت سری بهم وصل شده باشند (شکل ۴). اگر جریان به صورت $I = I_m \sin \omega t$ باشد، آنگاه چون جریان متناوب است، نیروی محرکه القایی در سیملیچ بوجود می‌آید که با رابطه $E = -LdI/dt$ مشخص می‌گردد. با توجه به شکل ۴ می‌توان نوشت:

$$V_i = V_R + V_L = RI + LdI/dt \qquad (۱۰)$$

اگر بجای I مقدارش را قرار دهیم داریم:

$$V_i = RI_m \sin\omega t + L\omega I_m \cos\omega t = RI_m \sin\omega t + L\omega I_m \sin(\omega t + \pi/2) \qquad (۱۱)$$



الف- دیاگرام برداری جمع ولتاژها ب- اجزای مدار

شکل ۴

با توجه به شکل ۴ و رابطه (۱۱) روشن است که جمع ولتاژها به صورت زیر خواهد بود:

$$V_m^2 = I_m^2 R^2 + I_m^2 (L\omega)^2 \qquad (۱۲)$$

جریان با ولتاژ مقاومت V_R هم فاز است، زیرا $V_R = R\,I$ می باشد. ϕ، زاویه بین V_i و V_R در شکل ۴ از رابطه:

$$\tan\varphi = \frac{V_L}{V_R} = \frac{L\omega I}{RI} = \frac{L\omega}{R} \qquad (۱۳)$$

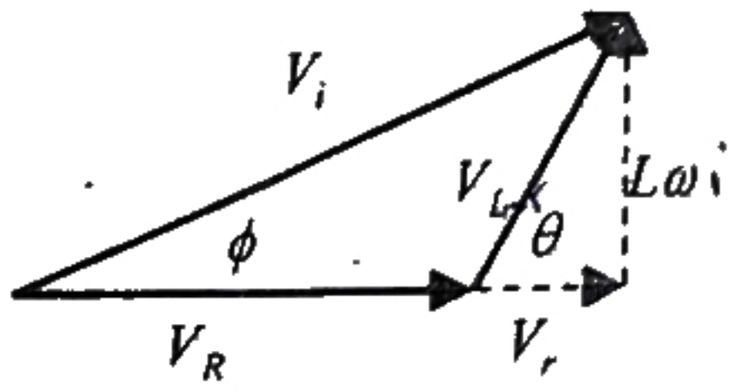
به دست می آید. این زاویه در واقع اختلاف فاز بین ولتاژ ورودی و جریان مدار نیز هست. امپدانس یا همان مقاومت ظاهری در مدار از جمع برداری امپدانس اجزای مدار به دست می آید. یعنی داریم:

$$Z = \sqrt{R^2 + (L\omega)^2} \qquad (۱۴)$$

که در آن R مقاومت اهمی، $Z_L = L\omega$ مقاومت ظاهری خودالقا و Z ، مقاومت ظاهری کل در مدار است. رابطه زیر (مشابه قانون اهم برای جریانهای DC) بین ولتاژ، امپدانس و جریان AC مدار وجود دارد:

$$V = Z\,I = \sqrt{R^2 + (L\omega)^2}\; I \qquad (۱۵)$$

خودالقا از سیم پیچی هائی ساخته می شود که دارای مقاومت اهمی نیز هستند. اگر خودالقا دارای مقاومت اهمی r هم باشد، آنگاه باید ولتاژی را که روی مقاومت اهمی r افت می کند (rI) به صورت یک بردار در راستای x+ به افت ولتاژ مقاومت مدار اضافه گردد. شکل ۵ جمع ولتاژهای مداری مثل شکل ۴-ب را نشان می دهد، که خودالقای L دارای مقاومت r نیز باشد.

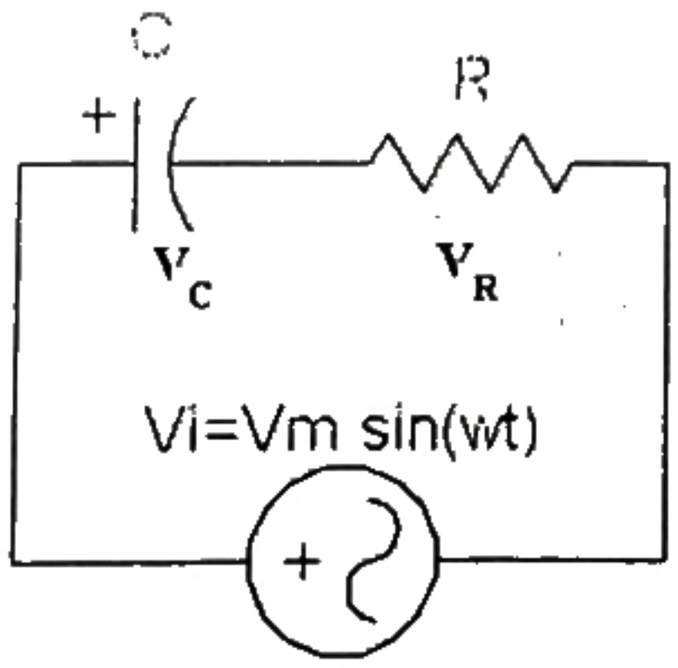


شکل ۵

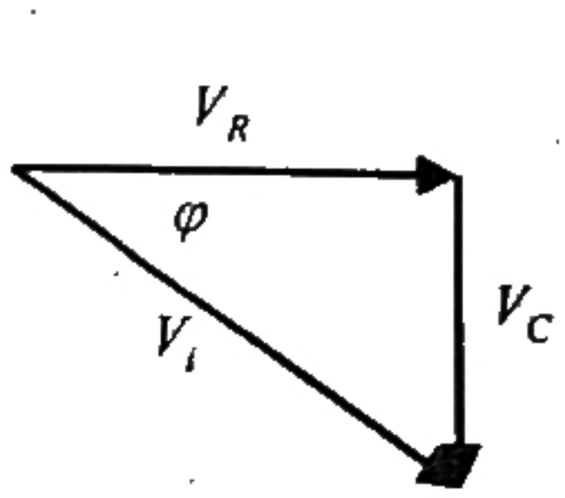
در این صورت شکل ۵، نشان می دهد که ولتاژ V_L با زاویه θ نسبت به ولتاژ مقاومت رسم می شود که $tg(\theta) = \frac{L\omega}{r}$ خواهد بود. با توجه به شکل ۵ زاویه φ از رابطه $tg\varphi = \frac{L\omega}{R+r}$ به دست می آید.

حال مداری را در نظر بگیرد که مانند شکل ۶ از یك خازن و مقاومت سری تشکیل شده باشد. همانطور که دیدیم، خازن در جریانهای متناوب، مقاومتی از خود نشان می‌دهد. امپدانس خازن $Z = \frac{1}{C\omega}$ است که تابعی از فرکانس زاویه ای ولتاژ ورودی و ظرفیت خازن می باشد. برای مدار شکل ۶ داریم:

$$V_i = RI_m \sin\omega t + \frac{1}{C}\int I\,dt = RI_m \sin\omega t + \frac{I_m}{C\omega}(-\cos\omega t) \qquad (۱۶)$$
$$= RI_m \sin\omega t + \frac{I_m}{C\omega}\sin(\omega t - \pi/2)$$



الف: دیاگرام ولتاژ اجزای مدار



ب : مدار LC

شکل۶

با توجه به دیاگرام ولتاژها در شکل ۶-الف داریم:

$$V_i^2 = I^2R^2 + I^2(\frac{1}{C\omega})^2 \qquad (۱۷)$$

در نتیجه:

$$V_i = \sqrt{R^2 + (\frac{1}{C\omega})^2}\, I = ZI \qquad (۱۸)$$

با توجه به (۱۸) مقاومت ظاهری مدار (امپدانس) از جمع برداری مقاومت ظاهری اجزای مدار به دست می آید. مقاومت ظاهری خازن را باید به صورت برداری در راستای Y- رسم کرد. یعنی داریم:

$$Z = \sqrt{R^2 + (\frac{1}{C\omega})^2} \qquad (۱۹)$$

زاویه φ ، اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان است. این زاویه از رابطه $tg\varphi = \frac{\frac{1}{C\omega}}{R} = \frac{1}{RC\omega}$ به دست می آید.

روش آزمایش

تذکر: برای اندازگیری ولتاژها و جریانها تا آنجا که ممکن است از یك دامنه (Range) دستگاه اندازگیری استفاده کنید. فراموش نکنید که مقادیر باید در حالت AC دستگاه اندازه گیری شوند.

I. مدار R-L

۱- با ترانسفورمر، مقاومت و خودالقائی که در اختیار دارید مدار شکل ۴ را ببندید.

۲- اختلاف پتانسیل‌های دو سر سلف، مقاومت و ترانسفورمر و همچنین شدت جریان مدار را اندازه بگیرید و در جدول شماره ۱ وارد کنید.

II.مدار R-C

۱- مدار شکل ۶ را بسته اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت، خازن و ترانسفورمر و همچنین جریان مدار را اندازه بگیرید و در جدول شماره ۲ وارد کنید.

III. اثر هسته سیم‌پیچ

منظور از انجام این آزمایش بررسی اثر هسته سیم‌پیچ بر جریان مدار است. برای این کار در مدار شکل ۴ بجای آمپرمتر لامپ کوچك ٦ ولتی را که در اختیار دارید قرار دهید. با حرکت دادن هسته تغییرات روشنایی لامپ را مشاهده کنید. نتایج این مشاهدات را بنویسید.

IV. مشاهده اختلاف فاز جریان و ولتاژ در مدارهای R-C، R-L

مداری مطابق شکل ۴ ببندید و ولتاژ ورودی را از دو سر ترانس که از برق شهر تأمین می‌شود اختیار کنید. ولتاژ دو سر خودالقا را به کانال اول اسیلوسکپ و اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت را نیز به کانال دوم اسیلوسکپ وصل کنید. چون شکل موج جریان و اختلاف پتانسیل در دو سر مقاومت با هم یکسان هستند، شکل موج ولتاژ مقاومت مثل شکل موج جریان است. این دو شکل موج را روی صفحه اسیلوسکپ به طور همزمان مشاهده کنید و نتایج را رسم نمایید. توجه کنید که در موقع اتصال سیگنالها به اسیلوسکپ دو اتصال بدنه(زمین) ورودی‌ها را به نقطه وسط مقاومت و خودالقا متصل کنید. آیا می‌توانید اختلاف فاز این دو موج را اندازه بگیرید؟ آزمایش فوق برای مدار RC تکرار کنید.

نتیجه‌گیری و ارائه نتایج

۱- جدول شماره ۱ را کامل نموده و با توجه به اعداد بدست آمده، نمودار برداری ولتاژها را رسم کرده و به کمك آن مقادیر $L\omega$ و r را اندازه بگیرید.

۲- با استفاده از همان جدول مقادیر Z و X_L و L را برای مدار R-L حساب کنید.

۳- جدول شماره ۲ را کامل نموده و نمودار برداری ولتاژها را رسم کنید. به کمك نمودار رسم شده، اختلاف فاز بین جریان مدار و ولتاژ ورودی را در مدار R-C بدست آورید.

٤- با استفاده از جدول۱ مقدار Z و X_C را بدست آورید.

٥- مقدار Z را با توجه به رابطه ۱۹ محاسبه کرده با نتیجه بالا مقایسه کنید.

٦- ظرفیت خازن را مجهول فرض کرده، مقدار آن را از روی X_C بدست آورید (فرکانس مورد استفاده فرکانس برق شهر است که مقدار آن ٥٠ هرتز است). مقداری را که محاسبه کرده اید، با آنچه روی خازن نوشته شده، مقایسه کنید.

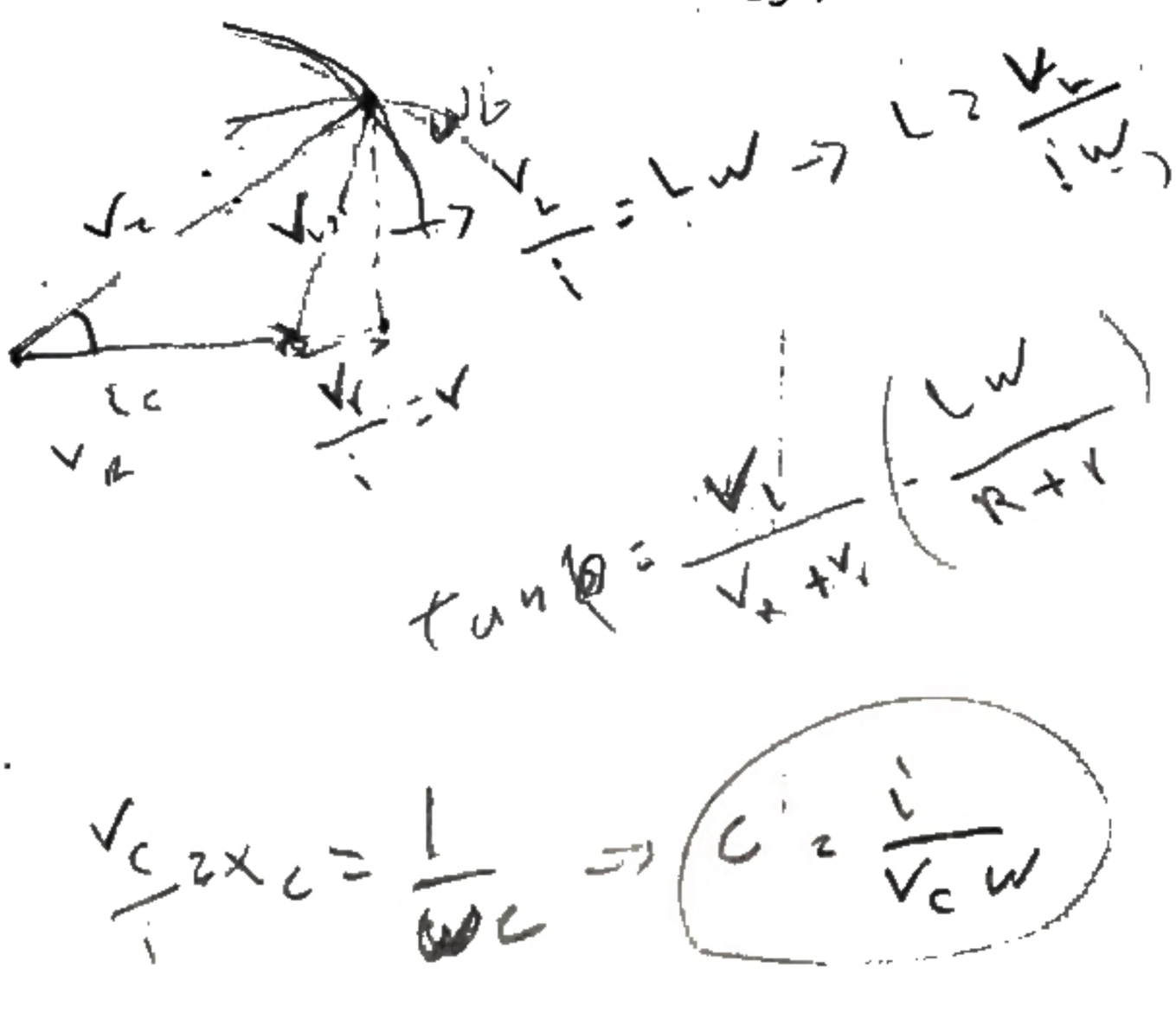
۷- شکل موج هائی را که روی اسیلوسکپ مشاهده کردید، رسم کرده و نتیجه را بنویسید.
جدولهای شماره ۱ و ۲ را ضمیمه گزارش کار خود کنید.

مقادیری که محاسبه کرده اید				مقادیری که اندازه گیری کرده اید		
L	r	φ	Z	I	V_Z	V_L	V_R

جدول ۱

مقادیری که محاسبه کرده اید			مقادیری که اندازه گیری کرده اید			
C	φ	Z	I	V_Z	V_C	V_R

جدول ۲



آزمایش شماره ۱۰

بررسی مؤلفه افقی میدان مغناطیسی زمین

هدف:

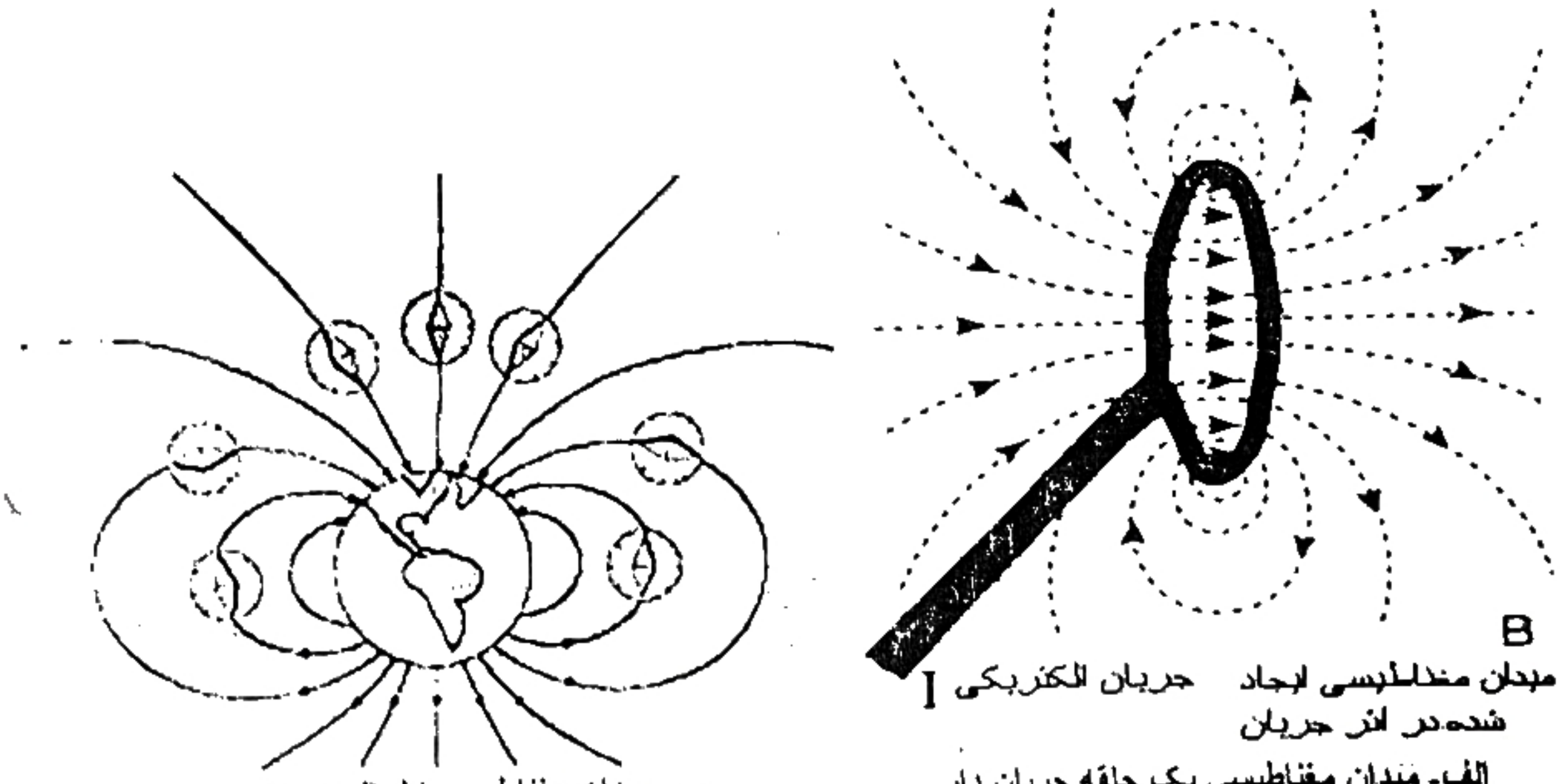
تعیین و اندازه‌گیری مؤلفه افقی میدان مغناطیسی زمین با استفاده از میدان یك حلقه جریان.

وسایل آزمایش:

گالوانومتر تانژانت، آمپرمتر، رئوستا، منبع تغذیه.

مقدمه:

کره زمین دارای میدان مغناطیسی در اطراف خود می باشد (شکل ۱-ب). برای اندازه گیری این میدان می توان آن را با یک میدان مغناطیسی با شدت معلوم، مثلا میدان مغناطیسی یک حلقه جریان مقایسه نمود. هر گاه از یک حلقه رسانا جریانی عبورنماید، میدان مغناطیسی درفضای اطراف آن القا می گردد. شکل ۱-الف میدان مغناطیسی را در اطراف یک حلقه نشان می دهد.



میدان مغناطیسی ایجاد شده در اثر جریان الکتریکی

الف- میدان مغناطیسی یک حلقه جریان دار

ب- میدان مغناطیسی اطراف زمین

شکل ۱

اگر از حلقه دایره‌ای شکلی شامل n دور سیم، جریان I عبور کند- در صورتی که شعاع حلقه به اندازه کافی بزرگ باشد- میدان مغناطیسی در مرکز حلقه با تقریب خوبی عبارت است از:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2R} \qquad (۱)$$

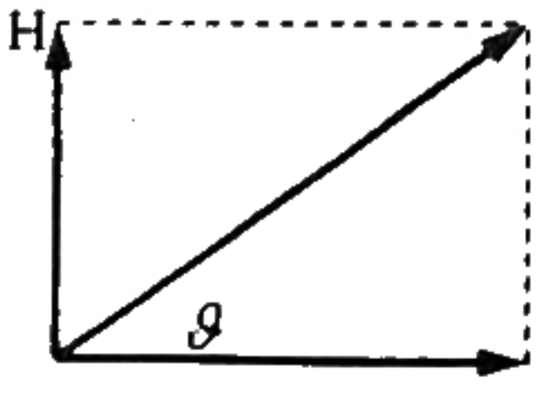
که در آن R شعاع حلقه برحسب متر و $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ گذردهی مغناطیسی خلا و B میدان مغناطیسی، برحسب وبر بر متر مربع Wb/m^2 می باشد. شدت میدان مغناطیسی در سیستم CGS به صورت زیر در می‌آید:

$$H = \frac{2\pi}{10}\frac{nI}{R} \qquad (۲)$$

در این سیستم R برحسب سانتی‌متر و H برحسب گوس است. جهت H هم با توجه به شکل ۱، طبق قانون دست راست (قانون پیچ راستگرد) بدست می‌آید. یعنی اگر جریان در جهت چهار انگشت خم شده دست راست باشد، جهت میدان در امتداد انگشت باز شست خواهد بود (شکل ۱-ب در آزمایش ۷ را ببینید).

چون می توان شدت میدان مغناطیسی حلقه را محاسبه نمود، میتوان از میدان مغناطیسی بوجود آمده برای اندازه گیری مولفه افقی میدان مغناطیسی زمین استفاده کرد. برای این منظور وسیله ای به نام گالوانومتر تانژانت طراحی شده است. این وسیله شامل یك صفحه چوبی دایره‌ای شکل می باشد، که تعدادی سیمپیچ با شعاع‌ها و دورهای مختلف روی آن پیچیده شده است. در مرکز این حلقه‌ها، که سطح آنها هنگام آزمایش کاملاً قائم قرار می‌گیرد، یك صفحه دایره‌ای مدرج همراه با یك عقربه مغناطیسی بطور افقی مطابق شکل آتعبیه شده است.

الف-نمونه هائی از گالوانمتر تانژانت



ب: برآیند میدان مغناطیسی زمین و حلقه

شکل ۲

میدان مغناطیسی زمین در هر نقطه را می توان به دو مؤلفه افقی و قائم تجزیه کرد. عقربه قطب نمای مغناطیسی تحت تأثیر مؤلفه افقی منحرف می‌گردد. حال اگر از یکی ازقاب‌های گالوانومتر تانژانت جریانی عبور کند، عقربه مغناطیسی تحت تأثیر دو میدان که هر دو افقی هستند قرار می‌گیرد. در نتیجه موقعیت عقربه قطب نما در امتداد برآیند این دو میدان خواهد بود. اگر گالوانومتر را طوری قرار دهیم که جهت میدان مغناطیسی زمین عمود بر میدان حاصل از سیمپیچ باشد، آنگاه با توجه به شکل ۲-ب، می‌توان نوشت:

$$\tan\theta = \frac{H}{H_0} \qquad (۳)$$

که در آن H میدان مغناطیسی حلقه جریان دار، H_0 میدان مغناطیسی زمین و θ زاویه میدان برآیند با میدان مغناطیسی زمین است. با اندازه‌گیری θ و معلوم بودن مقدار H می‌توان مقدار H_0 را از رابطه ۳ بدست آورد. چون میدان H را با عبور جریان I از سیمپیچ دایره‌ای شکل، (گالوانومتر تانژانت) ایجاد می‌کنیم، پس مقدار آن در مرکز حلقه از رابطه (۲) بدست می‌آید. ترکیب (۲) با(۳) نتیجه می‌دهد که:

$$H_0 = \frac{2\pi}{10}\frac{nI}{R}\frac{1}{\tan\theta} \qquad (۴)$$

با دانستن مقدارهای R، n و اندازه‌گیری I و θ به سادگی می توان H_0 را بصورت زیر تعیین می‌کنیم:

$$H = H_0 \tan\theta = \frac{2\pi}{10}\frac{nI}{R} \qquad (۵)$$

بنابراین داریم:

$$nI = \frac{10RH_0}{2\pi}\tan\theta \qquad (۶)$$

مقدار $\frac{10RH_0}{2\pi}$ را ضریب کاهش گالوانومتر می‌نامند و ما آن را با k نمایش می‌دهیم. با این جایگزینی داریم:

$$nI = k\tan\vartheta \qquad (۷)$$

پس با رسم نمودار nI برحسب $\tan\theta$ می‌توان ضریب زاویه خط حاصل، یعنی k را اندازه گرفت. با داشتن این مقدار، می‌توان H_0 را از رابطه زیر محاسبه کرد.

$$H_0 = \frac{2\pi}{10R}k \qquad (۸)$$

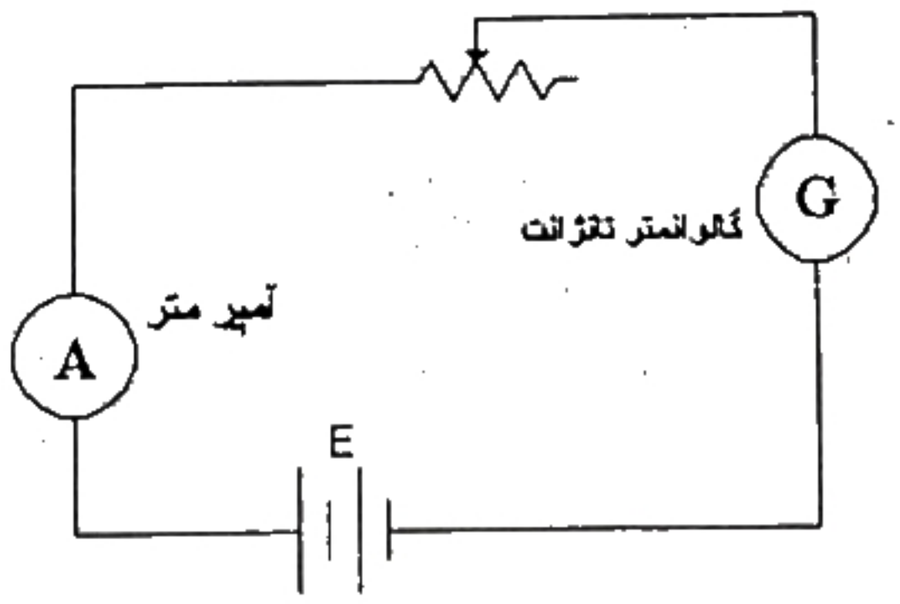
روش آزمایش

۱- ابتدا گالوانومتر را طوری روی میز قرار دهید که صفحه عقربه مغناطیسی آن افقی قرار گیرد، در این صورت عقربه آن باید قادر باشد با کمترین اصطکاك به راحتی در راستای افقی حرکت کند.

۲- اکنون در حالیکه بطور قائم به صفحه مدرج عقربه نگام می‌کنید، پایه دستگاه را آنقدر بچرخانید تا عقربه روی اعداد صفر و ۱۸۰ درجه بایستد. بدین ترتیب گالوانومتر طوری قرار گرفته است که سطح سیم‌پیچ و عقربه مغناطیسی در راستای شمال و جنوب مغناطیسی زمین می‌باشند. اگر به سیم پیچ گالوانمتر تانژانت جریانی اعمال گردد، میدان حاصل از سیم‌پیچ عمود بر این راستا خواهد بود.

۳- مدار دستگاه را مطابق شکل ۳ ببندید و سعی کنید تمام اشیاء فلزی بخصوص آمپرمتر را حتی‌المقدور از دستگاه دور نمایید. در ابتدا مدار باید قطع باشد.

٤- پس از حصول اطمینان از درست بودن مدار، آن را وصل کنید و به ازاء جریانهای مختلف برای حلقه‌های مختلف گالوانمتر تانژانت، زاویه θ را از دو طرف (دو انتهای عقربه مغناطیسی) خوانده و در جدول شماره ۱ یادداشت کنید. برای هر حلقه و برای هر تعداد دور، اندازه‌گیری را در دو جریان انجام دهید.



شکل۳

محاسبه خطا:

با توجه به (۶) می توان نوشت:

$$\ln(H_0) = \ln(\frac{2\pi nI}{R\tan\theta}) \qquad (۹)$$

آنچه اندازه گیری می شود، جریان، شعاع حلقه وزاویه است. درنتیجه:

$$\frac{dH_0}{H_0} = \frac{dI}{I} - \frac{dR}{R} + \frac{\sec^2\theta\, d\theta}{\tan\theta} \qquad (۱۰)$$

توجه داریم که اندازه گیری جمله $2\pi n$ دارای خطا نیست، لذا مشتق آن را صفر گرفته ایم. حداکثر خطا عبارت است از:

$$\left.\frac{\Delta H_0}{H_0}\right|_{max} = \frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta R}{R} + \frac{2\Delta\theta}{\sin 2\theta} \qquad (۱۱)$$

چون در گالوانمتر تانژانتی که در اختیار دارید، شعاع حلقه را اندازه نمی گیرید جمله خطای اندازه گیری شعاع حلقه را حذف کنید.

نتیجه‌گیری

۱-جدول شماره ۱ را کامل کنید.

۲-با استفاده از داده‌های جدول شماره ۱ منحنی تغییرات $\tan\theta$ را برحسب حاصلضرب nI را روی کاغذ میلی‌متری رسم کنید.

۳-ضریب زاویه خط حاصل را اندازه بگیرید و از روی آن H_0 را محاسبه کنید.

٤-مقدار محاسبه شده را با مقدار واقعی H_0 مقایسه و منابع خطا را نام ببرید. همچنین توضیح دهید که برای کم کردن این خطا چه باید کرد. آیا زاویه ای وجود دارد که میزان خطا در آن حداقل باشد؟ جدول شماره ۱ را ضمیمه گزارش کار خود کنید.

N	۲							
R								
I								
θ_1								
θ_2								
$\theta = \frac{\theta_1 + \theta_2}{2}$								
nI								
$\tan\theta$								
$\Delta I/I$								
$\Delta\theta/\sin 2\theta$								
$\Delta H_0/H_0$								

جدول ۱

$H_0 = ۲۸/۸ \text{ nT}$

فیزیک

آزمایش شماره ۱۱

جریان متناوب در مدار R-C-L و پدیده تشدید

هدف:

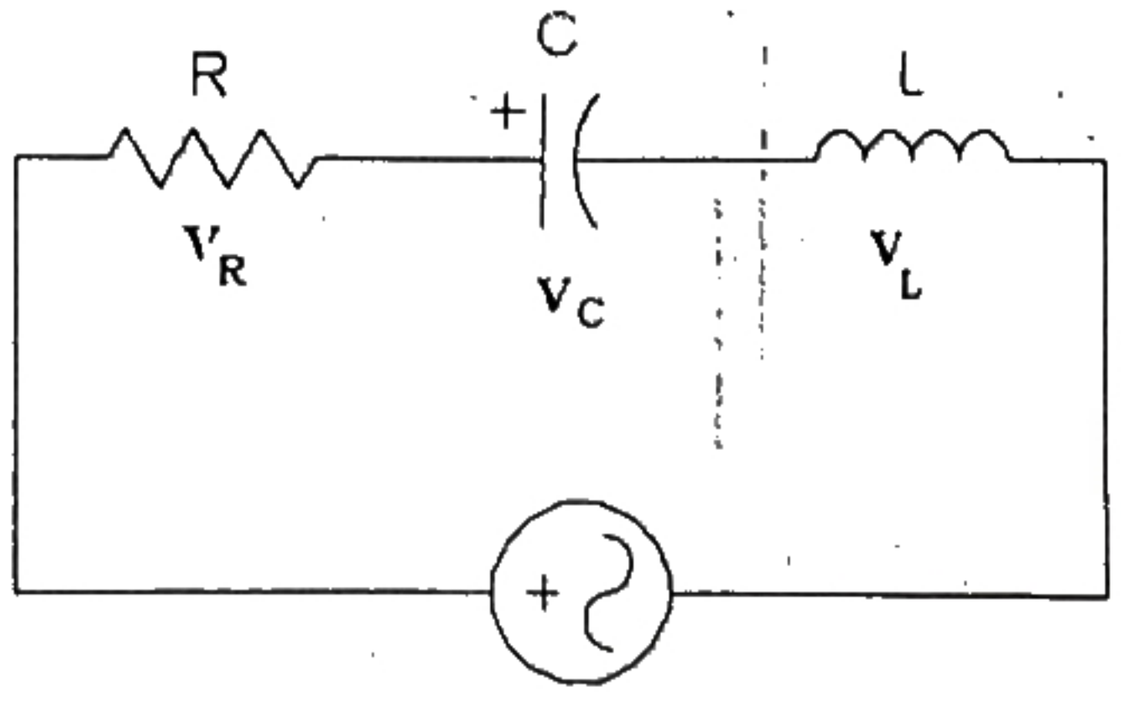
بررسی جریان و ولتاژ در مدارهای R-C-L و پدیده تشدید. رسم منحنی تغییرات شدت جریان این مدارها برحسب فرکانس جریان.

وسایل آزمایش:

- نوسان‌ساز، خودالقا (سیم‌پیچ)، خازن، مقاومت، ترانسفورمر، ولت‌متر، آمپرمتر، هسته آهنی.

مقدمه:

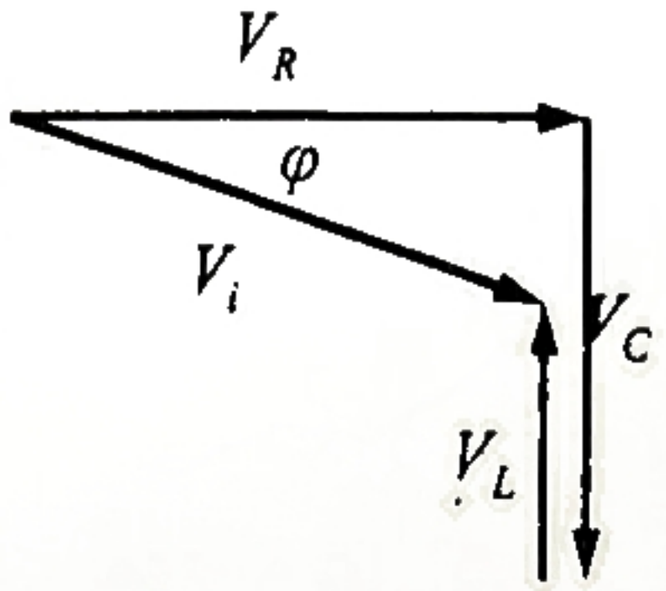
سادهترین مدار R-L-C از یك سیم‌پیچ، یك خازن و یك مقاومت، که بصورت سری با منبع تغذیه و آمپرمتر قرار گرفته اند، تشکیل می‌شود. می‌دانیم که اختلاف پتانسیل دو سر سیم‌پیچ برابر $L\frac{dI}{dt}$، اختلاف پتانسیل دو سر خازن $V_c = \frac{q}{C} = \frac{1}{C}\int i\,dt$، و اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت برابر RI است. حال مدار R-C-L شکل ۱ را در نظر بگیرید و فرض کنید اختلاف پتانسیل منبع به صورت سینوسی تغییر کند، بطوری که بتوان شدت جریان مدار را به شکل $I = I_m \sin\omega t$ نمایش داد. در این صورت طبق قانون ولتاژ کیرشهف داریم:



شکل ۱

$$V = RI_m \sin\omega t + L\omega I_m \sin(\omega t + \pi/2) - \frac{1}{C\omega} I_m \sin(\omega t - \pi/2) \quad (۱)$$

رابطه فوق نشان می‌دهد که ولتاژ دو سر خازن به اندازه $\pi/2$ نسبت به جریان و به اندازه π نسبت به ولتاژ دو سر سلف عقب است. این رابطه را می‌توان به شکل برداری زیر (شکل ۲) نمایش داد. از این شکل نتیجه می‌شود که:



نمایش برداری ولتاژها در مدار شکل ۱

شکل۲

$$V = Z\, I_m \sin(\omega t + \varphi) \qquad (۲)$$

که در آن داریم:

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2} \qquad (۳)$$

و:

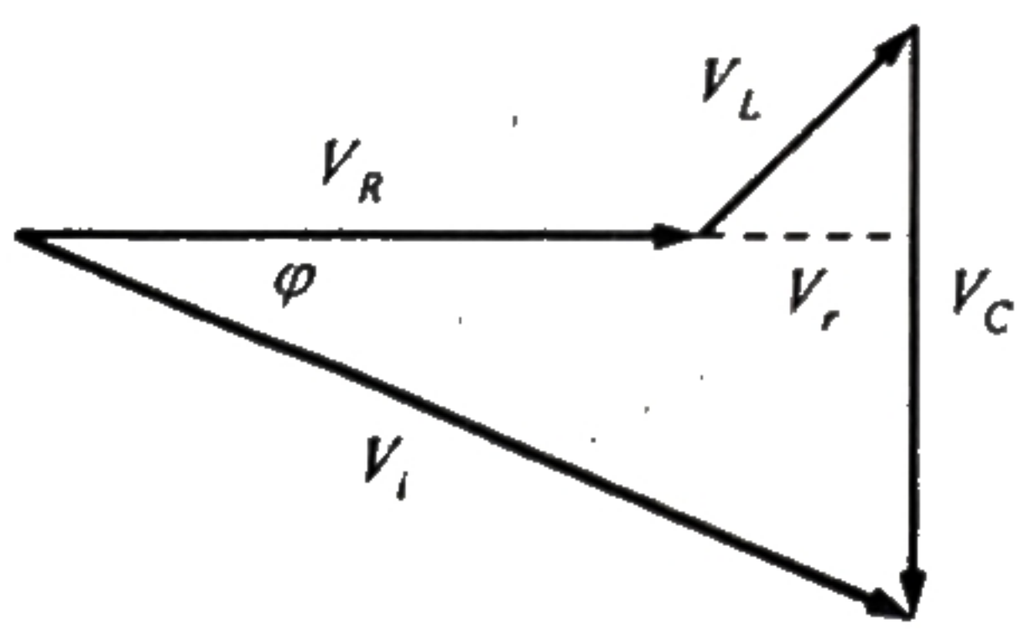
$$\tan\varphi = \frac{V_L - V_C}{V_R} = \frac{I_m(L\omega - \frac{1}{C\omega})}{I_m R} = \frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R} \qquad (۴)$$

در محاسبات فوق فرض کرده‌ایم که مقاومت اهمی سلف ناچیز است. اگر این فرض درست نباشد تمام محاسبات به همان صورت درست هستند و فقط مقدار Z و φ به صورت خواهند بود:

$$Z = \sqrt{(R+r)^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2} = \sqrt{X_R^2 + (X_L - X_C)^2} \qquad (۵)$$

$$\tan\varphi = \frac{X_L - X_C}{R + r} \qquad (۶)$$

که در آن $X_L = L\omega$ و $X_C = \frac{1}{C\omega}$ است. اگر خودالقا دارای مقاومت داخلی r باشد. نمودار برداری ولتاژ خودالقا کاملا عمودی نیست. نمودار برداری در این حالت در شکل ۳ رسم شده است.



شکل۳

چنان که اشاره شد، سلف و خازن در حالت کلی در مدارهای R-C-L سبب ایجاد اختلاف فاز φ بین جریان و ولتاژ می‌گردند. خازن باعث می گردد که ولتاژ مدار نسبت به جریان تأخیر فاز داشته باشد، در حالی که سلف سبب تقدم فاز ولتاژ نسبت به جریان می شود. به عبارت دیگر عمل سلف و خازن از نظر ایجاد اختلاف فاز عکس یکدیگر است. حال با توجه به رابطه (۶) ملاحظه می‌شودکه در حالت خاصی که $X_L = X_C$ است، فاز φ صفر می‌شود. در این حالت بین اختلاف پتانسیل اعمال شده به مدار و شدت جریان آن اختلاف فازی وجود نخواهد داشت. از رابطه (۵) پیداست که امپدانس کل مدار در چنین حالتی کمینه است وبه ازاء یك ولتاژ معین دامنه شدت جریان به ماکزیمم مقدار خود خواهد رسید. با توجه به (۵) این مقدار کمینه برابر R+r است. شرط تشدید را به شکل زیر هم می‌توان نوشت.

$$X_L = X_C \rightarrow L\omega = \frac{1}{C\omega} \rightarrow LC\omega^2 = 1 \qquad (۷)$$

اگر در مداری، ω و C ثابت باشند، می‌توان با تغییر L مدار را به حالت تشدید رساند. اما اگر C و L ثابت باشند با تغییر دادن ω مدار به وضعیت تشدید می رسد.

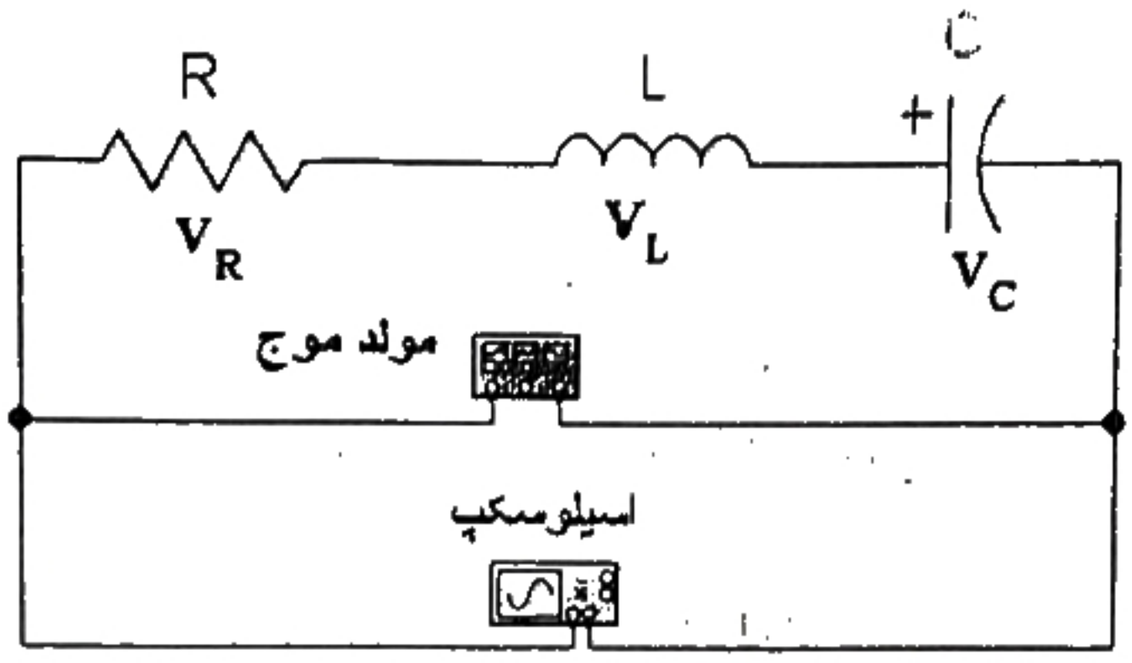
روش آزمایش:

I.مدار R-C-L

۱ـ مدار شکل ۱ را با استفاده از وسایلی که در اختیار دارید ببندید.
۲ـ اختلاف پتانسیل دو سر سلف، خازن، مقاومت، و منبع ولتاژ و نیز شدت جریان مدار را اندازه بگیرد و در جدول شماره ۱ وارد کنید.

II.تشدید

۱ـ مداری که در این آزمایش مورد استفاده قرار می‌گیرد همان مدار آزمایش قبل است. سیم‌پیچ را طوری قرار دهید که به راحتی بتوان هسته آهنی را در آن قرار داد.
۲ـ به ازاء طول‌های مختلف هسته سیم‌پیچ که درون آن قرار می‌گیرد مقادیر V_R، V_C، V_L و I را اندازه بگیرد و در جدول شماره ۲ وارد کنید.
۳ـ حال ترانس تغذیه را از مدار خارج کنید و بجای آن نوسان‌ساز را قرار دهید.
٤ـ مطابق شکل مدار زیر دو سر نوسان‌ساز را به اسیلوسکپ هم وصل کنید.



شکل ٤

۵ـ ولتاژ نوسان‌ساز را با اسیلوسکپ اندازه بگیرد و آن را روی ٤ ولت تنظیم کنید. فرکانس نوسان‌ساز را هم روی اولین مقدار جدول شماره ۳ تنظیم نمائید.
٦ـ حال شدت جریان مدار را اندازه بگیریدو و آن را در جدول ۳ وارد کنید.
۷ـ آزمایش را برای فرکانسهای دیگر مشخص شده در جدول شماره ۳ انجام دهید. دقت فرمایید که اندازه ولتاژ همیشه روی مقدار اولیه ٤ ولت تنظیم باشد.

نتیجه‌گیری و ارائه نتایج

۱ـ با استفاده از جدول شماره ۱ نمودار برداری ولتاژهای مدار R-L-C را رسم کنید و به کمك آن اختلاف فاز جریان و ولتاژ آن را حساب کنید.
۲ـ با استفاده از جدول شماره ۲ نمودار I برحسب L را روی کاغذ میلی‌متری رسم کنید. با داشتن ω و C، با استفاده از منحنی بدست آمده مقدارl (طولی از هسته که درون بیم پیچ قرار دارد) را در حالت تشدید تعیین کنید.
۳ـ نتایجی را که از آزمایش تشدید می‌گیرید بنویسید.
٤ـ با استفاده از جدول شماره ۳، شدت جریان را برحسب فرکانس رسم کنید. از منحنی حاصل فرکانس تشدید را بدست آورید و آن را با مقدار $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ مقایسه کنید.
۵ـ منبع خطا را ذکر کنید. تمام جدولها را ضمیمه گزارش کار خود فرمایید.

V_L	V_C	V_R	V_i	I

جدول ۱

I									
V_R									
V_C									
V_L									
I									

جدول ۲

f	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۱۵۰
ω										
I										

جدول ۳