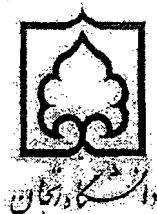
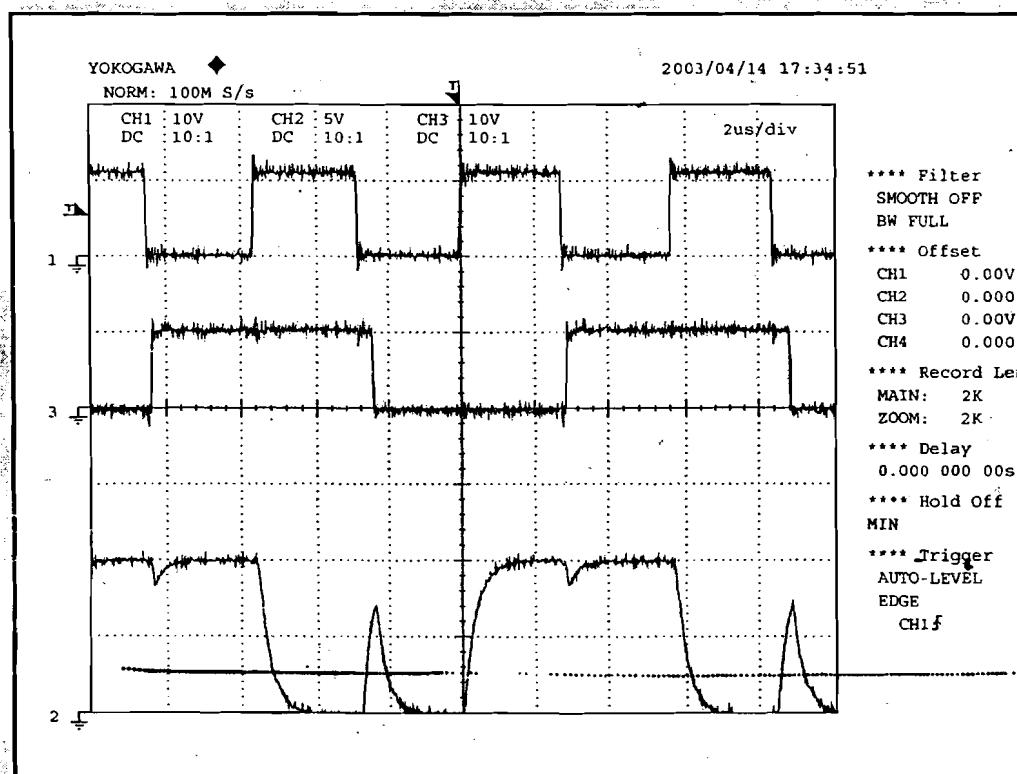


دانشکده مهندسی

دانشگاه زنجان



دستور کار آزمایشگاه مدار و اندازه کیری



«تهیه و تنظیم»

مهندس رله‌خانی علی اکبر سلیمانی

فهرست مطالب

| صفحه | ***** | عنوان |
|---------------|-------|-----------|
| (۱-۱۱)..... | ***** | مقدمه |
| (۱۲-۱۳) | ***** | آزمایش ۱ |
| (۱۴-۱۵) | ***** | آزمایش ۲ |
| (۱۶-۱۸) | ***** | آزمایش ۳ |
| (۱۹-۲۱) | ***** | آزمایش ۴ |
| (۲۲-۲۴) | ***** | آزمایش ۵ |
| (۲۵-۲۶) | ***** | آزمایش ۶ |
| (۲۷-۲۸) | ***** | آزمایش ۷ |
| (۲۹-۳۱) | ***** | آزمایش ۸ |
| (۳۲)..... | ***** | آزمایش ۹ |
| (۳۳-۳۴) | ***** | آزمایش ۱۰ |

مقدمه

علوم تجربی به مفهوم science (فیزیک-شیمی-زمینه شناسی-علوم مهندسی و...) با هر روشی که مطالعه و بررسی شوند، نتایج بدست آمده نهایتاً باید از طریق تجربه و آزمایش مورد تایید قرار گیرند. حتی اگر موضوعی با قویترین استدلالها و دقیقترین معادلات ریاضی آنالیز شده باشد تا تمام روابط و نتایج با تجربه و آزمایش سازگار نباشند ارائه آنها به صورت اصول، روابط و قوانین علمی امکان پذیر نخواهد بود. (هر چند تعداد آزمایشها و تجربه محدود بوده و به تعداد حالت‌های دربر گیرنده آن موضوع نیست.)

در مطالعه و بررسی علمی یک موضوع آزمایش و اندازه گیری کمیتها و روابط مرحله اساسی در زمینه مورد نظر را تشکیل می‌دهند چنانکه میتوان گفت "موضوع و مفهومی که نمی‌توانیم آن را اندازه بگیریم در واقع چیزی زیادی در مورد آن نمی‌دانیم" واضح است که اندازه گیری و آزمایش در آنالیز، طراحی، ساخت، بهبود کیفیت و ایجاد تکنولوژی که همگی مربوط به علوم مهندسی هستند نسبت به سایر علوم از اهمیت و گستردگی زیادی برخوردار است.

بطور کلی وظیفه رشته‌های مختلف مهندسی ساخت و سایل و دستگاههای مورد نیاز و دلخواه با استفاده از قوانین علمی و مهارت‌های تکنولوژیکی می‌باشد. بنابراین مهندسین با ساختن دستگاهها و یا اجزاء آنها سروکار دارند. بدیهی است این امر بدون شناخت و آگاهی از قوانین مختلف از جمله قوانین علوم مهندسی و نیز بدون داشتن آگاهی از اجزاء تشکیل دهنده سیستمها مقدور نخواهد بود. بالطبع مقدمه فعالیتهای مهندسی آموختن اصول و مبانی و قوانین مربوطه است. به بیان دیگر مهندسی عبارت است از طراحی (synthesis) (دستگاهها و سیستمها و اجزاء آنها و مقدمه آن عبارت از تجزیه و تحلیل (analysis) یا همان شناخت و درک اصول و قوانین علمی مربوطه.

در دوره آموزشی کلاسیک کشور ما در دیبرستان و اوایل دانشگاه تقریباً همه سعی و تلاش بر فراگیری علوم متمرکز می‌شود (ظاهراً این امر اجتناب ناپذیر به نظر می‌رسد). وسیس دانشجو کم کم با مبانی طراحی آشنایی گردد. البته این بدان معنی نیست که در یک زمان خاص نیاز به تجزیه و تحلیل پایان می‌یابد بلکه بهتر است بگوئیم برای کسی که به امر طراحی اشتغال دارد نیاز به تجزیه و تحلیل هیچ وقت پایان نمی‌پذیرد.

شناخت پدیده‌ها و قوانین مختلف شامل دو مرحله است. بررسی تئوریک یا نظری و انجام آزمایش و تجربه کردن. باید توجه داشت که کسب تجربیات عملی باید مبتنی بر دانسته‌های تئوریک باشد. عبارت دیگر زمانی باید به انجام یک آزمایش پردازیم که تئوری آنرا قبل از اگرفته باشیم. بزیان ساده تر شخصی می‌تواند یک آزمایش عملی موفق انجام دهد که از لحاظ تئوری و نظری قوی باشد. از اینرو جایگاه مسائل تئوری و آزمایش‌های عملی در مهندسی مشخص می‌گردد. دانشجو ابتدا باید مطالب تئوریک را به خوبی فراگیرد و پس از تسلط به مطالب تئوری نسبت به انجام آزمایش در زمینه‌های که امکان انجام آزمایش وجود دارد آزمایش‌های مربوطه را انجام دهد. اینجاست که مشخص می‌گردد که برای انجام هر آزمایش مقدمه آن که تئوری مربوط به آن آزمایش است باید قبل از مطالعه و فراگرفته شده باشد.

۵ نتایج حاصل از انجام آزمایش:

از انجام آزمایش چندین نتیجه بدست می آید که به اختصار به آنها اشاره می شود.

۱. مسائل ذهنی بصورت عینی و ملموس در می آیند و رضایت بیشتری حاصل میگردد.

۲. اگر چنانچه استنباط اشتباهی از یک مسئله تئوری در ذهن کسی نقش بسته باشد با انجام آزمایش و بررسی نتایج به اشتباه خود پی برده و صورت صحیح مسئله در ذهن جای خواهد گرفت.

۳. معمولاً در مباحث تئوریک بیشتر از مسائل کیفی (Qualitative) صحبت به میان می آید

لیکن در آزمایشگاه دانشجو با مسائل کمی (Quantitive) بیشتری سرو کار دارد بعنوان مثال بسیار ساده دانشجو در آزمایشگاه بصورت عینی متوجه این مسئله میگردد که اندازه فیزیکی مقاومتها به میزان توان قابل تحمل آنها بستگی دارد و نه به مقدار اهم آنها. مثال دوم آنکه دانشجو بعد از ورود به آزمایشگاه متوجه خواهد شد که تأمین یک جریان ۱۰۰A برای انجام یک آزمایش کار ساده ای به لحاظ عملی نبوده و احتیاج به وسائل و تجهیزات بزرگ و پر حجمی دارد.

۴. با محدودیت امکانات در عمل و نحوه مواجهه در تئوری و عمل و نیز تفاوت آنها آشنا می گردد. مثلاً در تئوری مدار هیچ محدودیتی روی مقادیر عناصر مقاومت و خازن و سلف وجود ندارد (لزومی هم بر این کار نیست) اما در عمل عناصر فقط با مقادیر مشخص ساخته می شوندو قابل دست رس هستند و نه با همه مقادیر و باید طراحی را با توجه به مقادیر موجود انجام داد و یا مثلاً دامنه و فرکانس یک منبع ولتاژ نمی تواند هر رنج دلخواهی را شامل شود.

۶ هدف کلی دروس عملی و آزمایشگاهی

آزمایشگاه و آزمایش کلا به تحقق بخشیدن اهداف مختلف کمک می کنند از جمله:

۱- تقویت اعتماد به نفس و اطمینان آزمایشگر در حل مسائل مورد بحث

۲- آشنا ساختن آزمایشگر به نظریه علت و معلول

۳- ایجاد استقلال در قضاوت و نتیجه گیری از آن

۴- بوجود آوردن تجربات علمی در آزمایشگر

۵- تقویت قدرت تنظیم آزمایشگر در تهیه گزارش‌های دقیق و تقویت دقت مشاهده آزمایش کننده

۶- آشنا شدن با وسائل مورد احتیاج در صنعت

۷- مقایسه نتایج آزمایش با نتایج حاصله از محاسبه و تحقیق در صحت روابط تئوری.

۷ خطای در آزمایش

در آزمایشگاه پیدا کردن یک جواب صحیح و دقیق با وصل کردن دستگاهها بهم و خواندن درجات آنها و ضرب و تقسیم ممکن نیست. بلکه لازمه اندازه گیری یک کمیت بطور دقیق در مرحله اول دانستن تئوری آزمایش و روش انجام آن و در مرحله دوم آشناشی کامل با دستگاهها می باشد. در انجام آزمایش بایستی سعی کرد که خطای را به حداقل مقدار خود رساند و حتی در بعضی مواقع لازم است یک سری آزمایش‌های اضافی برای تعیین منابع

خطاهای انجام شود. در اندازه گیری بایستی بطور دقیق مفهوم دقت، صحت، تفاوت و خطا را دانست و در آزمایش بررسی تأثیر انواع خطاهای لازم و ضروری است.

۷) دقت: دقت یعنی پا بر جا بودن و داشتن قابلیت نتایج یکسان در اندازه گیریهای مکرر.

۷) صحت: قدرت درست نشان دادن یک کمیت بواسیله دستگاه را (نسبت به کمیت واقعی) صحت دستگاه گویند.

۷) تفاوت: اختلافی که در اندازه گیری یک کمیت در اثرناخالصی مواد و عناصر دستگاه نسبت به کمیت واقعی بوجود می آید تفاوت نامیده می شود.

۷) خطا: مقادیر خوانده شده از دستگاه را با در نظر گرفتن دقت و صحت و تفاوت نسبت به مقدار واقعی را خطا گویند.

انواع خطاهای:

۱- خطای ناشی از ساختمان و دقت دستگاه اندازه گیری

۲- خطای ناشی از روش اندازه گیری

۳- خطای ناشی از مهارت شخص اندازه گیر و تأثیر عوامل خارجی روی دستگاه

۵ نکات کلی و فنی

نکات عمومی و فنی که باید در آزمایشگاه و هنگام انجام آزمایش رعایت گردد.

■ نکات عمومی:

۱- مهمترین نکته ای که در هر آزمایشگاه باید مد نظر قرار گیرد و کاملا رعایت گردد.

رعایت مسائل ایمنی برای همه افراد حاضر در محیط آزمایشگاه می باشد.

۲- حضور بموقع در آزمایشگاه

۳- همراه داشتن کلیه لوازم التحریر مورد نیاز از جمله قلم و خط کش و بویژه ماشین حساب

۴- پرهیز از قراردادن کیف و وسائل غیر ضرور بر روی میز آزمایش و قرار دادن آنها در محل مناسب

۵- چیدن وسائل مورد نیاز آزمایش بصورت منظم و مرتب بر روی میز آزمایش

۶- پرهیز از قرار دادن وسائل آزمایشگاه در حالتی که خطری آنها را تهدید کند.

■ نکات فنی:

۱- اولین و مهمترین اصل فنی که در باید در هنگام آزمایش رعایت گردد. عدم انجام آزمایش در حالتی است که احتمال بروز خطر وجود دارد.

۲- در هنگام بستن مدارها باید دقت کرد که از طول مناسب سیمها استفاده گردد.

۳- در هنگام انجام آزمایش به ترتیب زیر عمل کنید:

- الف) در حالتیکه منبع تغذیه خاموش است مدار مورد نظر را بیندید.
- ب) دقت شود که رنج دستگاههای اندازه گیری مانند ولتمترها و آمپرmetrها مناسب انتخاب شده باشد.
- ت) با قراردادن ولتاژ منبع تغذیه در مقدار صفر منبع تغذیه را روشن نموده و پس از حصول اطمینان از عدم وجود خطر برای دستگاهها اقدام به افزایش ولتاژ منبع تا میزان مورد نظر نمائید.
- اکیدا از تعجیل در انجام آزمایش بدليل کمبود وقت پرهیز کنید.
- ۵- در صورت بروز هر مشکلی مریان آزمایشگاه را مطلع نمائید.
- ۶- در صورت عدم اطلاع از چگونگی انجام آزمایش از مریان آزمایشگاه سؤال کنید و با حدس و گمان دست به انجام آزمایش نزنید.

۲ نحوه تهیه گزارش

- نظر به اینکه نحوه تنظیم گزارش در دست یابی به اهداف دروس آزمایشگاهی مؤثر است لذا دانشجویان بایستی در ارائه گزارش به نکات زیر توجه نمایند و لازم است در گزارش هر آزمایش آنها را دقیقاً رعایت کنند.
- ۱- هدف آزمایش: تبیین هدف آزمایش و ذکر قوانین و قضایا ویا روشهای که در آن آزمایش مد نظر می باشند.
 - ۲- تئوری آزمایش: در این قسمت تئوری آزمایش به دقیق و روشن و به اختصار ذکر می شود.
 - ۳- انجام آزمایش: در این مرحله داده ها و مقادیر اندازه گیری شده بصورت جداول و فرمهای مناسب ثبت می گردد.
 - ۴- رسم نمودارها: منحنیهای خواسته شده باید در مختصات مناسب و با محورهای مندرج متناسب با مقادیر رسم شوندو کاغذ میلیمتری -نیمه لگاریتمی -تمام لگاریتمی معمولاً ضروری است و مقیاسها در محورها بصورت $1,2,3, \dots, 1/2, 1/3, 1/4$... انتخاب می گردند و اگر در روی یک محور مختصات چند منحنی رسم شوند باید با علامتهای مناسب ویا رنگها از هم متمایز شوند.
 - ۵- بدست آوردن نتایج از طریق محاسبه و تئوری و مقایسه آنها با نتایج آزمایش.
 - ۶- محاسبه خطای برای تمام آزمایشها محاسبه خطای ضروری است. لذا باید روشهای مختلف محاسبه خطای که در منابع و دروس با آنها آشنا شده اید مرور کرده و در موقع آزمایش دقت و خطای دستگاههای اندازه گیری را یادداشت نمایید.
 - ۷- تجزیه و تحلیل نتایج آزمایش و محاسبه واستنتاج علمی و کاربردی .
 - ۸- ارائه پیشنهادات و نظریات تکمیلی برای بهتر شدن هر آزمایش و مشخص کردن نواقص و اشکالات دستور کار(روش آزمایش. وسائل آزمایش. زمان آزمایش. تئوری آزمایش و...)
 - ۹- سوالات ورسم منحنیها و قسمتهای که با ستاره مشخص شده اند با در منزل و موقع تهیه گزارش انجام گیرد و در محل آزمایشگاه فقط مراحل انجام آزمایش پیگیری شودو محاسبات و..... تماماً در منزل انجام گیرد. مگر به مقدار ضرور و اطمینان از نتایج آزمایش

۱۰- بند های مشخص شده با ستاره (x) کلا در موقع تهیه گزارش انجام گیرد و در موقع انجام آزمایش لزومی به انجام آن نیست.

۱۱- زمان تحويل گزارش هر آزمایش حداکثر یک هفته بعد از اتمام آزمایش می باشد و بعد از آن به هیچ عنوانی گزارش مربوطه تحويل گرفته نخواهد شد.

(تذکر مهم) ۱۲- بعد از اتمام هر آزمایش نتایج بایستی در فرمهای مربوطه ثبت و به تایید مسئول آزمایشگاه بررسد. (نتایج ثبت شده در این فرمها به گزارش کار تحويل داده شده الصاق و در موقع تصحیح گزارش بر مبنای آن عمل خواهد شد).

۳ محاسبه خطای در آزمایشها

اغلب اوقات یک کمیت از روی چند کمیت قابل اندازه گیری در آزمایشگاه مشخص و محاسبه می گردد. واضح است که خطای در کمیتهای اندازه گیری شده باعث خطای در کمیت مورد نظر خواهد شد. در اینجا بطور مختصر به روش محاسبه خطای در اینگونه موارد اشاره می گردد. بطور کلی خطای موجود در اندازه گیری به دو نوع خطای مطلق و خطای نسبی قابل تقسیم است. خطای مطلق عبارت است از اختلاف مقدار اندازه گیری شده با مقدار واقعی که معمولاً با قدر مطلق بیان میشود.

$$|\Delta Q| = |Q - \bar{Q}| \quad (1)$$

که در آن \bar{Q} مقدار اندازه گیری شده و Q مقدار واقعی کمیت را نشان می دهد و خطای نسبی عبارت است از:

$$r = \frac{|\bar{Q} - Q|}{|Q|} = \frac{|\Delta Q|}{|Q|}$$

که معمولاً در صد ضرب می شود اما در عمل به مقدار واقعی (تحقيقی) دسترسی نداریم در نتیجه سعی بر آن است که از ماکریم مقدار که به روشهای مختلف بدست می آید استفاده گردد.

$$|Q| = |\bar{Q} - (\bar{Q} - Q)| \leq |\bar{Q}| - |\bar{Q} - Q| = |\bar{Q}| - \Delta Q \quad (3)$$

$$r \leq \frac{\Delta Q}{|\bar{Q}| - \Delta Q}$$

لازم بذکر است که خطای نسبی مفهوم واقعی و مفیدتری را ارائه می کند بعنوان مثال در اندازه گیری جریانهای A و $A/100$ با آمپر متر دارای خطای 0.1% ، خطای مطلق برای هر دو جریان یکسان و همان 0.1% می باشد در حالی که خطای نسبی برای جریان یک آمپری 0.1% و برای صد آمپری 0.001% است که مشخص است که اندازه گیری مربوط به صد آمپر دقیقتر می باشد.

محاسبه خطای در حالت کلی می توان ارتباط کمیت مورد نظر را با تابع چند متغیره بصورت زیر نشان داد:

$$Y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \quad (4)$$

با محاسبه دیفرانسیل کامل و با جایگزینی آن با نمو خواهیم داشت:

$$dy = \frac{\partial f}{\partial x_1} dx_1 + \frac{\partial f}{\partial x_2} dx_2 + \dots + \frac{\partial f}{\partial x_n} dx_n \quad (5)$$

$$\Delta y = \frac{\partial f}{\partial x_1} \Delta x_1 + \frac{\partial f}{\partial x_2} \Delta x_2 + \dots + \frac{\partial f}{\partial x_n} \Delta x_n$$

نظر به اینکه علامت خطاهای دقیقاً معلوم نبوده و براینکه حد اکثر خطاهای بدست آید قدر مطلق جملات را در نظر می‌گیریم:

$$\sqrt{|\Delta y|} = \sqrt{\left| \frac{\partial f}{\partial x_1} \Delta x_1 \right| + \left| \frac{\partial f}{\partial x_2} \Delta x_2 \right| + \dots + \left| \frac{\partial f}{\partial x_n} \Delta x_n \right|} \quad (6)$$

مثالها: $|\Delta y|_{max}$

مثال ۱. برای تابع $u = xy^2z^3$ مقدار و خطای آن را به ازای $x=37/1$, $y=9/87$, $z=6/052$ محاسبه کنید. $\Delta z = 0/016$, $\Delta x = 0/3$

جواب: برای سادگی محاسبات از لگاریتم استفاده می‌کنیم:

$$\ln u = \ln x + 2\ln y + 3\ln z \longrightarrow \frac{du}{u} = \frac{dx}{x} + 2\frac{dy}{y} + 3\frac{dz}{z}$$

$$\frac{\Delta u}{u} = \frac{\Delta x}{x} + 2\frac{\Delta y}{y} + 3\frac{\Delta z}{z} \longrightarrow r_u = r_x + 2r_y + 3r_z$$

$$r_x = \frac{0.3}{37.1} = 0.0081 = 0.81\%, \quad r_y = \frac{0.11}{0.87} = 1.12\%, \quad r_z = \frac{0.016}{6.052} = 0.26\%$$

$$r_u = 0.0383 = 3.8\% \longrightarrow r_u = \frac{\Delta u}{u} \rightarrow \Delta u = 30683.4$$

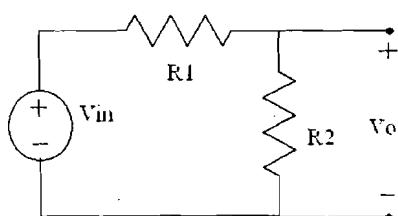
مثال ۲. فرض کنید در مدار مقابل ولتاژ خروجی

از روی اندازه گیری R_1, R_2, V_{in} محاسبه می‌گردد.

$$R_1 = 100, V_{in} = 10V, \Delta V_{in} = 0.1V$$

$$V_O = 150 \text{ و } \Delta R_2 = 2, \Delta R_1 = 1.5$$

و خطای آن را محاسبه کنید.



جواب: ولتاژ خروجی عبارت است از:

$$V_o = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{in}$$

$$|\Delta V_o| = \left| -\frac{R_2 V_{in}}{(R_1 + R_2)^2} \Delta R_1 \right| + \left| \frac{R_1 V_{in}}{(R_1 + R_2)^2} \Delta R_2 \right| + \left| \frac{R_2}{R_1 + R_2} \Delta V_{in} \right|$$

$$|\Delta V_o| = 0.036 + 0.032 + 0.06 = 0.128 \quad V_o = 6, \quad r_{V_o} = 0.02 = 2\%$$

$$y = u_1 + u_2 + \dots + u_n$$

مثال ۳. محاسبه خطای در جمع و تفریق:

$$|\Delta y| = |\Delta u_1| + |\Delta u_2| + \dots$$

مثلاً دو مقاومت سری با $R_1 = 10 \Omega$, $R_2 = 50 \Omega$, $\Delta R_1 = 0.1 \Omega$, $\Delta R_2 = 0.2 \Omega$ خطای عبارت است از:

$$R = R_1 + R_2 \rightarrow |\Delta R| = |\Delta R_1| + |\Delta R_2| \rightarrow |\Delta R| = 0.1 + 0.2 = 0.3$$

$$r_R = \frac{\Delta R}{R} = \frac{0.3}{60} = 0.005 \rightarrow r_R = 0.5\%$$

مثال ۴. محاسبه خطای در حاصل ضرب:

$$y = x_1 x_2 \rightarrow |\Delta y| = |x_2 \Delta x_1| + |x_1 \Delta x_2|$$

مثلاً در توان جذب شده توسط یک عنصر $P = V \cdot I$ می باشد. خطای P به ازای $I = 1A$ و $V = 10V$, $\Delta I = 0.01A$ عبارت است از:

$$\Delta P = |\Delta V| + |V \Delta I| = 0.05 + 0.1 = 0.15 \rightarrow r_p = \frac{0.15}{10} = 0.015 = 1.5\%$$

$$\Delta P = |I \Delta V| + |V \Delta I| = 0.05 + 0.1 = 0.15 \rightarrow r_p = \frac{0.15}{10} = 0.015 = 1.5\%$$

مثال ۵. محاسبه خطای در تقسیم: مثلاً در مقاومت ورودی یک مدار با استفاده از ولتاژو جریان $I = V/R$

$$y = \frac{x_1}{x_2} \rightarrow \Delta y = \frac{x_2 \Delta x_1 - x_1 \Delta x_2}{x_2^2} \Rightarrow |\Delta y| = \left| \frac{\Delta x_1}{x_2} \right| + \left| \frac{x_1 \Delta x_2}{x_2^2} \right|$$

در یک مدار با فرض $V = 20V$, $I = 2A$, $\Delta V = 0.04V$ و $\Delta I = 0.02A$ داریم:

$$\Delta R = \left| \frac{0.04}{2} \right| + \left| \frac{20}{4} \cdot 0.02 \right| = 0.02 + 0.1 = 0.12 = 12\%$$

$$r_R = \frac{0.12}{10} = 0.012$$

تذکر: اگر خطای یک کمیت مانند u را بگیریم مقدار Δu را می‌توان در فاصله زیر در نظر

$$u - \Delta u \leq u \leq u + \Delta u$$

$$9.88 \leq R \leq 1.12 \quad \text{مثال ۵ داریم:}$$

۳ رگرسیون برازش خط یا منحنی بردارها

عموماً کمیت‌ها به ازای مقادیر خاص و محدود اندازه گیری می‌شوند. برای آنکه بتوان از روی یک دسته اندازه گیری، مقادیر را در تمام فاصله تغییرات بدست آورد محاسبه بهترین منحنی گذرنده از داده‌های معلوم و رسم آن می‌باشد. در این صورت مقادیر را می‌توان در تمام رنج تغییرات مشخص نمود.

- وقتی که مجموعه داده‌ها (اندازه گیریها) بصورت نقاط (X_1, Y_1) و (X_2, Y_2) و ... (X_n, Y_n) معلوم باشند می‌توان بهترین منحنی یا خط به صورت $y = a + bx + cx^2$ یا $y = a + bx$ و ... پیدا کرد.

در اینجا فقط برازش خط را می‌آوریم. برای بدست آوردن بهترین خط (a, b) از روش حداقل کردن مربع انحرافات استفاده می‌کیم.

$$\text{مجموع مربع} \quad S = \sum (Y_i - y_i)^2, \quad Y_i = a + bx_i$$

$$S = \sum (a + bx_i - y_i)^2 \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (x_i, y_i)$$

برای حداقل کردن S باید مشتق آن نسبت به a, b صفر باشد

$$\frac{\partial S}{\partial a} = 0 \rightarrow na + b \sum x_i = \sum y_i$$

$$\frac{\partial S}{\partial b} = 0 \rightarrow a \sum x_i + b \sum x_i^2 = \sum x_i y_i$$

$$\textcircled{b} \quad Y = A \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}, \quad A = \begin{bmatrix} 1 & x_1 \\ 1 & x_2 \\ \vdots & \vdots \\ 1 & x_n \end{bmatrix}, \quad Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}$$

$$\Rightarrow \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = (A^T A)^{-1} A^T Y$$

از حل دو معادله فوق a, b بدست می‌آید

مثال: بهترین خط راست گذرنده از نقاط زیر را بدست آورید.

$$X : 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6$$

$$Y : 7, 3, 1, 0, 3, 7, 13$$

مقادیر در جدول آمده‌اند.

| ردیف | X | Y | XY | X^2 | $7a + 21b = 34$ | $21a + 91b = 130$ |
|-------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| 1 | 0 | 7 | 0 | 0 | | |
| 2 | 1 | 3 | 3 | 1 | | |
| 3 | 2 | 2 | 4 | 4 | | |
| 4 | 3 | 0 | 0 | 9 | | |
| 5 | 4 | 3 | 12 | 16 | | |
| 6 | 5 | 7 | 35 | 25 | | |
| 7 | 6 | 13 | 78 | 36 | | |
| $n=7$ | $\sum x = 21$ | $\sum y = 35$ | $\sum xy = 132$ | $\sum x^2 = 91$ | $a = 1.86$ | $b = 1$ |

در نتیجه می توان به ازای هر مقدار y , x مربوطه از معادله فوق بدست آورد. در حالی که جدول داده ها فقط به ازای مقادیر خاص y , x معلوم بود.

عناصری که در این آزمایشگاه به کار میروند عبارتند از:

الف - مقاومت

ب - سلف

پ - خازن

الف - مقاومت:

مقاومتها به صورتهای مختلف در مدارهای الکتریکی و الکترونیکی بکار میروند. مقاومتها را می توان از نظر روش ساخت و کاربرد به انواع مختلف تقسیم بندی نمود.

یکی از تقسیم بندی های مقاومتها از نظر کاربرد، تقسیم بندی مقاومتها به مقاومت ثابت و متغیر است.

مقاومتهای ثابت:

مقاومتهای ثابت معمولاً در اندازه های استاندارد و در توانهای مشخص استاندارد ساخته می شوند.

مقاومتهای ثابت عبارتند از: (E12) اندازه های استاندارد

| | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------------------|
| 1 | 1.2 | 1.5 | 1.8 | 2.2 | 2.7 | 3.3 | 3.9 | 4.7 | 5.6 | 6.8 | 8.2 | $x1 \Omega$ |
| | | | | | | | | | | | | $x10 \Omega$ |
| | | | | | | | | | | | | $x100 \Omega$ |
| | | | | | | | | | | | | $x1000 \Omega$ |
| | | | | | | | | | | | | $x1000000 \Omega$ |

توانهای استاندارد مقاومتهای ثابت عبارتند از:

| وات w | - | 10 | 5 | 2 | 1 | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{4}$ | $\frac{1}{8}$ |
|-------|---|----|---|---|---|---------------|---------------|---------------|
|-------|---|----|---|---|---|---------------|---------------|---------------|

از نظر روش ساخت، مقاومتهای ثابت به طرق مختلف ساخته می شوند که می توان از مقاومتهای ذغالی (tine film) و ترکیبی (composition) نام برد.

روش ساخت مقاومتهای ذغالی به این ترتیب است که روی سطح یک استوانه از سرامیک مخصوص لایه نازکی از کربن پوشانده شده و سپس شیار نازکی به صورت مارپیچ روی این لایه نازک ایجاد می گردد. بنابراین نواری به صورت از جنس کربن با ضخامت بسیار کم و طول دلخواه در روی سطح استوانه سرامیکی ایجاد می گردد. در اینجا استوانه سرامیکی صرفاً نقش نگهدارنده دارد. با تنظیم عرض نوار بسادگی می توان مقادیر مختلف مقاومتها را تولید نمود.

این نوع مقاومتها همانطور که از شکل ظاهری آنها مشخص می باشد، در فرکانس‌های بالا خاصیت سلفی از خود نشان می دهند.

روش ساخت مقاومتهای ترکیبی به این ترتیب است که خمیری از جنس مخصوص تهیه می گردد و به صورت استوانه‌ای شکل می‌گیرد. از این نوع مقاومت در مواردی استفاده می گردد که می خواهیم مقاومت از خود خاصیت سلفی نشان ندهد.

از آنجا که مقاومتهای ثابت نوعا در ابعاد بسیار کوچک ساخته می شود برای مشخص نمودن مقدار مقاومت از کدهای رنگی استفاده می شود.

کدهای رنگی روی مقاومت معمولاً با ۴ یا ۵ رنگ استاندارد روی مقاومت نشان داده می شود.
در مقاومتهای با چهار رنگ سه رنگ اول میان مقدار مقاومت و رنگ چهارم نشان دهنده تلرانس (Tolerance) آن می باشد.

در مقاومتهای با پنج رنگ چهار رنگ اول میان مقدار مقاومت و رنگ پنجم نشان دهنده تلرانس آن می باشد.
جدول ۱ کدهای رنگی مقدار مقاومتها و جدول ۲ کدهای رنگی تلرانس آنها را نشان می دهد.

| جدول ۱: کدهای رنگی مقاومتها | | | | | | | | | |
|-----------------------------|---------|------|--------|-----|-----|-----|------|---------|------|
| سیاه | قهوه ای | قرمز | نارنجی | زرد | سبز | آبی | بنفش | خاکستری | سفید |
| صفر | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ | ۸ | ۹ |

| جدول ۲: کدهای رنگی تلرانس مقاومتها | | | |
|------------------------------------|-------|---------|-------|
| رنگ | بیرنگ | نقره ای | طلایی |
| در صد تلرانس | ۲۰ | ۱۰ | ۵ |

برای خواندن کدهای رنگی مقاومتهای با چهار رنگ مقاومت را طوری در دست می گیریم که رنگ مربوط به تلرانس در سمت راست قرار گیرد. سپس از سمت چپ عدد مربوط به رنگ‌های اول، دوم را در کنار یکدیگر قرار داده و به تعداد عدد مربوط به رنگ سوم جلوی آنها صفر قرار می دهیم.

به مثال زیر توجه نمائید:

| آبی | نارنجی | قرمز | تعداد صفر | طلایی |
|-----|--------|------|-----------|-----------|
| 6 | 4 | | 2 | تلرانس 5% |

مقدار مقاومت
 $6400\Omega \pm 5\%$

مقاومتهای متغیر:

از انواع مقاومتهای متغیر که در صنعت استفاده می شوند می توان از ولوم دستگاه های صوتی نام برد.

از مقاومتهای متغیری که کاربرد آزمایشگاهی دارند می توان از رئوستا و جعبه مقاومت نام برد.

رئوستا:

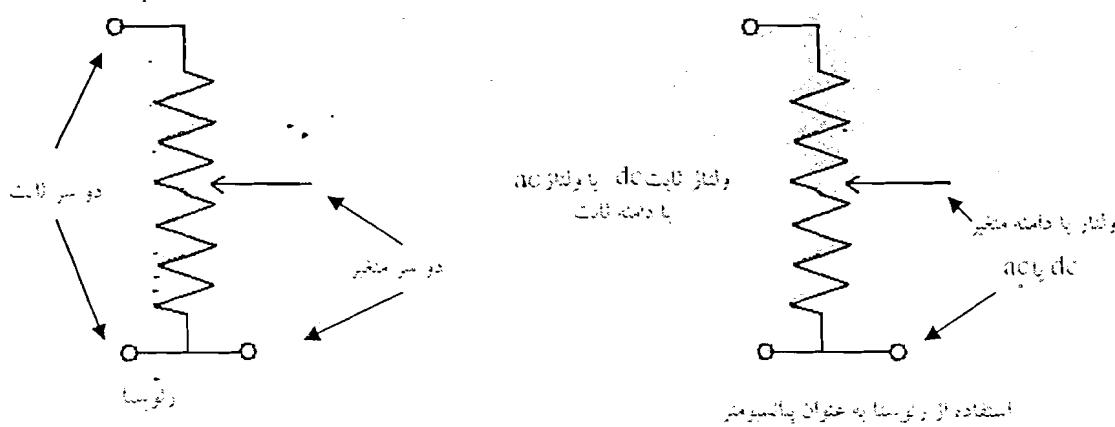
رئوستا مقاومت متغیری است که دارای سه سر می باشد و مقادیر دو سر ثابت آن معمولاً "در رنج های ۱۰ الی ۳۳۰

اهم می باشد و قابلیت تحمل جریانهای زیاد تا یک آمپر را دارد. رئوستاها معمولاً " درجه بندی شده نیستند و به

صورت پیوسته تغییر می کنند. بنابراین برای یافتن مقدار مقاومت بکار رفته باید از اهمتر استفاده گردد.

از رئوستا می توان به صورت پتانسیومتر نیز استفاده نمود. کاربرد پتانسیومتر در مواردی است که می خواهیم از یک

منبع تغذیه DC یا AC ولتاژهایی با مقادیر ودامنه های دلخواه و دقیق داشته باشیم.



جعبه مقاومت:

جعبه مقاومت، مقاومت متغیری است که فقط دارای دو سر است و معمولاً " از نظر مقدار مقاومت دارای رنج وسیعی

می باشد لیکن جریان ماکریم آن بسیار محدود تر و به مقادیر صدم و دهم آمپر محدود می گردد.

جعبه مقاومتها مدرج می باشند و بنابراین مقدار مقاومت بکار رفته را می توان مستقیماً یادداشت نمود.

ب-خازن: خازنهایی که در این آزمایشگاه بکار می روند دو نوع هستند. خازنهای الکترولیتی و خازنهای

سرامیکی

خازنهای الکترولیتی: در صنعت بیشتر در مواردی به کار می روند که می خواهیم یک ولتاژ یکسو شده را

به DC تبدیل کنیم. این خازنهای نسبت به سایر خازنهای دارای ظرفیت بیشتری هستند و دارای پلاریته مثبت و منفی می

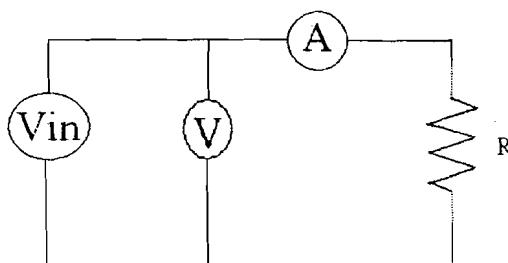
باشند و باید هنگام استفاده از آنها در مدارها پلاریته صحیح رعایت گردد. مقدار ظرفیت این خازنهای معمولاً " بر

حسب میکرو فاراد بطور مستقیم روی آنها نوشته می شود. پلاستیک آنها نیز با علامت های مثبت و منفی روی بدنه آنها مشخص می گردد. حداقل ولتاژ قابل تحمل این خازنها نیز روی آنها نوشته می شود.

خازن های سرامیکی: این نوع خازنها دارای ظرفیت های کمتری نسبت به خازن های الکترولیتی می باشد. ظرفیت این نوع خازنها به دو روش نوشته می شود. در روش اول ظرفیت این خازنها به صورت یک کد سه رقمی در کنار حرف k نوشته می شود مانند $103k$ که در این حالت ظرفیت خازن عبارتست از: 10^3pf یا 10^4pf یا 10nf می باشد. بنابراین چنانچه روی خازن $104k$ نوشته شده باشد، ظرفیت آن 100nf خواهد بود. در روش دوم ظرفیت خازن بصورت یک عدد اعشاری مانند 0.01 یا 0.1 نوشته می شود که در این حالت ظرفیت خازن به ترتیب 0.01 یا 0.1 میکروفاراد می باشد. عدد نشان داده شده روی این خازنها در کنار حرف V نشان دهنده ماکزیمم ولتاژ قابل تحمل توسط این خازنها می باشد.

آزمایش شماره ۱

«بررسی قانون اهم، قوانین ولتاژ و جریان کیرشوف، قوانین تقسیم ولتاژ و جریان»



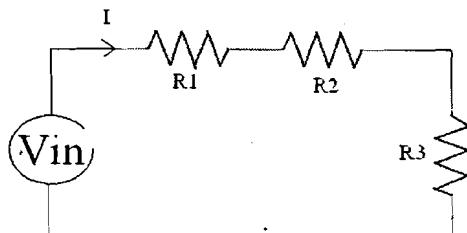
آزمایش ۱-۱

مدار مقابل را بسته و با تغییر مقدار منبع ولتاژ ولتاژ و جریان مقاومت $R=330\Omega$ را توسط ولتمتر و آمپر متر بخوانید و آنها را در جدول زیر یادداشت نمایند.

| | | | | | | | | | | |
|-------|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|
| I(mA) | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 |
| V(v) | | | | | | | | | | |

آزمایش ۲-۱

مدار مقابل را بیندید و جریان کل (I) و ولتاژ هر کدام از مقاومتها را اندازه بگیرید.



$$R_2 = 3.3\text{K} \quad R_1 = 4.7\text{k}$$

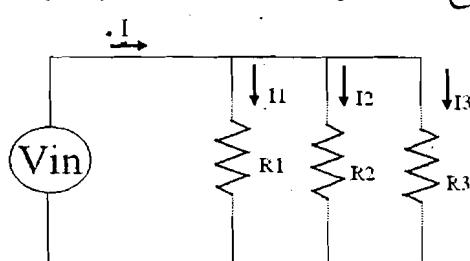
$$R_3 = 2.2\text{k} \quad V_{in} = 10\text{v}$$

$$V_{R_i} = \frac{R_i}{R_1 + R_2 + R_3} V_{in}$$

$$i=1,2,3$$

آزمایش ۳-۱

مدار مقابل را بیندید و جریان کل و جریان هر شاخه را اندازه بگیرید (با قطع اتصال هر یک از مقاومتها و سری قرار دادن آمپر متر در شاخه ها)



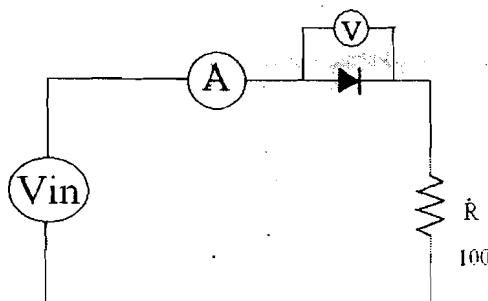
$$V_{in} = 10\text{v}, R_1 = 4.7\text{K}, R_2 = 3.3\text{K}, R_3 = 2.2\text{K}$$

$$I_1 = \frac{R_2 R_3 V_{in}}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}, I_2 = \dots, I_3 = \dots$$

آزمایش ۴-۱

«بدست آوردن رابطه جریان و ولتاژ دیود»

مدار مقابل را بسته و با اتصال ولتمتر و آمپر متر منحنی $V-I$ دیود را بدست آورید.



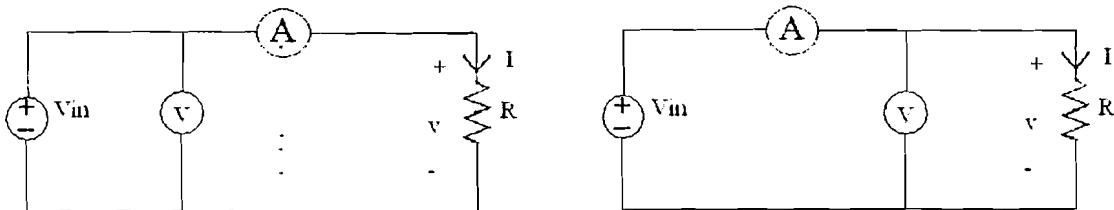
| | | | | | | |
|-------------|-----|----|----|---|-----|---|
| $V_{in}(v)$ | -10 | -5 | -2 | 0 | 0.5 | 1 |
| $I(mA)$ | | | | | | |

□ با تغییر ولتاژ V_{in} و اندازه گیری ولتاژ جریان دیود جدول زیر را تکمیل کنید.

| | | | | | | | | |
|----------|---|----|----|----|----|----|----|----|
| $I(mA)$ | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
| $V_D(v)$ | | | | | | | | |

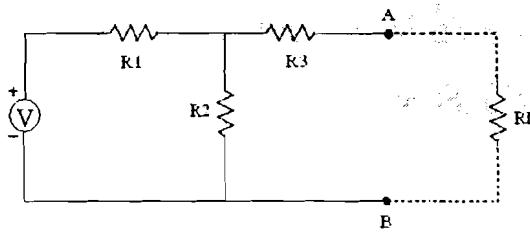
سؤالات آزمایش ۱

- ۱- منحنی ولتاژ (v) بر حسب جریان (mA) مقاومت را رسم کنید.
- ۲- خط رگرسیون را از جدول فوق محاسبه و رسم کنید و از معادله خط مقدار R را بدست آورید.
- ۳- مقادیر جریان کل و ولتاژهای مقاومتها را از طریق محاسبه نیز به دست آورید.
- ۴- با استفاده از خطای مقاومتها خطای جریان کل را محاسبه نمایید و مشخص کنید که آیا مقدار اندازه گیری شده مورد قبول است یا نه.
- ۵- مقادیر جریانها را از طریق محاسبه نیز بدست آورید.
(با توجه به اینکه آمپر متر در مدار همیشه سری و ولتمتر بصورت موازی قرار می گیرد) با استدلال توضیح دهید که مدارهای زیر در چه حالتی مناسب هستند؟



آزمایش شماره ۲۵

«بررسی قضیه تونن-نورتن و قضیه انتقال ماکزیمم توان»



آزمایش ۱-۲

مدار مقابله را بیندید:

$$V_{in}=10^V, R_1=100\Omega$$

$$R_2=150\Omega, R_3=56\Omega$$

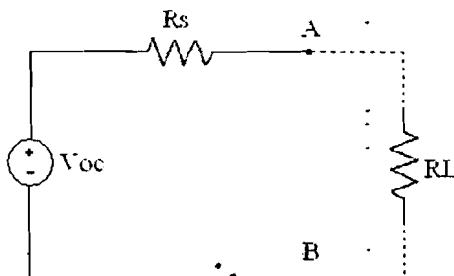
با اتصال کوتاه کردن دو نقطه A و B جریان اتصال کوتاه I_{sc} ولتاژ مدار باز V_{oc} (دو نقطه A و B بصورت باز می‌ماند) را اندازه بگیرید و با دانستن این دو مقدار Rs را بدست آورید.

$$Rs = \frac{V_{oc}}{I_{sc}}, \quad V_{oc} = \quad , \quad I_{sc} =$$

مقاومت $R_L = 18\Omega$ را بعنوان بار به دو سر A و B وصل کرده و جریان و ولتاژ آن (v_L و I_L) را بخوانید و مقادیر را برای آزمایش‌های بعدی داشته باشد.

آزمایش ۲-۲

با توجه به مقادیر بدست آمده از آزمایش ۱-۲ برای V_{oc} و Rs مدار ۲-۲ را بیندید
مجددعاً ولتاژ مدار باز و جریان اتصال کوتاه را اندازه بگیرید.



$$V_{oc} =$$

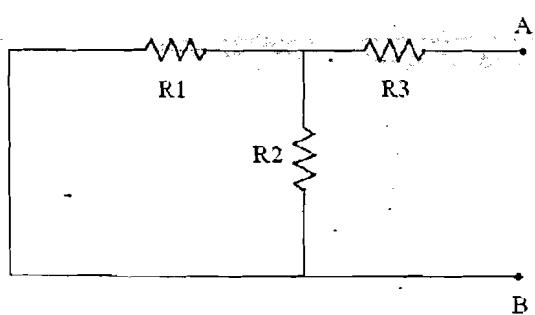
$$I_{sc} =$$

$$Rs = \frac{V_{oc}}{I_{sc}}$$

مقاومت $R_L = 18\Omega$ را بعنوان مقاومت بار به دو سر A و B وصل کرده و جریان و ولتاژ دو سر آن یعنی (I_L و v_L) را اندازه بگیرید.

آزمایش ۳-۲

منبع ولتاژ مدار آزمایش ۲-۱ را حذف کرده و مدار را بصورت زیر بیندید.



$$R_1=100\Omega$$

$$R_2=150\Omega$$

$$R_3=56\Omega$$

توسط اهم متر مقاومت دو سر A و B را اندازه بگیرید و نتیجه را با آزمایش ۲-۲ مقایسه کرده و در صورت وجود اختلاف احتمالی ، توضیح دهید.

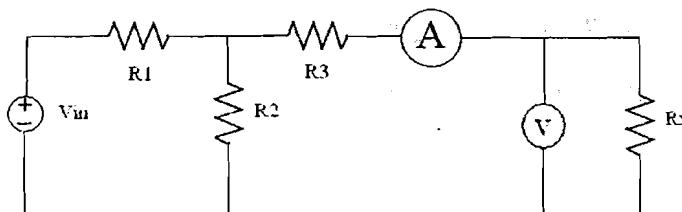
۱. مقاومت داخلی منبع DC را بدست آورید.
۲. مقاومت داخلی منبع AC $(4\sin 2000 \pi t)$ را بدست آورید.
۳. آزمایش ۲ را با منبع AC تکرار کنید.

آزمایش ۴-۲ "انتقال حداکثر توان"

مدار زیر را بیندید.

$$V_{in} = 10v, R_1 = 100\Omega$$

$$R_2 = 56\Omega, R_3 = 18\Omega$$



به ازای مقادیر مختلف R_x جریان و ولتاژ آن را توسط آمپر متر و ولت متر بخوانید و جدول ۱-۲ زیر را تکمیل کنید.

جدول ۱-۲

| R_x (Ω) | 10 | 22 | 33 | 39 | 47 | 56 | 68 | 82 | 100 |
|-----------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| I (mA) | | | | | | | | | |
| V (V) | | | | | | | | | |
| P (mW) | | | | | | | | | |

نکته: توان جذب شده P از حاصل ضرب جریان در ولتاژ بدست می آید.

سوالات آزمایش ۲

۱- مقادیر فوق را از طریق ثوری نیز بدست آورده و نتایج را با هم مقایسه کنید.

۲- مقادیر آزمایشهای ۱-۲ و ۲-۲ را با هم مقایسه کرده و نتیجه را بیان کنید.

۳- منحنی $f(R_x) = P$ را رسم نموده و مقاومتی که به ازای آن مقدار توان جذب شده حداکثر می گردد مشخص کنید.

۴- مقدار مقاومت برای توان ماکزیمم را از طریق محاسبه نیز بدست آورده و نتایج را با مقایسه کنید.

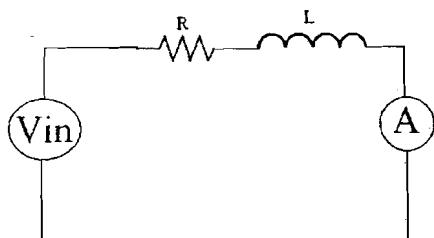
آزمایش شماره ۳

«بررسی سلف و خازن در مدارهای DC و AC [شارژ و دشارژ خازن]»

آزمایش ۱-۳

مدار مقابله را بیندید و مقدار جریان را توسط آمپر متر بخوانید.

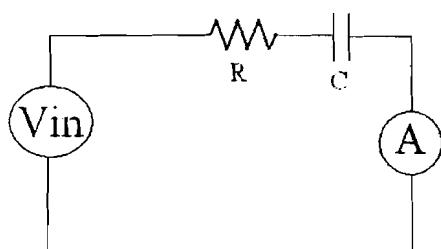
$$V_{in}=6\text{ V}, L=10\text{ mH}, R=330\Omega$$



آزمایش ۲-۳

مدار مقابله را بیندید و درست در لحظه ای که منبع ولتاژ را روشن می کنید جریان آمپر متر را یادداشت نمائید

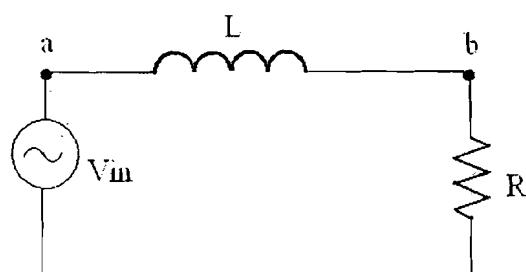
و ولتاژ دو سر خازن را با ولت متر اندازه بگیرید.



$$R=330\Omega, V_{in}=6\text{ V}, C=1\mu\text{F}$$

آزمایش ۳-۳

مدار زیر را بیندید و با وصل کردن یک کانال اسیلوسکوپ به نقاط a و زمین دامنه و فرکانس سیگنال ورودی را تنظیم کنید.



$$V_{in}=3\sin 1000\pi t$$

$$R=330\Omega$$

$$L=10\text{ mH}$$

با وصل کردن کانال دیگر به نقاط b و زمین دامنه ولتاژ خروجی را با اسیلوسکوپ اندازه بگیرید. به همین ترتیب

دامنه خروجی پر فرکانس‌های 10k, 6k, 3k را یادداشت کنید. آیا در اینجا نیز می‌توان I/R را از رابطه

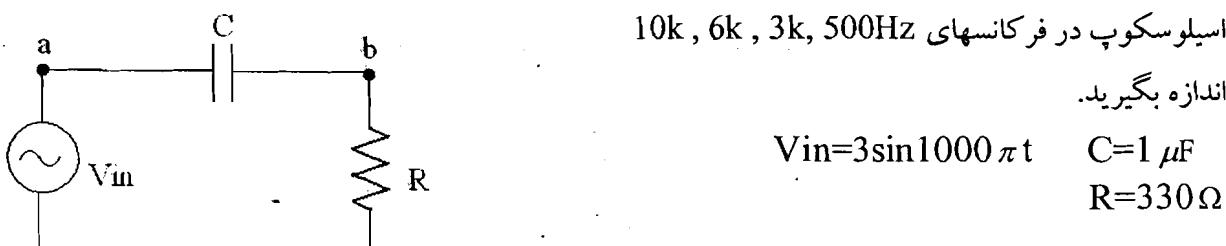
بدست آورد؟

آزمایش ۴-۳

مدار زیر را بیندید و دامنه و فرکانس سیگنال ورودی را همانند آزمایش ۳-۳ تنظیم کنید و دامنه خروجی را با

اسیلوسکوپ در فرکانس‌های 10k, 6k, 3k, 500Hz

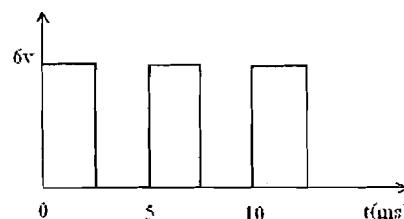
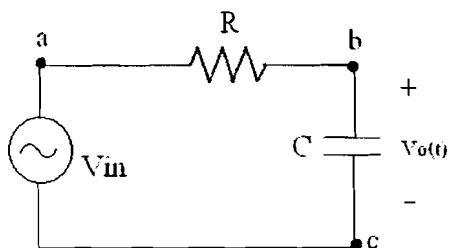
اندازه بگیرید.



$$V_{in}=3\sin 1000\pi t \quad C=1\mu\text{F} \quad R=330\Omega$$

آزمایش ۵-۳

مدار زیر را بیندید و ولتاژ ورودی V_{in} را یک موج مربعی با فرکانس ۱۰۰۰ HZ و دامنه ۳ ولت (پیک تو پیک ۶ ولت) و بعد با اضافه کردن ولتاژ DC آنرا بصورت زیر در آورید.



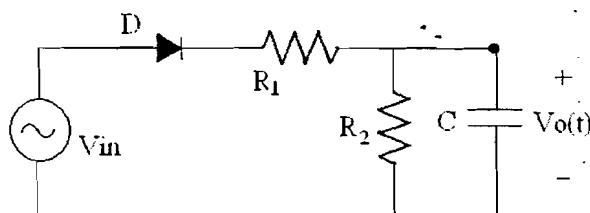
$$R = 1\text{k}\Omega, \quad C = 0.047 \mu\text{F}$$

با وصل کردن نقاط b و c به کانال دیگر منحنی شارژ و دشارژ خازن را بهمراه موج ورودی روی اسیلوسکوپ مشاهده کرده و آن را روی کاغذ رسم نمائید.

زمان لازم برای اینکه ولتاژ خازن در حالت شارژ به مقدار نهائی برسد و نیز زمان لازم برای اینکه ولتاژ خازن در حالت دشارژ به مقدار اولیه برسد را در روی منحنی خروجی مشخص کنید و ثابت زمانی خازن را بدست آورید.

آزمایش ۶-۳

مدار زیر را بیندید و همانند آزمایش ۵-۳ با مشاهده همزمان شکل موج ورودی و خروجی در روی اسیلوسکوپ ثابت زمانی شارژ و دشارژ خازن را از روی آنها مشخص کنید.



$$R_2 = 470\Omega, \quad R_1 = 1\text{k}\Omega, \quad C = 0.1 \mu\text{F}$$

$V_{in} \longrightarrow$ * مشابه آزمایش ۵-۳

سوالات آزمایش ۳

- ۱-۳ مقدار جریان را از رابطه $I = V / R$ نیز بدست آورده و علت اختلاف آنرا با مقدار اندازه گرفته شده در بالا توضیح دهید.
- ۲-۳ مقدار جریان را با مقدار بدست آمده از رابطه $I = V / R$ مقایسه کرده و تفاوت احتمالی را توضیح دهید.
- ۳-۲ مقادیر جریان در مدارهای ۱-۳ و ۲-۳ را در لحظه روشن کردن منبع و همچنین بعد از گذشت زمان کافی از روشن کردن منبع با هم مقایسه کرده و رفتار سلف و خازن در جریان DC را توضیح دهید.
- ۴-۳ با استفاده از نتایج آزمایشهای ۳-۳ و ۴-۳ رفتار سلف و خازن را در حالت متناوب (AC) توضیح دهید.
- ۵-۳ چرا در این آزمایش از موج مربعی بفرم بالا استفاده می شود در صورت استفاده از ولتاژ DC بدون موج مربعی و یا موج مربعی بدون DC چه مشکلی ایجاد می گردد.
- ۶-۳ ثابت زمانی را از طریق محاسبه نیز بدست آورده و با مقدار اندازه گیری شده مقایسه کنید.
- ۷-۳ انتخاب فرکانس موج ورودی و ثابت زمانی چهار تباطی دارند توضیح دهید.
- ۸-۳ مقادیر ثابت زمانی شارژ و دشارژ را از طریق محاسبه بدست آورده و تفاوت آنها را در آزمایش و محاسبه (تفاوت بین ثابت زمانی شارژ و دشارژ) توضیح دهید.

آزمایش شماره ۴

«بررسی مدار RLC [فرکانس تشدید-عرض باند-ضریب کیفیت]»

تعیین اختلاف فاز دو موج سینوسی:

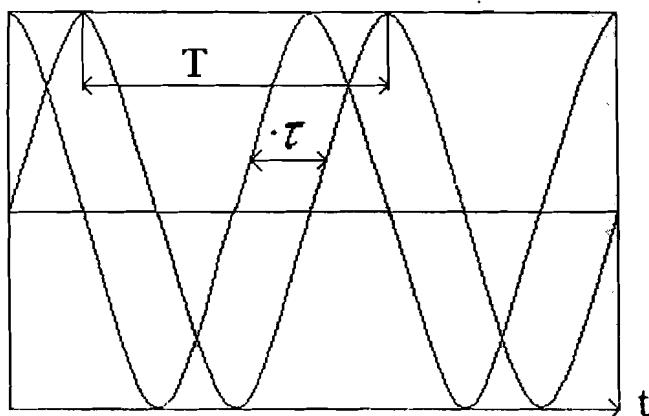
دولوتاژ v_1, v_2 را در نظر می‌گیریم

$$v_1 = v_{m1} \sin(\omega t + \alpha), v_2 = v_{m2} \sin(\omega t + \beta)$$

بنابر تعریف چنانچه فرکانس‌های v_1, v_2 با هم برابر باشد $\varphi = \alpha - \beta$ را اختلاف فاز بین v_1, v_2 گویند.

- برای تعیین اختلاف فاز به دو روش اشاره می‌شود.

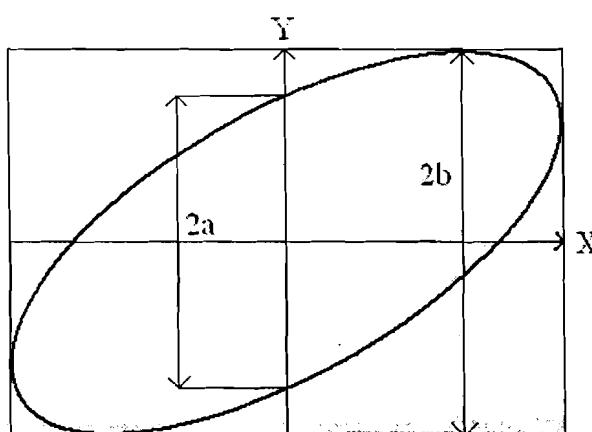
۱- تعیین اختلاف فاز دو موج سینوسی با استفاده از نمایش همزمان در اسکوپ:



شکل (۱-۴) دو موج را روی اسکوپ نشان می‌دهد برای بدست آوردن φ کافی است مقادیر T, τ را از روی شکل خوانده و از رابطه زیر بر حسب درجه تعیین می‌شود.

$$\varphi = \frac{\tau}{T} \times 360^\circ$$

۲- تعیین اختلاف فاز دو موج سینوسی با استفاده از منحنی لیسائزور:

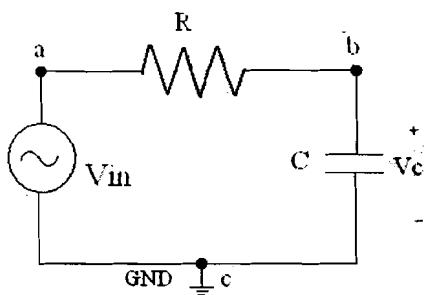


با حذف پارامتر τ بین v_1, v_2 معادله یک بیضی بصورت شکل مقابل بدست می‌آید با اتصال v_1 به کانال یک و v_2 به کانال دو و قرار دادن اسکوپ در حالت XY بیضی مذکور در اسیلوسکوپ مشاهده خواهد شد و با خواندن مقادیر a, b اختلاف فاز از رابطه زیر مشخص خواهد شد:

$$\sin \varphi = \frac{2a}{2b} = \frac{a}{b}$$

آزمایش ۱-۴ :

مدار زیر را بیندید و با اتصال CH 1 به a, CH 2 به b اختلاف فاز بین ورودی و خروجی به دو طریق بالا اندازه بگیرید.



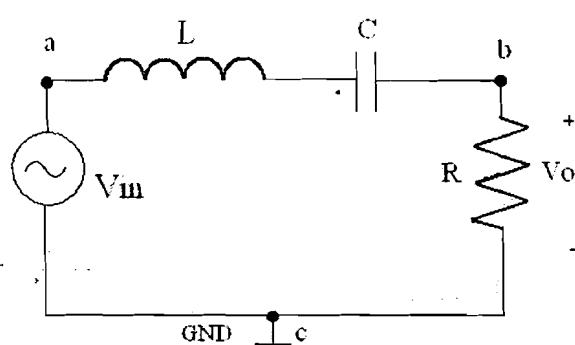
$$R = 1k\Omega, C = 1\mu F$$

$$Vin = 4 \sin 1000\pi t$$

؟) در فرکانس $f=1kHz$ چگونه می توانیم اختلاف فاز 90° بین ولتاژ و جریان حافظن را روی اسیلوسکوپ مشاهده کنیم ؟

آزمایش ۲-۴ :

مدار مقابله را بیندید.



$$R = 330\Omega, C = 18nF, L = 10mH$$

$$Vin = 3 \sin 2\pi ft$$

با اتصال نقاط CH1 و نقاط CH2 شکل موج ورودی و خروجی را همزمان در روی اسیلوسکوپ مشاهده کنید . با تغییر فرکانس ورودی، فرکانس تشید (فرکانسی که در آن دامنه خروجی به ازای دامنه ورودی ثابت ماند) را اندازه بگیرید و سپس به ازای فرکانسها مختلف دامنه خروجی و نیز اختلاف فاز (اختلاف زمانی) را خوانده و جدول زیر را تکمیل کنید:

| F(KHz) | ۱ | ۲ | ۴ | ۱۰ | ۱۲ | ۱۴ | ۱۷ | ۲۰ |
|---------------------|---|---|---|----|----|----|----|----|
| Vo(v) | | | | | | | | |
| $\tau(ms)$ | | | | | | | | |
| $\phi = \omega\tau$ | | | | | | | | |

نذکر: اختلاف فاز از رابطه $\omega\tau = \phi$ محاسبه می شود.

آزمایش (۳-۴) :

مدار آزمایش ۲-۴ را با مقادیر $(R = 330\Omega, C = 330\text{nf}, L = 10\text{mH})$ ببندید.

اتصالات کانالها را همانند آزمایش ۲-۴ در نظر بگیرید. و برای اندازه گیری صحیح دامنه و فاز جای سلف را با مقاومت وبار دیگر خازن را با مقاومت عوض کنید و جدول زیر را تکمیل کنید.

| $F(\text{kHz})$ | 1 | 4 | 10 |
|-----------------------|---|---|----|
| $ V_R $ | | | |
| $\angle V_R$ (فاز) | | | |
| $ V_L $ | | | |
| $\angle V_L$ | | | |
| $ V_C $ | | | |
| $\angle V_C$ | | | |

با استفاده از مقادیر جدول فوق رابطه kVl را در حالت فazorی تحقیق کنید.

راهنمایی: با رسم فazorها بصورت برداری درستی رابطه $V_{in} = V_R + V_L + V_C$ رادر هر فرکانس نشان دهید.

سوالات آزمایش ۴

۴- مقدمه) معادله بیضی را بدست آورده و صحت رابطه ذکر شده را تحقیق کنید.

۴-۱) اختلاف فاز بین ورودی و خروجی را از طریق محاسبه بدست آورده و با مقادیر اندازه گیری شده مقایسه کنید.

۴-۲) دامنه و فاز خروجی را بر حسب فرکانس رسم کنید (دامنه و فاز تابع شبکه)

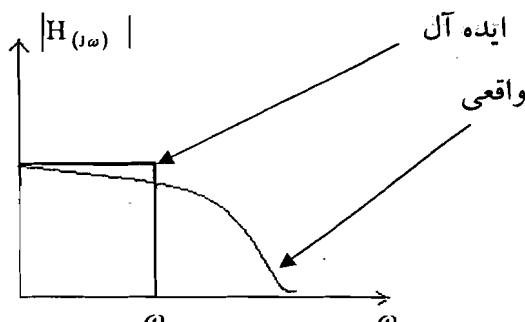
۴-۳) فرکانس تشذید، فرکانس‌های قطع 3 dB ، وعرض باند و ضریب کیفیت را از روی جدول (منحنی) بدست آورید.

۴-۴) دامنه و فاز تابع شبکه، فرکانس تشذید، فرکانس‌های قطع، ضریب کیفیت و عرض باند را از روش تئوری نیز بدست آورده و با مقادیر اندازه گیری شده مقایسه کنید.

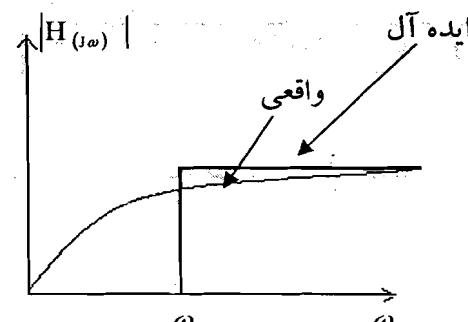
آزمایش شماره ۵

«بررسی فیلترهای الکتریکی»

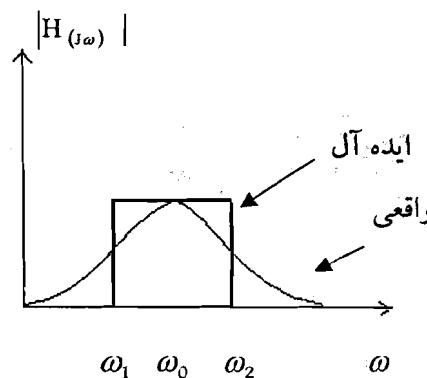
بررسی رفتار مدارها در مقابل تغیرات فرکانس ورودی یکی از ویژگیهای مهم و پرکاربرد آنهاست. فیلترهای الکتریکی مدارهای هستند که خروجی آنها به فرکانس ورودی بستگی دارد. مشخصه ایده‌آل و عملی چهار نوع فیلتر معروف در شکل‌های زیر آمده است:



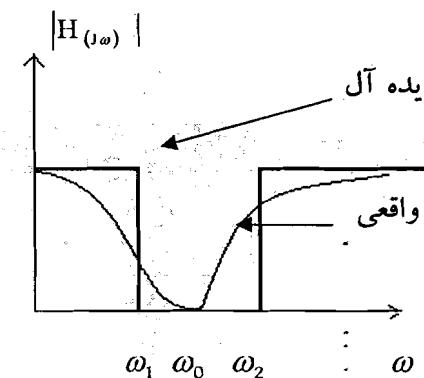
A) Low Pass Filter



B) High Pass Filter

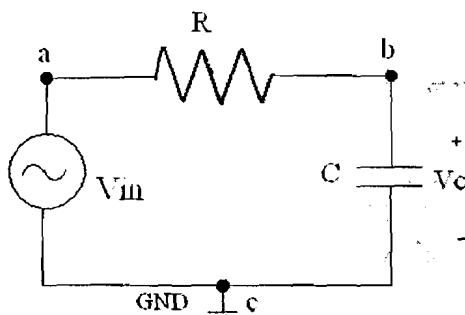


C) Band Pass Filter



D) Band Stop Filter

در عمل سعی می‌شود که مشخصه فیلترها به حالت ایده‌آل نزدیک گردد. فرکانس ω_1 در LPF فرکانس قطع بالا و در HPF فرکانس قطع 3dB پائین گفته می‌شود و همچنین فرکانس‌های $\omega_1, \omega_0, \omega_2$ در فیلترهای میانگذر و میان نگذر فرکانس‌های قطع بالا و پائین را نشان می‌دهند. در آزمایشهای زیر مشخصه فرکانسی دامنه و فاز فیلترهای ساده بطور عملی بدست می‌آیند.



آزمایش ۱-۵ : "فیلتر پائین گذر"

مدار مقابله را بیندید.

با اتصال خروجی و ورودی به کانالهای اسیلوسکوپ و مشاهده همزمان آنها دامنه و فاز خروجی (نسبت به ورودی) در فرکانس‌های مختلف را اندازه بگیرید و جدول زیر را تکمیل کنید.

$$R = 330\Omega, C = 18\text{nf}$$

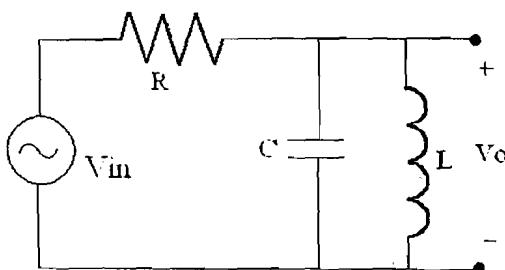
$$V_{in} = 3 \sin 2\pi ft$$

| F(kHz) | 0.5 | 0.75 | 1 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 500 | 1000 |
|-----------------|-----|------|---|---|----|----|----|-----|-----|------|
| V _o | | | | | | | | | | |
| ∠V _o | | | | | | | | | | |

آزمایش ۲-۵ : "فیلتر بالا گذر"

در مدار آزمایش ۱-۵ بجای خازن، سلف 10 mH قرار داده و تمام مرحله آزمایش ۱-۵ را تکرار کنید و جدول زیر را تکمیل کنید.

| F(kHz) | 0.5 | 0.75 | 1 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 500 | 1000 |
|-----------------|-----|------|---|---|----|----|----|-----|-----|------|
| V _o | | | | | | | | | | |
| ∠V _o | | | | | | | | | | |



آزمایش ۳-۵ : "فیلتر میانگذار"

مدار مقابله بیندید.

با اتصال خروجی و ورودی به کانالهای اسیلوسکوپ و مشاهده همزمان آنها، دامنه و فاز خروجی (نسبت به ورودی) در فرکانس‌های مختلف را اندازه بگیرید و جدول زیر را تکمیل کنید.

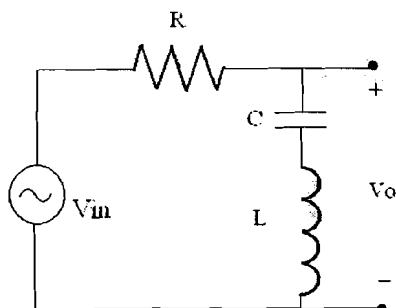
$$R = 330\Omega, C = 33\text{nf}, L = 10\text{mH}$$

$$V_{in} = 3 \sin 2\pi ft$$

| F(kHz) | 0.1 | 0.25 | 0.5 | 1 | 2.5 | 5 | 7.5 | 10 | 15 | 20 |
|-----------------|-----|------|-----|---|-----|---|-----|----|----|----|
| V _o | | | | | | | | | | |
| ∠V _o | | | | | | | | | | |

آزمایش ۴-۵ : "فیلتر میان تگذر"

مدار مقابل را بیندید.



با اتصال خروجی و ورودی به کانالهای اسیلوسکوپ و مشاهده همزمان آنها، دامنه و فاز خروجی (نسبت به ورودی) در فرکانس‌های مختلف را اندازه بگیرید و جدول زیر را تکمیل کنید.

$$R = 330\Omega, C = 33\text{nF}, L = 10\text{mH}$$

$$V_{in} = 2 \sin 2\pi ft$$

| F(kHz) | 0.1 | 0.25 | 0.5 | 1 | 2.5 | 5 | 7.5 | 10 | 15 | 20 |
|--------------|-----|------|-----|---|-----|---|-----|----|----|----|
| V_o | | | | | | | | | | |
| $\angle V_o$ | | | | | | | | | | |

سوالات آزمایش ۵

۱-۵) با استفاده از جدول بدست آمده منحنی دامنه و فاز را بر حسب فرکانس رسم کرده و فرکانس قطع ۳ dB را پیدا کنید.

۲-۵) منحنی دامنه و فاز بر حسب فرکانس را با روش نظری بدست آورده و رسم کنید و فرکانس قطع را مشخص نمائید.

۳-۵) با استفاده از جدول بدست آمده منحنی مشخصه دامنه و فاز را بر حسب فرکانس رسم کرده و فرکانس مرکزی و فرکانس‌های قطع بالا و پائین را پیدا کنید

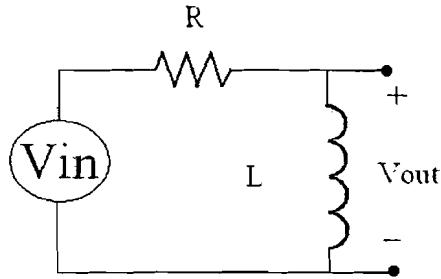
۴-۵) با استفاده از روش نظری مشخصه های مذکور را بدست آورده و رسم نمایید و فرکانس‌های مرکزی و قطع محاسبه کنید.

• سوالات (۳-۵) را برای آزمایش (۴-۵) تکرار کنید.

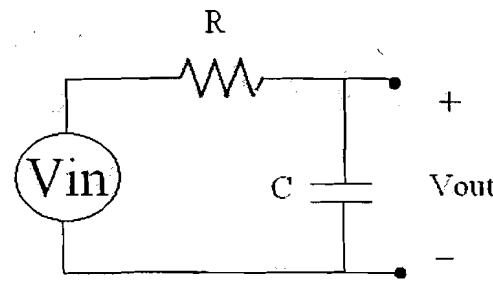
آزمایش شماره ۶

«مدارهای مشتق گیر و انتگرال گیر و بررسی سری خوریه»

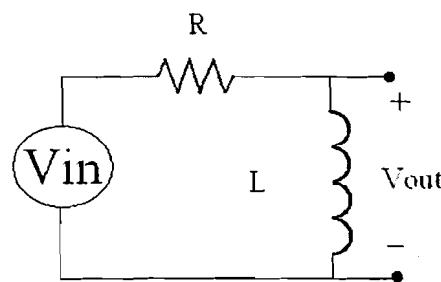
با بررسی مدارهای زیر می توان نشان داد که در مدار (۱) خروجی متناسب با مشتق ورودی و در مدار (۲) خروجی متناسب با انتگرال ورودی می باشد.



مدار(۱)



مدار(۲)



آزمایش ۶-۱ : "مدار مشتق گیر"
مدار مقابل را بیندید.

ورودی و خروجی را به طور همزمان به اسیلوسکوپ متصل
نمایید و برای حالتای زیر ورودی و خروجی را بطور دقیق
رسم کنید.

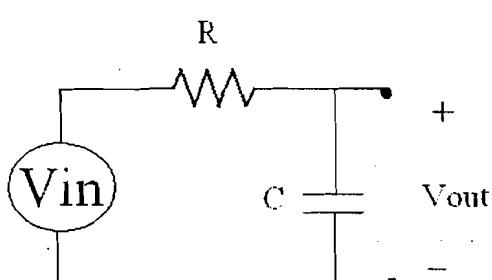
$$R = 1K\Omega, L = 10mH$$

ورودی موج مثلثی با دامنه پیک تو پیک ۵ ولت و فرکانس ۷۰۰ Hz .

تذکر: با چرخاندن کلید Time/Div به سمت راست شکل گسترده پالس را در یک تناوب رسم کنید
 ورودی موج مربعی با دامنه پیک تو پیک ۵ ولت و فرکانس ۷۰۰ Hz .

آزمایش ۶-۲ : "مدار انتگرال گیر"

مدار مقابل را بیندید.



ورودی و خروجی را به طور همزمان به اسیلوسکوپ
متصل نمایید و برای حالتای زیر ورودی و خروجی را
بطور دقیق رسم کنید.

$$R = 100K\Omega, C = 470nf$$

ورودی موج مربعی با دامنه پیک ۴ ولت و فرکانس ۱ KHz

وروودی موج مثلثی با دامنه پیک تو پیک ۴ ولت و فرکانس ۱ KHz

شکل گستردۀ پالس را در یک تناوب رسم کنید.

آزمایش ۳-۶ : "بررسی سری فوریه"

مدار مقابله را بیندید.

شکل موج وروودی را یک موج مربعی با دامنه پیک تو پیک ۸ ولت و فرکانس ۱ KHz انتخاب نمایید.

$$R = 10\text{K}\Omega, L = 10\text{mH}$$

مدار LC یک مدار رزونانس است که هارمونیک‌های موج مربعی را بر اساس فرکانس رزونانس انتخاب و موج سینوسی ایجاد می‌نماید فرکانس رزونانس آنرا با تغییر مقادیر خازن می‌توان تغییر داد. با ثابت نگه داشتن دامنه و فرکانس وروودی و نیز مقادیر R , L به ازای خازنهای مختلف (که توسط جعبه خازن قابل انتخاب است)، شکل موج خروجی را دقیقاً رسم کنید.

$$C [\text{nF}] = 2200, 470, 330, 168, 100$$

سؤالات آزمایش ۶

۱-۶) با بررسی مدارهای فوق در حوزه فرکانس و استفاده از تقریب‌های مناسب، مشتق گیر بودن و انTEGRAL گیر بودن آنها را نشان دهید و ارتباط بین مقادیر عناصر و فرکانس و عملکرد مدار را بررسی کنید.

۲-۶) ارتباط شکل موج خروجی با وروودی را توضیح دهید و رابطه دقیق وروودی و خروجی را با استفاده از مقادیر اندازه گرفته شده مشخص کنید.

۳-۶) ارتباط شکل موج خروجی و وروودی را با استفاده از مقادیر اندازه گیری شده بطور دقیق مشخص نمایید.

۴-۶) پنج شکل موج فوق را از روی اسکوپ بدقت و در زیر هم رسم کرده و از جمع کردن آنها شکل موج اصلی (مربعی) را بدست آورید.

۵-۶) اختلاف مقادیر نظری و عملی را بدست آورده و نتایج را با هم مقایسه کنید.

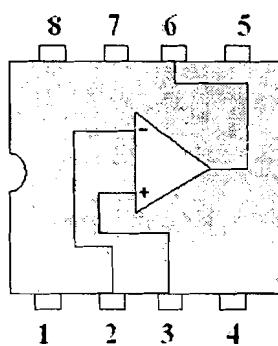
آزمایش شماره ۷

«تقویت کننده های عملیاتی» [Op-Amp]

با تقویت کننده های عملیاتی می توان مدارهای مختلف درست کرد از جمله مدار تطبیق امپدانس، تقویت کننده، فیلتر و ...

در اینجا دو مدار ساده با استفاده از op-Amp را مورد آزمایش قرار می دهیم.

در استفاده از op-Amp که با آی سی 741 مشخص می شود علاوه بر اتصالات مدار به بایاس آی سی نیز باید توجه کرد پایه های آی سی 741 در شکل زیر دیده می شوند:



نحوه اتصالات و مشخص کردن پایه ها:

پایه ۷ بایاس مثبت

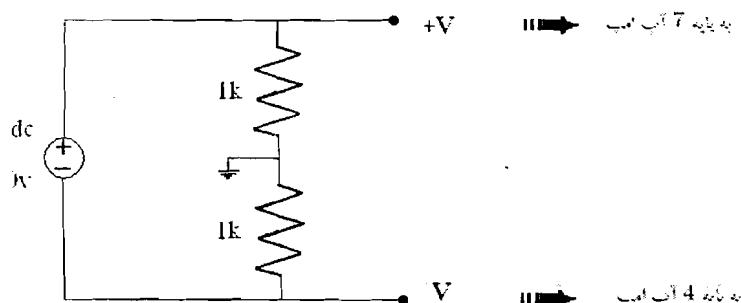
پایه ۴ بایاس منفی

پایه ۲ ورودی منفی

پایه ۳ ورودی مثبت

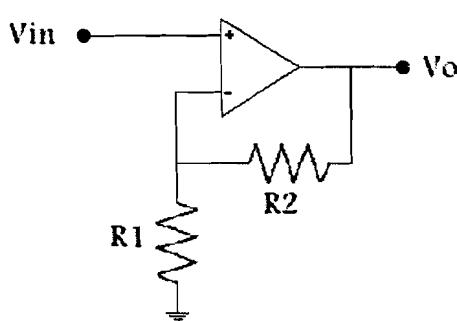
پایه ۶ بعنوان خروجی

مدار بایاس مثبت و منفی را ۵ و ۵ - می گیریم و با استفاده از یک منبع DC بصورت مدار زیر می سازیم:



آزمایش ۱-۷ : تقویت کننده ساده

مدار زیر را بیندید و مدار بایاس را نیز همانند مدار فوق به پایه های تغذیه وصل کنید.

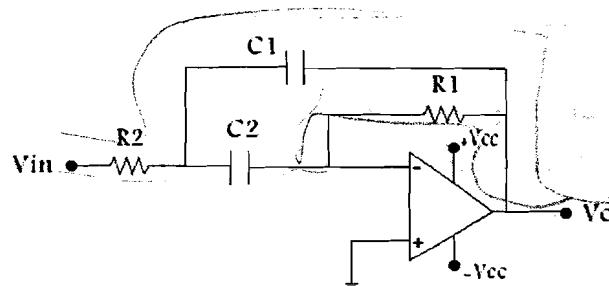


ولتاژ Vin را به کانالهای اسکوپ وصل کرده

و به ازای فرکانس های زیر دامنه خروجی را بخوانید.

$$f [\text{KHz}] = 0.1, 1, 5, 20, 50, 100, 500$$

$$R1 = R2 = 1K\Omega$$



آزمایش ۲-۷ : پاسخ فرکانسی op-amp

مدار زیر را بیندید و مدار بایاس را به آن اضافه کنید.
باوصل ورودی و خروجی به کانالهای اسیلوسکوپ
شکل موج آنها را همزمان مشاهده کرده و جدول
زیر تکمیل نمایند.

$$R1 = 22K\Omega, R2 = 1K\Omega, C1 = C2 = 10nf$$

$$Vin = 4 \sin 2\pi ft$$

| $f[kHz]$ | 0.1 | 0.25 | 0.5 | 0.75 | 1 | 2 | 2.5 | 3 | 4 | 5 | 7.5 | 10 |
|--------------|-----|------|-----|------|---|---|-----|---|---|---|-----|----|
| V_o | | | | | | | | | | | | |
| $\angle V_o$ | | | | | | | | | | | | |

۱-۷) ضریب تقویت مدار آزمایش (۱-۷) را بدست آورده و با نتایج آزمایش مقایسه کنید.

۱-۷) عملکرد آپ امپ را در فرکانس‌های مختلف توضیح دهید.

۲-۷) منحنی دامنه و فاز V_o/Vin را بر حسب فرکانس رسم کنید

۲-۷) فرکانس مرکزی و فرکانس‌های قطع پائین و بالا را از روی نتایج آزمایش و نیز بطور نظری بدست آورید.

آزمایش شماره ۸

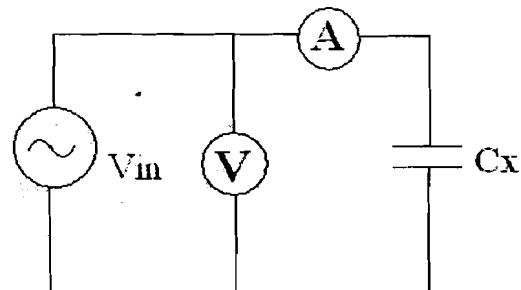
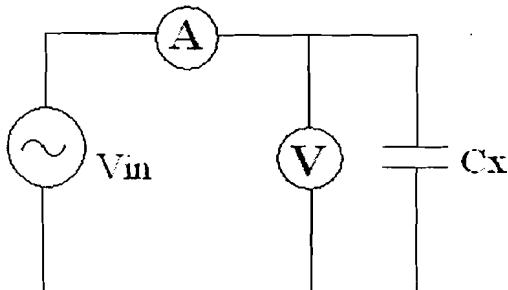
« اندازه گیری ظرفیت خازن، ضریب خود القای، ضریب مقابله »

معمولًاً مقادیر عناصر و دیگر مشخصات آنها توسط سازندگان مشخص می شود اما در عمل تمام پارامترهای مورد نظر را باید به نحوی اندازه گرفت تا از صحت مقادیر اطمینان حاصل شود و نیز به هر دلیلی که به مقادیر دسترسی نداشته باشیم، اندازه گیری آنها ضروری است.

اندازه گیری ظرفیت خازن:

آزمایش ۱-۸

یکی از دو مدار زیر را بسته (با توجه به ظرفیت خازن نامعلوم) و با خواندن مقادیر ولتاژ و جریان مقدار خازن را از رابطه $C_x = \frac{I}{V\omega} = \frac{I}{2\pi f V}$ بدست آورید.

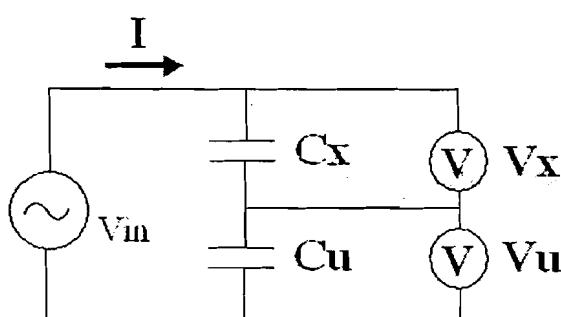


توجه: ورودی را می توانید سینوسی با دامنه و فرکانس دلخواه (مثلاً با دامنه ۴ ولت و فرکانس یک کیلو هرتز) بگیرید.

آزمایش ۲-۸

با روش مقایسه ولتاژ می توان ظرفیت را اندازه گرفت.

مدار مقابله را بسته و با استفاده از روابط $C_x = C_u \frac{V_u}{V_x}$ را بدست آورید.



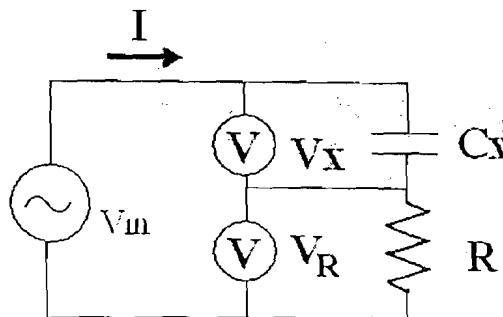
$$V_x = \frac{I}{\omega C_x}, V_u = \frac{I}{\omega C_u}$$

$$\frac{V_x}{V_u} = \frac{C_u}{C_x}$$

$$C_x = C_u \frac{V_u}{V_x}$$

آزمایش ۳-۸

با مدار زیر نیز که احتیاجی به C_U نیست می توان ظرفیت را اندازه گرفت:



$$C_x = \frac{I}{\omega V_c}, I = \frac{V_R}{R}$$

$$C_x = \frac{V_R}{\omega R V_c}$$

$$R = 1K\Omega$$

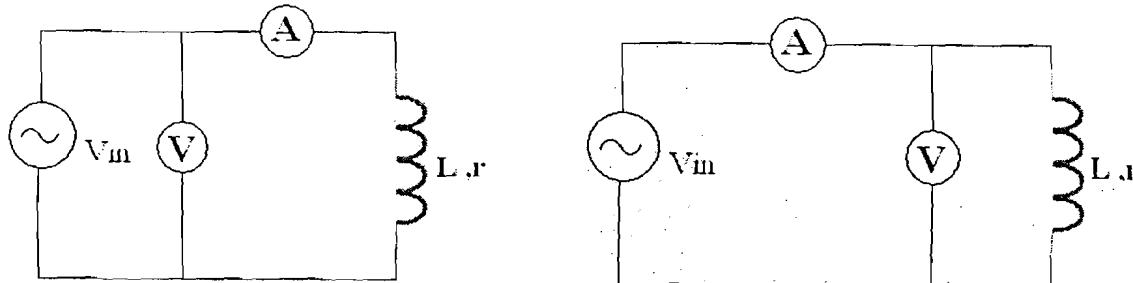
«مقدار خازن C_x را با متوسط گیری از روشهای فوق مشخص نماید.»

اندازه گیری خود القاء

آزمایش ۴-۸

یکی از دو مدار زیر را بسته و با خواندن جریان و ولتاژ ضریب خود القاء را از رابطه

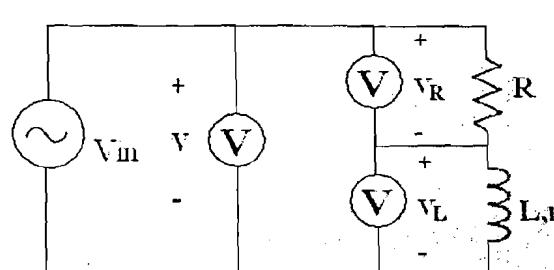
بدست آورید.



مقاومت ظاهری از رابطه $Z = \frac{V}{I}$ و مقاومت اهمی Γ را با اهمتر بدست آورید.

آزمایش ۵-۸

در مدار زیر با استفاده از یک مقاومت معلوم R مثلاً ۱۰۰ اهم و با اندازه گیری V, V_L, V_R خود القاء و مقاومت اهمی خود القاء را با استفاده از روابط مربوطه بدست آورید.



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

$$\frac{V_L}{I} = \sqrt{(L\omega)^2 + r^2}$$

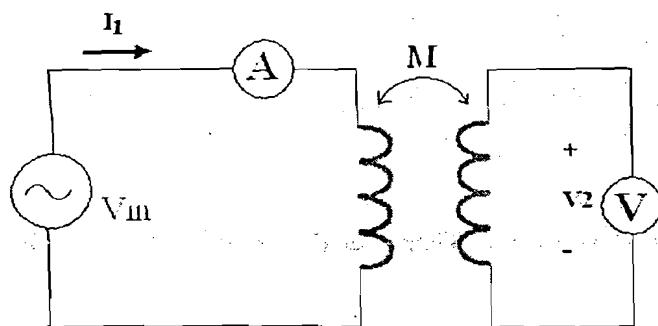
$$\frac{V}{I} = \sqrt{(L\omega)^2 + (R+r)^2}$$

« مقدار I_2 را با متوسط گیری از روشهای فوق بدست آورید. »

آزمایش ۶-۸

اندازه گیری ضریب القای متقابل

مداری مطابق زیر تشکیل داده و با خواندن ولتاژ و جریان از رابطه $M = \frac{V_2}{\omega I_1}$ ضریب القای متقابل را بدست آورید.



آزمایش ۷-۸

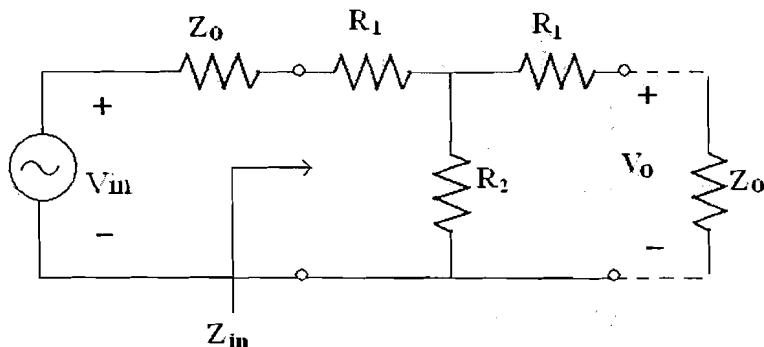
در آزمایش قبل جای منبع و آمپر متر و ولتمتر را عوض کرده و با اندازه گیری V_1, I_2, V_2

$M = \frac{V_1}{\omega I_2}$ نیز بدست آورید و با آزمایش ۶-۸ مقایسه کنید.

آزمایش شماره ۹

« طراحی یک تضعیف کننده »

در این آزمایش که باید توسط دانشجو طراحی شود و بطور آماده در آزمایشگاه بایستی انجام گیرد.
در واقع طراحی آزمایش و انجام توسط دانشجو انجام می گیرد.



در مدار فوق مقاومتهای R_2, R_1, Z_0 را بحسب $\frac{V_i}{V_o}$ بدست آورید.

راهنمایی: امپدانس دیده شده از منبع (Z_{in}) باید مساوی Z_0 باشد.

$$L_I = 20 \log_{10} \frac{V_i}{V_o} \Rightarrow \text{ضریب تضعیف}$$

با استفاده از روابط بدست آمده مقادیر $\frac{V_i}{V_o}, R_2, R_1$ را بدست آورید. ($Z_0 = 50\Omega$)

و در جدول زیر یادداشت کنید.

| $L_I(\text{dB})$ | V_i/V_o | R_1 | R_2 |
|------------------|-----------|-------|-------|
| 3 | 1.41 | | |
| 6 | 2 | | |
| 10 | 3.16 | | |
| 20 | 10 | | - |
| 30 | 31.6 | | |

در آزمایشگاه مدار فوق را بسته و با انجام آزمایش به ازای مقادیر بدست آمده یک تضعیف کننده بسازید.

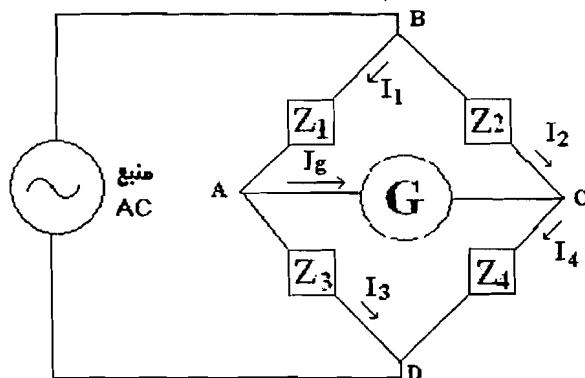
آزمایش شماره ۱۰

«پلهای اندازه‌گیری»

تئوری آزمایش
پل ماسکول

پل ماسکول یک پل AC بوده که به صورت تکاملی طبیعی پل DC است، در مقدماتی ترین شکل چهار بازو، یک منبع تحریک و یک آشکارساز است. منبع تحریک یک سیگنال AC در فرکانس مورد نظر است. آشکارساز ممکن است یک آمپرmetr ac، یک ولتمتر ac، اسیلوسکوپ یا وسیله دیگری با توان پاسخ دهنده به جریان های متناوب باشد.

حالت کلی یک پل ac را در شکل مشاهده می‌کنید. چهار بازوی پل یعنی به صورت امپدانس‌های نامشخص نشان داده شده‌اند. هر گاه پاسخ آشکارساز صفر باشد، پل متعادل است، یک یا چند بازوی پل تغییرمی‌کند تا پل متوازن شود.



شرایط توازن پل ایجاد می‌کند که اختلاف پتانسیل بین A,C صفر باشد. این شرط هنگامی اتفاق می‌افتد که افت ولتاژ بین A,B از نظر دامنه و فاز مساویافت ولتاژ بین B,C باشد. با استفاده از نمادهای مختلط می‌توان نوشت:

$$I_1 Z_1 = I_2 Z_2, I_3 Z_3 = I_4 Z_4$$

$$I_1 Z_3 = I_2 Z_4$$

$$I_1 = I_3, I_2 = I_4$$

زیرا:

در نتیجه داریم:

$$Z_1 Z_4 = Z_2 Z_3 \quad \text{یا} \quad \frac{Z_1}{Z_3} = \frac{Z_2}{Z_4}$$

اگر امپدانسها به شکل قطبی یعنی $Z = Z \angle \theta$ نوشته شوند که در آن Z دامنه و θ زاویه فاز امپدانس مختلط است

رابطه فوق را می‌توان به صورت زیر بازنویسی کرد:

$$(z_1 \angle \theta_1)(z_4 \angle \theta_4) = (z_2 \angle \theta_2)(z_3 \angle \theta_3)$$

برای ضرب کردن این اعداد مختلط، بزرگی‌ها را در یکدیگر ضرب، و زوایای فازها را با هم جمع می‌کنیم. در نتیجه رابطه فوق به صورت زیر بازنویسی می‌شود:

$$z_1 z_4 (\theta_1 + \theta_4) = z_2 z_3 (\theta_2 + \theta_3)$$

شرط اول آن

شرط

رابطه فوق نشان میدهد که برای توازن یک پل AC باید هم‌مان دو شرط برقرار باشد.

است که بزرگی امپدانسها در رابطه زیر صدق کند:

$$z_1 z_4 = z_2 z_3$$

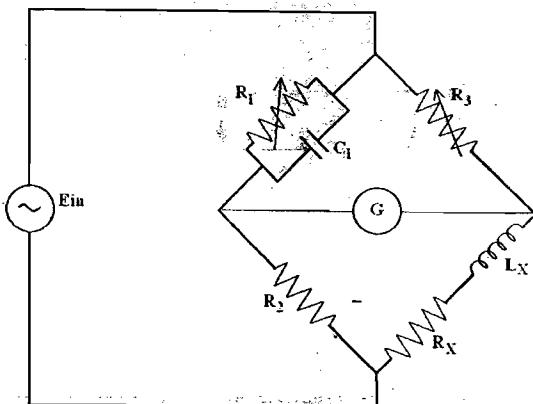
شرط دوم ایجاب می‌کند که زوایای فاز امپدانسها در رابطه زیر صدق کنند:

$$\theta_1 + \theta_4 = \theta_2 + \theta_3$$

این رابطه می‌گوید که مجموع زوایای فاز بازوی‌های متقابل باید مساوی باشند.

آزمایش ۱-۸ اندازه گیری سلف مجھول

مدار زیر را بینید.



$$R_1 = 100K\Omega$$

$$R_2 = 1K\Omega$$

$$R_3 = 10K\Omega$$

$$C_1 = 0.001\mu F$$

$$E_N = 10V_{P-P}, f = 10KHz$$

با تغییر R_1, R_2, R_3 پل را متوازن کنید.

سپس با جدا کردن R_1, R_2, R_3 مقادیرشان را اندازه گیری کنید.

مقدار اندوکتانس (القاکنایی) L_x مربوط به القاگر را محاسبه کنید. (با استفاده از روابط زیر)

$$Z_1 = \frac{(R_1)(-j\omega C_1)}{R_1 - j\omega C_1}$$

$$Z_2 = R_2, Z_3 = R_3$$

$$Z_x = R_x + j\omega L_x$$

$$\Rightarrow R_x = \frac{R_2 R_3}{R_1}$$

$$\Rightarrow L_x = R_2 R_3 C_1$$

مقدار مقاومت DC الفاگر (R_X) را محاسبه و نیز اندازه گیری کنید.

زاویه فاز θ را برای الفاگر محاسبه کنید.

$$Z = \sqrt{R_X^2 + X_L^2} \angle \tan^{-1}(X_L / R_X)$$

امپدانس کل الفاگر را با استفاده از رابطه $Z_X = Z_2 Z_3 / Z_1$ محاسبه کنید.

در صد خطای بین مقادیر R_X و Z_X اندازه گیری شده و محاسبه شده را محاسبه نمائید.