دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

دستور کار آزمایشگاه فیزیک پایه 2

ویرایش و بازنگری: علی منش

گروه فیزیک مهرماه 1402

بنام ایزد یکتا

فهرست آزمایش ها

شماره آزمایش	نام آزمایش	صفحه
1	آشنایی با دستگاه های اندازه گیری، مقاومت ها و نحوه خواندن آنها	4
2	تعیین مقدار مقاومت به روش ولت- آمپر	9
3	قانون اهم- تحقیق رابطه $\mathbf{R = \rho \frac{L}{s}}$	12
4	تحقیق روابط درترکیب بندی سری وموازی مقاومت ها	18
5	تحقیق قوانین حلقه و گره در مدارهای الکتریکی	21
6	تعیین مقدار مقاومت به روش پل وتستون و پل تار	25
7	خازن در جریان مستقیم(شارژ و دشارژ خازن)	30
8	بررسی اثر مقاومت، القاگر و خازن در مدار جریان متناوب $(\boldsymbol{ac})$	39
9	اندازه گیری ضریب القا ی متقابل در سیم پیچ ها	49
10	ترانسفورماتور (مبدل)	57
11	آشنایی با اسیلوسکوپ	63
12	مطالعه منحنی های لیساژو در مدارهای با جریان متناوب	79

دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

خطای اندازه گیری

هر اندازه گیری با خطا با عدم قطعیت همراه است.در هنگام انجام آزمایش با دقت در انجام آزمایش واستفاده صحیح و مناسب از وسایل آزمایش باید تا حد امکان خطا را کاهش داد .ولی به دلیل محدودیت دقت وسایل اندازه گیری، خطاهای اتفاقی و خطاهای ناشی از عوامل محیطی، نمی توان خطا را در یک آزمایش به صفر رساند.به همین دلیل در یک آزمایش باید میزان خطا را محاسبه نمود تا دقت انجام آزمایش مشخص گردد.

✓ خطای مطلق:

بعلت محدود بودن دقت وسایل اندازه گیری و مهارت و آزمودگی شخص آزمایش کننده، هیچوقت نمیتوان اندازه واقعی یک کمیت را اندازه گیری کرد؛ بلکه نتیجه اندازه گیری مقداری با اندازه واقعی آن کمیت اختلاف دارد که این اختلاف به خطا یا بیراهی مطلق مرسوم است.

اگر مقدار واقعی کمیت را با χ' و مقداری که در نتیجه آزمایش بدست آمده با χ نمایش دهیم در اینصورت خطای مطلق برابر خواهد بود با :

$$\Delta\chi = |\chi' - \chi|$$

از آنجا که مقدار خطای مطلق و علامت آن معلوم نیست(زیرا اگر معلوم باشد دیگر خطا نیست)، بنابراین مقدار واقعی کمیت در محدوده زیر قرار دارد:

$$\chi - \Delta\chi < \chi' < \chi + \Delta\chi$$

✓ خطای نسبی:

خطای مطلق تنها میزان دقت آزمایش را نشان نمی دهد.بلکه در حقیقت بایستی دید که این خطا در اندازه گیری چه مقدار از کمیت مورد اندازه گیری رخ داده است.می توان خطای نسبی را به صورت زیر تعریف کرد.

$$\text{خطای نسبی} = \frac{\Delta\chi}{\chi'} \qquad \text{خطای نسبی} = \text{خطای مطلق} \Big/ \text{مقدار واقعی}$$

آزمایش شماره ۱

آشنایی با دستگاه های اندازه گیری، مقاومت ها و نحوه خواندن آنها

الف : آشنایی با دستگاه های اندازه گیری

دستگاه های اندازه گیری الکتریکی، برای اندازه گیری کمیتهای مانند شدت جریان، اختلاف پتانسیل (ولتاژ) ، مقاومت، انرژی و توان به کار می رود.

دستگاه ممکن است یک منظوره باشد(مثل ولتمتر که برای اندازه گیری ولتاژ به کار می رود)، یا ممکن است برای چند منظور به کار رود(مثل مولتی مترها یا اوومترها که برای اندازه گیری کمیت های مختلف الکتریکی مثل ولتاژ، جریان و مقاومت مورد استفاده قرار می گیرد). دستگاههای اندازه گیری در دو دسته کلی ساخته و مورد استفاده قرار می گیرند:

1) آنالوگ
2) دیجیتال

در نوع آنالوگ یک عقربه روی صفحه ای که از قبل مدرج شده کمیت اندازه گیری را نشان می دهد، و در نوع دیجیتال کمیت اندازه گیری شده به صورت عدد روی صفحه ظاهر می شود. معمولا وسایل اندازه گیری دیجیتال دارای دقت بیشتری هستند.

مولتی متر آنالوگ:

مولتی متر دستگاهی است که با تغییر یک کلید که روی آن نصب شده می توان آن را به سه دستگاه آمپرمتر، ولتمتر و اهم متر تبدیل نمود. حروف A و V و O به ترتیب اول کلمات Ampere و Volt و Ohm می باشند .یک مولتی متر معمولا از یک صفحه مدرج با یک عقربه و یک کلید دورانی S و یک پیچ تنظیم و دو جای پیچ تشکیل شده است که اندازه گیری با استفاده از آن انجام می شود. با تغییر دادن کلید به چند حالت می توان اندازه گیری های مختلف انجام داد.

اندازه گیری ولتاژ مستقیم DC.V اندازه گیری ولتاژ متناوب AC.V

اندازه گیری جریان مستقیم DC.A اندازه گیری جریان متناوب AC.A

اندازه گیری مقاومت Ω

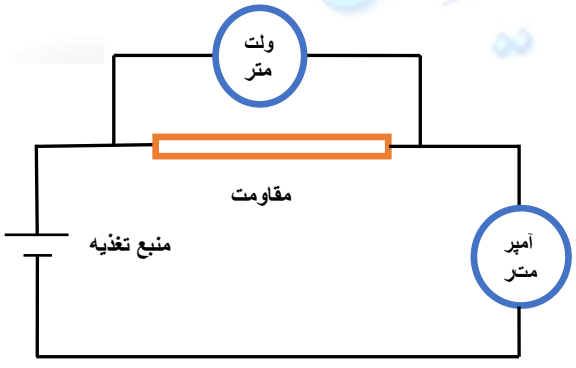
در هر حالت، کلید اصلی چند پله برای تعیین رنج دارد. رنج حداکثر محدوده اندازه گیری دستگاه در هرحالت انتخابی است. به عنوان مثال چنانچه در مولتی متر کلید تعیین رنج روی عدد 150 ولت قرار گرفته باشد، یعنی دستگاه قادر است حداکثر تا ولتاژ 150 ولت را اندازه گیری کند. یکی از نکات مهم در اندازه گیری تعیین رنج مناسبی است که اندازه گیری تحت آن انجام می شود. یک راه ساده برای انتخاب رنج مناسب در اندازه گیری یک کمیت با حدود مقدار مجهول، بدین صورت است که ابتدا کلید را در بالاترین رنج ممکن برای کمیتی که می خواهیم اندازه گیری کنیم، قرار می دهیم. سپس پله پله کلید را به سمت رنج های پایین تر می چرخانیم. این عمل را آنقدر ادامه می دهیم تا عقربه مولتی متر به انتها بچسبد. وقتی این اتفاق افتاد، کلید اصلی را یکی به عقب باز می گردانیم. در این صورت ما رنج مناسبی برای اندازه گیری خود انتخاب کرده ایم.

مولتی متر دیجیتال:

در این نوع مولتی متر ، مانند مولتی متر آنالوگ می توان مقدار ولتاژ، مقاومت و جریان را اندازه گیری نمود .بخش های اصلی مولتی متر دیجیتال عبارتند از :

یک صفحه مانیتور، یک کلید دورانی، دکمه روشن خاموش و چند جای فیش برای اتصال سیم های رابط .در پایین دستگاه چند جای فیش مشاهده می شود. از دو سیمی که برای اندازه گیری کمیت مورد نظر از مدار خارج شده، همواره یکی از آنها به بخش COM مولتی متر وارد می شود. سر دیگر را نیز با توجه به کمیتی که می-خواهیم اندازه گیری کنیم و علامت هایی که در کنار فیش ها نوشته شده به مولتی متر متصل می کنیم.

نحوه قرار دادن ولتمتر و آمپرمتر در مدار:



ولتمتر همیشه به طور موازی به دو سر کمیت مورد اندازه گیری وصل می شود و مقدار اختلاف سطح یا ولتاژ را به دست می دهد. اما آمپرمتر همیشه به طور سری در مدار قرار می گیرد زیرا شدت جریان مورد اندازه گیری باید

از داخل آن عبور کند؛ یعنی سیم از یک طرف مدار وارد یکی از فیش های آمپرمتر شده و سیم دیگر از جای فیش دیگر خارج می شود.

منبع تغذیه:

ساده ترین منبع تغذیه یک باتری است. منبع تغذیه مورد استفاده در یک آزمایشگاه متشکل از یک سیم پیچ متغیر است که قادر است ولتاژ 220 ولت برق شهر را به چندین ولتاژ از نوع متناوب و مستقیم تبدیل کند. با استفاده از جا فیش های مناسب می توان ولتاژ مستقیم یا متناوب را دریافت نمود و به کمک پیچ روی منبع تغذیه ولتاژ مناسب را می توان تنظیم کرد.

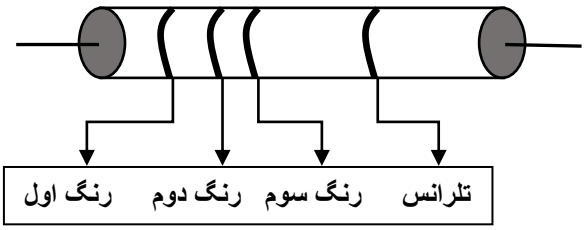
ب : مشخص کردن مقاومتها از روی رنگ

مقاومت های الکتریکی که در مدارها بکار مي روند به اشکال مختلفی ساخته می شوند. یکی از انواع مقاومتها ، استوانه عایقی از جنس سرامیك یا چینی است که قشری از زغال روی آن را پوشانده است. دو طرف مقاومت به سیمهای مسی قلع اندود مربوط بوده که لایه ای از لاك روی آن را می پوشاند. معمولاً مقدار مقاومت و حداکثر خطای آن را بوسیله رنگهای مختلفی روی آن نشان می دهند. مقدار مقاومت بر حسب اهم است و بوسیله چهار نوار رنگی مشخص می شود. در مقاومت هایی که با نوارهای رنگی مشخص شده اند مجموعه این علائم دارای فواصل مساوی از دو سر مقاومت نیستند و به وضوح به یکی از دو سر آن نزدیکترند.

برای تعیین مقدار مقاومت ، آن را باید طوری گرفت که مجموعه حلقه های رنگی در سمت چپ قرار گیرند.اعداد مربوط به نوارهای اول و دوم را از روی جدول رنگها مي نویسیم و به تعداد عدد نوار سوم ، صفر در جلوی دو رقم اول و دوم می گذاریم.نوار چهارم که از بقیه کمی فاصله دارد نشانگر درصد خطای نسبی مقدار نشان داده شده روی مقاومت با مقدار حقیقی مقاومت الکتریکی است و به اصطلاح تلرانس گفته می شود.

جدول صفحه بعد، مربوط به کد رنگ ها برای این نوع مقاومت است.توجه شود که کد رنگ های طلایی و نقره ای تنها برای تعیین درصد خطا بکار می روند .بنابراین اگر این نوارها را روی مقاومت دیدیم، آنرا نوار آخر(و نه اول)در نظر می گیریم.

سه رنگ اول		رنگ چهارم(تلرانس)	
رنگ	عدد	رنگ	درصد خطا
مشکی	0	طلایی	%5
قهوه ای	1	نقره ای	10 %
قرمز	2	بیرنگ	20 %
نارنجی	3		
زرد	4		
سبز	5		
آبی	6		
بنفش	7		
خاکستری	8		
سفید	9		



مثال

رنگ اول	رنگ دوم	رنگ سوم	تلرانس
سبز	زرد	قهوه ای	نقره ای
5	4	1	%10

$$R = 540 \quad \Delta R = \frac{10}{100} R = 54$$

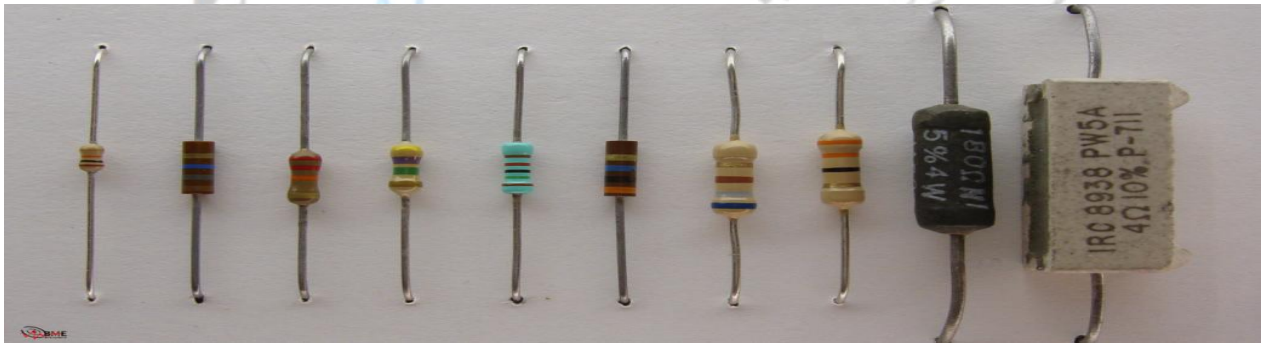
$$R = 540 \pm 54$$

نکات مهم:

1- اگر مقاومت دو رقمی باشد نوار سوم آن به رنگ سیاه می باشد که نشان می دهد هیچ صفری جلوی آن دو رقم گذاشته نمی شود.

2- برای تعیین مقاومت های کمتر از 10 اهم ، حلقه سوم طلایی است و ارقام اول و دوم را می خوانیم و در 0.1 ضرب می کنیم تا مقدار مقاومت بدست آید.

3- در مقاومت های کمتر از یك اهم ، حلقه سوم نقره ای است.ارقام اول و دوم را میخوانیم و در 0.01 ضرب می کنیم تا مقدار مقاومت بدست آید.



اجرای آزمایش:

الف) ابتدا پیچ تنظیم ولتاژ منبع تغذیه را در چهار محل داده شده در جدول قرار داده و برای هر حالت، ولتاژ دو سر منبع را توسط ولتمتر با انتخاب رنج‌های (0 -2.5 V) ، (0-15V)، (0-30V) و (0 -150V)اندازه گیری نموده و در جدول زیر وارد کنید. کدام حالت دقیق‌تر است و چرا؟

	محل پیچ تنظیم ولتاژ	2 V	10 V	15 V	20 V
حالت DC	رنج (0-2.5)				
	رنج (0-15)				
	رنج (0-30)				
	رنج (0-150)				

	محل پیچ تنظیم ولتاژ	2 V	10 V	15 V	20 V
حالت AC	رنج (0-2.5)				
	رنج (0-15)				
	رنج (0-30)				
	رنج (0-150)				

ب) روش اندازه گیری مقاومت الکتریکی با استفاده از رنگها :

سه مقاومت رنگی به عنوان مقاومت مجهول در اختیار شماست. با توجه به توضیحات داده شده و جدول رنگها، مقدار هر مقاومت و خطای آن را خوانده و در جدول زیر یادداشت کنید.

R_X	کد رنگ اول	کد رنگ دوم	کد رنگ سوم	کد رنگ چهارم	R_x	ΔR_x
R_{X1}						
R_{X2}						
R_{X3}						
R_{X4}						
R_{X5}						

آزمایش شماره 2

تعیین مقدار مقاومت به روش ولت- آمپر

در این روش دو سر مقاومت را بطور سری به همراه یک آمپرمتر به دو سر یک منبع تغذیه وصل و جریان و ولتاژ مدار که همان جریان و ولتاژ مقاومت است اندازه گیری میشود. طبق قانون اهم از تقسیم ولتاژ بر جریان، مقاومت به دست می آید.البته بست به اینکه ولت‌متر در مدار به چه صورت قرار بگیرد مقدار خطا در اندازه گیری مقاومت متفاوت است.

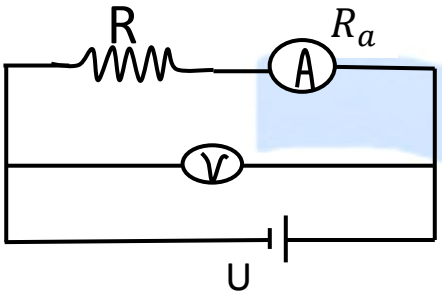
✓ روش الف: آشنایی با خطای آمپرمتر

مطابق شکل (۱) در این حالت ولت‌متر اختلاف پتانسیل مجموع دو سر مقاومت و آمپرمتر را نشان می‌دهد و آمپرمتر نیز جریان عبوری از مقاومت R را نشان می‌دهد، لذا:

$$V = IR + IR_a \rightarrow R = \frac{V}{I} - R_a = R' - R_a$$

R_a مقاومت داخلی آمپرمتر می‌باشد.

اگر $R_a \ll R'$ باشد آنگاه $R \approx R'$ می‌شود. در نتیجه این روش هنگامی موثر است که مقاومت مورد سنجش در برابر مقاومت داخلی آمپرمتر خیلی بزرگ باشد.



شکل 1

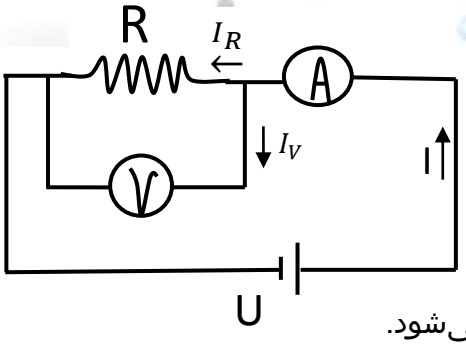
✓ روش ب: آشنایی با خطای ولت‌متر

در این روش مطابق مدار شکل(۲) ولت‌متر فقط به دو سر مقاومت وصل می‌شود. لذا:

$$I = I_R + I_v\ , \quad R = \frac{V}{I_R} = \frac{V}{I - I_v} = \frac{V}{I - \frac{V}{R_v}} \rightarrow R = \frac{V}{I\left(1 - \frac{V}{IR_v}\right)}$$

چنانچه $R' = \frac{V}{I}$ غیرحقیقی(با خطا) فرض شود آنگاه R حقیقی(بدون خطا) برابر است با

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



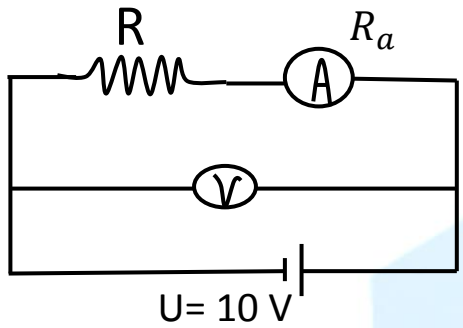
شکل 2

که R_v مقاومت داخلی ولت متر می‌باشد.

ملاحظه می‌شود در صورتی که $\frac{R'}{R_v} \ll 1$ باشد آنگاه $R \approx R'$ می‌شود.

اجرای آزمایش:

1- مدار شکل زیر را ببندید و نتایج را در جدول زیر وارد کنید.(**تعیین خطای آمپرسنج**)

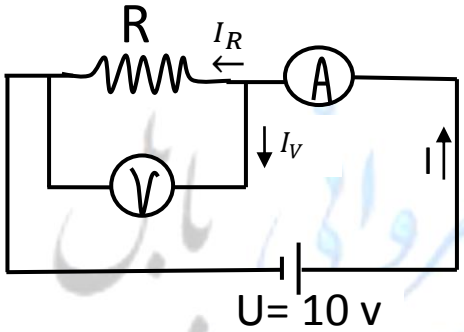


مقاومت	V	I	R'	R_a	R
$R_1 = 100\Omega$					
$R_2 = 1K\Omega$					
$R_3 = 10K\Omega$					

اندازه مقاومت ورودی های آمپرسنج:

$R_a(1000\,mA) = 2\ \Omega$ ، $R_a(500\,mA) = 3\Omega$ ، $R_a(100\,mA) = 8\Omega$ ، $R_a(10\,mA) = 65\Omega$

2- مدار شکل زیر را ببندید و نتایج را در جدول زیر وارد کنید. (**تعیین خطای ولت سنج**)



مقاومت	V	I	R'	R_v	R
$R_1 = 100\Omega$					
$R_2 = 1K\Omega$					
$R_3 = 10K\Omega$					

دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

سوالات:

1 - با ذکر دلیل بیان کنید چرا در روش الف مقدار مقاومت آمپرمتر باید کم ولی در مقابل، مقدار مقاومت مورد سنجش نسبتا باید زیاد باشد؟

2 - به چه دلیل در اندازه گیری مقاومت به روش ب در صورتی دقت اندازه گیری بالا خواهد شد که مقاومت داخلی ولت متر زیاد باشد؟

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

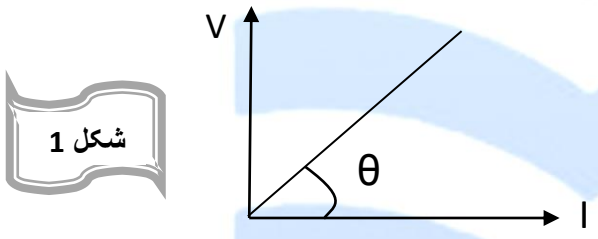
دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

آزمایش شماره 3

قانون اهم- تحقیق رابطه $\mathbf{R = \rho \frac{L}{s}}$

✓ قانون اهم:

چنانچه به يك رسانا اختلاف پتانسيل متغير V اعمال شود و به ازای هر اختلاف پتانسيل اعمال شده ، شدت جريان عبوری از رسانا (I) اندازه گيری شود، در صورتی که نسبت اختلاف پتانسيل V به شدت جريان در هر مرحله مقدار ثابتی باشد(اين نسبت همان مقدار مقاومت رساناست و به ولتاژ اعمالی بستگی ندارد).به اصطلاح گفته مي شود که اين رسانا از قانون اهم پيروی می کند .اگر نمودار ولتاژ بر حسب شدت جريان (V-I) را در اين موارد رسم کنيم يك خط راست با شيب ثابت مطابق شکل(1) بدست خواهد آمد.



شکل 1

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

ضريب زاويه خط رسم شده يعنی tan θ همان مقاومت هادی مورد آزمايش است، که به جنس و خصوصيات فيزيک رسانا بستگی دارد.برای رسانا در درجه حرارت ثابت، مقدار R در بازه مقادير مختلف I و V يک مقدار ثابت باشد به اين اجسام هادی های اهميک گويند.

با اين حال اغلب رساناها از قانون اهم تبعيت نمی کنند يعنی با تغيير ولتاژ اعمالی به دو سر آنها مقدار مقاومت ثابت نمی ماند .به اين رساناها اصطلاحاً رساناهای حرارتی يا غير اهمی گفته می شود. در اينجا تأکيد مي کنيم که رابطه V=IR بيان کننده قانون اهم نيست.رسانا فقط به شرطی از اين قانون پيروی مي کند که منحنی V-I مربوط به آن خطی باشد يعنی R از V و I مستقل باشد. رابطه $R = \frac{V}{I}$ يك تعريف کلی از مقاومت رساناست اعم از اينکه از قانون اهم پيروی بکند يا نکند. (در صورتی که از قانون اهم پيروی بکند اين رابطه بيان کننده قانون اهم نيز خواهد بود).

در قانون اهم خاطر نشان کردیم که در طول آزمایش و اندازه گیری V و I و R دمای المان مقاومت را ثابت فرض میکنیم .در صورتی که دمای المان مقاومت در طول آزمایش تغییر کند مقدار مقاومت آن المان نیاز تغییر خواهد کرد .در اکثر موارد با افزایش دما، مقدار مقاومت افزایش می یابد. (اصطلاحا گفته می شود که این مواد ضریب حرارتی مثبت دارند). در تغییرات دمایی نسبتاً کوچک (100◦C و کمتر) مقاومت یا دقیقتر بگوییم مقاومت ویژه ρ را می‌توان برحسب تغییر دمای ΔT ، به صورت زیر نوشت:

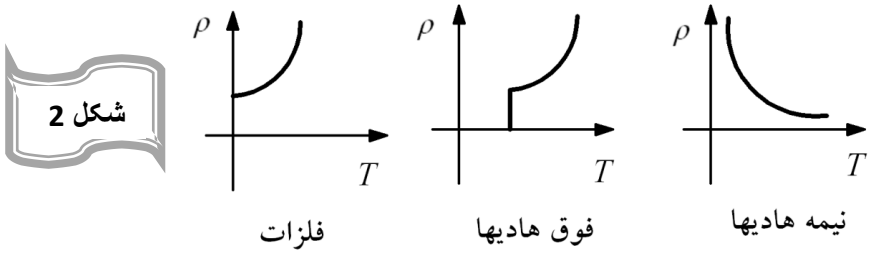
$$R = R_0(1 + \alpha\Delta T) \qquad OR \qquad \rho = \rho_0(1 + \alpha\Delta T) \qquad\qquad T < 100^0C$$

که در آن، ρ_0 مقاومت ویژه در دمای مرجع و α ضریب حرارتی مقاومت ویژه است. برای تغییرات دمایی بزرگتر، ممکن است α تغییرکند یا به یک معادله غیرخطی برای یافتن ρ نیاز باشد. همان گونه که از فرمول پیداست با افزایش دما از $100^{O}C$ به بالا رابطه مقاومت به رابطه ای غیر خطی تبدیل میشود.

در فلزها α مثبت است، یعنی مقاومت ویژه آن‌ها با افزایش دما زیاد می‌شود. α برای مس $0.004\frac{1}{^\circ C}$ است که تقریبا عدد بزرگی است وبرخی آلیاژها به طور خاص برای وابستگی دمایی کم ساخته شده‌اند. برای مثال، ضریب حرارتی مقاومت ویژه منگنین (Manganin) که آلیاژی از مس،منگنز و نیکل است دارای ضریب حرارتی کوچکی ($\alpha = 2 \times 10^{-6}\frac{1}{^\circ C}$) است. بدین ترتیب قانون اهم برای منگانین کاملا صادق است.

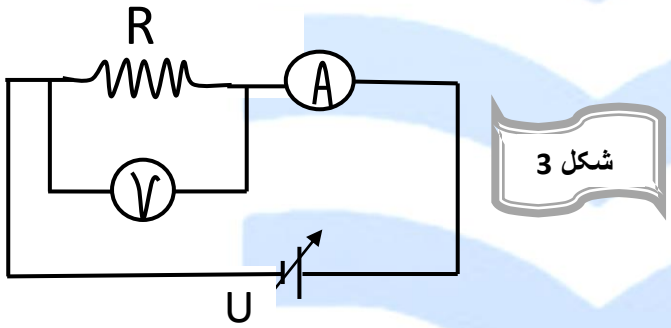
مقدار ضریب دمایی مقاومت ویژه برای نیمه‌هادی‌ها منفی است؛ بدین معنی که مقاومت ویژه آن‌ها با افزایش دما کم می‌شود و در دماهای بالا خاصیت رسانایی بهتری دارند. در مقاومت کربنی تغییرات مقاومت با دما کم است و عملا اثری ندارد که نتیجه ضریب دمایی منفی است($\alpha = -2.3 \times 10^{-3}\frac{1}{^\circ C}$).

در بسیاری از مواد، مقاومت در یک دمای پایین معین صفر می‌شود. بطور مثال مقاومت جیوه در دمایی حدود 4K به سرعت به یک مقدار کوچک سنجش ناپذیر تنزل می‌کند. این پدیده ابررسانایی نامیده می‌شود.مقاومت مدار در حالت ابررسانایی واقعا صفر می‌شود. اگر جریانی در مدارهای ابررسانایی برقرار شود، حتی بدون وجود باتری، مدتهای طولانی بدون کاهش جریان باقی می‌ماند.بنابراین هادیها به سه دسته تقسیم میشوند که منحنی تغییرات ρ نسبت به دما (T) بصورت شکل(2) میباشد:



اجرای آزمایش:

شکل (3) مدار قانون اهم را نشان می‌دهد.با تغییر شاخص منبع تغذیه از 1 تا 10V ولت بازاء افزایش هر یک ولت، مقادیر ولتاژ دو سر مقاومت و جریان عبوری از آن را اندازه گرفته و نتیجه آزمایش را در جدول زیر یاد داشت نموده و سپس نمودار V را بر حسب I روی کاغذ میلی‌متری رسم نمائید. با اندازه‌گیری شیب نمودار رسم شده، مقدار مقاومت را بدست آورید.



V	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I										
R										

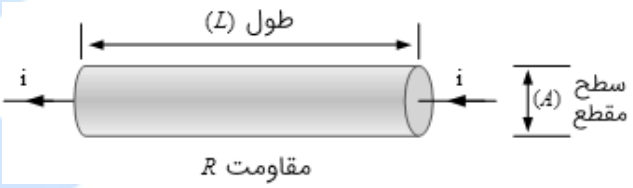
✓ **تحقیق رابطه** $R = \rho \frac{L}{s}$

مقاومت فلزات در دمای ثابت با طول سیم، L ، سطح مقطع آن، S و کمیت مربوط به جنس سیم (مقاومت ویژه، ρ)، به صورت $R = \rho \frac{L}{s}$ مرتبط است. ρ مقاومت ویژه به جنس سیم و درجه حرارت بستگی دارد. و بنابر تعریف مقاومت سیمی است به طول واحد و به سطح مقطع واحد.

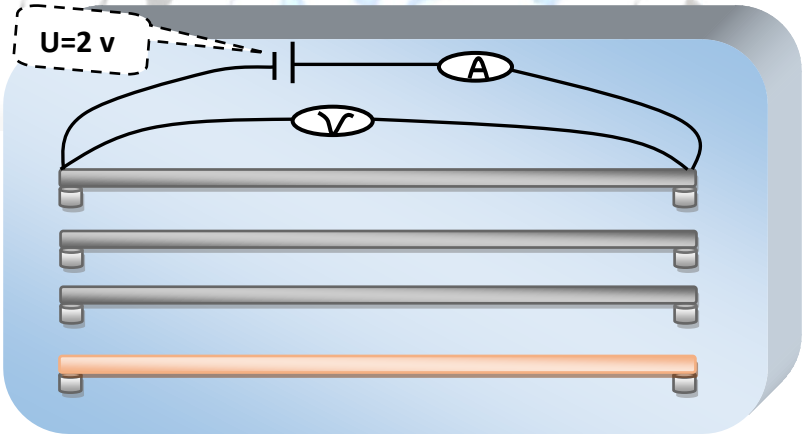
الف- اندازه‌گیری مقاومت ویژه با بهم بستن متوالی مقاومت‌ها:

برای اندازه‌گیری ρ ، سیم نصب شده روی یک تخته را به روش ولت-آمپر،توسط مولتی متر ولتاژ و جریان آنرا اندازه می‌گیریم سپس طول سیم را دو و سه برابر نموده و با تکرار اندازه‌گیری ولتاژ و جریان سیم در هر حالت مقاومت مربوط به آنرا بدست می‌آوریم. سپس نمودار مقاومت بر حسب طول را روی کاغذ میلی‌متری رسم نمائید. شیب خط مقدار $\frac{R}{L}$ را به شما نشان می‌دهد که مقداری است ثابت. از رابطه $R = \rho \frac{L}{s}$ مقدار $\frac{\Delta R}{\Delta L} = \frac{\rho}{S}$ را بدست آورده با شیب منحنی مساوی قرار می‌دهیم.

$$\frac{\Delta R}{\Delta L} = \frac{\rho}{S} = tan\,\alpha = \text{cte}$$



سپس با اندازه‌گیری مقدار سطح مقطع S، مقاومت ویژه سیم (ρ) را بدست می‌آوریم. مقاومت ویژه در دستگاه M.K.S بر حسب Ω.m می‌باشد



شکل 4

سیم	طول(L)	سطح (S)	V	I	R	ρ	$\frac{R_2}{R_1} =$
تک سیم							
دو تا متوالی							$\frac{R_3}{R_1} =$
سه تا متوالی							

ب- اندازه گیری مقدار ρ با بهم بستن موازی سیم ها:

مداری مطابق آزمایش الف (شکل 4) می‌بندیم. سیمی بطول L در مدار قرار می‌دهیم. ولتاژ و جریان دو سر آنرا اندازه گرفته، مقاومت R_1 بدست می‌آید. سپس سطح مقطع سیم را با موازی قرار دادن دو سیم دو برابر نموده و با اندازه‌گیری ولتاژ و جریان مقاومت R_2 را بدست آورده و این عمل را با سه سیم تکرار میکنیم. سپس نمودار R را بر حسب $\frac{1}{S}$ روی کاغذ میلی‌متری رسم می‌نمائیم. شیب خط یعنی $\frac{R}{1/s}$ مقداریست ثابت. مقدار $\frac{R}{1/s}$ را از رابطه $R = \rho\frac{L}{s}$ مساوی ρL قرار داده با اندازه‌گیری L و S مقدار ρ بدست می‌آید.بنابراین:

$$\frac{R}{1/S} = \tan\alpha = cte = \rho L$$

سیم	طول(L)	سطح (S)	V	I	R	ρ	$\frac{R_2}{R_1} =$
تک سیم							
دو تا موازی							$\frac{R_3}{R_1} =$
سه تا موازی							

ج- اندازه‌گیری مقدار ρ سیم های متفاوت:

سیم های متفاوت	طول(L)	سطح (S)	V	I	R	ρ
سیم آلیاژی						
سیم مسی						

جدول مقاومت ویژه برخی مواد در دمای اتاق (20 ℃)

نام رسانا	نقره	مس	طلا	آلومینیوم	آهن	تنگستن	سرب	نیکلاین(روی -سرب-نیکل)	منگنین(مس- نیکل-منگنز)	نیکروم(نیکل- کروم-منگنز)
مقاومت ویژه $\rho(\Omega m)$	1.6×10^{-8}	1.7×10^{-8}	2.4×10^{-8}	2.7×10^{-8}	9.7×10^{-8}	5.6×10^{-8}	22.0×10^{-8}	42.0×10^{-8}	48.2×10^{-8}	110×10^{-8}

سوالات:

1 - مقاومت ویژه سیم به چه عواملی بستگی دارد؟

2 - مقاومت سیم به چه عواملی بستگی دارد؟

3 - نتایجی که برای ρ از دو روش سری و موازی بستن مقاومت ها بدست می‌آورید با هم مقایسه کنید. کدام روش دقیق‌تر است؟

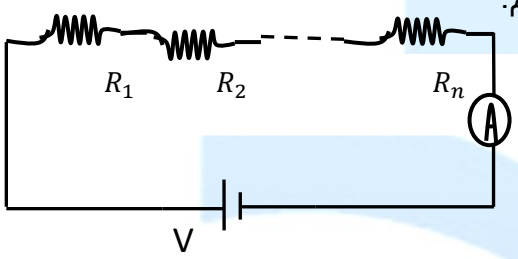
دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

آزمایش شماره 4

تحقیق روابط درترکیب بندی سری وموازی مقاومت ها

الف - بهم بستن مقاومت ها بصورت متوالی

مقاومت های $R_1, R_2 \dots\dots R_n$ را بطور سری مطابق شکل (1) به یکدیگر متصل می کنیم.در این حالت جریان عبوری ازمقاومتها است امابسته به مقدارمقاومت الکتریکی هر کدام اختلاف پتانسیل دوسرآنها متفاوت است بطوریکه اختلاف پتانسیل دوسرمنبع تغذیه برابراست بامجموع افت پتانسیل مقاومتهای حاضردرمدار,یعنی بر اساس قانون اهم داریم.



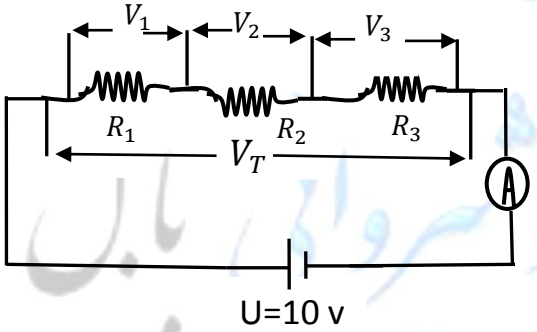
شکل 1

$$V = V_1 + V_2 + \dots\dots + V_n \quad , \quad I = I_1 = I_2 \dots\dots = I_n$$

$$V = I(R_1 + R_2 + \dots\dots + R_n) \quad , \quad R_{eq} = R_1 + R_2 + \cdots R_n$$

اجرای آزمایش :

سه مقاومت مجهول R_1, R_2, R_3 را بطور سری مطابق شکل زیر بهم وصل کنید. سپس بوسیله ولت متر ولتاژ های دو سر هر مقاومت و ولتاژ کل را اندازه گیری نموده ,سپس جدول زیر را تکمیل نمایید.



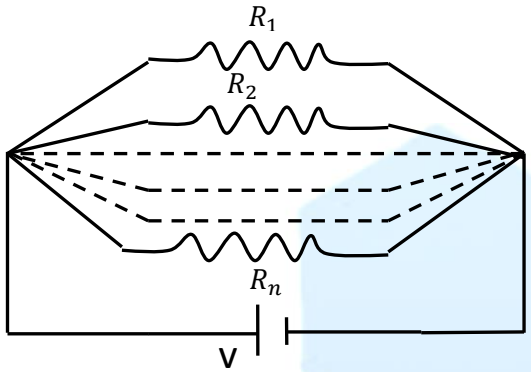
شکل 2

U	I	V_1	V_2	V_3	V_T	V_{eq}	$\Delta V = V_T - V_{eq}$
10 v							

$R_1 = \frac{V_1}{I}$	$R_2 = \frac{V_2}{I}$	$R_3 = \frac{V_3}{I}$	$R_T = \frac{V}{I}$	R_{eq}	$\Delta R = R_T - R_{eq}$

ب - بهم بستن مقاومت ها بصورت موازی

اگر مقاومت های R_1 , R_2 .... R_n را بطور موازی به یکدیگر وصل نماییم (مطابق شکل 3) جریان کل بین مقاومت ها تقسیم می شود و ولتاژ دو سر مقاومت ها یکسان و ثابت می باشد با توجه به قانون اهم وتقسیم جریان ها داریم:



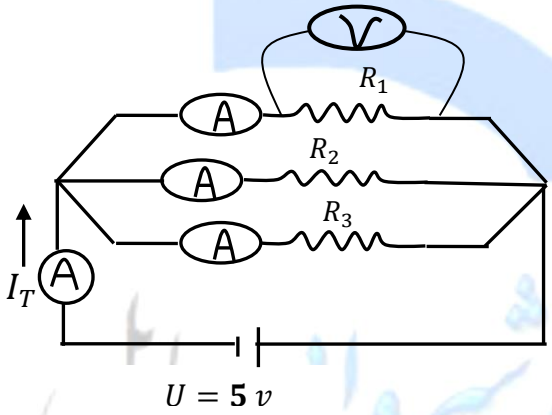
شکل 3

$$V = V_1 = V_2 \ldots\ldots = V_n \quad , \quad I = I_1 + I_2 \ldots\ldots + I_n$$

$$I = V\left({}^{1}/_{R_1} + {}^{1}/_{R_2} \ldots\ldots + {}^{1}/_{R_n}\right) \quad , \quad {}^{1}/_{R_{eq}} = {}^{1}/_{R_1} + {}^{1}/_{R_2} \ldots\ldots {}^{1}/_{R_n}$$

اجرای آزمایش:

مداری مطابق شکل (4) زیر ببندید آمپرمتر را بطور سری در شاخه های R_1, R_2, R_3, R_T قرار داده جریانهای I_1, I_2, I_3, I_T را اندازه گیری نموده سپس ولت متر را موازی با یکی از مقاومت ها قرار داده و مقدار ولتاژ را مشخص نمایید. اکنون جدول آزمایش را کامل نمایید.



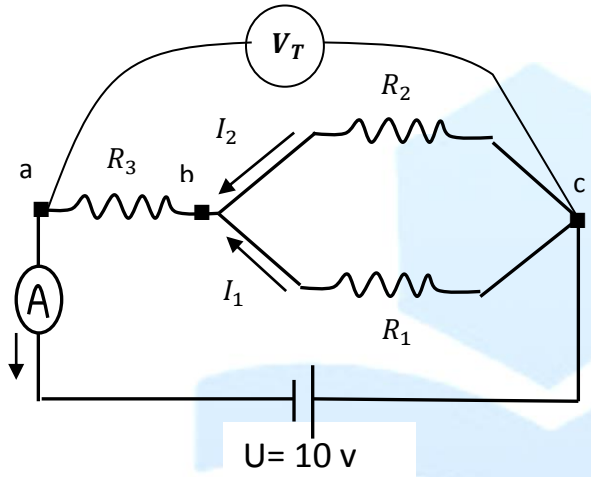
شکل 4

U	V	I_1	I_2	I_3	I_T	I_{eq}	$\Delta I = I_T - I_{eq}$
5 v							

$R_1 = \frac{V}{I_1}$	$R_2 = \frac{V}{I_2}$	$R_3 = \frac{V}{I_3}$	$R_T = \frac{V}{I_T}$	R_{eq}	$\Delta R = R_T - R_{eq}$

ج_بهم بستن مقاومت ها بصورت مختلط [سری – موازی] :

مدار شکل روبرو را ترتیب دهید .بوسیله آمپرمتر و ولت متر جریان ها و ولتاژ های هر شاخه را را خوانده و رابطه زیر را تحقیق نموده و جدول زیر را کامل نمایید.



شکل 5

$$V_{ac} = V_{ab} + V_{bc} \quad , \quad I_{eq} = I_1 + I_2$$

$I_3 = I_T$	I_1	I_2	$\Delta I = I_T - I_{eq}$	V_{ab}	V_{bc}	V_T	$\Delta V = V_T - V_{eq}$

$R_1 = \frac{V_{bc}}{I_1}$	$R_2 = \frac{V_{bc}}{I_2}$	$R_3 = \frac{V_{ab}}{I_3}$	$R_T = \frac{V_T}{I_T}$	R_{eq}	$\Delta R = R_T - R_{eq}$

سوالات:

1-آیا قرار دادن آمپرمتر در مدار جهت اندازه گیری شدت جریان ، در مقدار واقعي تأثیر میگذارد ؟ چرا ؟ آیا این تغییر قابل صرفنظر کردن است یا نه ؟

2-آیا نصب ولتمتر در مدار براي اندازه گیری اختلاف پتانسیل بین دو سر یك مقاومت ، تغییری در ولتاژ دو سر آن مقاومت می دهد ؟ چرا ؟ آیا مي توان از این تغییر صرف نظر کرد؟

دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

آزمایش شماره 5

تحقیق قوانین حلقه و گره در مدارهای الکتریکی

(Kirchhoff circuit laws)

برای پیدا کردن شدت جریان و یا اختلاف پتانسیل در مدارهایی که شاخه های زیادی دارند می توان از قوانین دوگانه حلقه و گره که به شرح زیر بیان می شود،استفاده کرد.

✓ قانون جریانها (قانون گره):

در هر نقطه از یک مدار الکتریکی مجموع جریان هایی که به آن نقطه (گره) وارد می شوند برابر است با مجموع جریان هایی که از آن نقطه خارج می شوند.به عبارت دیگر مجموع جبری جریان هایی که به یک نقطه اتصال وارد می شوند مساوی صفر است.

$\sum \mathrm{I} = 0$ اصل بقای بار الکتریکی (1)

✓ قانون ولتاژها (قانون حلقه):

در هر حلقه بسته (loop) از مدارهای الکتریکی, جمع جبری تمام اختلاف پتانسیل ها روی حلقه مدار برابر صفر است.

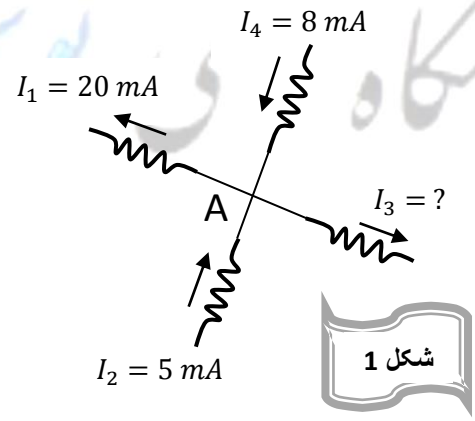
$\sum V = 0$ اصل بقای انرژی (2)

درباره علامت جبری شدت جریان توضیح داده می شود که طبق قرارداد جریان هایی که به طرف یک نقطه اتصال جریان دارند مثبت و جریان هایی که از آن نقطه دور می شوند منفی فرض می شود.بدین ترتیب در شکل (1) برای نقطه A خواهیم داشت:

$\sum I = 0$

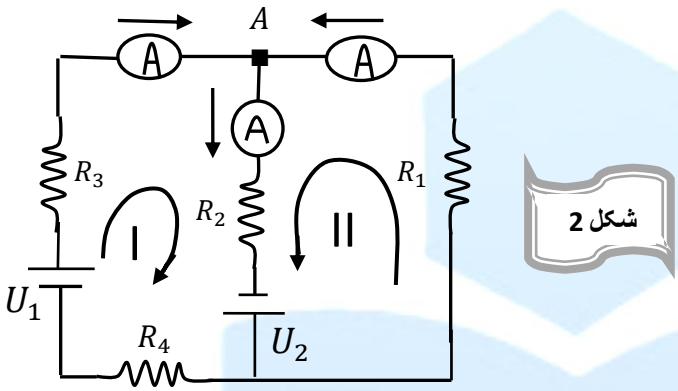
$I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 0$

$-20 + 5 + 8 + \mathrm{I}_3 = 0$ ، $\mathrm{I}_3 = -7\ \mathrm{mA}$



شکل 1

در مورد علامت جبری ولتاژ ها بدین ترتیب عمل میکنیم که در یک حلقه بسته،جهت دلخواهی برای جریان انتخاب و سپس از یک نقطه شروع کرده و مدار را دور می زنیم.اگر حرکت در جهت جریان باشد افت ولتاژ (اختلاف پتانسیل) روی مقاومت ها مثبت خواهد بود.برای نیروی محرکه (باتری) چنانچه جهت حرکت روی نیروی محرکه از منفی به مثبت باشد،آن را مثبت و اگر از مثبت به منفی باشد آن را منفی فرض خواهیم کرد.به شکل (2) توجه کنید.



شکل 2

برای حلقه سمت چپ،حرکت در جهت عقربه های ساعت و برای حلقه سمت راست،حرکت در خلاف جهت عقربه های ساعت.

$$I_2 = I_1 + I_3 \qquad (1)$$

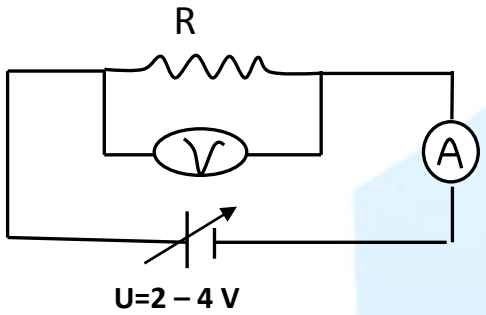
$$\mathrm{U_1 - I_3R_3 - I_2R_2 + U_2 - I_3R_4 = 0} \qquad (2)$$

$$U_2 - I_1R_1 - I_2R_2 = 0 \qquad (3)$$

دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

اجرای آزمایش:

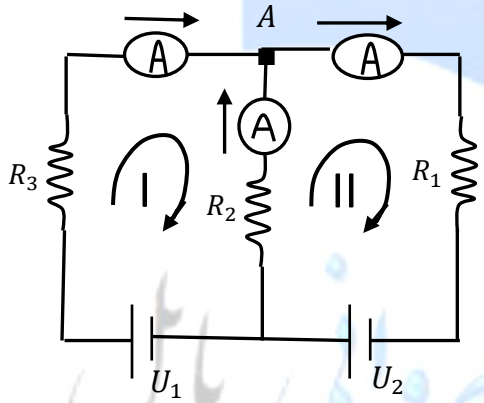
به علت اینکه دراین آزمایش مقدار نسبتاً دقیق مقاومتها مورد نیاز است لذا ابتدا این سه مقاومت (R_3 , R_2 , R_1)را تك تك در مدار شكل (3) قرار داده و از فرمول قانون اهم $\left(R = \frac{V}{I}\right)$ مقدار مقاومتها را بدست آورید:



شکل 3

	R_1	R_2	R_3
I			
V			
R			

الف): حال با استفاده از منبع تغذیه (U_2 , U_1) ومقاومتها مداری مطابق شکل (4) ببندید.توسط آمپرمتر جریان شاخه های R_1 , R_2 و R_3 را بدست آورده و جهت آنها را مشخص نمایید.سپس رابطه $\sum I = 0$ (قانون گره) را برای جواب های بدست آمده تحقیق نمایید.



شکل 4

توجه: جهت جریان ها فرضی انتخاب شده اند،جهت درست را مشخص نمایید.

ب): با استفاده از ولت متر اختلاف پتانسیل دو سر هر یک از مقاومت ها و باتری ها را خوانده و با داشتن مقادیر R_1 , R_2 و R_3 و ولتاژهای(U_2 , U_1) قوانین حلقه و گره $(\sum V = 0 \ , \ \sum I = 0)$ را در دو حلقه I و II و نقطه گره (A) در مدار نوشته و از طریق حل سه معادله سه مجهولی، مقادیر I_2 و I_3 , I_1 (مجهولات) را بدست آورید و با نتایج عملی قسمت الف مقایسه کنید.

گره نقطه A $I_2 + I_3 - I_1 = 0$ (1)

حلقه I $U_1 - I_3R_3 + I_2R_2 = 0$ (2)

حلقه II $U_2 - I_2R_2 - I_1R_1 = 0$ (3)

اختلاف شدت جریان را$\left(\text{I}_{\text{تئوری}} - \text{I}_{\text{عملی}}\right)$ برای هر کدام از شدت جریان ها حساب کرده و در جدول زیر درج نمایید

مقاومت	$I_{\text{عملی}}$	$\text{I}_{\text{تئوری}}$	$I_{\text{تئوری}} - I_{\text{عملی}}$	$(I_{\text{تئوری}} - I_{\text{عملی}})\%$
R_1				
R_2				
R_3				

ج): حال در مدار شکل (4) ورودی های منبع تغذیه دومی را جابجا نموده و همچنین مقاومت R_2 را با R_3 جابجا نموده و آزمایش **فوق قسمت (ب)** را تکرار نمایید.

مقاومت	$I_{\text{عملی}}$	$\text{I}_{\text{تئوری}}$	$I_{\text{تئوری}} - I_{\text{عملی}}$	$(I_{\text{تئوری}} - I_{\text{عملی}})\%$
R_1				
R_2				
R_3				

سوالات:

1-هریک از قوانین جریان ها و ولتاژها از کدام اصل فیزیکی تبعیت می کنند؟

2- چرا زمانی که مدار در حال کار است باید کمیت های U_1 و U_2 را اندازه گرفت؟

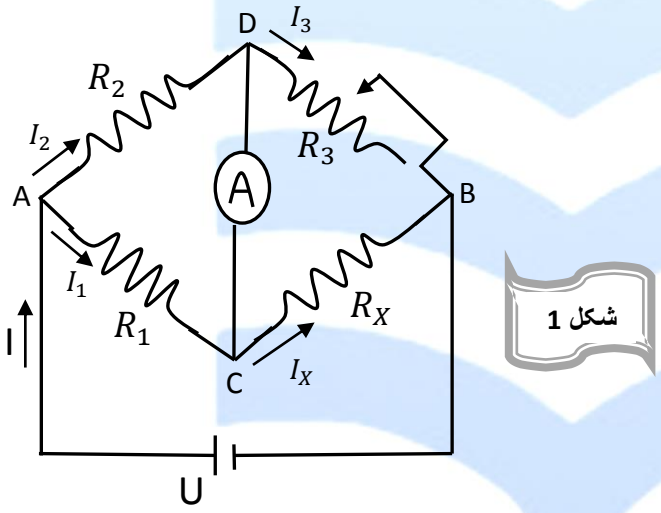
3- خطای $\alpha = \Delta I = \sum I$ را برای هر یک از مدار ها حساب کنید.

آزمایش شماره 6

تعیین مقدار مقاومت به روش پل وتستون و پل تار

✓ تعیین مقدار مقاومت به روش پل وتستون

مدار پل وتستون در شکل(1) نشان داده شده است. یکی از کاربردهای متداول پل وتستون، اندازه گیری سریع و دقیق مقاومت مجهول می باشد. بدین منظور همانند شکل، مقاومت مجهول R_x را درون مدار قرار می دهیم .سپس مقاومت متغیر R_3 را آنقدر تغییرداده تا آمپرمتر جریان صفر را نشان دهد. یا به عبارت دیگر اختلاف پتانسیل بین C وD صفرشود $(V_C - V_D = 0)$ در این حالت اصطلاح می گویند پل در حال تعادل است .حال تحت این شرایط داریم : $I_1 = I_x$ و $I_2 = I_3$ و روابط زیر را در مورد شاخه ها می توان نوشت:



شکل 1

$$\begin{cases} V_{AC} = V_{AD} \Rightarrow I_1 R_1 = I_2 R_2 \\ V_{BC} = V_{BD} \Rightarrow I_X R_X = I_3 R_3 \end{cases} \xrightarrow{\text{تقسیم روابط}} \frac{R_1}{R_X} = \frac{R_2}{R_3} \Rightarrow R_X = \frac{R_1}{R_2} R_3$$

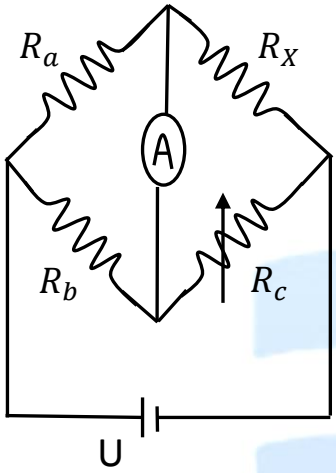
تذکر: در عمل معمولاً برای راحتی R_1 و R_2 مساوی انتخاب می شوند .در این صورت داریم:

$$R_X = R_3$$

اجرای آزمایش:

1- تعیین مقاومت مجهول R_x:

مدار شکل (2) را با قرار دادن دو مقاومت ثابت معلوم R_a و R_b وقرار دادن جعبه مقاومت (R_C) بجای R_3 و مقاومت مجهول R_x ،تشکیل داده،سپس آنقدر مقاومت جعبه را تغییر دهید تا جریان از آمپرسنج عبور نکند.مقدار مقاومت R_C را خوانده و جدول زیر را تکمیل نمائید.

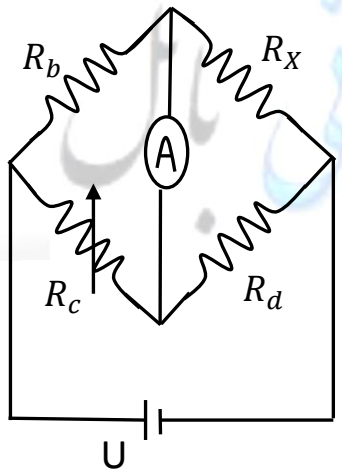


شکل 2

U	R_a	R_b	R_c	R_x
2 – 4 V	100 Ω	1 k Ω		$R_{X_1} =$
				$R_{X_2} =$

2- تعیین مقاومت داخلی ولت متر:

مدار شکل (3) این بار بجای R_x ولتمتری را قرار دهید و مقاومت R_d بزرگ و مقاومت R_b را کوچك انتخاب کرده و به روش فوق مقاومت داخلی ولتمتر را بدست آورید.



شکل 3

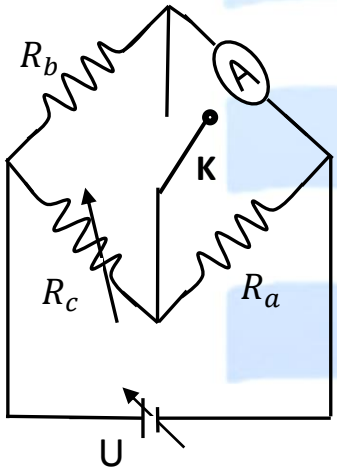
U	R_b	R_d	R_c	R_v
10 V	1 k Ω	10 k Ω		

3- تعیین مقاومت داخلی آمپرمتر:

روش اول: در این قسمت بجای R_x در شکل(2) آمپرمتری را قراردهید و در این حالت و مقاومت R_a کوچک و مقاومت R_b را بزرگ انتخاب کرده و به روش فوق مقاومت داخلی آمپرمتر تعیین کنید.

U	R_a	R_b	R_c	R_{mA}
2 V	100 Ω	1 k Ω		

روش دوم: مدارشکل (4) را ببندید در حالیکه کلید k باز است ولتاژ را ازصفر به مقدار جزئی افزایش دهید تا عقربه آمپرسنج منحرف شود. (به اندازه نصف انحراف ماکزیمم)حال R_C (جعبه مقاومت) را طوری تغییر دهید که در حالت باز یا بسته بودن کلید K انحراف عقربه آمپرسنج تغییر نکند.در این صورت مقاومت داخلی آمپرسنج را از فرمول بدست آورید. لازم به توضیح است که در این حالت نیز باید R_a را خیلی کوچکتراز R_b انتخاب کنید.اگر کلید در دسترس نباشد میتوانید بوسیله یك سیم رابط، نقطه وصل یا قطع کنید.



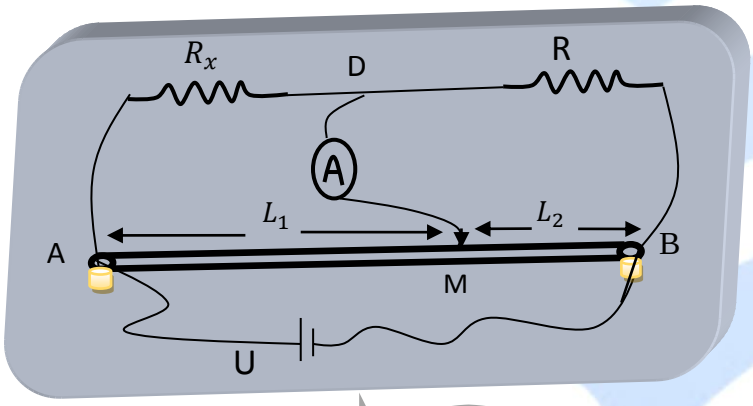
شکل 4

U	R_a	R_b	R_c	R_{mA}
	100 Ω	1 k Ω		

دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

✓ تعیین مقدار مقاومت به روش پل تار:

پل وتستون را می توان به صورت مدار ساده تری که پل تار نام دارد طراحی نمود. شکل(5) زیر مدار پل تار را نشان می دهد که از یک رشته سیم یکنواخت دارای مقاومت تشکیل شده است. با توجه به شکل، میتوان دریافت که تار قرار گرفته مابین نقاط A و B جایگزین مقاومت ها و نقطه Mکه انتهای یک سیم متحرک (کنتاکت لغزشی)میباشد، وظیفه ی تقسیم تار به دو بخش L_1 و L_2 را بر عهده دارد.با تغییر محل لغزنده M ،می توان ولتاژ بین دو نقطه M وD را صفر نمود، در نتیجه از جریانی عبور نمی کند. در این صورت مقاومت های R_x , R و سیم های L_1 و L_2 مانند چهارشاخه پل وتستون که به حالت تعادل قرارداشته باشد،عمل می کنند.بنابراین روابط پل وتستون به شکلی دیگر در اینجا نیز برقرار است.چون سیم همگن است سطح مقطع آن یکنواخت بوده و لذا می توان نسبت مقاومتهای دو قسمت از سیم را با نسبت طول ها یکسان در نظر گرفت. بنابراین براساس رابطه پل وتستون مقاومت مجهول از رابطه زیر بدست می آید:



شکل 5

$$\left.\begin{aligned}\frac{R_x}{R}&=\frac{R_{L_1}}{R_{L_2}}\\ \frac{R_{L_1}}{R_{L_2}}&=\frac{L_1}{L_2}\end{aligned}\right\}\Rightarrow R_x=\frac{L_1}{L_2}R$$

اجرای آزمایش:

مدار را مطابق شکل بالا ببندید .مقاومت مجهول R_x است. $R = 100\ \Omega$ را در نظر بگیرید و سپس آنقدر محل لغزند M را روی سیم هادی تغییر دهید تا آمپرمتر جریانی را نشان ندهد.دو طول L_1 و L_2 را با خط کش اندازه گرفته وبا قرار دادن در رابطه پل تار مقدار مقاومت مجهول R_x را برای R_{X_1} , R_{X_2} پیدا نمائید.

U	L_1	L_2	R	R_x
2 V				$R_{X_1} =$
				$R_{X_2} =$

سوالات:

1-نشان دهید اگر در پل وتستون در حال تعادل جاي آمپرسنج و منبع تغذیه را جابجا کنیم، در این حالت جریانی از آمپرسنج عبور نخواهد کرد؟

2- در آزمایش تعیین مقاومت داخلی ولتمترچرا مقاومت R_d را بزرگ و مقاومت R_b را کوچك انتخاب میکنند ؟

3- در آزمایش تعیین مقاومت داخلی آمپرمترچرا مقاومت R_b را بزرگ و مقاومت R_a را کوچك انتخاب میکنند ؟

دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

آزمایش شماره7

خازن در جریان مستقیم(شارژ و دشارژ خازن)

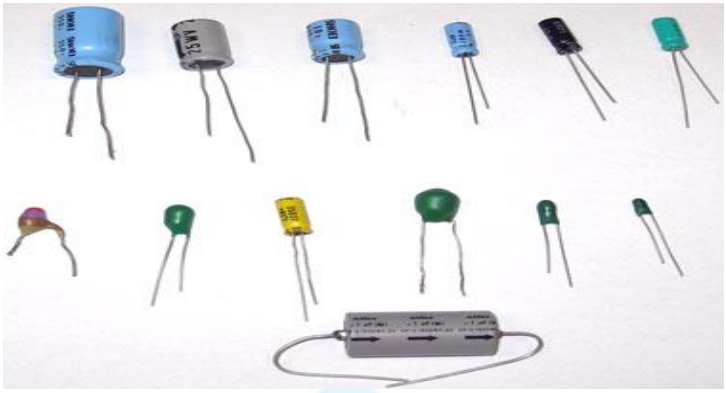
خازن، قطعه الکتریکی است که انرژي الکتریکی باطری را در خود ذخیره میکند. اگر به صفحات یک خازن(که نوع ساده آن از دو صفحه فلزی موازی که توسط عایقی از هم جدا شده اند تشکیل شده) ولتاژ ثابت یک باتری، وصل شود، مقداری بار از این باتری به صفحات خازن منتقل شده و در آن ذخیره می شود. این بار ذخیره شده متناسب با ولتاژ اعمال شده بوده و از رابطه $q = CV$ پیروی می کند. در این رابطه C را که ضریب تناسب است، ظرفیت خازن نامیده و به صورت نسبت بار یکی از صفحات به اختلاف پتانسیل بین دو صفحه تعریف می شود.

ظرفیت خازن به جنس عایق بین صفحات، مساحت صفحات و فاصله آنها بستگی دارد، واحد ظرفیت کولن بر ولت یا فاراد (F) بوده و واحد های کوچکتر آن میکروفاراد ($\mu F = 10^{-6}$ فاراد) و پیکو فاراد (PF = 10^{-12}فاراد) می باشد. بنابراین ظرفیت خازن از فرمول $C = k\varepsilon_0 \frac{S}{d}$ که در آن d فاصله بین صفحات بر حسب متر، S مساحت صفحات بر حسب متر مربع، k ضریب دی الکتریک، ε_0 ثابت گذردهی خلا ($\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}\ \frac{F}{M}$) می باشد.

معمولاً خازنها از نظر نوع دی الکتریک به کار رفته در ساختمان آنها نامگذاری و تقسیم بندی میشوند که عبارتنداز: خازن کاغذی، خازن میکایی، خازن شیمیایی(الکترولیتی)، خازن سرامیکی(غیر الکترولیتی)و خازن متغیر.

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

از مهمترین مشخصات یک خازن، ظرفیت ، ماکزیمم ولتاژ کار، ضریب حرارتی و فرکانس کار آن است. اگر بر رو ی خازنی ولتاژ کار نوشته نشده باشد، یعنی اینکه این خازن ولتاژ کارش 50 ولت است. به عبارت دیگر ولتاژ کار عبارتست از مقدار ولتاژ ماکزیممی که خازن میتواند تحمل کند به طوری که دی الکتریك آن آسیب نبیند.



فرکانس بیشینه کار: خازن در مدارهای متناوب از خود مقاومت ظاهری نشان میدهد که این مقاومت ظاهری با فرکانس رابطه عکس دارد:

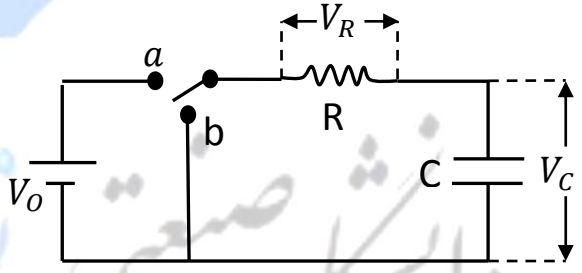
$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

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

بررسی شارژ و دشارژ خازن:

الف) شارژ خازن:

در مدار شکل زیر، پس از بستن کلید(بسمت **a**) خازن که در ابتدا بدون بار است، توسط مولد پر می شود. اما پر شدن خازن فوری نیست و به تدریج به پتانسیل V_O می رسد. بنابراین:



$$V_0 = V_{ab} + V_{bc}$$

$$V_{ab} = iR \quad , \quad V_{bc} = \frac{q}{c}$$

$$V_0 = iR + \frac{q}{c} \rightarrow i = \frac{V_0}{R} - \frac{q}{RC}$$

در لحظه t=0 ، q=0 و شدت جریان برابر $i = \frac{V_0}{R}$ می باشد که برابر جریان دائمی مدار بدون خازن می باشد و هرچه بار افزایش یابد شدت جریان کم می شود تا به صفر می رسد $(i = 0)$ داریم:

$$0 = \frac{V_0}{R} - \frac{q}{RC} \rightarrow q_{max} = CV_0$$

از طرفی جریان در هر لحظه برابر است با:

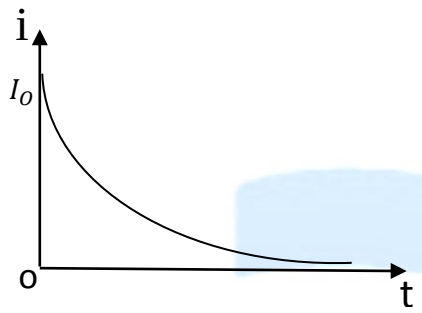
$$i = \frac{dq}{dt}$$

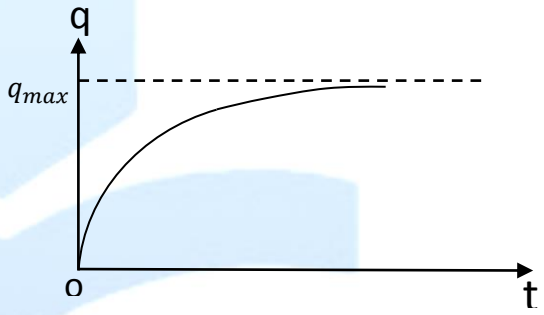
$$\frac{dq}{dt} + \frac{q}{RC} = \frac{V_0}{R}$$

از حل معادله دیفرانسیلی بالا داریم: $q = q_{max}\left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$ (1)

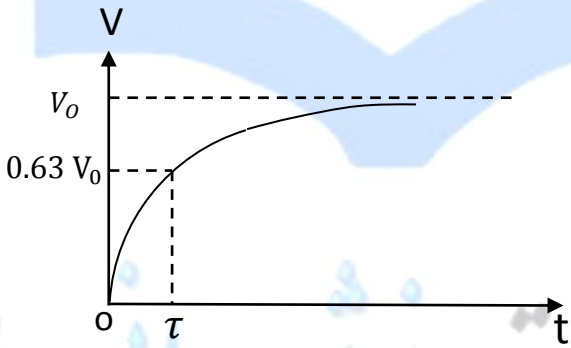
همچنین با تقسیم طرفین جواب بر C میتوان: $V = V_O\left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$ (2)

وبا مشتق گرفتن از معادله بار (1) خواهیم داشت $i = I_O e^{-\frac{t}{RC}}$ (3)





در روابط فوق کمیت RC از جنس زمان بوده و با T نشان داده و به ثابت زمانی مدار موسوم است. T عبارت است از مدت زمانی که اختلاف پتانسیل دو سر خازن در حین پر شدن خازن به مقدار $0.63\ V_0$ می رسد. منحنی زیرتغییرات اختلاف پتانسیل دو سر خازن با زمان را در مسیر پر شدن خازن نشان میدهد



دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

ب) دشارژ خازن:

حالا کلید را به نقطه b وصل کرده پس از مدتی بار خازن تخلیه میگردد. بنابراین ولتاژ دو سر خازن در هر لحظه از رابطه زیر بدست می آید:

$$\mathrm{iR} + \frac{q}{C} = 0 \qquad \Rightarrow \qquad R\frac{dq}{dt} + \frac{q}{c} = 0 \qquad \Rightarrow \qquad q = q_o e^{-\frac{t}{RC}}$$

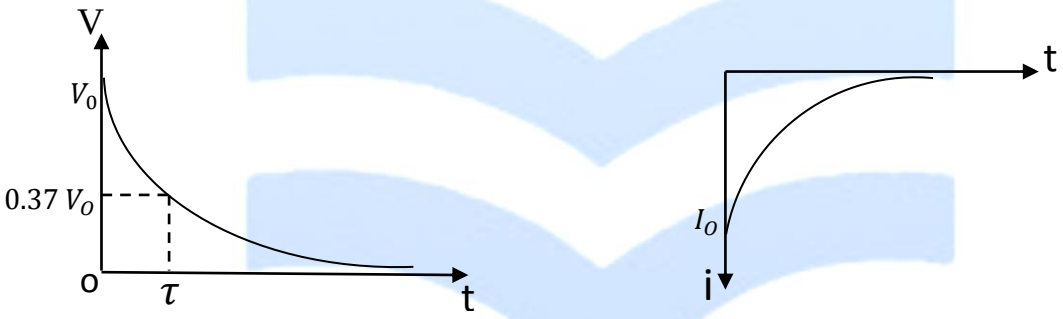
که در آن q_0 بار اولیه روی صفحات خازن است که برابر CV_O می باشد. و یا می شود نوشت:

$$V = V_O\, e^{-\frac{t}{RC}}$$

با مشتق گیری از معادله بالا جریان تخلیه بار خازن به صورت زیر می باشد.

$$i = \frac{dq}{dt} = -\frac{q_0}{RC} e^{-\frac{t}{RC}} \qquad \Rightarrow \qquad \mathrm{i} = -\frac{\mathrm{V_O}}{\mathrm{R}}\, \mathrm{e}^{-\frac{\mathrm{t}}{\mathrm{RC}}} \qquad \overset{\text{با}}{\Rightarrow} \qquad \mathrm{i} = -\mathrm{I_O}\, \mathrm{e}^{-\frac{\mathrm{t}}{\mathrm{RC}}}$$

علامت منفی نشان می دهد که جهت جریان بر خلاف جهت شارژ خازن است.



نیم عمر:

زمان لازم برای کاهش جریان و رسیدن آن به نصف مقدار اولیه را زمان نیم عمر گویند که با قرار دادن $\mathrm{i} = \frac{\mathrm{i_0}}{2}$ در فرمول جریان داریم:

$$t_{\frac{1}{2}} = Rc\ ln2 = 0.69\ \tau$$

اجرای آزمایش:

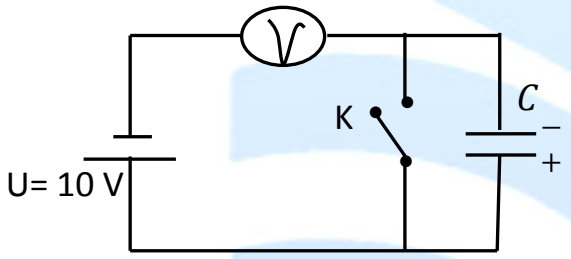
الف) شارژ خازن:

1-ابتدا خازنی را که در اختیار دارید کاملا تخلیه کنید (با یک سیم، دو سر خازن را اتصال کوتاه کنید)

2- مداری مطابق شکل زیر ببندید. (کلید K حتما بسته باشد) ، ورودی ولت متر را (15- 0)در نظر بگیرد.

توجه: به قطبهای خازن و بستن آنها به قطبهای همنام در منبع دقت شود.

3- کلید K را باز نموده و همزمان با آن کرونومتر رانیز به کار بیندازید وسپس مدت زمان سپری شده برای ولتاژهای درج شده در جدول (زمان شارژ شدن) را به وسیله زمان سنج بدست آورید.



V(ولتمتر)	10 v	9	8	7	6	5	4	3	2	1.5	1	0.5
t(s)	0											
V_c=U- V	0											

4- به کمک اطلاعات موجود در جدول، نمودار ولتاژ دوسرخازن بر حسب زمان ($V_C - t$) را با نرم افزار (مثل Excel)کامپیوتر رسم کنید.

5- اکنون ولتاژ $V_\tau = 0.63\, V_O$ را از روی محور V_C مشخص کرده و از روی آن، ثابت زمانی(τ) را بدست آورید و مقدار ظرفیت خازن با استفاده از رابطه $\tau = RC$ با داشتن مقاومت داخلی ولت متر محاسبه کنید.

6– مقدار ولتاژ خازن را پس از پنج ثابت زمانی (5 RC) از روی نمودار را بدست آورید.

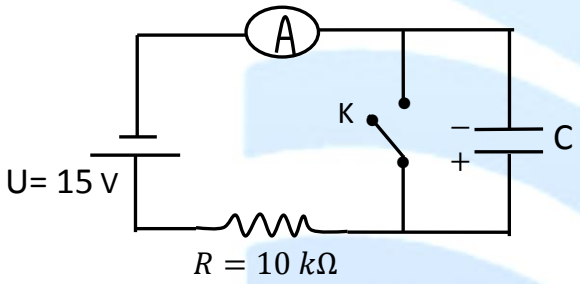
7-از نظر تئوری ولتاژ دو سر خازن پس از پنج ثابت زمانی (5 RC) چقدر است؟

ب) نیمه عمر درخازن ($RC\ \ln 2$):

1-ابتدا خازنی را که در اختیار دارید کاملا تخلیه کنید (با یک سیم، دو سر خازن را اتصال کوتاه کنید) .

2- مداری مطابق شکل زیر ببندید. (کلید K حتما بسته باشد).

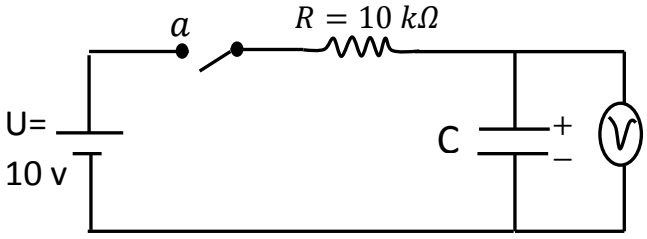
3- سپس کلید K را باز نموده و همزمان با آن کرونومتر رانیز به کار بیندازید وسپس موقعیکه جریان به نصف مقدار ماکزیمم $\left(i = \frac{1}{2} I_0\right)$ رسیده، زمان سپری شده را یادداشت کنید. این زمان،همان زمان نیمه عمر $(RC\ \ln 2)$ شارژ خازن می باشد. جدول زیر را کامل کنید.



$\tau_{\frac{1}{2}}$ عملی	$i_{\tau_{\frac{1}{2}}}$ عملی	τ عملی	i_{τ} عملی	C عملی

دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

ج) دشارژ خازن:



1- مداری را مطابق شکل مقابل ببندید.

2- کلید را در وضعیت a قرار دهید تا خازن توسط منبع تغذیه تا اختلاف پتانسیل 10 V شارژ شود. ورودی ولت متر را (30- 0) یا (150-0)در نظر بگیرد.

3- سپس کلید را در بازنموده ، و همزمان با آن کرونومتر رانیز به کار بیندازید. با توجه به مقادیر ولتاژ V_C درج شده در جدول، زمان دشارژ شدن را به وسیله کرنومتر اندازه گیری نمایید.

V_C	10 v	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0.5
t(s)											

4- سپس منحنی تغییرات ولتاژ بر حسب زمان ($V_C - t$) را با نرم افزار(مثلExcel) کامپیوتر رسم کنید. مقدار ثابت زمانی را از روی نمودار بدست آورده و از روی آن ظرفیت خازن را محاسبه کنید.

د) اتصال سری و موازی خازن ها:

در مدارات الکتریکی خازنها ممکن است در آرایشهاي مختلف بکار رود .دو آرایش بسیار معمول، بستن سری و موازی خازن هااست .اگر دو خازن C_1 , C_2 بطور سری بسته شوند ظرفیت معادل آنها از رابطه $\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$ بدست می آید.

بنابراین ظرفیت خازن معادل، از ظرفیت تک تک خازنها کوچکتر میباشد در نتیجه ثابت زمانی خازنهایی که بصورت سری بسته میشوند، کمتر شده و سرعت شارژ و دشارژ آنها افزایش می یابد . در صورت بستن موازی خازنهای C_1 , C_2 ظرفیت معادل آنها از رابطه $C_{eq} = C_1 + C_2$ بدست می آید. پس در این حالت ظرفیت خازن معادل، از ظرفیت تک تک خازنها بیشتر شده در نتیجه ثابت زمانی خازنهایی که بصورت موازی بسته میشوند زیادتر شده و سرعت شارژ و دشارژ آنها کاهش می یابد.

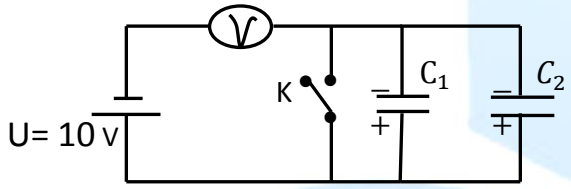
اجرای آزمایش:

✓ خازن های موازی:

1- مداری مطابق شکل زیر ببندید. (کلید K حتما بسته باشد) ، ورودی ولت متر را (15- 0)در نظر بگیرد.

توجه: به قطبهای خازن و بستن آنها به قطبهای همنام در منبع دقت شود.

2- کلید K را باز نموده و همزمان با آن کرونومتر را نیز به کار بیندازید وسپس مدت زمان سپری شده برای ولتاژهای درج شده در جدول (زمان شارژ شدن) را به وسیله زمان سنج بدست آورید.



V(ولتمتر)	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1.5	1	0.5
t(s)	0											
V_c=U- V	0											

3- به کمک جدول، نمودار ولتاژ دوسرخازنها بر حسب زمان ($V_C - t$) را رسم کنید.

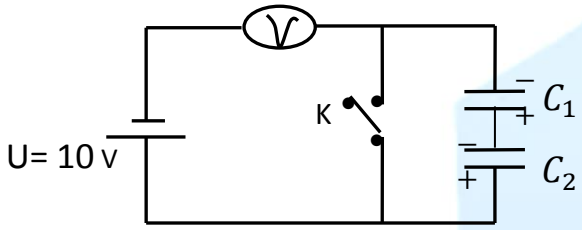
4- اکنون ولتاژ $V_\tau = 0.63\, V_O$ را از روی محور V_C مشخص کرده و از روی آن ثابت زمانی(τ_{eq}) را بدست آورید و مقدار ظرفیت معادل خازن با استفاده از رابطه $\tau_{eq} = RC_{eq}$ با داشتن مقاومت داخلی ولت مترمحاسبه کنید. این مقدار را با مقداری که از رابطه $C_{eq} = C_1 + C_2$ محاسبه می شود مقایسه کنید.

τ_{eq} عملی	τ_{eq} فرمول	C_{eq} عملی	C_{eq} فرمول	$(C_{eq}$ عملی $- C_{eq}$ فرمول$)\%$

✓ خازن های سری:

1- مداری مطابق شکل زیر ببندید. (کلید K حتما بسته باشد) ، ورودی ولت متر را (15- 0)در نظر بگیرد.

2- کلید K را باز نموده و همزمان با آن کرونومتر رانیز به کار بیندازید وسپس مدت زمان سپری شده برای ولتاژهای درج شده در جدول (زمان شارژ شدن) را به وسیله زمان سنج بدست آورید.



V(ولتمتر)	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1.5	1	0.5
t(s)	0											
V_c=U- V	0											

3- به کمک جدول، نمودار ولتاژ دوسرخازنها بر حسب زمان ($V_C - t$) را رسم کنید.

4-اکنون ولتاژ $V_\tau = 0.63\ V_O$ را از روی محور V_C مشخص کرده و از روي آن ثابت زمانی(τ_{eq}) را بدست آورید و مقدار ظرفیت معادل خازن با استفاده از رابطه $\tau_{eq} = RC_{eq}$ با داشتن مقاومت داخلی ولتمتر محاسبه کنید. این مقدار را با مقداری که از رابطه $\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$ محاسبه می شود مقایسه کنید.

τ_{eq} عملی	τ_{eq} فرمول	C_{eq} عملی	C_{eq} فرمول	$(C_{eq}$ عملی $- C_{eq}$ فرمول$)\%$

سوالات:

1- سرعت شارژ و سرعت دشارژ را در دو زمان t=15 و t=30 ثانیه تعیین و مشخص کنید کدام سرعت بیشتر است؟چرا؟ منظور از سرعت محاسبه $\frac{dV}{dt}$ است.

2-درشارژ خازنها درمدارهای موازی و سری روابط $\tau_{eq} = \tau_1 + \tau_2$ و $\frac{1}{\tau_{eq}} = \frac{1}{\tau_1} + \frac{1}{\tau_2}$ اثبات کنید.

آزمایش شماره 8

بررسی اثر مقاومت، القاگر و خازن در مدار جریان متناوب(AC)

تئوری:

جریان متناوب (ac) جریان الکتریکی ای است که در آن اندازه جریان به صورت چرخه ای تغییر می کند، بر خلاف جریان مستقیم که در آن اندازه جریان مقدار ثابتی می ماند. شباهتها و در عین حال تفاوتهایی ما بین مدارهای جریان مستقیم و جریان متناوب و قوانین حاکم بین کمیتهای مربوطه وجود دارد که در اینجا قسمتی از آنها در بررسی جداگانه مدارهای RC و RL و نهایتاً مدار RLC مورد مطالعه قرار می گیرند.

الف) مقاومت در مدار متناوب (ac) :

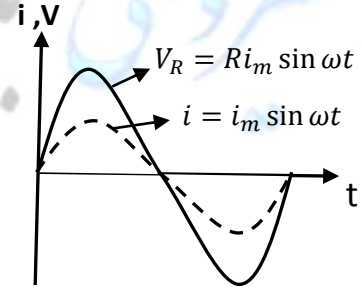
یک مدار ساده مدار شکل (1) شامل مقاومت R که به صورت سری به منبع تغذیه متناوب با نیروی محرکه الکتریکی U که از رابطه $U = U_m \sin \omega t$ بدست میآید، وصل شده است. فرض کنیم جریان در مدار به صورت $i = i_m \sin(\omega t - \varphi)$ باشد، بر اساس قانون اهم اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت R بصورت زیراست:

شکل 1

$$V_R = iR = Ri_m \sin(\omega t - \varphi)$$

از طرفی بر اساس قانون حلقه در مدار (کرشهف) داریم: $V_R = U = U_m \sin(\omega t)$

از مقایسه دورابطه نتیجه میشود که $U_m = Ri_m$ و $\varphi = 0$ یعنی اختلاف پتانسیل و جریان هم فاز هستند.شکل (2) نمودارهای ولتاژ و جریان بر حسب زمان را نشان می دهد، بطوریکه قله ها و دره ها باهم روی میدهند که نشانه همفاز بودن است.



شکل 2

ب) خازن در مدار متناوب (ac) :

همانطور که میدانیم، خازنها پس از شارژ، مقاومتی بی نهایت در برابر جریان DC از خود نشان میدهند، در حالی که در مدار **(ac)** ، خازن در یک نیم سیکل شارژ و در نیم سیکل دیگر دشارژ میگردد و در نتیجه خازن بطور متناوب شارژ و دشارژ میشود و بر جریان تاثیر میگذارد که تاثیر آن بصورت یک مقاومت معینی میباشد که به فرکانس جریان متناوب و ظرفیت خازن بستگی دارد.به این مقاومت ، مقاومت ظاهری خازن گفته میشود. براي یافتن رابطه معروف این مقاومت، مداری تک حلقه مانند شکل (3) درنظر می گیریم. چنانچه ولتاژ اعمالی به مدار به صورت $U = U_m \sin \omega t$ باشد و جریان مدار را به صورت $i = i_m \sin(\omega t - \varphi)$ در نظر بگیریم،داریم:

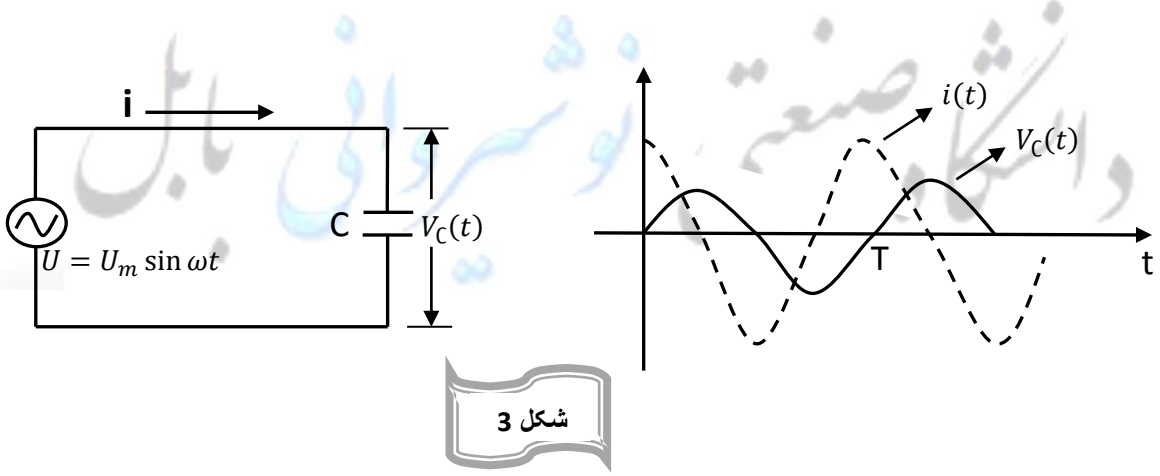
$V_C = U_m \sin \omega t$

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

$$\begin{cases} i = \dfrac{dq}{dt} \\ V_C = \dfrac{q}{C} \end{cases} \Rightarrow$$

$$V_C = \frac{1}{C}\int idt = \frac{1}{C}\int i_m \sin(\omega t - \varphi)\, dt = -\frac{i_m}{C\omega}\cos(\omega t - \varphi) = X_C i_m \sin\left(\omega t - \varphi - \frac{\pi}{2}\right)$$

که $X_C = \frac{1}{C\omega}$ را **واکنایی خازنی** یا **مقاومت ظاهری خازن** مینامند.از مقایسه روابط بالا نتیجه میشود که $U_m = X_C i_m$ و $\varphi = -\frac{\pi}{2}$ در نتیجه اختلاف پتانسیل V_C به اندازه $\frac{\pi}{2}$ نسبت به جریان تأخیر فاز دارد.



شکل 3

ج) پیچه (القاگر) در مدار متناوب (ac) :

در شکل (4) یک القاگر(سلف) متصل به یک منبع ولتاژ متناوب (ac) نشان داده شده است. هنگامی که از یك سیم پیچ جریان الکتریکی می گذرد در اطراف سیم پیچ میدان مغناطیسی ایجاد می شود. اگر جریان الکتریکی ثابت یا مستقیم باشد، شار مغناطیسی که از داخل سیم پیچ میگذرد ثابت بوده و خود سیم پیچ نیز در مقابل عبور جریان مانند یك مقاومت معمولی عمل میکند .

اما اگر جریان الکتریکی نسبت به زمان متغیر باشد(مثلاً جریان (ac)) وضعیت متفاوت خواهد بود. شار مغناطیسی گذرنده از سیم پیچ نیز متغیر خواهد بود که این شار متغیر در سیم پیچ نیروی محرکه الکتریکی القا می کند.این نیروی محرکه طبق قانون لنز با عامل بوجود آورنده اش مخالفت میکند ، در نتیجه در جهتی است که با تغییرجریان مخالفت میکند.

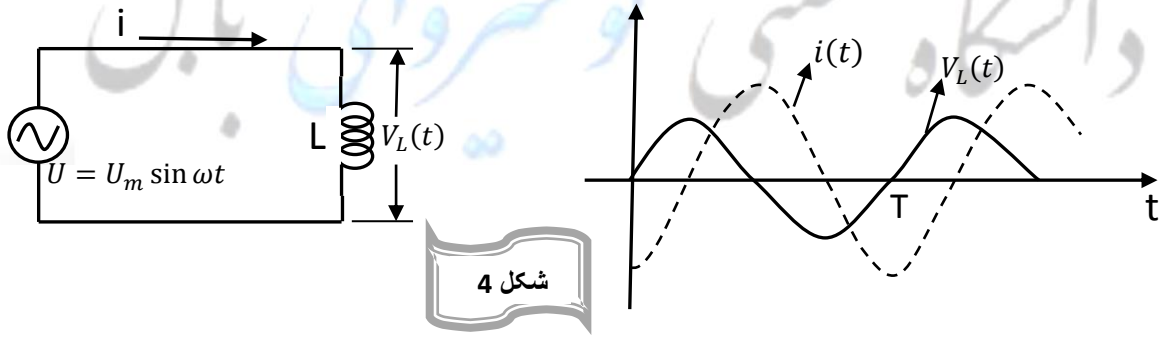
بدین ترتیب میتوان گفت که سیم پیچ در مقابل جریان متغیر مقاومت بیشتری از خود نشان می دهد. این مقاومت سیم پیچ را که به فرکانس جریان و خصوصیات سیم پیچ بستگی دارد ، مقاومت ظاهری سیم پیچ نامیده و با واحد اهم بیان می کنیم و برای یافتن رابطه آن بر اساس قانون ولتاژ(کرشهف) برای مدارشکل (4) داریم:

$V_L = U_m \sin \omega t$

از طرفی $V_L = L\frac{di}{dt}$ با فرض جریان بصورت $i = i_m \sin(\omega t - \varphi)$ می توان نوشت:

$$V_L = L\frac{d}{dt} i_m \sin(\omega t - \varphi) = L\omega i_m \cos(\omega t - \varphi) = X_L i_m \sin\left(\omega t - \varphi + \frac{\pi}{2}\right)$$

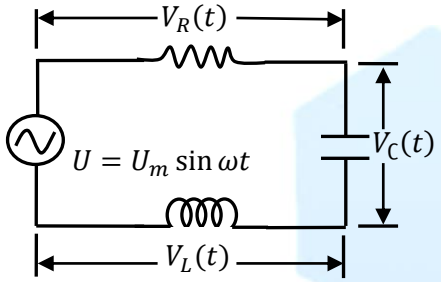
که $X_L = L\omega$ را **واکنایی القایی** یا **مقاومت ظاهری القاگر** می نامند.از مقایسه دو رابطه نتیجه میشود که $U_m = X_L i_m$ و $\varphi = \frac{\pi}{2}$ و نهایتاً اختلاف پتانسیل V_L به اندازه $\frac{\pi}{2}$ نسبت به جریان تقدم فاز دارد.



شکل 4

د) بررسی مدار RLC :

شکل (5) نشان دهنده یك مدار RLC است که ترکیبی از مقاومت (R) و خازن(C) و سلف(L) است که بصورت سری به همدیگر وصل شده اند.با توجه به مطالب ذکر شده در قسمت های قبل، و با استفاده از قانون کرشهف می توان نوشت:



شکل 5

$$U(t) = V_R(t) + V_C(t) + V_L(t)$$

$$U_m \sin \omega t = Ri_m \sin(\omega t - \varphi) + X_C i_m \sin\left(\omega t - \varphi - \frac{\pi}{2}\right) + X_L i_m \sin\left(\omega t - \varphi + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$U_m \sin \omega t = i_m\{R \sin(\omega t - \varphi) + (X_L - X_C)\cos(\omega t - \varphi)\}$$

تعریف می کنیم: $\tan \alpha = \frac{X_L - X_C}{R}$، بنابراین معادله آخر را میتوان به صورت زیر نوشت:

$$U_m \sin \omega t = \frac{Ri_m \sin(\omega t - \varphi + \alpha)}{\cos \alpha}$$

برای اینکه دو طرف تساوی در تمام زمانها برقرار باشد باید $\alpha = \varphi$ باشد پس از $\tan \varphi = \frac{X_L - X_C}{R}$ و از روابط مثلثاتی می توان $\cos \varphi$ را به دست آورد. $\cos \varphi = \frac{R}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$

با شرط $\alpha = \varphi$ و با استفاده از دو رابطه بالا، می توان i_m را بدست آورد $i_m = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$

بنابراین $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ را **امپدانس** (Impedance) مدار یا مقاومت ظاهری مدار نامیده می شود،در نتیجه $i_m = \frac{U_m}{z}$ است.

اگر $X_L = X_C$ باشد،آنگاه Z=R میشود. در این حالت سلف و خازن اثر همدیگر را خنثی کرده و مدار مقاومتی می شود. در این حالت مقاومت ظاهری مدار کمترین مقدار را داشته واصطلاحاً گفته می شود که مدار در **حالت تشدید** است.

با توجه به تعریف X_L, X_C **بسامد تشدید** در مدار RLC متوالی عبارتست از:

$$X_L = X_C \;\Rightarrow\; \omega_{res} = \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

✓ **مفهوم فازور :** اگر تابعی مثل $V(t) = V_Z \sin(\omega t + \varphi)$ موجود باشد آنگاه بنا به تعریف فازور آنرا به صورت روبرو تعریف میکنیم: $V = V_Z e^{j\varphi}$

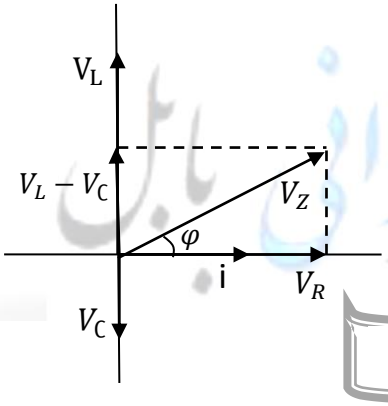
به طوری که: $|V| = V_Z$ و $\angle V = \varphi$

بررسی مدار RLC با روش رسم نمودار فازوری:

روش دیگر برای مطالعه مدارRLC روش رسم نمودار فازوری است، دراین روش قانون کرشهف برای مداریك رابطه برداری است $\overrightarrow{V_Z} = \overrightarrow{V_R} + \overrightarrow{V_C} + \overrightarrow{V_L}$. اندازه هریك از بردارها برابر با ااختلاف پتانسیل مؤثر(دامنه ولتاژ) دو سر هرعنصر است.

برای مقاومت R اختلاف پتانسیل و جریان هم فاز هستند، در نتیجه این دو بردار همجهت هستند واختلاف فاز بین جریان و اختلاف پتانسیل هریك ازعناصر مدار برابر با زاویه بین بردار $\overrightarrow{V_R}$ و بردار اختلاف پتانسیل آن عنصر است.بنابراین اگر$\overrightarrow{V_R}$ مانند شکل (6) در راستای افق رسم شود بردار اختلاف پتانسیل القاگر ایده آل L $(\overrightarrow{V_L})$ و خازن ایده آل C $(\overrightarrow{V_C})$ عمود بر بردار $\overrightarrow{V_R}$ خواهند بود.

بردار $\overrightarrow{V_L}$ به علت تقدم فاز نسبت به جریان در جهت مثبت و بردار $\overrightarrow{V_C}$ به علت تأخیر فاز نسبت به جریان در جهت منفی رسم میشوند. لذا طبق شکل خواهیم داشت:



شکل 6

$$|V_Z| = \sqrt{{V_R}^2 + (V_L - V_C)^2}$$

با در نظر گرفتن دامنه ولتاژها داریم:

$$|\overrightarrow{V_R}| = V_{m,R} = R i_m \quad , \quad |\overrightarrow{V_c}| = V_{m,c} = X_C\, i_m$$

$$|\overrightarrow{V_L}| = V_{m,L} = X_L\, i_m \quad , \quad |\overrightarrow{V_Z}| = V_{m,Z} = Z\, i_m$$

از طرفی از رابطه ${V_Z}^2 = {V_R}^2 + (V_L - V_C)^2$ می توان نوشت:

$$i^2 z^2 = i^2 R^2 + i^2 (X_L - X_C)^2 \quad \Rightarrow \quad Z^2 = R^2 + (X_L - X_C)^2$$

همچنین اختلاف فاز ولتاژ کل(منبع) و جریان عبوری از مدار با توجه به شکل می شود:

$$\tan\varphi = \frac{V_{m,L} - V_{m,C}}{V_{m,R}} \quad , \quad \tan\varphi = \frac{X_L - X_C}{R} \quad , \quad \cos\varphi = \frac{R}{Z}$$

به طوری که: $\mathbf{U(t) = U_m \sin \omega t}$, $\boldsymbol{i(t) = \frac{U_m}{Z} \sin(\omega t - \varphi)}$

در عمل القاگرها ایده آل نبوده و دارای مقاومت اهمی (r) هستند. بنابراین بردار V_L بر بردار V_R عمود نیست. اختلاف پتانسیل مقاومت اهمی القاگر، با تصویر کردن V_L در راستای افق بدست می آید .اختلاف پتانسیل ناشی از القا (موهومی) نیز با تصویرکردن V_L در راستای قائم بدست می آید.

$$Z_T = \sqrt{(R+r)^2 + (X_L - X_C)^2} \quad , \quad \tan\varphi = \frac{X_L - X_C}{R+r} \quad , \quad \cos\varphi = \frac{R+r}{Z_T}$$

✓ توان مصرف شده در مدارهایRLC :

میانگین زمانی توان مصرف شده در مدار RLC متوالی که تحت ولتاژ متناوب (ac) قرار دارد، از رابطه زیر به دست می آید:

$$\langle P(t) \rangle = I_m V_m \cos\varphi$$

کمیت $\cos\varphi$ ضریب توان نام دارد که عبارتست از: $\cos\varphi = \frac{R}{Z}$

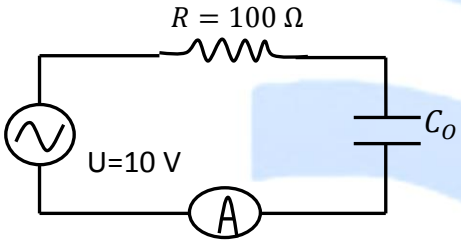
هنگامی که $\cos\varphi = 1$ و یا Z=R باشد، مدار در حالت تشدید قرار گرفته و $\langle P(t) \rangle$ به بیشینه مقدار خود میرسد.

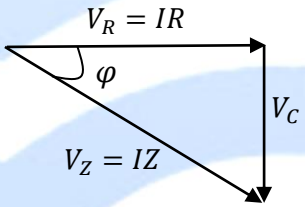
دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

اجرای آزمایش:

الف) مدار RC

- ✓ مدار RC شکل زیر را ترتیب دهید.منبع ولتاژ متناوب را روی 10 ولت ثابت تنظیم نمائید.
- ✓ اختلاف پتانسیل های V_C , V_R و اختلاف پتانسیل دو سرکل مدار V_Z را با ولتمتر و نیز شدت جریان مدار را با آمپرمتر اندازه گرفته و سپس در جدول زیرثبت کنید.
- ✓ نمودارباربرداری ولتاژ و جریان را روی کاغذ میلیمتری و با مقیاس مناسب رسم کرده و V_Z را از روی شکل ازطریق رابطه برداری بدست آورید و با مقدار V_Z اندازه گیری شده مقایسه نمایید. به عبارت دیگر آیا V_C بر V_R عمود است؟(تحقیق رابطه $V_Z^2 = V_R^2 + V_C^2$)
- ✓ اختلاف فاز(φ) بین جریان و ولتاژ را با توجه به نمودار از دو رابطه مذکور در قسمت تئوری وآزمایش بدست آورید و مقایسه نمایید.
- ✓ امپدانس مدار (Z) را از دو راه عملی و تئوری بدست آورده و با هم مقایسه کنید و با استفاده از آن ظرفیت خازن را محاسبه کنید. (تحقیق رابطه $Z^2 = R^2 + X_C^2$)



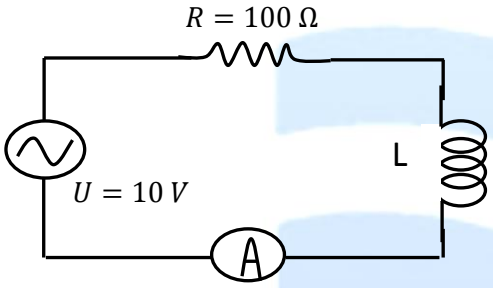


I	V_R	V_C	V_Z	$V_{th}^2 = V_R^2 + V_C^2$	$\frac{V_Z - V_{th}}{V_Z}\%$

X_C	Z	φ	C	$Z_{th}^2 = R^2 + X_C^2$	$\frac{Z - Z_{th}}{Z}\%$

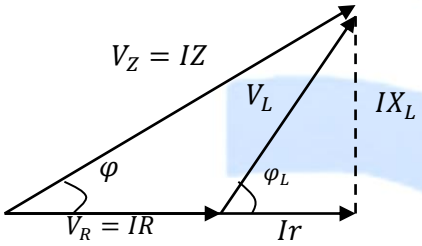
ب) مدار RL:

- ✓ مدار RL شکل زیر را ترتیب دهید.منبع ولتاژ متناوب را روی 10 ولت ثابت تنظیم نمائید.
- ✓ با اندازه گیری V_R , V_L و V_Z و نیز شدت جریان، نمودار برداری ولتاژها را رسم کنید و با استفاده از آن، اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ دو سر مدار V_Z را بدست آورید.
- ✓ آیاV_L بر V_R عمود است؟ توضیح دهید. با استفاده از نمودار برداری، مقاومت اهمی القاگر را بدست آورید.
- ✓ امپدانس کل مدار (Z) و امپدانس دوسر القاگر (Z_L) را از دو راه عملی و تئوری بدست آورده و با هم مقایسه کنید و با استفاده ازروابط زیر ضریب خود القایی پیچه را بر حسب میلی هانری (mH) محاسبه نموده وجدول زیر را تکمیل نمایید.



$$Z = \frac{V_Z}{I} \quad , \quad Z_{th} = \sqrt{(R+r)^2 + {X_L}^2}$$

$$V_L{}^2 = V_R{}^2 + V_Z{}^2 - 2V_R V_Z \cos\varphi \quad , \quad \cos\varphi = \frac{R+r}{Z}$$

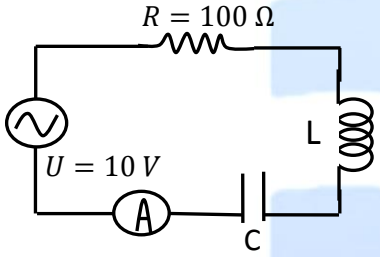


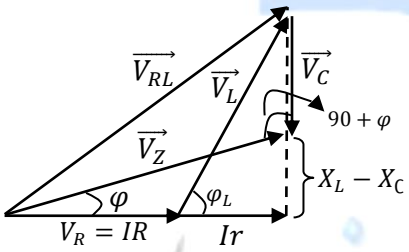
$$Z_L = \frac{V_L}{I} \quad , \quad X_L = \sqrt{{Z_L}^2 - r^2} \quad , \quad L = {X_L}/{\omega}$$

I	V_R	V_L	V_Z	Z_L	X_L	L	Z	φ	r	Z_{th}	$\frac{Z - Z_{th}}{Z}\%$

ج) مدار RLC:

- ✓ مدار زیر را که شامل مقاومت R ، القاگر L و خازن C به صورت سری است، به منبع تغذیه متناوب 10 ولتی وصل کنید.
- ✓ اختلاف پتانسیل های V_R , V_L , V_{RL} , V_C و اختلاف پتانسیل دو سرکل مدار V_Z را با ولتمتر و نیز شدت جریان مدار را با آمپرمتر اندازه گرفته و سپس در جدول زیرثبت کنید.
- ✓ نمودار‌برداری ولتاژها را رسم کنید و با استفاده از آن، اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ دو سر مدارV_Z را بدست آورید.
- ✓ آیاV_L بر V_R عمود است؟ توضیح دهید .مقاومت اهمی القاگر را به دست آورده و با مقدار به دست آمده در مدار RL مقایسه کنید.
- ✓ با استفاده از V_Z اندازه گیری شده، امپدانس مدار Z را به دست آورید .همچنین با استفاده از ضریب خودالقایی القاگر و ظرفیت خازن که در مدار RL و مدار RC محاسبه شد، امپدانس مدار Z را محاسبه کنید.





$$Z = \frac{V_Z}{I} \quad , \quad Z_L = \frac{V_L}{I} \quad , \quad X_C = \frac{V_C}{I}$$

$$V_{RL}{}^2 = V_C{}^2 + V_Z{}^2 + 2V_C V_Z \sin\varphi$$

$$\cos\varphi = \frac{R+r}{z} \quad , \quad \mathrm{X_L} = \sqrt{\mathrm{Z_L}{}^2 - \mathrm{r}^2} \quad , \quad \mathrm{L} = {}^{\mathrm{X_L}}/_{\omega}$$

$$Z_{th} = \sqrt{(R+r)^2 + (X_L - X_C)^2} \quad , \quad \mathrm{C} = \frac{1}{\omega X_C}$$

I	V_R	V_L	V_{RL}	V_C	V_Z

φ	r	Z_L	X_L	L	X_C	C	Z	Z_{th}	$\frac{z - z_{th}}{z}\%$

سئوالات:

1- در چه فرکانسی اثر مقاومت ظرفیتی و مقاومت اهمی مدار تقریبا برابر است؟

2- چرا اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان در مدار R-C به 90 درجه نمی رسد؟

دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

آزمایش شماره 9

اندازه گیری ضریب القا ی متقابل در سیم پیچ ها

تئوری:

در سال 1819 م هانس کریستین اورستد فیزیکدان دانمارکی کشف کرد که وقتی عقربه قطب نما در مجاورت سیم حامل جریان قرار می گیرد منحرف می شود. چند سال بعد مایکل فاراد در انگلستان و جوزف هانری در آمریکا کشف کردند که حرکت دادن آهنربا در مجاورت یک حلقه رسانا باعث پیدایش جریان الکتریکی در حلقه می شود و نیز عبور جریان الکتریکی متغیر از یک حلقه باعث پیدایش جریان الکتریکی در حلقه دیگر می شود که در مجاورت حلقه اول قرار دارد .این مشاهدات نخستین ارتباط میان جریان الکتریکی و میدان مغناطیسی را نشان داد که منجر به معادلات ماکسول شد که همچون معادلات نیوتن در مکانیک، اصول قوانین الکترومغناطیسی بشمار می آیند.

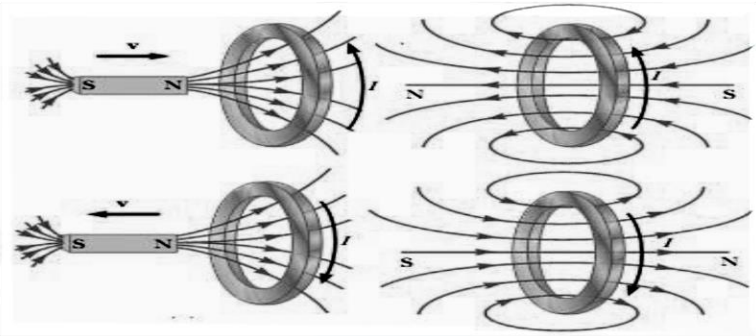
همانطور که می دانیم، شار مغناطیسی عبوری از سطح S که در میدان مغناطیسی B قرار دارد از رابطه زیر تعریف می شود:

$$\Phi_B = \oint \overrightarrow{B}.\overrightarrow{dS} \qquad (1)$$

بنابر قانون فارادی،اگر شار مغناطیسی عبوری از سطح که توسط یک حلقه رسانای بسته محدود شده است با زمان تغییر کند، یک جریان و یک نیروی محرکه در حلقه القا می شود .نیروی محرکه القایی عبارتست از:

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt} \qquad (2) \qquad \text{قانون فارادی}$$

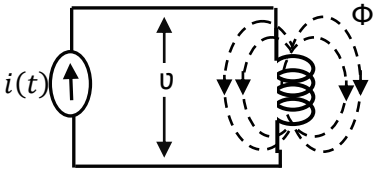
علامت منفی در رابطه بالا به خاطر قانون لنزمیباشد. طبق قانون لنز جهت جریان القایی به گونه ای است که میدان مغناطیسی حاصل از این جریان با تغییر شار مغناطیسی ای که این جریان را القا می کند، مخالفت می کند.اگر مانند شکل زیر یک آهنربا را از جهت N به یک حلقه رسانا نزدیک کنیم، طبق قانون لنز جریان القایی درجهتی است که با تغییرات شار درون حلقه مخالفت می کند.یعنی این جریان باعث ایجاد قطب همنام درسمت چپ حلقه می شود و این مانع حرکت آهنربا به سمت حلقه میشود.به همین ترتیب، دور کردن آهنربا از حلقه باعث ایجاد قطب ناهمنام درسمت چپ حلقه میشود.



شکل 1

حال دو سیم پیچ رادر نظر بگیرید که در مجاورت یکدیگر قرار داشته باشند(شکل2). چنانچه جریان متناوب از داخل یکی از آنها بگذرد مقداری از شار(فلوی)مغناطیسی متغیر تولید شده سیم پیچ دیگر را قطع میکند و این شارمغناطیسی متغیر در سیم پیچ دوم ولتاژی را القا میکند و برعکس همین ولتاژ القا شده در ثانویه با تولید جریان متغیر و شار متغیر، سیم پیچ اول را بار دیگر تحت تأثیر قرار میدهد. طبیعی است که این تأثیرمتقابل به فاصله و موقعیت دو سیم پیچ نسبت به همدیگر و نیز به تعداد دورهای سیم پیچها و همچنین به محیطی که فلوی هریك از سیم پیچها درآن بسته میشود بستگی دارد.در الکتریسیته و مخصوصاً درالکترونیك از القاء متقابل استفاده های زیادی میشود که یك نمونه آن در ترانسفورماتور است.

برای مشخص کردن میزان القاء متقابل، ابتدا یک سیم‌پیچ را با N دور درنظر بگیرید. وقتی جریان i از سیم‌پیچ بگذرد، شار مغناطیسی Φ دراطراف سیم پیچ تولید خواهدشد.



شکل 2

براساس قانون فارادی، ولتاژ القا شده سیم‌پیچ(υ) ، با تعداد دورهای N و نرخ تغییر شارمغناطیسی Φ متناسب است،یعنی:

$$\upsilon = -N\frac{d\Phi}{dt} \qquad (3)$$

اما شار Φ با جریان i تولید می‌شود، بنابراین هر تغییر در Φ به‌علت تغییر در جریان ایجاد می‌شود. در نتیجه، معادله(3) را می‌توان بصورت زیر بازنویسی کرد:

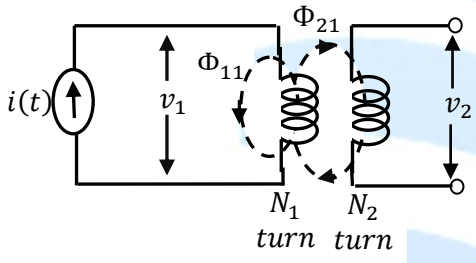
$$\upsilon = -N\frac{d\Phi}{di}\frac{di}{dt} \quad \overset{\text{یا}}{\Rightarrow} \quad \upsilon = -L\frac{di}{dt} \quad \overset{\text{که}}{\Rightarrow} \quad L = N\frac{d\Phi}{di} \qquad (4)$$

پارامتر L بعنوان ضریب خودالقایی یا اندوکتانس سیم پیچ تعریف می شود،که به مشخصات فیزیکی از جمله تعداد دور، طول و سطح مقطع سیم پیچ وهمچنین جنس ماده ای که سیم پیچ بر روی آن پیچیده میشود بستگی دارد.

$$L = \mu_r \frac{N^2 A}{l} \qquad (5)$$

در این رابطه A سطح مقطع، l طول، N تعداد دور سیم پیچ و μ_r ضریب نفوذپذیری جسمی است که سیم پیچ بر روی ان پیچیده شده و برای هوا یا خلا مقدار ان تقریبا برابر $4\pi \times 10^{-7}\ \mathrm{T}.\frac{\mathrm{M}}{\mathrm{A}}$ است.

حال دو سیم پیچ با اندوکتانس L_1 , L_2 در نظر بگیرید که در مجاورت هم هستند(شکل3).



شکل 3

برای سادگی فرض کنید در سیم پیچ دوم، جریانی برقرارنیست. شار مغناطیسی Φ_1 که توسط سیم پیچ اول تولید می شود، دارای دو مولفه است.مولفهٔ Φ_{11} که فقط از سیم پیچ اول عبور می کند و مولفهٔ Φ_{21} که از هر دو سیم پیچ عبور می کند،بنابراین:

$$\Phi_1 = \Phi_{11} + \Phi_{21} \qquad (6)$$

از آنجایی که شار کل Φ_1 در سیم پیچ اول حلقه می بندد،ولتاژ القا شده در سیم پیچ اول برابراست با

$$v_1 = -N_1 \frac{d\Phi_1}{dt} \qquad (7)$$

خطوط شار Φ_{21}، از سیم پیچ دوم می گذرند،بنابراین ولتاژ القا شده در سیم پیچ دوم از رابطه صفحه بعد بدست می آید:

$$v_2 = -N_2 \frac{d\Phi_{21}}{dt} \qquad (8)$$

چون شارها،با عبورجریان i_1 از سیم پیچ اول بوجود آمده،رابطه (7) را می توان بصورت زیر بازنویسی کرد:

$$v_1 = -N_1 \frac{d\Phi_1}{di_1}\frac{di_1}{dt} = -L_1 \frac{di_1}{dt} \qquad (9)$$

که در آن، $L_1 = N_1 \frac{d\Phi_1}{di_1}$ مقدار اندوکتانس خودی سیم پیچ اول است.و به همین ترتیب،معادله (8)را می توان نوشت:

$$v_2 = -N_2 \frac{d\Phi_{21}}{di_1}\frac{di_1}{dt} = -M_{21}\frac{di_1}{dt} \qquad (10)$$

که در این تعریف $M_{21} = N_2 \frac{d\Phi_{21}}{di_1}$ **القای متقابل** سیم پیچ دوم نسبت به سیم پیچ اول است.

حال فرض کنید جریان i_2 در سیم پیچ دوم برقرار شود.درحالیکه از سیم پیچ اول جریانی عبور نکند. در این صورت شار مغناطیسی Φ_{12}, Φ_{22} بترتیب از داخل سیم پیچ دوم و اول عبور خواهد کرد و چنانچه i_2 نسبت به زمان متغیر باشد با همان استدلال فوق ،خواهیم داشت:

$$v_2 = -N_2 \frac{d\Phi_2}{di_2}\frac{di_2}{dt} = -L_2\frac{di_2}{dt} \qquad \text{و} \qquad v_1 = -N_1 \frac{d\Phi_{12}}{di_2}\frac{di_2}{dt} = -M_{12}\frac{di_2}{dt} \qquad (11)$$

که در آن، $L_2 = N_2 \frac{d\Phi_2}{di_2}$ مقدار اندوکتانس خودی سیم پیچ دوم و $M_{12} = N_1 \frac{d\Phi_{12}}{di_2}$ القای متقابل سیم پیچ اول نسبت به سیم پیچ دوم است. مقدار اندوکتانس های متقابل باهم برابرند:

$$(M_{12} = M_{21} = M)$$

القای متقابل M از جنس خودالقایی (L) بوده و واحد آن در دستگاه SI هانری(H) در واقع چنانچه جریانی با نرخ تغییر یك آمپر بر ثانیه در یك سیم پیچ ، ولتاژ برابر یك ولت در سیم پیچ دیگر ایجاد نماید القاء متقابل این دو سیم پیچ نسبت به همدیگر برابر یك هانری خواهد بود.

برای محاسبه مقدار نیرویی محرکه القایی در هر یك از سیم پیچها هم خودالقایی(L) و هم القای متقابل را توأماً باید در نظر بگیریم . مثلاً برای سیم پیچ اول میتوان نوشت:

$$v_1 = -\left(N_1\frac{d\Phi_1}{dt} + N_1\frac{d\Phi_{12}}{dt}\right) = -\left(L_1\frac{di_1}{dt} + M_{12}\frac{di_2}{dt}\right) \qquad (12)$$

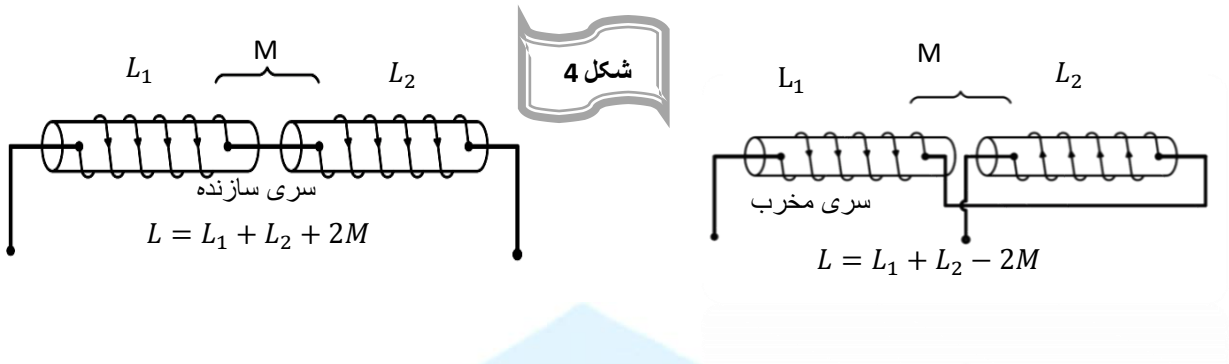
حال اگر برای پویین دیگر نیز مشابه همین روابط نوشته شود خواهیم داشت:

$$v_2 = -\left(L_2\frac{di_2}{dt} + M_{21}\frac{di_1}{dt}\right) \qquad (13)$$

و چنانچه خود القایی و القاء متقابل مجموعه را وقتی به صورت سری بسته شده اند در نظر بگیریم(شکل4).

چون $i_1 = i_2 = I$ خواهیم داشت:

$$\boldsymbol{v} = v_1 + v_2 = -(L_1 + L_2 \pm M)\frac{dI}{dt} \qquad (14)$$



$$L = L_1 + L_2 \pm 2M \qquad (15)$$

علامت مثبت که به حالت بهم بندی سری دو سیم پیچ مربوط میشود زمانی است که جریان عبوری از سیم پیچها باعث میشود میدانهای مغناطیسی ایجاد شده همجهت باشند(سری سازنده)وعلامت منفی هم مربوط به موقعی میشود که میدانهای مغناطیسی ایجاد شده در خلاف جهت هم باشند(سری مخرب یا ویرانگر).

مقدار ضریب القاء متقابل(M)، به ضریب خودالقایی هر یك از سیم پیچها(L_1 , L_2)و ضریب کوپلاژ یا جفت شدگی (K)دو سیم پیچ بستگی دارد و از رابطه زیر بدست میآید:

$$M = K\sqrt{L_1 L_2} \qquad (16)$$

ضریب کوپلاژ در این رابطه پارامتر بدون واحدی است که میتواند مقداری بین $(0 \leq K \leq 1)$ داشته باشد.

هرگاه کلیه خطوط قوای مغناطیسی ایجاد شده یك سیم پیچ از سیم پیچ دیگر عبور کند مقدار K برابر یك و چنانچه دو سیم پیچ کاملاً از هم دور باشند و یا طوری قرار گیرند که خطوط قوای یکی اصلاً از دیگری عبور نکند (مثلاً عمود برهم باشند) مقدار K برابر صفر خواهد بود.

همان گونه که می دانیم،انرژی ذخیره شده در یک سیم پیچ با رابطه زیر بیان میشود:

$$w = \frac{1}{2}Li^2 \qquad (17)$$

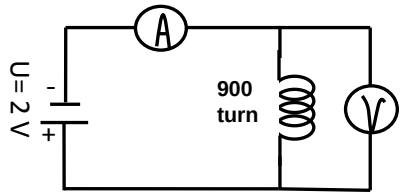
بنابراین انرژی ذخیره شده درمدارهای کوپل شده بدین صورت می باشد:

$$w = \frac{1}{2}L_1 {i_1}^2 + \frac{1}{2}L_2 {i_2}^2 \pm M i_1 i_2 \qquad (18)$$

اجرای آزمایش:

الف- اندازه گیری ضریب خود القائی بوبین بدون هسته آهنی:

1- مداری مطابق شکل روبرو با ولتاژ مستقیم(DC) 2 ولت برای بوبین 900 turn مقادیر ولتاژ دو سر بوبین و جریان گذرنده از آن را از روی ولتمتر و آمپرمتر خوانده و مقدار مقاومت اهمی بوبین را از رابطه $r = \frac{V}{I}$ محاسبه نمائید.



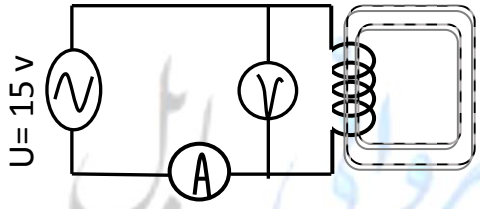
2- حال از منبع ولتاژ متناوب(AC) 2 ولتی بجای منبع DC استفاده نموده وبا اندازه گیری ولتاژ و شدت جریان بوبین، مقاومت ظاهری و ضریب خودالقایی بوبین را از طریق روابط زیرمحاسبه نمایید.

$$Z = \frac{V}{I} \quad , \quad X_L = \sqrt{Z^2 - r^2} \quad \Rightarrow \quad L = \frac{X_L}{\omega}$$

r	V_L	I	Z	X_L	L

ب- اندازه گیری ضریب خود القائی بوبین با هسته آهنی:

1- بوبین 900 turn را داخل هسته آهنی بسته $\bar{U}$ قرار دهید. در این حالت اگر منبع ولتاژ مستقیم باشد ومقدار r را بدست آوریم با حالت بدون هسته برابر خواهد بود (. چرا ؟) لذا مدار را با منبع متناوب مطابق شکل زیر ببندید و مقاومت ظاهری و ضریب خودالقایی بوبین را دوباره محاسبه نمایید.

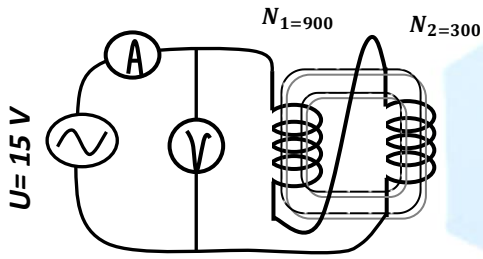


2- همین مراحل را برای بوبین 300 turn تکرار کنید و مقاومت ظاهری و ضریب خودالقایی را برای این بوبین نیز محاسبه نمایید.

بوبین	r	V_L	I	Z	X_L	L
بوبین 900 turn						
بوبین 300 turn						

ج- اندازه گیری ضریب القاء متقابل بوبین ها:

1 -حال مداری مطابق شکل روبرو ببندید و دو بوبین را در دو طرف هسته آهنی $\bar{U}$ قرار دهید. در این حالت مقاومت اهمی مجموعه ،حاصل جمع مقاومتهای اهمی تک تک بوبینها خواهد بود.$(r = r_1 + r_2)$



2-مقاومت ظاهری کل مدار(Z) نیز از تقسیم ولتاژ(V) بر شدت جریان مدار(I) بدست میآید.در اینجا نیز L مجموعه دو بوبین را با داشتن r , Z از رابطه $L = \frac{\sqrt{Z^2 - r^2}}{\omega}$ بدست می آید.

3- حال جای سیم های متصل به دو سر یکی از بوبینها را عوض کنید.این بار نیز با اندازه گیری I , V مقاومت ظاهری Z' را محاسبه کرده و با داشتن r $(r = r_1 + r_2)$، برای این حالت نیز L' را محاسابه کنید.مقادیرL , L' ،مقادیر القاء کل مدار را در حالت سازنده و مخرب و یا برعکس بدست میدهد. یعنی مثلاً

$$L = L_1 + L_2 + 2M \quad , \quad L' = L_1 + L_2 - 2M$$

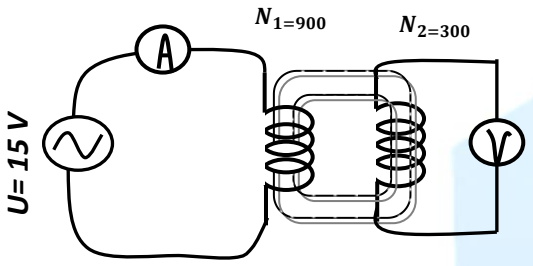
حال که شماL , L' را از طریق اندازه گیری در دست دارید چنانچه دو رابطه اخیر را از هم کم کنید رابطه زیر برای محاسبه M بدست خواهد آمد:

$$M = \frac{|L - L'|}{4}$$

$M = \frac{\|L - L'\|}{4}$	پس از تعویض دو سر یکي از بوبين ها					قبل از تعویض دو سر بوبین ها				
	L'	Z'	I'	V'	$r' = r_1 + r_2$	L	Z	I	V	$r = r_1 + r_2$

د- دومین روش برای اندازه گیری القاء متقابل:

1-مداری مطابق شکل روبرو ببندید و دو بوبین را در دو طرف هسته آهنی $\bar{U}$ قرار دهید. مقدار ولتاژ و جریان را از روی ولتمتر و آمپرمتر بخوانید و مقدار M از رابطه $M = \frac{V_2}{\omega I_1}$ را بدست آورید و با مقدار بدست آمده در آزمایش قبلی مقایسه نمایید.



I_1	V_2	M

I_1'	I_2'

2- در بوبین ثانویه ولتمتر را از مدار خارج نموده و بجای ان امپرمتر قرار دهید.جریان در بوبین اول افزایش می یابد علت را توضیح دهید.

3-مقدار جریان در بوبین اول و دوم را دراین حالت بدست اورید و جدول بالا را تکمیل نمائید.

سؤالات:

1- تأثیر گذاشتن هسته آهن در داخل سیم پیچ بر روی افزایش یا کاهش مقدارM چیست و علت آنرا بیان کنید.

2- رابطه $M = \frac{V_2}{\omega I_1}$ را اثبات نمایید.

آزمایش شماره 10

ترانسفورماتور (مبدل)

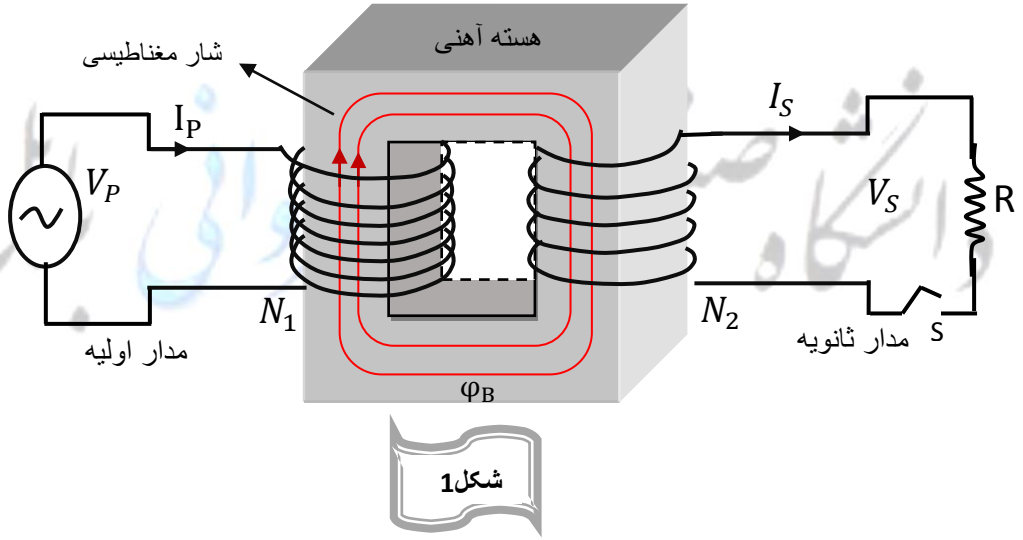
تئوری:

توان متوسط جریان متناوب برابر است با $P_{av} = \varepsilon_{rms} I_{rms} \cos\varphi$ که ε_{rms} جذر میانگین مربعی ε و I_{rms} جذر میانگین مربعی جریان مدار است .بازاء $\cos\varphi = 1$ اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ صفر است و برای به دست آوردن یک توان معین میتوان ε_{rms} و I_{rms} را به گونه ای انتخاب کرد که حاصلضرب آنها مقدار ثابتی باشد .بنابراین به وسیله ای نیاز داریم که با توجه به محدودیتهای فنی بتواند اختلاف پتانسیل مدار را کاهش یا افزایش دهد و همزمان حاصلضرب $\varepsilon_{rms} I_{rms}$ را ثابت نگه دارد .ترانسفورماتور جریان متناوب چنین وسیله ای است.

در مرکز تولید برق(نیروگاه)و در محل مصرف بنا به دلایل ایمنی بهتر است با ولتاژهای نسبتاً کم کار شود؛ از طرف دیگر برای انتقال انرژی الکتریکی از محل نیروگاه تا محل مصرف بهتر است که جریان کمترین مقدار ممکن باشد تا تلفات اهمی خطوط انتقال به حداقل برسد.از ترانسفورماتورهای افزاینده برای افزایش ولتاژ مولدهای برق استفاده میشود، سپس انرژی را با این ولتاژ انتقال میدهند .در انتهای خط از ترانسفورماتورهای کاهنده ولتاژ استفاده شده و اختلاف پتانسیل را تا حد امکان کاهش میدهند.

قابل تغییر بودن ولتاژ به وسیله ترانسفورماتورها مهمترین علت استفاده از آنها در صنعت است.در صنعت جوشکاری که حرارت فوق العاده زیاد موردنیاز است، باید مقدار جریان زیاد و ولتاژ نسبتاً کم باشد.در این مورد از ترانسفورماتور کاهنده استفاده میشود.

ساده ترین نوع ترانسفورماتور در شکل 1 نشان داده شده است.



شکل1

این ترانسفورماتور از دو سیم پیچ اولیه و ثانویه که بر روی یک هسته با خا صیت نفوذپذیری مغناطیسی بالا(مانند آهن)پیچیده شده اند،ت شکیل شده ا ست .سیم پیچ اولیه با N_1 دور به منبع تغذیه متناوب با

نیروی محرکه الکتریکی ε که از رابطه $\varepsilon = \varepsilon_m \sin \omega t$ به د ست می آید، وصل شده است .سیم پیچ ثانویه با N_2 دور، تا زمانی که کلید S باز است در حالت مدار باز است و جریانی از آن عبور نمی کند.

فرض کنید مقاومت سیم پیچهای اولیه و ثانویه و همچنین تلفات مغناطیسی در هسته آهنی قابل صرفنظر کردن ا ست و سیم پیچ ثانویه در حالت مدار باز است .در این و ضعیت سیم پیچ اولیه یک القاگر است و با عبور جریان متناوب از آن شار مغناطیسی متناوب در هسته آهنی القا می شود .با فرض اینکه تمام این شار مغناطیسی از سیم پیچ ثانویه عبور میکند، با توجه به قانون القای فاراده نیروی محرکه الکتریکی هر دور، برای هر دور سیم پیچ اولیه و ثانویه یکسان است.

$$\left(-\frac{d\varphi_B}{dt}\right)_{rms} = \frac{V_{1\,rms}}{N_1} = \frac{V_{2\,rms}}{N_2}$$

$$V_{2\,rms} = V_{1\,rms}\left(\frac{N_2}{N_1}\right) \qquad (1)$$

اگر $N_2 > N_1$ باشد ترانسفورماتور افزاینده و اگر $N_2 < N_1$ باشد کاهنده است.

وقتی کلید S بسته میشود از مدار ثانویه جریان عبور میکند .این جریان شار مغناطیسی متناوب خود را در هسته آهنی القا میکند و این شار با توجه به قانون فاراده و قانون لنز یك نیروی محرکه الکتریکی مخالف در سیم پیچ اولیه ایجاد میکند .بنابراین هر دو سیم پیچ به صورت القاگر متقابل کاملاً جفت شده عمل میکنند .به علت ثابت بودن نیروی محرکه الکتریکی سیم پیچ اولیه، جریان در سیم پیچ اولیه به صورتی تغییر میکند که نیروی محرکه الکتریکی مخالف تولید شده به وسیله سیم پیچ ثانویه در آن را، خنثی کند.به ویژه در یك ترانسفورماتور ایده آل اختلاف فاز بین جریان و اختلاف پتانسیل به سمت صفر میل کرده و در نتیجه ضریب توان $\cos\varphi$ به سمت یك میل میکند. بنابراین برای ترانسفورماتور ایده آل داریم:

$$P_1 = P_2 \quad \Rightarrow \quad V_1 I_1 \cos\varphi_1 = V_2 I_2 \cos\varphi_2 \quad \Rightarrow \quad V_1 I_1 = V_2 I_2 \qquad (2)$$

یعنی توان داده شده بوسیله مولد به سیم پیچ اولیه با توان مصرف شده در بار مقاومتی سیم پیچ ثانویه برابر است. از ترکیب معادله های (1) و (2) نتیجه میشود:

$$\frac{I_{1\ rms}}{I_{2\ rms}} = \frac{N_2}{N_1}$$

یعنی نسبت جریانها به نسبت عکس تعداد حلقه هاست.

بازده و تلفات در ترانسفورماتور:

ترانسفورماتورها در عمل دارای تلفات هستند یعنی توان خروجی برابر توان ورودی نیست. بازده و اتلاف ترانسفورماتور را میتوان به وسیله اندازه گیری توان ورودی و خروجی به دست آورد:

$$\Delta P = P_1 - P_2 \qquad \text{اتلاف توان} \qquad , \qquad R_a = \frac{P_2}{P_1} \times 100 \qquad \text{بازده}$$

تلفات در یک ترانسفورماتور از دو بخش تشکیل شده است، تلفات در هسته آهنی و تلفات در سیم پیچ اولیه و سیم پیچ ثانویه(تلفات مس.)

الف)تلفات در هسته اهنی:تلفات اهن از سه عامل زیر ناشی می شود.

1-**تلفات هیسترزیس:**می دانیم که وقتی اهن مغناطیس می شود مقداری از اهنربایی را در خود نگه می دارد که برای زایل کردن ان باید ان را در جهت عکس اهنربا کرد.از بین بردن این اهنربایی همواره با از دست دادن مقداری انرژی همراه است.در جریان متناوب که اهنربایی متناوبا تغییر می کند این پسمانده مقداری از انرژی را تلف می کند که مقدار ان متناسب با فرکانس است و به تلفات هیسترزیس مشهور است.با انتخاب جنس اهن مورد استفاده در هسته می توان اتلاف هیسترزیس را به حداقل رسانید در صنعت بیشتر از اهنی استفاده می شود که 4% سیلیس داشته باشد.

2- **تلفات جریان فوکو:** با عبور جریان متناوب از سیم پیچ اولیه ترانسفورماتور، شار مغناطیسی در هسته به طور متناوب تغییرمیکند.طبق قانون لنز، جریانی به نام جریان فوکو در هسته ایجاد می شود که با عامل تغییر شار مغناطیسی مخالفت میکند وباعث کاهش شار مغناطیسی میشود، در نتیجه توان خروجی ترانسفورماتور کاهش میابد .جریان فوکو همچنین باعث گرم شدن هسته می شود .اندازه جریان فوکو بستگی به مقاومت الکتریکی هسته دارد، بنابراین برای کاهش تلفات حاصل از جریان فوکو، هسته را از آلیاژ منا سب انتخاب کرده و آن را از ورقه هایی که نسبت به همدیگر عایق هستند می سازند.تلفات حاصل ازجریان فوکو همچنین به بسامد جریانی که از سیم پیچ اولیه عبور میکند بستگی دارد و متناسب به مجذور بسامد جریان است.

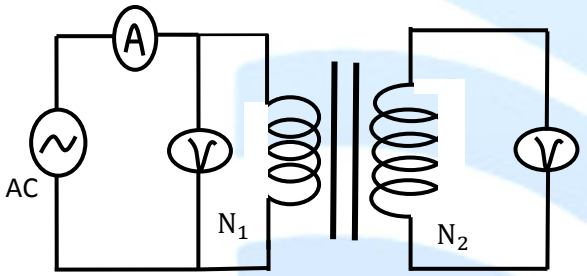
3-**تلفات پراکندگی شار مغناطیسی**:هنگامی که یک مسیر مغناطیسی با قابلیت نفوذ زیاد و سطح مقطع کافی برای شار موجود باشد.تمام شار از این مسیر عبور خواهد کرد و از داخل هردو سیم پیچ خواهد گذشت.اما اگر در این مسیر یک شکستگی وجود داشته باشد یا سطح مقطع کم باشد تعدادی از شار از اهن خارج شده و مدار خود را در هوا طی میکنند این شار پراکنده از سیم پیچ دوم نخواهد گذشت و باعث پایین امدن بازده خواهد شد.

ب)تلفات مس:در یک ترانسفورماتور ایده ال مقاومت سیم پیچ ها را صفر فرض می کنند در حالیکه در یک ترانسفورماتور حقیقی سیم پیچ ها دارای مقاومتی هستند.بنابراین مقداری حرارت معادل $I_1^2R_1 + I_2^2R_2$ در سیم پیچ ها ایجاد می شود که در ان R مقاومت سیم پیچ است.تلفات مس را حتی المقدور با کم کردن مقاومت کاهش می دهند.

اجرای آزمایش:

الف) تحقیق رابطه نسبت ولتاژها در ترانسفوماتور ایده آل - مدار ثانویه فاقد مصرف کننده

- ✓ مدار آزمایش را مطابق شکل 2 ببندید. (دقت کنید قبل از رو شن کردن منبع تغذیه، ولتاژ آن روی صفر با شد تا د ستگاه آ سیب نبیند و ولتاژ نیز به آرامی افزایش یابد).
- ✓ ولتاژ سیم پیچ اولیه را در بازه 20 - 5 ولت تغییردهید و جریان سیم پیچ اولیه، توان ورودی، ولتاژ سیم پیچ ثانویه را اندازه گیری کرده، در جدول 1 ثبت کنید.



شکل 2

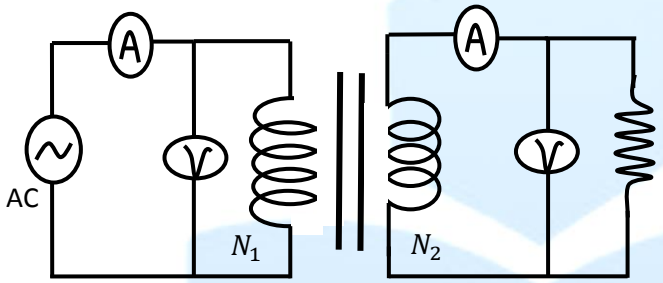
- ✓ منحنی نمایش تغییرات V_2 برحسب V_1 را با استفاده از نرم افزاری ORIGIN یا نرم افزار دیگری رسم کرده و با محاسبه شیب خط، درستی رابطه $V_2 = V_1\left(\frac{N_2}{N_1}\right)$ را بررسی کنید.

$N_1 = 300 \quad , \quad N_2 = 900$				
$V_1\ (V)$	5	10	15	20
$I_1\ (mA)$				
$P_1\ (mW)$				
$V_2\ (V)$				

جدول 1

ب)تحقیق رابطه نسبت جریانها در ترانسفوماتور ایده آل - مدار ثانویه دارای مصرف کننده باشد

- ✓ با قرار دادن رئوستا در مدار سیم پیچ ثانویه، مدار آزمایش را مطابق شکل 3 ببندید .
- ✓ با تغییر مقاومت رئوستا جریان سیم پیچ ثانویه را در بازه صفر تا یك آمپر تغییر دهید و به ازاء هر جریان P_1 , I_1 , I_2 , V_2 , P_2 را اندازه گیری کرده و در جدول 2 ثبت کنید.



شکل 3

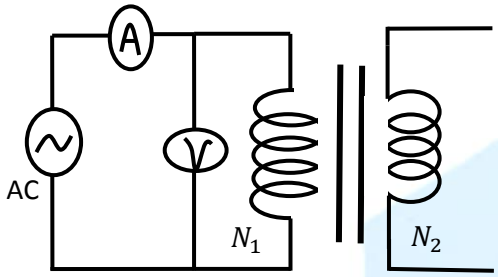
- ✓ منحنی نمایش تغییرات I_1 برحسب I_2 را با استفاده از نرم افزاری ORIGIN یا نرم افزار دیگری رسم کرده و با محاسبه شیب خط، درستی رابطه $I_1 = I_2\left(\frac{N_2}{N_1}\right)$ را بررسی کنید.
- ✓ توان ورودی و خروجی را محاسبه نموده و علت اختلاف توان های محاسبه شده مربوط به چه نوع تلفاتی در ترانسفورماتور هستند؟ توضیح دهید.(برای یك جریان مشخص)

$N_1 = 900$, $N_2 = 300$, $V_1 = 20\ (V)$				
$I_2\ (mA)$	250	500	750	1000
$I_1\ (mW)$				
$P_2\ (mW)$				
$P_1\ (mW)$				
$\Delta P\ (mW)$				
R_a				

جدول 2

ج) سیم پیچ ثانویه در وضعیت اتصال باز: تلفات آهنی

- ✓ مدار آزمایش را مطابق شکل 4 ببندید(سیم پیچ ثانویه در وضعیت مدار باز است.)
- ✓ جریان سیم پیچ اولیه و توان ورودی را اندازه گیری کرده، در جدول 3 ثبت کنید.



شکل 4

$N_1 = 900$, $N_2 = 300$, $V_1 = 20$ (V)	
$I_1 =$ (mA)	$P_1 =$ (mW)

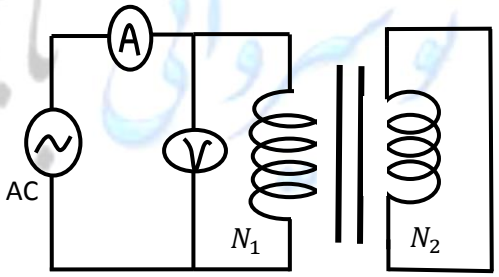
جدول 3

نکات مهم :به یاد داشته باشید:

- ✓ هرچه ولتاژ بیشتر شود تلفات هسته بیشتر میشود. هرچه جریان بیشتر شود تلفات سیم پیچ بیشتر میشود.در اتصال کوتاه تلفات سیم پیچها مشاهده میشود و از تلفات هسته صرفنظر میشود.در مدار باز تلفات هسته مشخص میشود.

د) سیم پیچ ثانویه در وضعیت اتصال کوتاه: تلفات مسی

- ✓ ولتاژ منبع تغذیه را روی صفر تنظیم کرده و دو انتهای سیمپیچ ثانویه را به هم وصل کنید(شکل5).
- ✓ با تغییر ولتاژ منبع تغذیه I_1 را برابر با I_1 آخرین ستون جدول 2 تنظیم کرده و جدول 4 را کامل کنید.
- ✓ آیا مجموع توانهای اندازه گیری شده در حالت اتصال باز و اتصال کوتاه(جدول 3 و جدول4)، با اختلاف توان ورودی وخروجی در آخرین ستون جدول 2 ، برابر است؟ توضیح دهید.



شکل 5

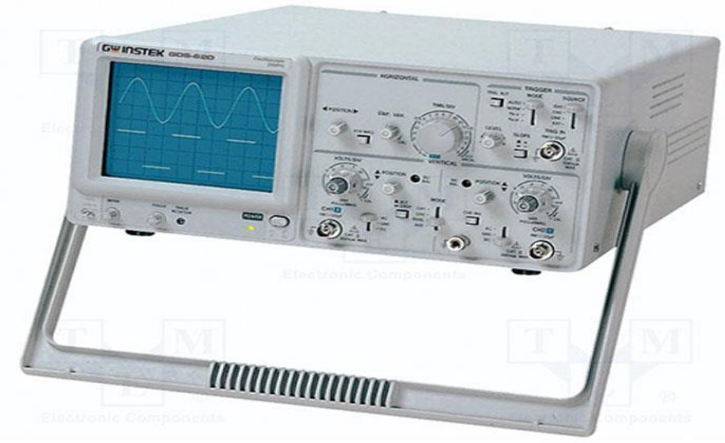
$N_1 = 900$, $N_2 = 300$		
$I_1 =$ (mA) معلوم	$V_1 =$ (V)	$P_1 =$ (mW)

جدول 4

آزمایش شماره 11
آشنایی با اسیلوسکوپ

اسیلوسکوپ (Oscilloscope) یک دستگاه اندازه گیری است که از آن برای مشاهده شکل موج ها و اندازه‌گیری ولتاژ ، زمان تناوب ، اختلاف فاز و همچنین مشاهده منحنی مشخصه ولت – آمپر عناصر نیمه هادی مانند دیود و ترانزیستور استفاده می‌شود. اسیلسکوپ یک ولت متر دقیق است ولی توانایی اندازه‌گیری جریان را به طور مستقیم ندارد و برای اندازه‌گیری جریان باید از روش‌های غیر مستقیم مانند قانون اُهم استفاده کرد. یکی از مزایای اسیلوسکوپ این است که بر خلاف مولتی مترهای معمولی ، در فرکانس های بالا نیز به خوبی کار می‌کند.اندازه‌گیری و مشاهده شکل موج ها در اسیلوسکوپ از ولتاژ با فرکانس صفر (DC) شروع و به فرکانس مشخصی ختم می‌گردد که معمولاً اسیلوسکوپ را با این فرکانس مشخص می‌کنند. مثلاً اسیلوسکوپ 40 مگاهرتز، یعنی اسیلوسکوپی که می‌تواند ولتاژهای DC و AC تا 40 MHZ را نمایش دهد.

اسیلوسکوپ ها در نوع آنالوگ و دیجیتال ساخته می‌شوند که ما در اینجا به بررسی نوع آنالوگ آن می‌پردازیم و در ادامه هرجا کلمه اسیلوسکوپ را به کار ببریم منظورمان اسیلوسکوپ آنالوگ است. ما قصد نداریم به بررسی ساختمان داخلی اسیلوسکوپ بپردازیم ، بلکه هدف، آشنایی با قابلیت‌های اسیلوسکوپ و نحوه استفاده از آن می‌باشد. به دلیل اینکه طرز کار همه اسیلوسکوپ ها شبیه به یکدیگر است و کلیدها و ولوم‌های آنها تقریباً یکی است، ما برای آموزش بهتر مطلب، از یک اسیلوسکوپ مدل 620 GOS– در امر آموزش استفاده می‌کنیم که تصویر این اسیلوسکوپ قابل مشاهده است.



اسیلوسکوپ ها ممکن است یک کاناله و یا چند کاناله باشند. اسیلوسکوپ های یک کاناله در هر لحظه فقط می‌توانند یک سیگنال را روی صفحه نمایش خود نمایش دهند. اما اسیلوسکوپ‌های چند کاناله ، همزمان می‌توانند چند سیگنال را روی صفحه نمایش خود ، نمایش دهند . اسیلوسکوپ نمایش داده شده در شکل صفحه قبل یک اسیلوسکوپ دو کاناله می‌باشد یعنی همزمان قادر به نمایش دادن دو سیگنال روی صفحه نمایش خود می‌باشد. اما سیگنال‌های الکتریکی چگونه به اسیلوسکوپ منتقل می-شوند؟ برای انتقال سیگنال‌های الکتریکی به اسیلوسکوپ، از پروب استفاده می‌شود که در ادامه به بررسی آن می‌پردازیم.

پروب (Probe): برای انتقال سیگنال‌های الکتریکی به اسیلوسکوپ ، از پروب که به آن پراب نیز می‌گویند استفاده می‌شود. یک نمونه پروب در شکل زیر مشاهده می‌کنید .

سیم رابط پروب معمولاً از جنس کابل کواکسیال می‌باشد تا میزان نویز به حداقل برسد. نوک پروب به صورت گیره‌ای فنری است که می‌توان آن را به یک نقطه از مدار وصل کرد. اگر پوشش پلاستیکی نوک پروب را برداریم ، نوک آن به صورت سوزنی می‌شود که در بعضی مواقع از آن استفاده می‌گردد. انتهای فلزی سیم رابط که به ورودی اسیلوسکوپ وصل می‌شود BNC نام دارد .

BNC دارای یک شیار مورب است که وقتی آن را به ورودی اسیلوسکوپ وصل می‌کنیم و 90 درجه در جهت عقربه های ساعت می‌چرخانیم ، این قطعه کاملاً به اسیلوسکوپ متصل می‌شود . همچنین روی پروب کلیدی با دو حالت 1× و 10× وجود دارد که در حالت 1× ، سیگنال بدون هیچ گونه تضعیفی از طریق پروب به اسیلوسکوپ اعمال می‌گردد و در حالت 10× ، ابتدا سیگنال در داخل پروب 10 برابر تضعیف شده و سپس به اسیلوسکوپ اعمال می‌گردد . باید توجه داشت که اگر از حالت 10× پروب ، برای اندازه گیری استفاده شود ، مقادیر قرائت شده دامنه را باید در عدد 10 ضرب نمود تا مقدار واقعی دامنه سیگنال بدست آید . موارد کاربرد 10× برای سیگنال های با دامنه زیاد می‌باشد .

در ادامه ابتدا به بررسی صفحه نمایش و کلیدها و ولوم های روی پانل اسیلوسکوپ می‌پردازیم و سپس به بررسی کاربردهای اسیلوسکوپ می‌پردازیم . برای نمایش بهتر پانل اسیلوسکوپ ، تصویری از نمای رو به روی اسیلوسکوپ نمایش داده شده است.

1 – صفحه نمایش اسیلوسکوپ : اسیلوسکوپ ها دارای یک صفحه نمایش هستند که این صفحه نمایش در راستای افقی به 10 قسمت ، و در راستای عمودی به 8 قسمت تقسیم می‌شود که برای دقت بیشتر در اندازه‌گیری در راستاهای افقی و عمودی ، خطوط وسط دارای تقسیمات ریزتری نیز می‌باشند به طوری که هر خانه به 5 قسمت تقسیم شده و هر قسمت معادل 0.2 خانه است.

2 – کلید روشن و خاموش کردن اسیلوسکوپ : در هر اسیلوسکوپ کلیدی برای روشن و خاموش کردن اسیلوسکوپ وجود دارد که آن را با کلمه POWER و یا ON/OFF نمایش می‌دهند . در نزدیکی این کلید ، معمولاً یک LED جهت نمایش روشن و یا خاموش بودن اسیلوسکوپ وجود دارد. این کلید در زیر و سمت راست صفحه نمایش قابل مشاده است.

3 – ولوم Intensity : این ولوم شدت نور سیگنال نمایش داده شده را کم و زیاد می‌کند. این ولوم باید در حالتی قرار گیرد که شدت نور برای رؤیت سیگنال کافی باشد. این ولوم ممکن است به اختصار با Inten نمایش داده شود. در شکل بالا در زیر صفحه نمایش دو ولوم وجود دارد. از این دو ولوم ، ولوم سمت چپی ، ولوم Inten می‌باشد.

4 – ولوم Focus : کلمه Focus به معنای کانونی یا تمرکز است و این ولوم ضخامت موج رسم شده روی صفحه اسیلوسکوپ را کم و زیاد می‌کند. این ولوم باید در حالتی قرار داده شود که خطوط شکل موج

حداقل ضخامت را داشته باشند. در شکل بالا از بین دو ولوم زیر صفحه اسیلوسکوپ، ولوم سمت راست ولوم Focus می‌باشد.

5 – پین تنظیمات یا کالیبراسیون : این قسمت برای تست و تنظیم سلکتورهای Volt/Div و Time/Div و نیز برای بررسی سالم و یا معیوب بودن پروب مورد استفاده قرار می‌گیرد. اسیلوسکوپ یک سیگنال مرجع با دامنه و فرکانس معین برای تست و تنظیم خود ایجاد می‌کند و به این پین انتقال می‌دهد. اگر سیگنال مزبور به ورودی اسیلوسکوپ داده شود می‌توان شکل موج آن را مشاهده کرد. در عین حال چون دامنه و فرکانس سیگنال مزبور معین است ، می‌توان صحت تنظیمات سلکتورهای Volt/Div و Time/Div را تحقیق کرد. همچنین اگر در اثر تماس نوک پروب با این پین ، سیگنال موجود بر روی پین ، در صفحه نمایش اسیلوسکوپ ظاهر شود و زمانی که گیره زمین پروب را همزمان با نوک پروب به این پین متصل می‌کنیم ، یک خط افقی و یا به عبارتی ولتاژ صفر ، روی صفحه اسیلوسکوپ ظاهر شود ، پروب سالم است. این پین در زیر صفحه نمایش اسیلوسکوپ و در منتهی الیه سمت چپ قابل مشاهده است.

6 – پیچ آستیگمات : این پیچ به همراه ولوم تنظیم نقطه کانونی برای ایجاد واضح ترین نقطه گرد استفاده می‌شود و معمولاً با عبارت Astig مشخص می‌شود ، بعضی از اسیلوسکوپ ها مثل مدل GOS– 620 این ولوم را ندارند.

7 – پیچ چرخش محور افقی : توسط این پیچ ، کجی محور افقی کاملاً در وضعیت افقی تصحیح می‌گردد ، این ولوم با عبارت Trace Rotation مشخص می‌شود. در اسیلوسکوپ نمایش داده شده، این ولوم در سمت راست ولوم Focus قرار دارد.

8 – کلید Time/Dive : این کلید دارای ضرایبی بر حسب ثانیه ، میلی‌ثانیه و میکروثانیه است و این ضرایب نشان دهنده این هستند که چقدر زمان لازم است تا اشعه در راستای افقی به اندازه یک خانه جا به جا شود. مثلاً کلیدTime/Div بر روی 0.2 میلی‌ثانیه قرار گیرد، این یعنی اینکه در این حالت برای آنکه اشعه در راستای افقی به اندازه یک خانه جا به جا شود ، 0.2 میلی ثانیه یا 200 میکروثانیه زمان لازم است.

9 – ولوم Time Varlable : این ولوم برای فشرده و باز کردن شکل موج در راستای افقی استفاده می-شود برای اندازه گیری زمان تناوب توسط اسیلوسکوپ باید حتماً این ولوم تا آخر در جهت حرکت عقربه های ساعت چرخانده شده و روی علامت Cal قرار گیرد. اگر این ولوم از حالت Cal خارج شود ، ضرایب Time/Div دیگر معتبر نبوده و نمی‌توان زمان تناوب را محاسبه نمود. از این ولوم زمانی استفاده می‌شود که صحت ضرایب Time/Div اهمیتی نداشته باشد، مثل زمانی که می‌خواهیم اختلاف فاز دو موج هم

فرکانس را محاسبه کنیم.

10 – کلید بزرگنمایی در راستای افقی : توسط این کلید می‌توان مقیاس افقی را به میزان 5 و یا 10 برابر بزرگ نمود . به این ترتیب که در حالت عادی مقیاس افقی همان است که سلکتور Time/Div نشان می-دهد اما در حالت انتخاب این کلید ، شکل موج در جهت افقی 5 و یا 10 برابر باز می‌شود و این معادل این است که عدد نشان داده شده توسط سلکتور Time/Div به 5 و یا 10 تقسیم شده باشد . در بعضی از اسیلوسکوپ ها کلید بزرگنمایی افقی جزئی از همان ولوم تغییر مکان افقی (Horizontal Position) می‌باشد. به این صورت که وقتی این ولوم داخل است ، بزرگنمایی غیر فعال بوده ، و وقتی این ولوم بیرون کشیده می‌شود ، بزرگنمایی فعال می‌شود. مورد استفاده از کلید بزرگنمایی افقی ، در مورد نمایش امواج با فرکانس زیاد است. این کلید با MAG به همراه 5× و یا 10× نمایش داده می‌شود.

11 – کلید بزرگنمایی در راستای عمودی : این کلید نیز همانند کلید بزرگنمایی در راستای افقی است و در مواقعی که دامنه ولتاژ خیلی کم است مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این صورت میزان ولتاژ اندازه گیری شده توسط اسیلوسکوپ باید در ضریب کلید بزرگنمایی تقسیم شود.

12 – ولوم تغییر مکان افقی (Horizontal Position) : این ولوم شکل موج را در جهت افقی جا به جا می‌کند این ولوم ممکن است به اختصار با Hor.Pos و یا با علامت ► و ◄ نشان داده می‌شود.

13 – کلید Volt/Div : این کلید نیز همانند کلید Time/Dive دارای ضرایبی است که این ضرایب بر حسب ولت و میلی ولت می‌باشند و هر ضریب بیان کننده این است که هر خانه در راستای عمودی چند ولت می-باشد این کلید برای اندازه‌گیری دامنه ولتاژ به کار می‌رود. با تغییر این کلید ، شکل موج در راستای عمودی باز و جمع می‌شود. مثلاً کلید Volt/Div بر روی 0.5 ولت قرار گیرد، نشان دهنده این است که ، در صفحه نمایش اسیلوسکوپ هر خانه در راستای عمودی برابر با 0.5 ولت می‌باشد .

14 – ولوم Volt Variable : این ولوم شکل موج را در راستای عمودی فشرده و باز می‌کند . اما اگر این ولوم از حالت Cal خارج شود ، دیگر مقادیر Volt/Div معتبر نبوده و نمی‌توان اندازه ولتاژ را محاسبه نمود . بنابراین این ولوم هنگام اندازه گیری ولتاژ باید روی علامت Cal باشد.

15 – ولوم Vertical Position : این ولوم شکل موج را در رساتای عمودی جا به جا می‌کند و ممکن است به اختصار با Ver.Pos و یا با استفاده از علامت های ▲ و▼ نمایش داده شود.

16 – پیچ بالانس DC : به دلیل استفاده از اسیلوسکوپ در مناطق و حرارت های متفاوت می‌بایست سلکتورهای Volt/Div هر یک از دو کانال ، از نظر DC بالانس شوند. با تنظیم این پیچ ها باید حالتی را انتخاب نمود که در آن حالت با تغییر سلکتور Volt/Div ، خط افقی هیچ تغییر مکانی در جهت عمودی نداشته باشد این پیچ ها معمولاً با DC-Bal مشخص می‌شوند.

17 – کلید AC – GND – DC : اگر این کلید در حالت AC باشد ، یک خازن در مسیر ورودی اسیلوسکوپ قرار می‌گیرد که سبب حذف مؤلفه DC شکل موج می‌گردد ، یعنی در این حالت فقط سیگنال های AC روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ ، نمایش داده می‌شود و سیگنال های DC حذف می شوند . اما اگر این کلید در حالت DC باشد هر چه در ورودی باشد بدون تغییر در صفحه نمایش اسیلوسکوپ ، نمایش داده می‌شود . یعنی در این حالت مؤلفه های AC و DC روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ ، نمایش داده می-شوند و در صورتی که این کلید در حالت GND باشد ورودی اسیلوسکوپ به صفحات انحراف عمودی که در ادامه در رابطه با آنها صحبت می‌کنیم منتقل نخواهد شد ، بلکه این صفحات به اختلاف پتانسیل صفر ولت متصل می‌شوند . بنابراین در این حالت روی صفحه اسیلوسکوپ یک خط افقی دیده می‌شود که از آن برای تعیین خط مبنای عمودی و یا ولتاژ صفر ولت استفاده می‌شود .

18 – کلید ADD-DUAL-CH2-CH1 : اگر این کلید در حالت CH1 باشد فقط سیگنال اعمال شده به کانال 1 روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش داده می‌شود و اگر این کلید در حالت CH2 باشد ، فقط سیگنال اعمال شده به کانال 2 روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش داده می‌شود. در صورتی که DUAL را انتخاب کنیم شکل موج های هر دو کانال همزمان روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش داده می‌شوند و در صورت انتخاب ADD حاصل جمع لحظه ای دو شکل موج روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش داده می‌شود.

19 – کلید CHOP-ALT : اگر فرکانس سیگنال های ورودی بیشتر از 1 KHZ باشد با استفاده از حالت ALT می‌توانیم دو شکل موج را به طور همزمان در صفحه نمایش اسیلوسکوپ مشاهده کنیم ، در این حالت در یک دوره تناوب موج Ramp (در ادامه در رابطه با موج Ramp صحبت خواهیم کرد) ، سیگنال اعمال شده به کانال 1 و در دوره تناوب بعدی این موج ، سیگنال اعمال شده به کانال 2 روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ ، نمایش داده می‌شود اما به دلیل فرکانس بالای موج Ramp و سیگنال های ورودی ، سیگنال های هر دو کانال به طور همزمان بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ قابل مشاهده هستند. اما

اگر فرکانس سیگنال های ورودی کم باشد مشاهده دو شکل موج به طور همزمان در حالت انتخاب ALT امکان پذیر نخواهد بود. زیرا در این صورت وقتی اسیلوسکوپ سیگنال کانال 1 را نمایش می‌دهد سیگنال کانال 2 از دید محو می‌شود و وقتی اسیلوسکوپ سیگنال کانال 2 را نمایش می‌دهد سیگنال کانال 1 از دید محو می‌شود و بنابراین دو موج به صورت چشمک زن روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ ظاهر می‌شوند. برای نمایش سیگنال های با فرکانس کم از حالت CHOP استفاده می‌کنیم. در این حالت یک نقطه کوچک از سیگنال کانال 1 و سپس یک نقطه کوچک از سیگنال کانال 2 و به همین ترتیب تا آخر نمایش داده می‌شود. در این روش لحظه ای که سیگنال کانال 1 نمایش داده می‌شود، کانال 2 قطع است، و بر عکس در لحظه ای که سیگنال کانال 2 نمایش داده می‌شود کانال 1 قطع است، اما چون این نقاط فوق العاده کوچک هستند ما آنها را کنار هم و به صورت پیوسته مشاهده می‌کنیم و در نتیجه دو شکل موج به طور همزمان بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ قابل مشاهده هستند.

20 – کلید C H2 I N V : زمانی که این کلید انتخاب می‌شود ، شکل موج کانال 2 به اندازه 180 درجه ، اختلاف فاز پیدا می‌کند.

21 – کلید X - Y : اگر این کلید فعال شود ارتباط موج Ramp با صفحات انحراف افقی قطع شده و هر یک از سیگنال های ورودی به یکی از صفحات انحراف افقی یا عمودی اعمال می‌شود. مثلاً در اسیلوسکوپ نمایش داده شده ، همانطور که مشاهده می‌کنید در کنار ترمینال ورودی کانال 1 حرف X و در کنار ترمینال ورودی کانال 2 حرف Y درج شده است. بنابراین در این اسیلوسکوپ ، در حالت انتخاب کلید X-Y ، سیگنال ورودی کانال 1 به صفحات انحراف افقی و سیگنال ورودی کانال 2 به صفحات انحراف عمودی اعمال می‌شود. این کلید برای مشاهده منحنی مشخصه ولت – آمپر عناصر نیمه هادی ، و نیز مشاهده اشکال لیساژور کاربرد دارد.

در هر اسیلوسکوپی قسمتی مربوط به کنترل تریگر وجود دارد که در ادامه می‌خواهیم به بررسی آن بپردازیم اما قبل ازمعرفی کلیدها و ولوم های این قسمت به سؤالی که ممکن است برای بعضی ها مطرح شود پاسخ می‌دهیم و آن سؤال این است که **منظور از تریگر** چیست ؟

برای پاسخ به این سؤال باید مطالبی را در مورد ساختمان داخلی اسیلوسکوپ بدانید . در اسیلوسکوپ در ابتدا یک اشعه الکترونی تولید می‌شود. منظور از اشعه الکترونی تعداد زیادی الکترون می‌باشد که به صورت یک اشعه فوق‌العاده باریک درآمده و با سرعت بسیار زیاد (چند هزار کیلومتر در ثانیه) در حرکت است . زمانی که این اشعه الکترونی با سرعت زیاد با مواد فسفرسانس پشت صفحه

نمایش اسیلوسکوپ برخورد می‌کند مواد فسفرسانس از خود نور تولید می‌کنند. برای اینکه این اشعه الکترونی شکل موج ها را روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش دهد ، لازم است در دو جهت عمودی و افقی حرکت کند و بر این اساس دو سری صفحه به نام های صفحات انحراف عمودی و صفحات انحراف افقی را در مسیر حرکت اشعه الکترونی قرار می‌دهند ، هر سری این صفحات، خود شامل دو صفحه موازی می‌باشد. در اثر ایجاد اختلاف پتانسیل بین دو صفحه موازی اشعه الکترونی به سمت صفحه دارای پتانسیل بیشتر متمایل می‌شود و به این ترتیب محل برخورد اشعه الکترونی با مواد فسفرسانس پشت صفحه نمایش تغییر می‌کند و در نتیجه محل تولید نور روی صفحه نمایش تغییر می‌کند. سیگنالی که ما می‌خواهیم روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش داده شود به صفحات انحراف عمودی اعمال می‌شود و متناسب با تغییرات دامنه این سیگنال ، اشعه الکترونی در راستای عمودی جا به جا می‌شود. اما برای اینکه شکل موج به طور صحیح روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش داده شود باید همزمان با جا به جا شدن اشعه در راستای عمودی ، اشعه در راستای افقی نیز جا به جا شود. مثلاً اگر هدف ، نمایش یک موج سینوسی بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ باشد ، با رسیدن موج سینوسی به صفحات انحراف عمودی ، اشعه الکترونی متناسب با دامنه موج سینوسی در راستای عمودی جا به جا می‌شود و اگر هیچ موجی به صفحات انحراف افقی اعمال نشود ، روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ به جای یک موج سینوسی فقط یک خط عمودی دیده می‌شود. بنابراین همیشه باید همزمان با سیگنال ورودی ، یک موج به صفحات انحراف افقی اعمال شود تا شکل موج ورودی به درستی بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش داده شود این موج را موج Ramp می‌گویند که یک موج دندانه اره ای است. اگر فرکانس موج Ramp با فرکانس سیگنال ورودی یکی باشد یک سیکل کامل از موج ورودی بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش داده می‌شود و اگر فرکانس موج Ramp بیش از فرکانس سیگنال ورودی باشد ، چند سیکل از سیگنال ورودی بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش داده می‌شود. برای اینکه شکل موج ساکنی بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ داشته باشیم ، لازم است تا حرکت افقی اشعه الکترونی هر بار از محل مشخصی از سیگنال ورودی شروع شود که این وظیفه بر عهده قسمت تریگر اسیلوسکوپ حرکت کند.اگر عمل تریگر انجام نشود ممکن است سیگنال ورودی در صفحه نمایش حرکت کند. برای عمل تریگر روش های مختلفی وجود دارد و بر این اساس کلیدهایی بر روی پانل اسیلوسکوپ تعبیه شده است که به وسیله آنها می‌توان نوع تریگر را انتخاب نمود. این کلیدها عبارتند از :

22 – کلید Auto-Normal : اگر این کلید در حالت Auto باشد حتی اگر به ورودی اسیلوسکوپ سیگنالی اعمال نشود مدار داخلی اسیلوسکوپ یک موج دندانه اره ای به صفحات انحراف افقی اعمال می‌کند و

بنابراین خطی افقی بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ ظاهر می‌شود که نشان دهنده آماده به کار بودن اسیلوسکوپ است . اما در صورتی که این کلید در حالت Normal باشد عمل تریگر فقط به کمک موج ورودی انجام می‌شود و لذا در صورتی که ورودی نداشته باشیم ، هیچ گونه خطی و یا موجی بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ ظاهر نخواهد شد . این کلید در حالت عادی باید بر روی Auto باشد .

23 – کلید Source Trigger : این کلید ممکن است دارای حالت های زیر باشد :

الف) AC : در این حالت عمل تریگر با مؤلفه AC انجام می‌شود.

ب) DC : در این حالت عمل تریگر با خود موج به اضافه مؤلفه DC انجام می‌شود.

پ) CH1 : در این حالت عمل تریگر توسط سیگنال اعمال شده به کانال 1 انجام می‌شود.

ت) CH2 : در این حالت عمل تریگر توسط سیگنال اعمال شده به کانال 2 انجام می‌شود.

ث) Line : در این حالت عمل تریگر با فرکانس برق شهر انجام می‌شود.

ج) Ext : در این حالت باید موجی را که می‌خواهیم توسط آن عمل تریگر انجام شود از خارج اسیلوسکوپ و توسط ترمینال مخصوص آن به اسیلوسکوپ اعمال کنیم .

چ) TV : در این حالت یک فیلتر پایین گذر مؤلفه های فرکانس بالای موج ورودی را حذف نموده و سپس عمل تریگر انجام می‌شود. این کلید در حالتی استفاده می‌شود که یک موج مزاحم بر روی موج اصلی ، مانع عمل تریگر شود.

ح) TV - H : در این حالت عمل تریگر توسط سیگنال های افقی تلویزیون انجام می‌شود.

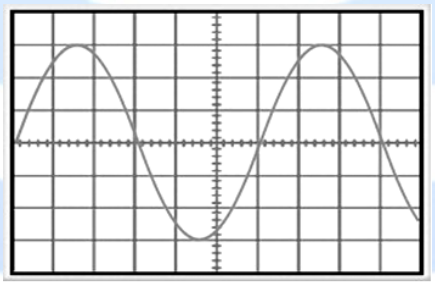
خ) TV - L : در این حالت عمل تریگر توسط سیگنال های عمودی تلویزیون انجام می‌شود.

24 – ولوم Level : این ولوم نقطه شروع موج نشان داده شده بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ را معین می‌کند . همچنین اگر موج نمایش داده شده بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ ، در جهت افقی حرکت کند و ثابت نباشد باید به کمک این ولوم شکل موج را ثابت نگه داشت.

25 – کلید Slope : این کلید مشخص کننده این است که اولین نیم سیکل موج نشان داده شده مثبت و یا منفی می‌باشد . در حالت عادی باید علامت مثبت (+) انتخاب شود . در واقع علامت مثبت (+) به معنای شیب مثبت و علامت منفی (-) به معنای شیب منفی در نقطه شروع موج می‌باشد.

حال که با کلیدها و ولوم‌های پنل اسیلوسکوپ آشنا شده اید ، در ادامه به بررسی نحوه اندازه گیری ولتاژ ، زمان‌تناوب،فرکانس، اختلاف فاز و نیزمشاهده منحنی مشخصه ولت-آمپر دیود توسط اسیلوسکوپ می-پردازیم.

اندازه گیری ولتاژ : توسط اسیلوسکوپ می‌توان ولتاژهای AC و DC را با دقت خیلی زیاد اندازه‌گیری کرد . برای این منظور ابتدا ولوم Volt Variable را تا انتها در جهت حرکت عقربه های ساعت می‌چرخانیم و آن را در حالت Cal قرار می‌دهیم . سپس با قرار دادن کلید AC – GND – DC روی حالت GND اشعه را ترجیحاً در وسط صفحه نمایش اسیلوسکوپ و یا در هر نقطه دلخواه دیگری از صفحه نمایش تنظیم می‌کنیم و سپس کلید فوق را در حالت DC قرار می‌دهیم تا سیگنال اعمال شده به اسیلوسکوپ بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ ظاهر شود . حال در صورتی که سیگنال ورودی ، یک سیگنال AC باشد برای بدست آوردن ولتاژ پیک آن ، تعداد خانه های اشغال شده بین محل تنظیم اشعه در حالت GND و پیک سیگنال AC را شمرده و در ضریب Volt/Div ضرب کرده و برای بدست آوردن ولتاژ مؤثر این سیگنال مقدار ولتاژ پیک بدست آمده را بر 1.414 تقسیم می‌کنیم . به عنوان مثال در شکل زیر یک سیگنال سینوسی بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش داده شده است. اگر ضریب Volt/Div برابر با 5 ولت باشد مقدار ولتاژ پیک و مؤثر این سیگنال را بدست آورید.



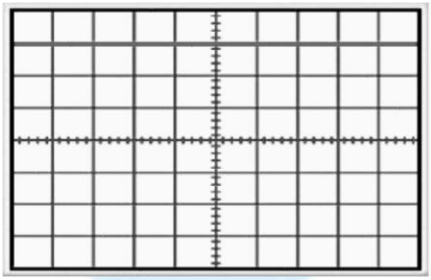
فاصله قله سیگنال سینوسی نمایش داده شده در شکل تا محور X ها برابر است با فاصله دره این سیگنال سینوسی تا محور X ها. بنابراین محور X ها را به عنوان ولتاژ صفر ولت در نظر می‌گیریم. حال برای بدست آوردن ولتاژ پیک سیگنال سینوسی ابتدا خانه های بین پیک سیگنال سینوسی و محور X ها را می‌شماریم که با توجه به شکل تعداد این خانه هاعدد 3 می‌باشد و سپس با ضرب کردن تعداد خانه های شمارش شده در ضریب Volt/Div مقدار ولتاژ پیک سیگنال سینوسی بدست می‌آید. یعنی در این مثال مقدار ولتاژ پیک سیگنال سینوسی برابر است با :

$$V_P = 3 \times 5v = 15\ v$$

برای بدست آوردن ولتاژ مؤثر سیگنال سینوسی فقط کافی است مقدار ولتاژ پیک سیگنال سینوسی را بر 1.414 تقسیم کنیم . یعنی در این مثال مقدار ولتاژ مؤثر سیگنالی سینوسی برابر است با :

$$V_{eff} = \frac{15}{1.414} = 10.6\ v$$

حال اگر ولتاژ مورد اندازه‌گیری یک ولتاژ DC باشد تعداد خانه های اشغال شده بین محل تنظیم اشعه در حالت GND و ولتاژ DC را شمرده و در ضریب Volt/Div ضرب می‌کنیم تا مقدار ولتاژ DC بدست آید. به عنوان مثال در شکل زیر یک ولتاژ DC روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش داده شده است . اگر ضریب Volt/Div برابر با 2 ولت باشد مقدار این ولتاژ DC را بدست آورید.

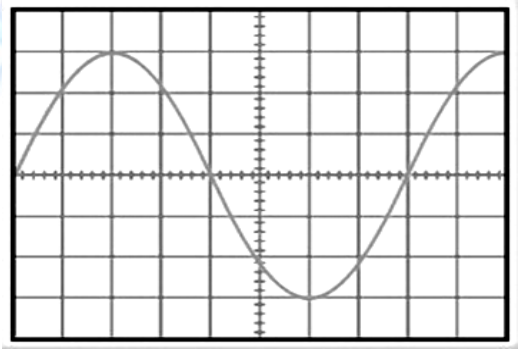


با فرض اینکه محل تنظیم اشعه در حالت GND ، محور X ها بوده است تعداد خانه های بین ولتاژ DC و محور X ها را می‌شماریم که با توجه به شکل تعداد این خانه ها عدد 3 می‌باشد . حال از ضرب تعداد خانه های شمارش شده در ضریب Volt/Div ، مقدار ولتاژ DC بدست می‌آید.

$$V_{DC} = 2 \times 3v = 6\,v$$

اندازه‌گیری زمان تناوب و فرکانس : برای اندازه‌گیری زمان تناوب یک موج متناوب باید ابتدا ولوم Variable Volt را در حالت Cal قرار داده و سپس تعداد خانه های در بر گرفته شده توسط یک موج متناوب را در ضریب Time/Div ضرب نمود.

به عنوان مثال با فرض اینکه ضریب Time/Div برابر با 0.5 میلی‌ثانیه و ولوم Variable Volt در حالت Cal باشد زمان تناوب شکل موج نمایش داده شده در شکل زیر را بدست آورید.



همانطور که در شکل مشاده می‌کنید تعداد خانه های در بر گرفته شده توسط یک سیکل برابر با 8 خانه می‌باشد. بنابراین زمان تناوب برابر است با :

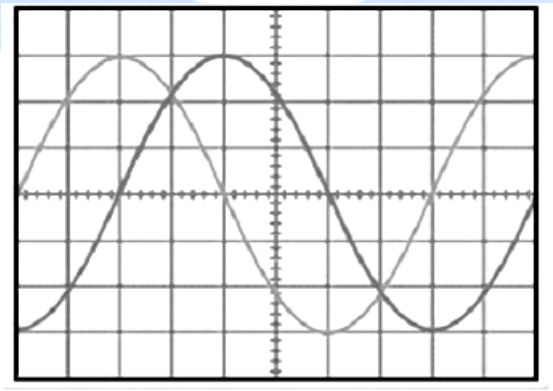
$T = 8 \times 0.5\, ms = 4\, ms$

اگر بخواهیم فرکانس یک سیگنال متناوب را بدست آوریم تنها کافی است عدد یک را بر زمان تناوب آن سیگنال تقسیم کنیم به عنوان مثال فرکانس موج سینوسی نمایش داده شده در شکل بالا برابر است با :

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{4\, ms} = 250\, Hz$$

اندازه گیری اختلاف فاز : با توجه به اینکه اسیلوسکوپ‌های دو کاناله می‌توانند همزمان دو شکل موج را نمایش دهند امکان اندازه‌گیری اختلاف فاز بین دو موج متناوب هم‌فرکانس توسط این نوع اسیلوسکوپ‌ها امکان‌پذیر است. برای این منظور دو روش وجود دارد.

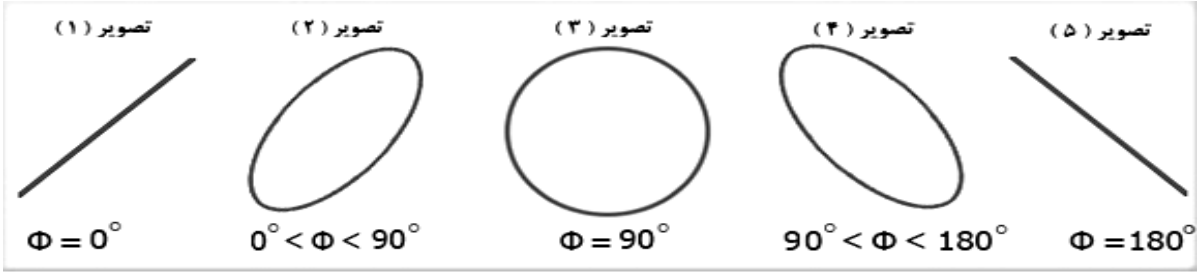
روش اول: ابتدا توسط کلید Time/Div و ولوم Volt Variable سعی می‌کنیم یک سیکل از سیگنال متناوب ، تعداد خانه‌های زیادی را در برگیرد (در اندازه‌گیری اختلاف فاز چون کاری با ضرایب Time/Div نداریم ، می‌توانیم ولوم Volt Variable را از حالت Cal خارج کنیم) سپس 360 درجه را بر تعداد خانه-های در برگرفته شده توسط یک سیکل تقسیم می‌کنیم تا مقدار اختلاف فاز به ازای هر خانه مشخص شود. سپس تعداد خانه های قرار گرفته بین دو شکل موج در راستای افقی را در مقدار اختلاف فاز به ازای هر خانه ضرب می‌کنیم تا اختلاف فاز بین دو شکل موج بدست آید. اختلاف فاز را با φ نمایش می-دهند . به عنوان مثال در شکل زیر اختلاف فاز بین دو شکل چقدر است ؟



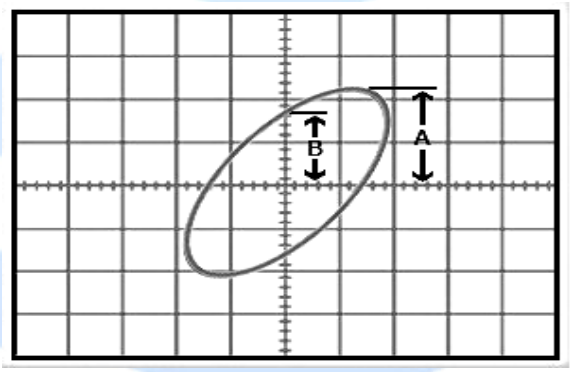
$$\text{اختلاف فاز به ازای هر خانه} = \frac{360°}{8} = 45° \quad \rightarrow \quad \varphi = 45° \times 2 = 90°$$

بنابراین این دو شکل موج ، با یکدیگر 90 درجه اختلاف فاز دارند.

روش دوم: برای اندازه گیری اختلاف فاز بین دو شکل موج ، استفاده از اشکال لیساژو است. برای این منظور اسیلوسکوپ را در حالت X-Y قرار داده و پس از اعمال شکل موج ها به کانال های X و Y ، توسط کلید Volt/Div و ولوم Volt Variable هر یک از دو کانال ، شکل موج ایجاد شده بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ را طوری تنظیم می‌کنیم که تا حد امکان بزرگ و تماماً داخل صفحه نمایش اسیلوسکوپ باشد. در این صورت یکی از پنج تصویر نشان داده شده در شکل زیر بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ ظاهر می‌شود.

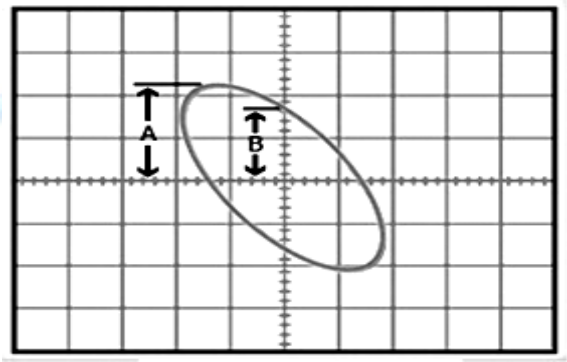


در تصویر های ۱ و ۳ و ۵ مقدار اختلاف فاز بین دو موج مشخص است اما در تصویر ۲ برای بدست آوردن اختلاف فاز بین دو موج به طریق زیر عمل می‌کنیم :



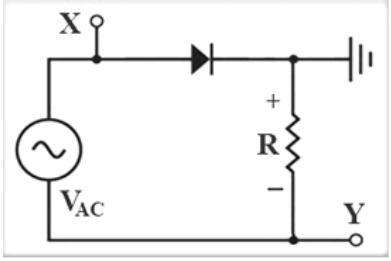
$$\varphi = sin^{-1}\left(\frac{B}{A}\right)$$

در صورت ایجاد تصویر ۴ بر ر وی صفحه نمایش اسیلوسکوپ ، از رابطه زیر برای محاسبه اختلاف فاز بین دو شکل موج استفاده می‌شود :

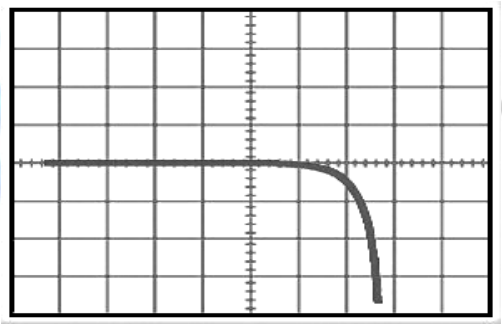


$$\varphi = 180° - \sin^{-1}\left(\frac{B}{A}\right)$$

مشاهده منحنی مشخصه ولت – آمپر دیود : برای رسم منحنی مشخصه ولت – آمپر دیود باید از مدار نمایش داده شده در شکل زیر استفاده کرد .

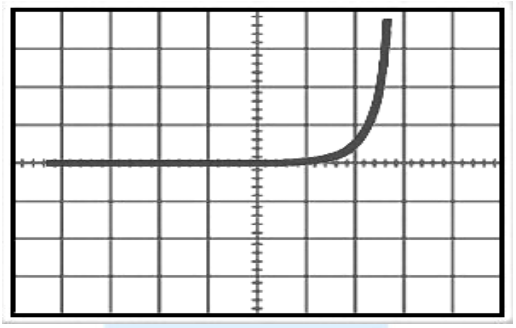


در این شکل با توجه به اینکه اسیلوسکوپ یک ولت متر است و توانایی اندازه گیری جریان را به طور مستقیم ندارد و از طرفی منحنی مشخصه ولت – آمپر دیود در حقیقت جریان دیود بر حسب ولتاژ دو سر آن است. لذا با عبور دادن جریان دیود از یک مقاومت ، جریان را تبدیل به ولتاژ می کنیم. حال با اندازه گیری ولتاژ مربوط به کانال Y و تقسیم آن بر مقدار مقاومت می توانیم مقدار جریان را نیز اندازه بگیریم . معمولاً برای راحتی محاسبات مقدار مقاومت را $1\ K\Omega$ در نظر می گیرند. در این صورت چون به ازای هر یک میلی آمپر جریان ، ولتاژ دو سر مقاومت به اندازه یک ولت افزایش می یابد ، لذا هر یک ولت ولتاژ روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ در راستای عمودی را معادل یک میلی آمپر جریان برای دیود محسوب می کنیم . برای مشاهده منحنی مشخصه ولت – آمپر دیود ، ابتدا اسیلوسکوپ را در حالت X–Y قرار می دهیم و سپس قسمت هایی از مدار فوق را که با X و Y مشخص شده اند به ورودی های X و Y اسیلوسکوپ وصل می کنیم . در ادامه با تنظیم کلید Volt/Div و قرار دادن ولوم Volt Variable روی حالت Cal ، تصویری همانند شکل زیر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ ظاهر می شود.



دلیل اینکه منحنی مشخصه ولت – آمپر دیود مطابق شکل بالا ظاهر می شود، این است که پروب کانال Y به طور معکوس به دو سر مقاومت وصل شده است و لذا ولتاژ دو سر مقاومت همواره منفی می باشد . برای اینکه منحنی مشخصه ولت – آمپر دیود به طور صحیح بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ

نمایش داده شود باید توسط کلید CH2INV ، شکل موج کانال Y را نسبت به محورx ها معکوس کنیم . در این صورت منحنی مشخصه ولت – آمپر دیود همانند شکل زیر بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ ظاهر خواهد شد.



دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

اجرای آزمایش:

اندازه گیری ولتاژ و فرکانس :

بوسیله سیم رابط پروب که در وضعیت (1 X) قرار دارد ، موج سینوسی منبع تغذیه 4 ولت متناوب را به ترمینال Y بدهید ، کلید دو طرفه این کانال را در وضعیت AC قرار دهید.

با تغییر سلکتور عمودی VOLTS/DIV و تغییر سلکتور افقی موج ایجاد شده را بر صفحه حساس ثابت نموده و پس از مشاهده موج مورد نظر دامنه و فرکانس موج آن را اندازه گیری نمایید .

این آزمایش را با تغییر ضریب تضعیف پروب (10 X) تکرار کرده و جدول زیر را تکمیل کنید.

U	ضریب پروب	VOLTS/DIV	TIME/DIV	X	Y	f	V
4 v	1 X						
	10 X						
6 v	1 X						
	10 X						

اندازه گیری ولتاژ و فرکانس موج مربعی :

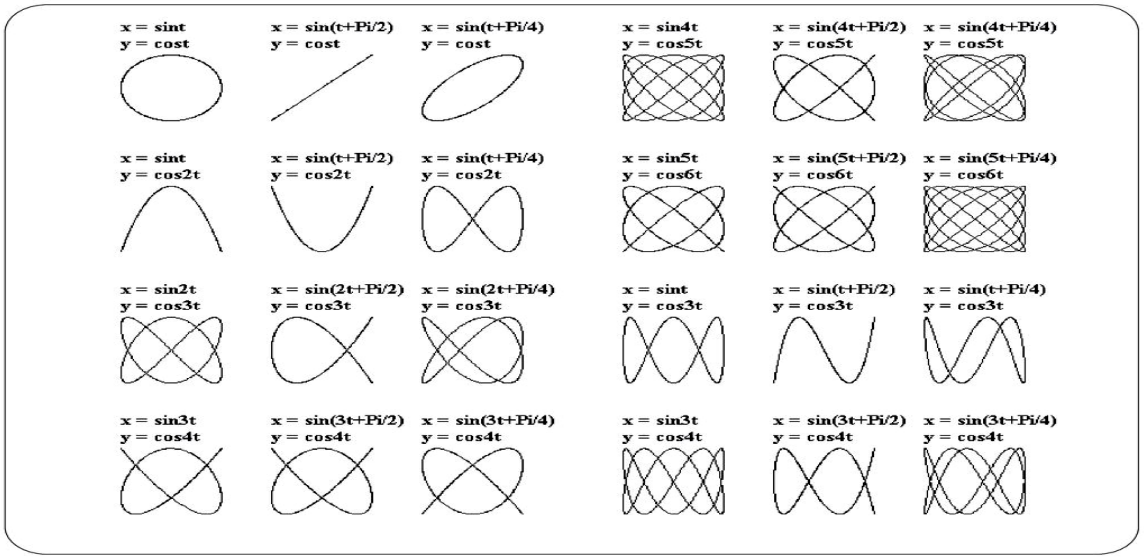
موج مربعی داخلی اسیلوسکوپ را توسط سیم رابط پروب به ورودی داده و پس از مشاهده آن بر صفحه اسیلوسکوپ دامنه و فرکانس آن را بدست آوردید و در جدول یادداشت کنید.

ولتاژ موج مربعی	ضریب پروب	VOLTS/DIV	TIME/DIV	X	Y	f	V
	1 X						
	10 X						

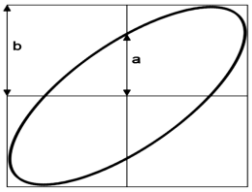
آزمایش شماره 12

مطالعه منحنی های لیساژو در مدارهای با جریان متناوب

از ترکیب دو موج سینوسی $x(t)=a\sin(\omega t+\varphi)$ و $y(t)=b\sin t$ در دو امتداد عمود بر هم به شرط آنکه فرکانس یکی مضرب صحیحی از فرکانس دیگری باشد اشکال بسته ای تشکیل میشود که به اشکال لیساژو معروف هستند. چند نمونه از آنها را در شکل زیر مشاهده می کنید.



به کمك منحنیهای لیساژو، میتوان اختلاف فاز میان دو موج سینوسی هم فرکانس و نیز نسبت فرکانسي دو موج سینوسی را به دست آورد.



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

اگر f_x فرکانس یک موج سینوسی $x = a\mathrm{Sin}\omega_x t$ و f_y فرکانس موج سینوسی $y = b\mathrm{Sin}\omega_y t$ باشد.

چنانچه موج x را به ورودی X و موج y را به ورودی Y اسیلوسکوپ بدهیم، تصویرهایی پدید میآید که در جهت محورهای مختصات دارای بیشینه هایی خواهند بود:

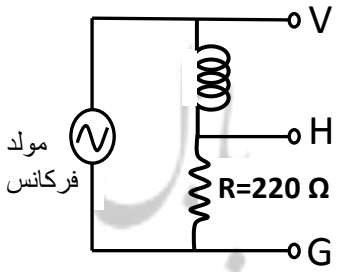
$$\frac{f_y}{f_x} = \frac{N_x}{N_y} = \frac{\text{تعداد نقطه های بیشینه در امتداد محور افقی}}{\text{تعداد نقطه های بیشینه در امتداد محور عمودی}}$$

اجرای آزمایش:

برای مطالعه تئوری مدار RLC به قسمت تئوری آزمایش 8 مراجعه کنید.

الف) تعیین ضریب خودالقایی بوبین و اختلاف فاز در مدار RL:

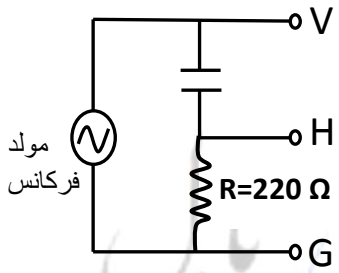
- ✓ با استفاده از یك بوبین و مقاومت $R = 220\ \Omega$ مداری را مطابق شکل زیر ببندید. نقطه های G , H را به ورودی افقی و نقطه های G , V را به ورودی قائم وصل کنید که G معرف زمین اسیلوسکوپ است (توجه کنید که زمین مولد فرکانس به زمین اسیلوسکوپ وصل شود).
- ✓ کنترل (TIME/DIV) را در وضعیت XY قرار دهید و کنترل (VOLTS/DIV) را برای هر دو کانال روی عددی یکسان تنظیم کنید.
- ✓ کلید سه حالته DC-GND-AC را برای هر دو کانال در حالت GND قرار داده و با کنترل position محور افقی و قائم، نقطه نورانی را در وسط صفحه قرار دهید و بعد از تنظیم زمین، کلید سه حالته را برای هر دو کانال در وضعیت AC قرار دهید.
- ✓ با تنظیم فرکانس در بازه 20 تا 120 هرتز، یك بیضی مشاهده میکنید.با تکرار آزمایش برای فرکانسهای مختلف در بازه ذکر شده وبا اندازه گیری a وb ، $\sin\varphi$ را محاسبه کرده و جدول زیر را کامل کنید.
- ✓ منحنی نمایش تغییرات $\tan\varphi$ را بر حسب فرکانس رسم کنید و با استفاده از شیب خط ضریب خودالقایی بوبین را محاسبه کنید. (با استفاده از رابطه $\tan\varphi = \frac{X_L}{R}$).



$f(Hz)$	30	60	90	120
$\sin\varphi$				
$\tan\varphi$				

ب) تعیین ظرفیت خازن و اختلاف فاز در مدار RC:

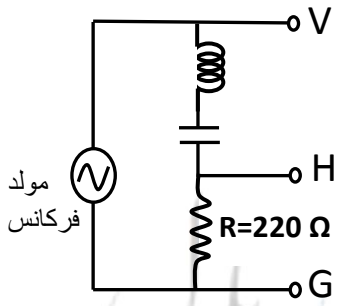
- ✓ با استفاده از یك خازن و مقاومت $R = 220\ \Omega$ مداری را مطابق شکل زیر ببندید. نقطه های G , H را به ورودی افقی و نقطه های G , V را به ورودی قائم وصل کنید که G معرف زمین اسیلوسکوپ است (توجه کنید که زمین مولد فرکانس به زمین اسیلوسکوپ وصل شود).
- ✓ کنترل (TIME/DIV) را در وضعیت XY قرار دهید و کنترل (VOLTS/DIV) را برای هر دو کانال روی عددی یکسان تنظیم کنید.
- ✓ کلید سه حالته DC-GND-AC را برای هر دو کانال در حالت GND قرار داده و با کنترل position محور افقی و قائم، نقطه نورانی را در وسط صفحه قرار دهید و بعد از تنظیم زمین، کلید سه حالته را برای هر دو کانال در وضعیت AC قرار دهید.
- ✓ با تنظیم فرکانس در بازه 30 تا 200 هرتز، یك بیضی مشاهده میکنید .با تکرار آزمایش برای فرکانسهای مختلف در بازه ذکر شده وبا اندازه گیری a وb ، $\sin\varphi$ را محاسبه کرده و جدول زیر را کامل کنید.
- ✓ منحنی نمایش تغییرات $\tan\varphi$ را بر حسب فرکانس رسم کنید و با استفاده از شیب خط ضریب خودالقایی بوبین را محاسبه کنید. (با استفاده از رابطه $\tan\varphi = \frac{-X_C}{R}$).



$f(Hz)$	50	100	150	200
$\sin\varphi$				
$\tan\varphi$				

ج) مدار تشدید RLC:

- ✓ با استفاده از یك بوبین ،خازن و مقاومت $R = 220\ \Omega$ مداری را مطابق شکل زیر ببندید. نقطه های G , H را به ورودی افقی و نقطه های G , V را به ورودی قائم وصل کنید که G معرف زمین اسیلوسکوپ است (توجه کنید که زمین مولد فرکانس به زمین اسیلوسکوپ وصل شود).
- ✓ کنترل (TIME/DIV) را در وضعیت XY قرار دهید و کنترل (VOLTS/DIV) را برای هر دو کانال روی عددی یکسان تنظیم کنید.
- ✓ کلید سه حالته DC-GND-AC را برای هر دو کانال در حالت GND قرار داده و با کنترل position محور افقی و قائم، نقطه نورانی را در وسط صفحه قرار دهید و بعد از تنظیم زمین، کلید سه حالته را برای هر
دو کانال در وضعیت AC قرار دهید.
- ✓ با تنظیم فرکانس یك بیضی مشاهده میکنید فرکانس را تغییر دهید تا تشدید حاصل شود(تشدید زمانی اتفاق میافتد که بیضی به خط راست تبدیل شود.)
- ✓ به ازاء فرکانسهای حول فرکانس تشدید a و b را اندازه گیری و $\sin\varphi$ را محاسبه کرده و جدول زیر را کامل کنید.

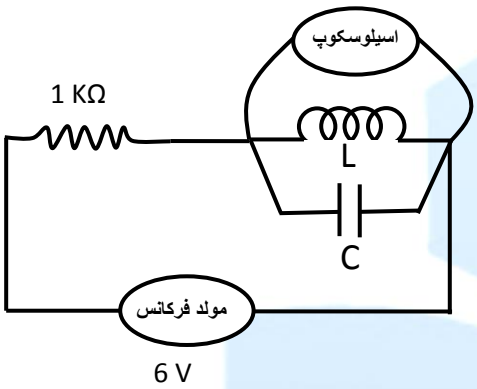


$f(Hz)$					
$\sin\varphi$			صفر		

دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

روش دوم اندازه گیری فرکانس تشدید:

مداری مطابق شکل زیر را بسته و سپس با تغییر دادن فرکانس توسط سوییچ مولد فرکانس، حالت تشدید (ماکزیمم پیك دامنه از روی اسیلوسکوپ) را در مدار بوجود آورده، سپس جدول زیر را کامل کنید. (ولتاژ مولد فرکانس را روی 6 ولت قرار دهید).



C	L	f_c	حالت تشدید
			سلف موازی با خازن $3.3\ \mu F$
			سلف موازی با خازن مجهول C_x

سوالات:

1-چرا هنگامی که مدار شامل یك القاگر و یك مقاومت به طور سری باشد، ولتاژ نسبت به جریان، تقدم فاز دارد؟

2-فرکانس تشدید چه رابطه ای با پارامترهای R ، L و C دارد؟ توضیح دهید.

پایان