آزمایشگاه مدار و اندازه‌گیری

دکتر بهین فراز

معرفی المان‌های الکترونیکی

مقاومت

مقاومت به سه نوع مختلف ساخته می‌شود : ۱- ثابت ۲- قابل تنظیم ۳- متغیر

مقاومت‌ها از نظر جنس معمولاً به دو نوع زیر می‌باشند :

الف) مقاومت‌های سیم پیچی : از یک سیم با آلیاژ نیکل کروم با نیکل آهن یا نیکل مس که به دور استوانه‌ای از خاک نسوز پیچیده می‌شوند این نوع مقاومت به علت داشتن خاصیت سلفی در فرکانس های بالا تولید اشکال می کند حدود قدرت این مقاومت ها بین ۵ الی ۱۰۰ وات است.

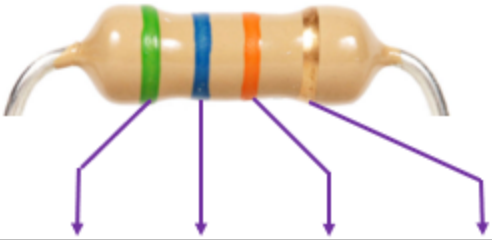
ب) مقاومت های ذغالی : از مخلوط گرافیت و یک ماده عایق ساخته می شود قدرت آنها حدود چند وات است و در فرکانس های بالا نیز قابل استفاده می باشند.

طریقه بدست آوردن مقاومت ها متاسفانه هر کشور یا هر کارخانه سازنده مقاومت برای نشان دادن مقدار مقاومت ها رمز به خصوص ابداع کردند که در زیر به اختصار به آنها اشاره می شود.

الف : در این سیستم مقدار مقاومت با عدد ها به وسیله حروفی که بیانگر اعدادی هستند مستقیماً روی بدن نوشته میشود.

ب : سیستم رمز رنگی در این سیستم که معمول ترین سیستم برای نوشتن مقدار مقاومت ها است مقدار مقاومت با استفاده از نوارهای رنگی یا نقاط رنگی که روی بدنه مقاومت ها نقش میشود نشان داده میشود.

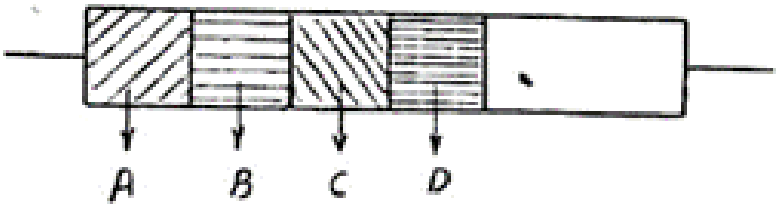
با توجه به شکلهای زیر قسمت 1 نماینده رقم اول ، 2 نماینده رقم دوم و سوم تعداد صفرهای جلو عدد ۱و۲ بوده و چهارم تلرانس مقاومت است.



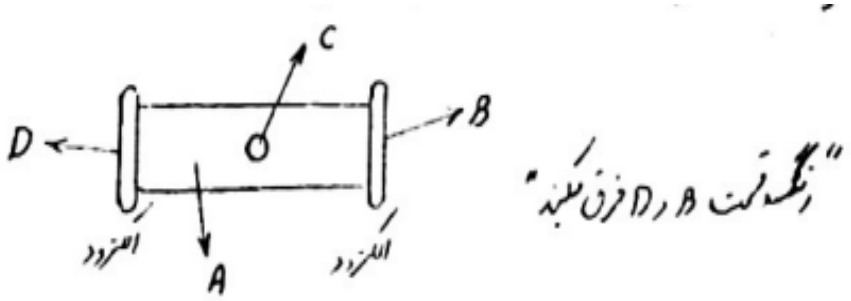
Color	1st Digit	2nd Digit	Multiplier	Tolerance
Black	0	0	10^0	
Brown	1	1	10^1	1%
Red	2	2	10^2	2%
Orange	3	3	10^3	
Yellow	4	4	10^4	
Green	5	5	10^5	0.5%
Blue	6	6	10^6	0.25%
Violet	7	7	10^7	0.1%
Grey	8	8	10^8	0.05%
White	9	9	10^9	
Gold				5%
Silver				10%

مثال : روی مقاومتی از سمت چپ به ترتیب قرمز – سبز – آبی– قرمز است ، مقدار و تلرانس چقدر است ؟

در سیستم رمز رنگی کارخانه های آمریکایی و ژاپنی رنگ ها را به صورت اشکال زیر مشخص میکند که مقادیر از جدول بالا به دست می یابند.



در سیستم اروپایی شکل مقاومت به صورت زیر است و مقادیر از جدول تعیین می شود



برای خواندن مقاومت های کمتر از ۱۰ اهم دو رنگ اصلی به کار رفته رنگ سوم یا طلایی است که برابر ۰٫۱ و یا نقره‌ای که برابر ۰٫۰۱ است.

مثال : مقاومتی دارای رنگ های قرمز سبز و طلایی است مقدارش چقدر است .

مقاومت ها به استاندارد E12 E24 در بازارهای موجود هستند.

E12 : 1 - 1.2 - 1.5 - 1.8 - 2.2 - 2.7 - 3.3 - 3.9 - 4.7 - 5.6 - 6.8 - 8.2

E24 : 1.1 - 1.3 - 1.6 - 2 - 2.4 - 3 - 3.6 - 4.3 - 5.1 - 6.2 - 6.8 - 7.5 - 8.2

9.1

در استانداردهای فوق علاوه بر خود مقاومت‌ها ضرایب ۱۰ آن ها نیز موجود است.

خازن

خازنها بر سه نوع هستند :۱.ثابت ۲.قابل تنظیم ۳.متغیر
خازن‌ها از نظر عایق در انواع کاغذی ،میکا ،الکترولیت و سرامیک ساخته میشوند.

۱.خازن کاغذی :از دو ورقه آلیاژ قلع که بین آنها یک ورقه کاغذ پارافین قرار گرفته و دور محوری پیچیده و در درون حفاظی نایلونی یا فلزی قرار گرفته تشکیل می‌یابد.
این خازن‌ها به علت داشتن خاصیت سلفی در فرکانس‌های بالا مورد استفاده قرار نمی‌گیرند.

۲.خازن میکا :عایق وسط دو صفحه خازن از جنس میکا است ،این نوع خازن دارای نشد ولتاژ کمی است و شارژ را مدت زیادی نگه می‌دارد.دارای عمر زیاد و تحت حرارت کم است و ولتاژهای زیاد را تحمل میکند و در فرکانس‌های بالا و رادیوئی قابل استفاده است.

۳.خازن سرامیک :به خازن دیسک و عدسی نیز معروف است ،عایق آن از سرامیک است و دارای حجم بسیار کمی است .در فرکانس‌های بالا به خوبی کار می‌کند و با کنترل مقدار سرامیک برای درجه حرارت‌های مختلف ساخته می‌شود.

۴.خازن الکترولیت :ساختمان خازن عبارت است از یک ورقه آلومینیوم که قطب مثبت را تشکیل میدهد و صفحه منفی را محلول اکسیژن‌دار سدیم و براکس که محلولی هادی است ،به وجود می‌آورد .در حالت عادی مابین این دو هادی عملا عایق وجود ندارد ولی به محض اینکه قطب مثبت باطری را به صفحه آلومینیوم و قطب منفی را به محفظه محتوی محلول شیمیایی اتصال دهند ،بعلت فعل و انفعال شیمیایی که بعدا توضیح داده خواهد شد لایه بسیار نازکی از اکسید آلومینیوم بر روی آلومینیوم می‌نشیند که صفحه مثبت و منفی را از هم عایق می‌کند وقتی صفحه مثبت و منفی را به ترتیب به قطب‌های مثبت و منفی باطری وصل می‌کنیم اکسیژن به طرف قطب مثبت یعنی آلومینیوم

رفته و با آن ترکیب می‌شود و تشکیل اکسید آلومینیوم که ترکیبی عایق است می‌دهد ،به این ترتیب مابین دو جسم هادی ،عایق تشکیل میشود که ضخامت آن بسیار نازک است و از چند مولکول تجاوز نمی‌کند .چنانچه قطب‌های باطری اشتباهی وصل شود ،اکسید آلومینیوم تجزیه شده و خازن فاسد می‌شود.در این نوع خازن اگر محفظه فلزی نیز از آلومینیوم باشد بدون خراب شدن خازن می‌توان در هر جهت از آن استفاده کرد .اهمیت این خازن‌ها در داشتن ظرفیت زیاد آن است این خازن‌ها دارای نشد ولتاژ زیادی هستند و شارژ را زیاد نگه نمیدارند.

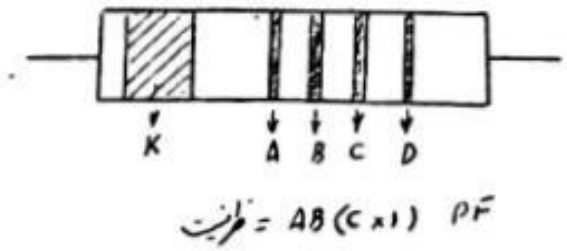
طریقه به دست آوردن مقدار ظرفیت خازن‌ها و ولتاژ کار خازن

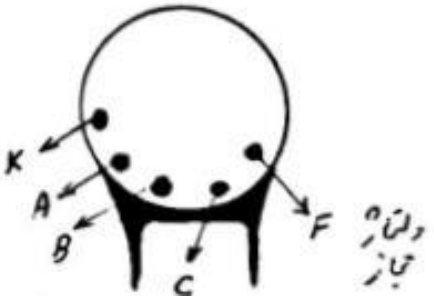
۱.معمول‌ترین سیستم نوشتن ظرفیت و ولتاژ کار با عدد و حروف روی خازن است مانند :

ظرفیت $2\mu F$

ولتاژ کار $15V$

۲.شکل و جدول زیر طریقه به دست آوردن ظرفیت خازن‌های سرامیک را معین می‌کند.

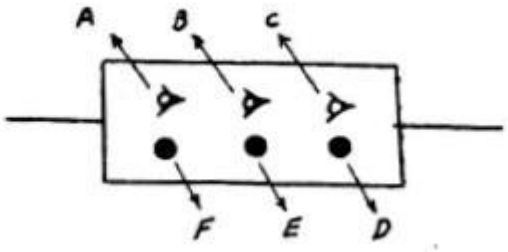




K ضریب حرارتی است که تغییر یک میلیونیم ظرفیت بازاء تغییر یک درجه سانتی‌گراد است

رنگ	A, B	C	t برای C>۱۰pF	t برای C<۱۰pF	10^{-6} K
سیاه	۰	۱	±۲۰	۲	۰
قهوه‌ای	۱	۱۰	±۱	-	-۳۰
قرمز	۲	۱۰۰	±۲	-	-۸۰
نارنجی	۳	۱۰۰۰	-	-	-۱۵۰
زرد	۴	-	-	-	-۲۲۰
سبز	۵	-	±۵	٪۵	-۳۳۰
آبی	۶	-	-	-	-۴۷۰
بنفش	۷	-	-	-	-۷۵۰
خاکستری	۸	۰٫۰۱	-	۱٫۲۵	+۳۰
سفید	۹	٪۱	±۱۵	۱	+۵۰۰

۳.رمز رنگی خازن‌های میکائی مانند حالت ۲ است و حروف مربوط به اعداد روی شکل مشخص شده است.

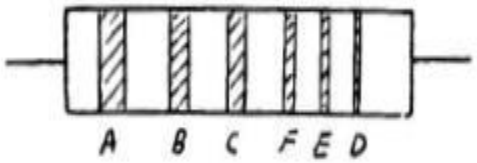


ممکن است خازن میکا به شکل زیر نیز باشد.

ظرفیت = ABC (D×10) PF

ترانس E

ولتاژ مجاز F

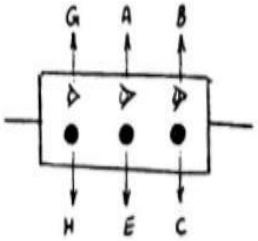


ولتاژ مجاز برابر است با مقدار رنگ ضربدر ۱۰۰ولت

تلرانس‌ها :طلائی ۵٪ ،نقره‌ای ۱۰٪ و بی‌رنگ ۲۰٪

اگر Dطلائی باشد برابر 0.1×Dو اگر نقره‌ای باشد برابر 0.01×Dحساب میشود.

شکل زیر سیستم دیگری از نمایش مقادیر خازن میکا را نشان میدهد.



G جنس عایق را مشخص میکند { سیاه = عایق میکا / نقره‌ای = عایق کاغذی }

ظرفیت = AB (C×10) PF

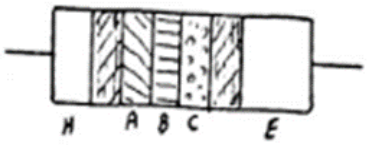
تلرانس : E

Hتغییر ظرفیت خازن در اثر بالا رفتن درجه حرارت را نشان می‌دهد و از جدول زیر تعیین میگردد.

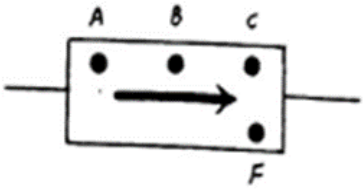
٪۰,۰۲۵=سبز ، ٪۰,۵ =قرمز ، ٪۰,۲=نارنجی ، ٪۰,۰۵=زرد ، ٪۰,۰۰۵=آبی

در شکل‌های زیر چند نوع خازن میکا و سرامیک که در سیستم دیگری علامت گذاری شده است معرفی می‌شود.

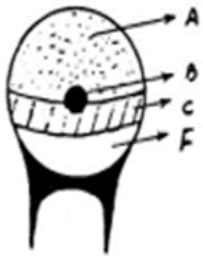
ظرفیت = AB (C×10) PF



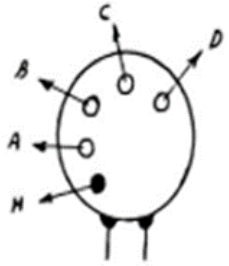
ظرفیت = AB(C*10)
تلرانس = E
ضریب تحمل حرارتی == H
رنگ *۱۰۰ بر حسب درجه سیلسیوس



ظرفیت = AB(C*10)
ولتاژ مجاز برابر است با مقدار رنگ (اف)
ضرب در ۱۰۰



ظرفیت = AB(C*10)
ولتاژ مجاز برابر است با مقدار رنگ (اف)
ضرب در ۱۰۰



ظرفیت = AB(C*10)
تلرانس = D
ضریب حرارتی = H

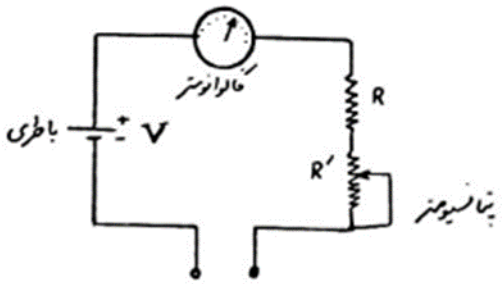
The Electronic VOM

Vom الکترونیکی دستگاهی است که می توان ولتاژ (volts) مقاومت (ohms) و جریان الکتریکی (milliamperes)را اندازه گیری کند

اهم متر(OHMMETR)

بدمینتون یکی از مفیدترین وسایل الکترونیکی است که در الکترونیک کاربرد وسیعی دارد و برای اندازه گیری مقاومت به کار میرود هرگاه از اهم متر برای اندازه گیری مقاومت مدار ها بخواهیم استفاده کنیم یا به تغذیه مدار را قطع کرده باشیم و همچنین از اهم متر برای چک کردن و پیدا نمودن اشکالات ساده مدار الکترونیکی از قبیل اتصال کوتاه و اتصال باز و غیره می توان بهره جست و در دو نوع آنالوگ عقربه ای و دیجیتالی وجود دارند

معمولاً مدار ۱ اهم متر رساله عقربه ای نظیر شکل زیر از یک باتری یک گالوانومتر و مقاومت تشکیل می‌شود گالوانومتر همون قسمت عقربه اهم متر است که عقربه متناسب با مقدار جریان مدار منحرف می شود.



مدار یک اهم متر ساده عقربه‌ای

و چون طبق رابطه اهم (V=IR) مقاومت و جریان مدار نسبت عکس با هم دارند لذا می توان صفحه نشان دهنده را طوری مدرج نمود که مقدار مقاومت قابل خواندن باشد. طبیعتاً این درجه بندی غیر خطی خواهد شد. همانطور که می دانید با گذشت زمان ولتاژ باتری اندکی تغییر میکند(می کند مقاومت

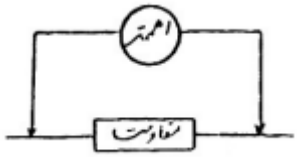
داخلی باتری تغییر میکند) و لذا در مدار اهمتر معمولاً یک پتانسیومتر قرار می دهند تا با آن اهم متر را در صورت تغییر مقاومت داخلی باتری تنظیم نمود.
در اهمتر الکترونیکی نیز درجه بندی به صورت غیر خطی است و درجه‌بندی سمت چپ صفحه مدرج از درجه بندی سمت راست آن دقیق تر است. همچنین قبل از این کار با اهمتر این سیستم باید آن را تنظیم کرد . در تنظیم اهم متر در حالت اتصال کوتاه باید اهم متر صفر اهم و در حالت اتصال باز اهم متر بینهایت را نشان دهد در سمت راست ۱۰۰۰ واحد قرار گیرد.

روش تنظیم:

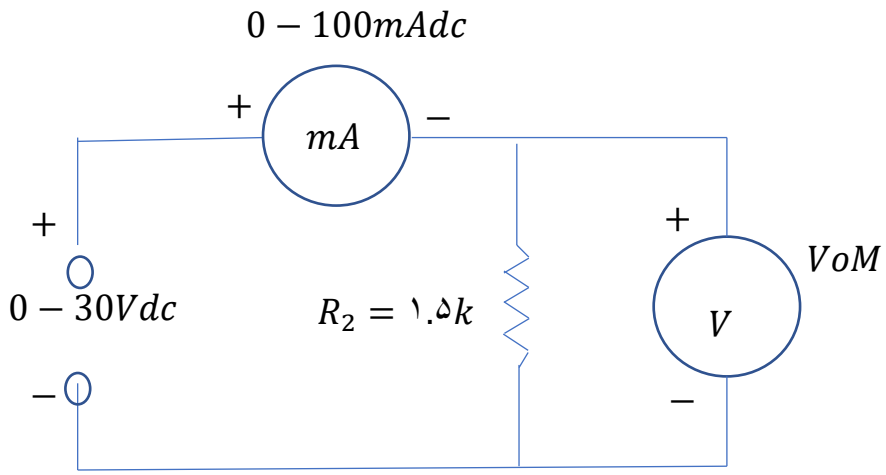
۱- سوئیچ Ω و سپس سوئیچ قرمز رنگ Power را فشار دهید .
۲- پروب سیاه را به ترمینال ACV/OHM وصل کنید و سیم سیاه را به ترمینال COM متصل کنید.
۳- سوییچ ACV/DCV/OHM را روی R*100 قرار دهید
۴- مدار را اتصال کوتاه کنید یعنی دو سر پراب ها را به هم وصل کنید
۵- از کلید zero ADJ zero adjust برای تنظیم عقربه روی صفر استفاده کرده و عقربه را روی صفر اهم تنظیم کید این کلید در سمت چپ دستگاه قرار دارد
۶-مدار را اتصال باز کنید یعنی دو سر پراپ ها را از هم دور کنید تا عقربه به درجه بالای صفحه مدرج حرکت کند
۷- از کلید OHM ADJ ohm adjust که در سمت راست دستگاه قرار دارد عقربه را تا حد ممکن در سمت راست هدایت کنید
تذکر : بعد از تنظیم باید در تمامی رنج ها به غیر از رنج R*1 هنگام اتصال کوتاه پراپ ها صفر اهم متر را نشان دهد، در رنج R*1 به خاطر مقاومت پراپ ها ، مقاومتی در حدود ۰,۲ تا ۰,۴ اهم را نشان میدهد که این مقاومت قابل اندازه گیری است بنابراین هنگام اندازه گیری مقاومت های کمتر از ۱۰ اهم برای دقت بیشتر مقاومت سیم ها را باید از مقاومت خوانده شده کسر کرد تا مقدار واقعی مقاومت مورد اندازه گیری بدست آید .

روش اندازه گیری مقاومت:

دو سر پراپ های اهم متر به دو سر مقاومت وصل کرده و با انتخاب رنج مناسب مقدار مقاومت را بخوانید.



میلی آمپرمتر جریان مقاومت R_2 را اندازه گیری کنید.



۵) جوابهای به دست آمده از بندهای $3-a$ و $3-b$ را با جواب بند ۴ مقایسه کنید. آیا یکسان هستند؟ اگر یکسان نیستند علت را توضیح دهید؟

۶) $-a$ مقاومت R_1 را با R_2 تعویض کنید و جریان را اندازه گیری کنید.

R_1 کمتر از R_2 است آیا IR_2 بیشتر است یا IR_1 ؟

۷) $-b$ با توجه به ولتاژ ها و جریان های به دست آمده در مراحل فوق ، اندازه مقاومت های R_1 و R_2 را $-a$ محاسبه کنید.

$-b$ در جدول ۱ اندازه های بدست آمده برای R_1 و R_2 را مقایسه کنید؟

	مقدار نامی مقاومت	تلرانس%	مقدار اندازه گیری شده مقاومت	مقدار محاسبه شده مقاومت
R_1				
R_2				

آزمایش ۲

مدارات سری و قانون کیرشهف

در مدارات سری مجموع افت ولتاژهای روی المانها مساوی ولتاژ اعمال شده به مدار است.

وسائل لازم: منبع تغذیه، میلی آمپرمتر، Vom الکترونیکی ، برد آزمایش

آزمایشها :

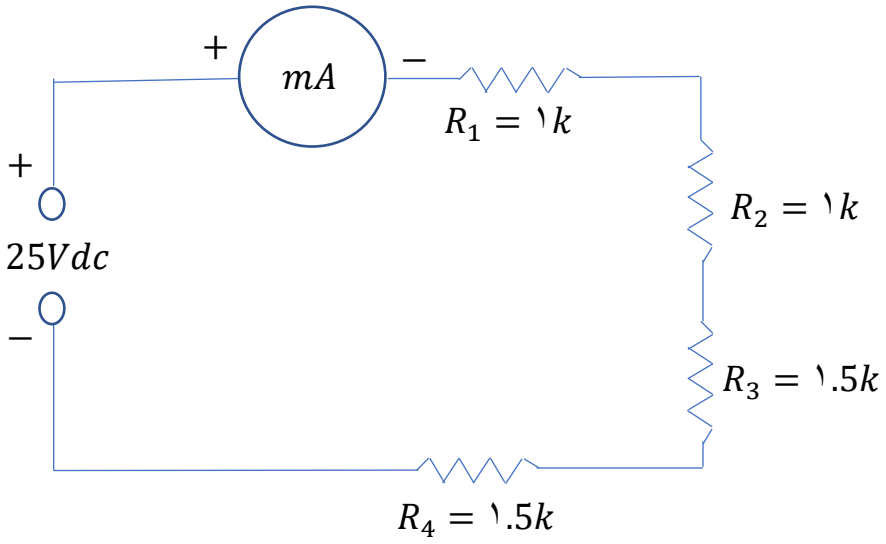
۱) aــ مدار شکل ۱ را ببندید و بدون اعمال ولتاژ، محاسبات زیر را انجام دهید.

bــ مقاومت R_2 یعنی مقاومتی که از دو سر منبع دیده میشود را محاسبه کنید.

cــ با استفاده از قانون اهم و ولتاژ تغذیه $25Vdc$ اندازه جریان جاری در مدار را محاسبه کنید.

dــ ولتاژهایی را که روی هر مقاومت افت می کند $(I.R)$ را محاسبه کنید .

eــ جریان و ولتاژهای محاسبه شده را در جدول ۱ بنویسید. $0-10mA$



	$I\ mA$	$V\ R1$	$V\ R2$	$V\ R3$	$V\ R4$
محاسبه شده					
اندازه گیری شده					

۲) $a-$ ولتاژ منبع تغذیه را روی $۲۵Vdc$ تنظیم کنید و انرا به مدار اعمال کنید و جریان مدار را اندازه گیری کنید

$b-$ بوسیله Vom افت ولتاژ های روی مقاومتهای $R1$ تا $R4$ را اندازه گیری کنید.

$c-$ نتایج بدست آمده از مراحل فوق را وارد جدول ۱ کنید و با مقادیر تئوری مقایسه کنید.

۳) $a-$ با استفاده از جریان و ولتاژ های اندازه گیری شده، مقادیر مقاومت های $R1$ تا $R4$ را محاسبه کنید.

$b-$ افت ولتاژ های اندازه گیری شده $vR1$ تا $vR2$ را با هم جمع کنید. آیا مجموع آنها مساوی ولتاژ تغذیه است؟

۴) $a-$ مقاومت $R4$ را از مدار باز کنید و به جای آن پتانسیومتر $10k$ اهم $R۵$ را ببندید.

$b-$ منبع تغذیه را روی $30vdc$ تنظیم کنید و پتانسیومتر را نیز طوری تنظیم کنید که میلی آمپر جریان ۵/۲ میلی آمپر را نشان دهد.

$c-$ ولتاژ هایی که روی مقاومتهای $R3, R2, R1$ می افتد را با استفاده از قانون اهم محاسبه کنید.

$d-$ با استفاده از قانون کیرشهف افت ولتاژ روی $R۵$ را محاسبه نمایید.

$e-$ با استفاده از نتایج فوق اندازه $R۵$ را محاسبه کنید.

$f-$ افت ولتاژروی $R۵$ را اندازه گیری کنید و با توجه به جریان مدار، دوباره $R۵$ را محاسبه نمایید.

آزمایش ۳

قانون کیرشف در مدارات موازی

در هر گره مجموع جریان هائی که گره را ترک می کنند مساوی مجموعه جریان هائی است که وارد آن می‌شوند.

وسائل لازم:

منبع تغذیه 0-15vdcو 1

آمپرمتر0-0.01/0.1/1Adc

الکترونیکی vomبردسوئیچ

برد لامپیDs1 برد آزمایش

آزمایشها:

۱)a- مدار شکل 1را ببندید.

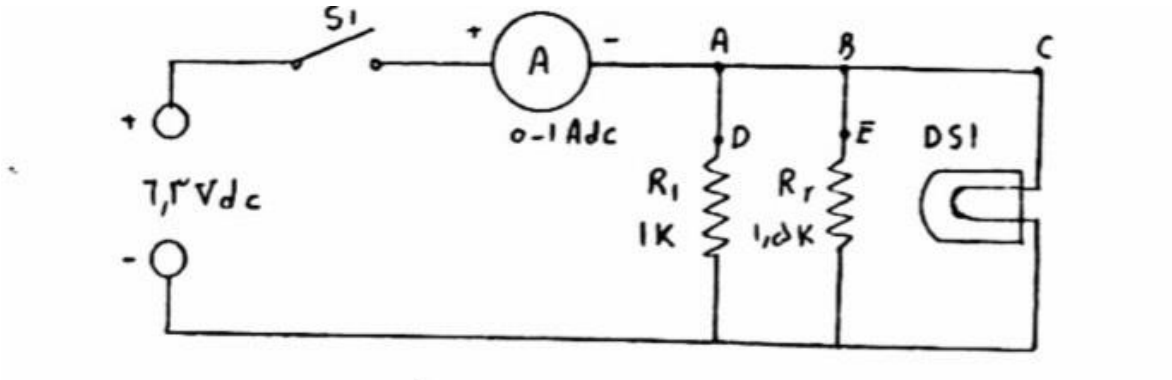
b- آمپر متر را در رنج adc قرار دهید.

c- کلید S1را ببندید.

d- منبع تغذیه را رویDS1 6.3vdc تنظیم کنید در این صورت لامپروشن خواهد شد.

e- جریان کل مدارIT را اندازه گیری کنید. IT=00105.A

f- کلید s1را قطع کنید.



۲)a-آمپر متر این نقاط A و D قرار دهید و رنج آن را mAdc ۱ اختیار کنید.

b-کلید s1 را وصل کرده و جریان گذرنده از مقاومت R1 را اندازه گیری کنید .

c-کلید s1 را قطع کرده و آمپرمتر را بین نقاط E و B قرار دهید.

d- کلید s1 را وصل کرده و جریان مقاومت R2 را اندازه گیری کنید.

e- کلید s1 را قطع کرده و آمپرمتر رابین نقاط B و C قرار دهید و رنج آن را اختیار کنید.

f- کلید s1 را وصل کرده و جریان گذرنده از لامپ DSI را اندازه گیری کنید.

g-کلید s1 را قطع کنید.

۴) a-آیا جریان سه شاخه مساوی است؟ خیر.... توضیح دهید. چون مقاومت سه شاخه برابر می شود.

b-جریانهای سه شاخه را با هم جمع کنید.

c- آیا مجموع جریان های سه شاخه با It در بالا اندازه گیری کرده اید مساوی است یا نه؟ خیر

d- برای گره مربوط به نقاط C و B و A قانون کیرشف را تحقیق کنید.

۵) a-تحقیق کنید که جریان هر شاخه متناسب باعکس مقاومت آن شاخه است.

بله زیرا مقاومت سه شاخه بیشتر است جریان کمتری از آن میگذرد.

سوالات:۱- در مدار شکل ۱ اندازه مقاومت dsi چقدر است ؟

۲-با توجه به ولتاژ و جریان کل مدار شکل ۱ اندازه مقاومت کل مدار را تعیین کنید ؟

قضایای تونن و نورتن:

قضیه تونن : بجای هر مداری که بین دو ترمینال یا دو نقطه دلخواه (مثلاً نقاط A و B) قرار دارد میتوان یک مدار معادل سری در نظر گرفت که شامل یک منبع ولتاژ تونن V th و یک مقاومت V th تونن است. ولتاژ مدار باز دیده شده از دو نقطه یاد شده (نقاط A و B) از مدار اصلی بوده و Rth مقاومت معادل دیده شده از دو نقطه فوق در حالتی که منابع صفر شده می باشد.

قضیه نورتن: به جای هر مداری که بین دو ترمینال یا دو نقطه دلخواه (مثلاً نقاط A و B)قرار دارد می توان یک مدار معادل موازی در نظر گرفت که شامل یک منبع جریان In موازی با مقاومت نورتن Rn می باشد. جریان اتصال کوتاه در نقطه یاد شده (نقاط A و B) از مدار اصلی بوده و Rn مقاومت دیده شده از دو نقطه فوق در حالتی که منابع صفر شده می باشد. قابل ذکر است که صفر شدن منابع به معنی اتصال کوتاه شدن منابع و ولتاژ اتصال باز شدن منابع جریان است .

وسائل لازم :

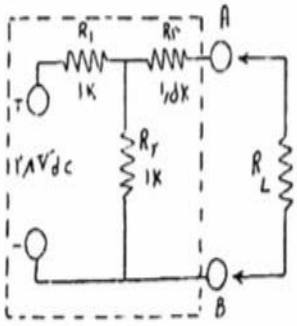
منبع تغذیه 1K,1W 0-30vdc ,10Ma R1,R2

میلی آمپرمتر 1.5K,1W 0-10m ADC R3,R4

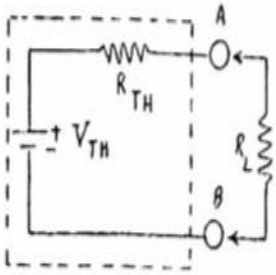
الکترونیکی برد آزمایش

آزمایشها:

۱)برای مدار شکل یک قضیه تونن را مورد بحث قرار داده و به کار میبریم. مدار اصلی (به جز ترمینال‌های A و B)در داخل مربعی نشان داده شده و مدار معادل تونن آن در شکل ۲ ترسیم شده است. با تعیین V th و R th به راحتی می توان جریان و ولتاژ بار را با استفاده از قانون اهم به دست آورد.



شکل ۱



شکل ۲

۲) ولتاژ تونن V_{TH} ولتاژی است که در حالت بی‌باری در ترمینال‌های B و A ظاهر می‌شود. با توجه به اینکه جریانی از R_3 در شکل ۱ در حالت مدار اتصال باز (بی‌باری) نمی‌گذرد بنابراین V_{TH} مساوی ولتاژ روی R_2 یعنی V_{R2} خواهد بود. $V_{TH}=V_{R2}$

a –فرض کنید ولتاژ ورودی 28Vdc است. V_{TH} در ترمینال‌های B و A را محاسبه کنید.

V_{TH} =.....

b –مقاومت تونن R_{TH} که از ترمینال‌های B و A دیده می‌شود را محاسبه نمایید.

R_{TH} =.....

C –در شکل ۲ با استفاده از مقادیر V_{TH} و R_{TH} محاسبه شده در بالا، جریان و ولتاژ بار را محاسبه کنید (R_L=1.5 kΩ).

I_{RL} =.....

V_{RL} =.....

۳) a –مدار شکل ۱ را ببندید و ترمینال‌های B و A را باز کنید.

b –VOM را در حالت اهممتر قرار دهید.

C –ترمینال‌هایی که قرار است به منبع تغذیه وصل شود را اتصال کوتاه کنید و مقاومت دیده شده از ترمینال‌های B و A را اندازه‌گیری کنید. R_{TH} =.....

آیا R_{TH} اندازه‌گیری شده مساوی R_{TH} محاسبه شده‌است ؟ بله.....

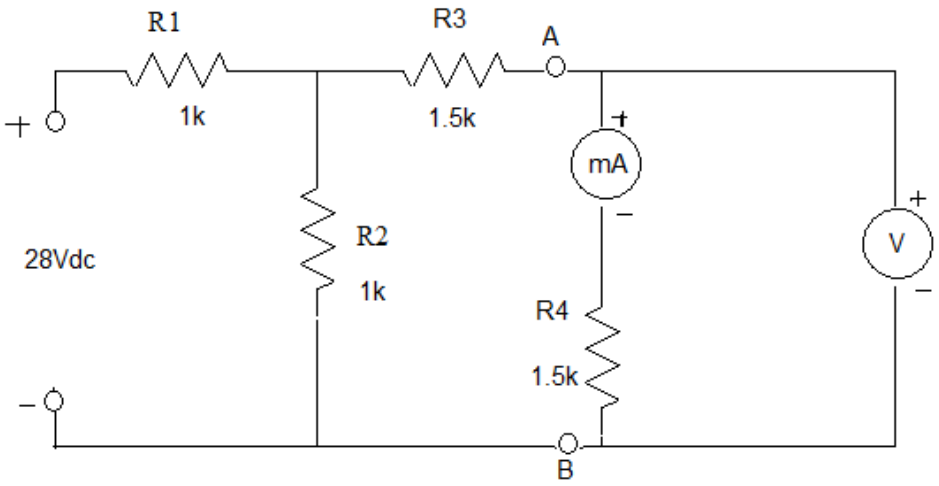
d –بعد از وصل نمودن دو باره‌ی منبع تغذیه، ولتاژ بین دو نقطه B و A را اندازه‌گیری کنید.

V_{TH} =.....

آیا V_{TH} محاسبه شده با مقدار اندازه‌گیری شده برابر است یا نه ؟.....

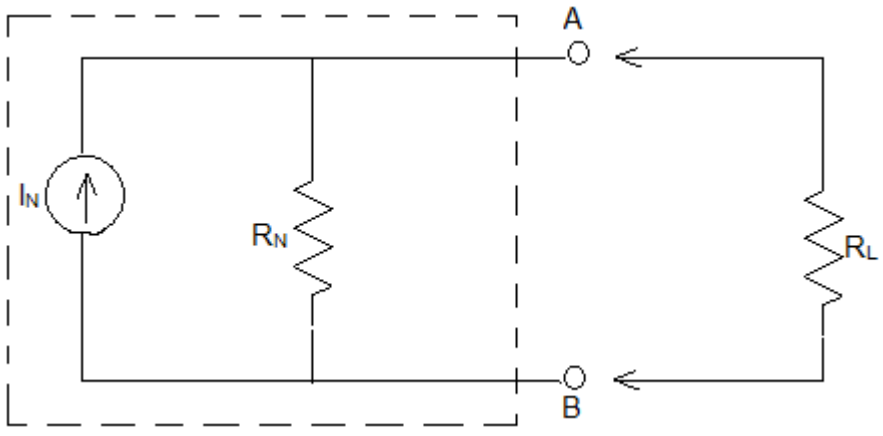
۴) a –با توجه به شکل۳ ولتاژ و جریان بار را اندازه‌گیری کنید. .....=I_{RL} و .....=V_{RL}

آیا این جواب با مقادیر محاسبه شده قبلی برابر است یا نه ؟.....



شکل ۳

۵) مدار بدون بار شکل۱ را بوسیله مدار زیر که مدار معادل تورنن آن است می‌توان جایگزین کرد. این مدار معادل شامل یک منبع جریان I_N و یک مقاومت R_N است که موازی منبع جریان قرارگرفته است. با استفاده از مدار معادل نورتن براحتی با استفاده از قانون اهم می‌توان جریان و ولتاژ بار را حساب کرد.



شکل ۴

۶) a –R_N نظیر R_{TH} محاسبه می‌شود: بنابراین (۱) $R_N = R_{TH}$

b –جریان نورتن I_N ، جریانی است که در حالت اتصال کوتاه ترمینال‌های B و A از آن‌ها می گذرد.

C –چند رابطه مهم عبارتند از:

$$V_{TH} = I_N R_{TH} \qquad (۲)$$

$$V_{TH} = I_N R_N \qquad (۳)$$

$$I_N = V_{TH} / R_{TH} \qquad (۴)$$

مدارهای معادل تونن و نورتن بوسیله روابط ۱ تا ۴ قابل تبدیل به یکدیگر هستند.

۵) a –مدار معادل نورتن شکل۱ را محاسبه نمایید.

b –جریان و ولتاژ بار (R_L) از مدار شکل۴ را برای $R_L=1.5k$ محاسبه نمایید.

C –آیا V_{RL} و I_{RL} بدست آمده از مدار معادل نورتن با مقادیر محاسبه شده از مدار معادل تونن یکسان است یا نه ؟.....

آزمایش ۵

اندوکتانس

اندوکتانس (L) خاصیتی است که با تغییر در شدت جریان مدار مخالفت می‌کند. اصولا همه‌ی مدارات دارای مقداری اندوکتانس هستند یعنی همه‌ی هادیها دارای اندوکتانس هستند در حالی که معمولا ما فکر می‌کنیم تنها سیم پیچ‌ها دارای اندوکتانس هستند.

بر سلف یا خود القا از چند دور سیم که اطراف یک هسته پیچیده شده‌است تشکیل می‌گردد. هسته‌ی سیم پیچ‌ها می‌تواند از یک ماده‌ی مغناطیسی مثل آهن و یا از یک ماده‌ی غیرمغناطیسی ساخته شود زمانی که از هوا بعنوان هسته استفاده شود می‌گویند که سیم‌پیچ دارای هسته هوایی است. هسته‌های مغناطیسی بیشتر از هسته‌های هوایی تولید اندوکتانس می‌کنند. برای تعداد دور معینی از سیم‌پیچ، یک هسته با ابعاد بزرگتر تولید اندوکتانس بیشتری می‌کند. همچنین تعداد دور و فضای بین سیم‌ها نیز در اندوکتانس تاثیر مهمی دارند. افزایش تعداد دور سیم‌ها و نزدیکی سیم‌پیچ‌ها به هم ، اندوکتانس را زیاد می‌کند.

در اثر عبور جریان متناوب از سیم‌پیچ‌ها ، میدان مغناطیسی متغییری در اطراف سیم‌پیچ‌ها بوجود می‌آید که این میدان متغییر با زمان نیز بنویه خود یک ولتاژ القایی در سیم‌پیچ‌ها بوجود می‌آورد این ولتاژ القایی را نیروی الکتروموتیو یا emf می‌گویند. جهت emf بگونه‌ای است که همواره با ولتاژ اعمال شده مخالفت می‌کند. بنابراین باید توجه داشته باشیم که اندوکتانس تنها در مقابل ولتاژهای ac بوجود می‌آید زیرا ولتاژ ثابت dc به لحاظ اینکه نمی‌تواند میدان مغناطیسی متغییر با زمان ایجاد نماید بنابراین تولید اثر اندوکتانس در سیم‌پیچ نیز نمی‌تواند بکند.

واحد اندوکتانس هانری(H) است که از نام ژوزف هانری فیزیکدان آمریکایی گرفته‌شده است. طبق تعریف یک هانری، اندوکتانس سیم‌پیچی است که اگر شدت جریان یک آمپر از آن بگذرد به اندازه یک ولت، ولتاژ emf در سیم‌پیچ بوجود آید. با توجه به اینکه یک هانری واحد اندازه‌گیری بزرگی

برای اندوکتانس است، به همین دلیل معمولا برای اندازه‌گیری از واحدهای کوچک مثل mH یا μH استفاده می‌کنند.

اندوکتانس معادل در مدارات سری و موازی از فرمول‌های زیر محاسبه می‌شود.

L_T (سری) = $L_1+L_2+L_3+\ldots\ldots$

L_T (موازی) = $1/\left(\frac{1}{L1}+\frac{1}{L2}+\frac{1}{L3}+\cdots\right)$

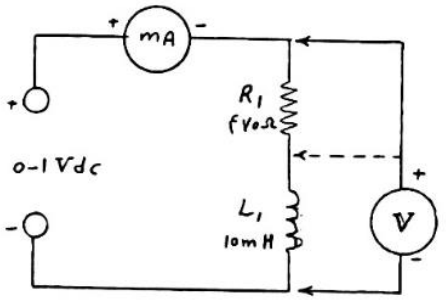
وسایل لازم :

$L_1 \quad 10m\,H$	$L_2 \quad 10m\,H$
$R_1 \quad 470\Omega, 1W$	منبع تغذیه 0-1 Vdc, 1mA
ژنراتور AF	برد آزمایش
الکتریکی VOM	

آزمایش ها :

۱) a- در شکل ۱ مجموع مقاومت سری R_1 و مقاومت اهمی L_1سلف که ۳۰ اهم می باشد را محاسبه کنید.

b-اگر ولتاژ منبع تغذیه ۰,۵ vdc درنظر گرفته شود جریان مدار را محاسبه نمایید .



شکل ۱

c- مدار شکل ۱ را ببندید (از ولتمتر و میلی آمپر در این قسمت استفاده کنید). منبع تغذیه را روی ۰,۵ vdc تنظیم کرده و رو شن کنید .جریان مدار و ولتاژ دو سر سلف L_1 را اندازه گیری کرده آنگاه با استفاده از مقادیر بدست آمده مقاومت داخلی سلف L_1 را محاسبه نمایید .

d–با استفاده از ولتمتر مقاومت دو سر سلف L_1 را اندازه گیری کنید .

e- شدت جریان بدست آمده از تئوری (مرحله b - ۱) و عمل (مرحله c - ۱) را مقایسه کنید.

f- آیا میتوان گفت جریان کل مدار تنها به وسیله مقاومت dc مدار محدود می شود ؟

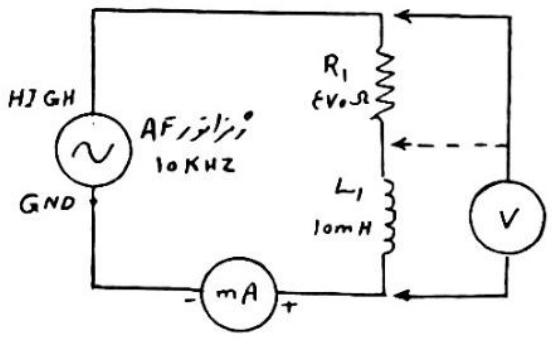
g- R_{L_1} بدست آمده از دو مرحله (مرحله d - ۱) و (مرحله c - ۱) را مقایسه کنید و در صورت تفاوت علت را توضیح دهید

h- آیا افت ولتاژ دو سر سلف ناشی از اندوکتانس سیم پیچ است یا ناشی از مقاومت داخلی سیم پیچ؟

۲) - a سیگنال ژنراتور را مانند شکل ۲ به مدار وصل کنید .در این قسمت از ولتمتر و میلی آمپر متر dc استفاده کنید .فرکانس سیگنال ژنراتور را روی ۱۰KHZ تنظیم کنید و ولتاژ آنرا V 0.5 ac(rms) که معادل با ولتاژ 4 V ac (p-p) را اختیار کنید و جریان مدار و ولتاژ دو سر سلف L_1 را اندازه گیری کنید .

۳)

سپس مقاومت ظاهری سلف را با استفاده از مقادیر فوق محاسبه نمایید .



شکل ۲

b-آیا مقاومت dc سلف که در مرحله (1-c) تعیین شده بزرگتر است یا مقاومت ac سلف که در مرحله اخر تعیین گردید؟

c-آیا جریان dc جاری در مدار که در مرحله (1-c) تعیین شده بزرگتر است یا جریان ac جاری در مدار مربوط به مرحله آخر؟

d-امپدانس کل مدار را با استفاده از ولتاژ داده شده در مرحله (2-a) و جریان اندازه گیری شده در همان مرحله محاسبه نمایید .

e-مقاومت ظاهری بدست آمده برای سلف را که در مرحله (2-a) بدست آمده با مقاومت جمع کنید آیا نتیجه با نتیجه مرحله مساوی است است یا نه ؟

3)a- سلف L_2 را به موازات سلف L_1 وصل کنید و سپس اندوکتانس کل آنها را محاسبه نمایید

b- برای f=10KHZ و ولتاژ 0.5V ac(rms) سیگنال ژنراتور را تنظیم کرده و جریان را اندازه گیری کنید و با جریانی که در مرحله (2-a) بدست آمده مقایسه کنید .

c - مراحل (3-a) و (3-b) را برای حالت سری دو سلف تکرار کنید.

آزمایش ۶

راکتانس اندوکتیو

در آزمایش اندوکتانس ، دیدیم که اندوکتانس در هر لحظه با جریان متناوب مدار مخالفت می کند این مخالفت با جریان سبب تولید ولتاژ در سیم پیچ میشود. مخالف اندوکتانس با تغییر جریان .جاری در مدار به صورت نوعی مقاومت در دو سر منبع تغذیه ظاهر میشود. این مقاومت ظاهر شده را راکتانس اندوکتیو می نامند و با X_L نشان میدهند. برای محاسبه X_L از فرمول زیر استفاده میشود :

$$X_L = 2\pi FL \quad \text{اهم} \qquad (1)$$

که f فرکانس بوده و بر حسب هرتز (HZ) و L اندوکتانس بوده و برحسب هانری است و واحد X_L اهم است. از فرمول فوق ملاحظه میشود که اندازه راکتانس اندوکتیو بستگی به فرکانس دارد.

در مدارات سری و موازی راکتانس اندوکتیو کل از فرمولهای زیر محاسبه میشود:

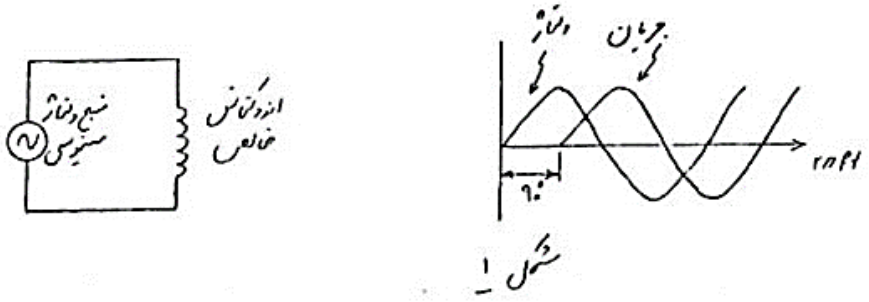
$$X_L 2\ \left(\text{سری}\right) = X_L 1 + X_L 2 + X_L 3 + \cdots$$

$$X_L 2\ \left(\text{موازی}\right) = 1\ f\ \left(\frac{1}{X_L 1} + \frac{1}{X_L 2} + \frac{1}{X_L 3} + \cdots\right)$$

بیشتر مدارات به همراه راکتانس دارای مقاومت نیز هستند. بطور کلی مخالفت با جریان جاری در یک مدار ناشی از راکتانس و مقاومت آن است که آنرا امپدانس (Z) می نامند. واحد امپدانس اهم است . مقاومت و راکتانس را نمی توان مستقیما با یکدیگر جمع کرد بلکه باید آن ها را به صورت برداری با هم ترکیب نمود.

اگر در مداری نظیر مدار شکل ۱ اندوکتانس خالص (بدون مقاومت dc) داشته باشیم و به آن یک موج سینوسی اعمال کنیم ، شکل موج جریان نسبت به ولتاژ $90°$ درجه تاخیر فاز خواهد داشت به

عبارت دیگر در یک مدار با اندوکتانس خالص ولتاژ به اندازه $90°$ درجه نسبت به جریان پیش می افتد.



شکل ۱

در مداراتی که بیشتر شامل موتورها،ژنراتورها،ترانسفورماتورها و سیم پیچ ها هستند تاثیر راکتانس اندوکیتو بیشتر است.

میدان مغناطیسی عناصری که دارای اندوکتانس دارای انرژی است که آن را به مدار برمیگرداند. از این رو راکتانس اندوکتیو هیچ قدرتی را مصرف نمی کند.

در مواردی که بدون نیاز به مصرف انرژی زیاد، امیدانس زیادی لازم باشد از راکتانس اندوکتیو یک سیم پیچ استفاده می شود. از این رو از سیم پیچ ها در فیلترها ، شبکه های شیفت نیاز، مدارات کوپلاژ امپرانس و مدارات تنظیم شده امواج صوتی استفاده می شود.

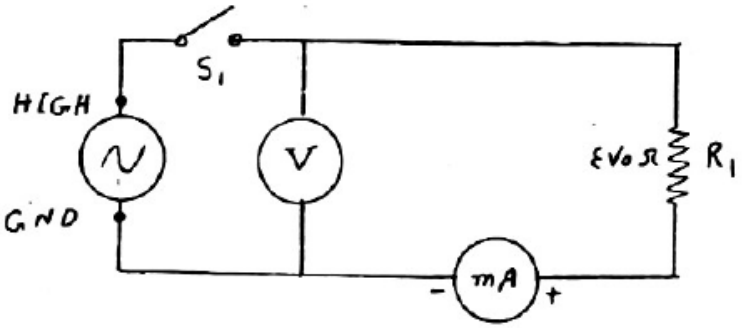
وسائل لازم:

L_1 $10m\,H$	L_2 $10m\,H$
R_1 $470\Omega, 1W$	منبع تغذیه 0-1 Vdc, 1mA
ژنراتور AF	**برد آزمایش**
الکتریکی VOM	**s_1 DpsTبرد سوئیچ**
برد سوئیچ DpsT s_2	**اسلیوسکوپ**

آزمایش ها:

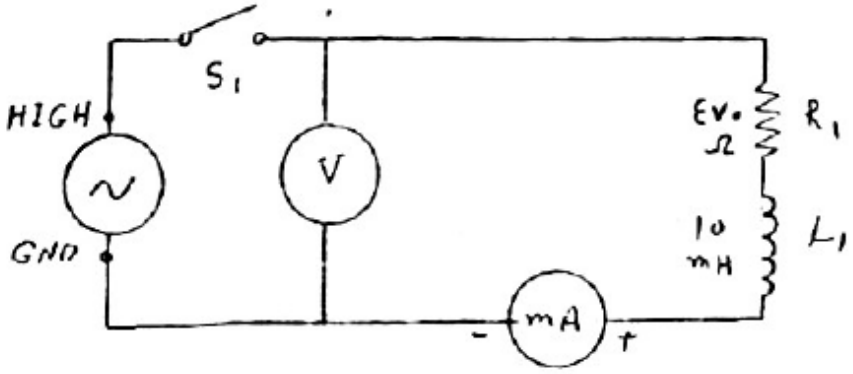
۱)a_ مدار شکل ۲ را ببندید و فرکانس سیگنال ژنراتور را روی ۱۰KHZ تنظیم کنید و کلید S1 را وصل کنید و ولتاژ خروجی سیگنال ژنراتور را روی ۰/۵Vac تنظیم کنید.

سپس جریان کل مدار را اندازه گیری کنید.



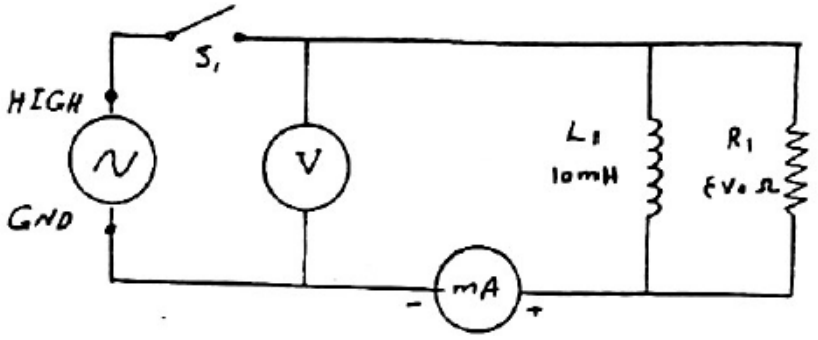
شکل ۲

b_کلید S1 را قطع کرده و سلف L1 را به صورت سری با مقاومت R1 ببندید سپس کلید S1 را وصل کرده و ولتاژ خروجی سیگنال ژنراتور را روی Vac ۰/۵ تنظیم کنید و جریان کل مدار را اندازه گیری کنید.(شکل ۳).



شکل ۳

c_کلید S1 را قطع کرده و سلف L1 را به صورت موازی با R1 ببندید و سپس کلید S1 را وصل کرده و ولتاژ خروجی سیگنال ژنراتور را روی ۰/۵ Vac تنظیم کنید و جریان کل مدار را اندازه گیری کنید.(شکل۴).



شکل ۴

d_جریان های اندازه گیری شده سه مرحله (1_a) ، (1_b) ، (1_c) را مقایسه کنید.

e_راکتانس اندوکتیو در مدارات سری و موازی ، مثل مقاومت عمل میکنند؟

۲)a_بار دیگر مدار شکل ۳ را ببندید و کلید S1 را وصل کرده و فرکانس سیگنال ژنراتور را از ۱۰ KHZ تا فرکانس ۱۵۰ KHZافزایش دهید و برای پر افزایش فرکانس ولتاژ خروجی را روی ۰/۵Vac تنظیم کنید سپس جریان کلی را در بر مرحله اندازه گیری نموده و در جدول ۱ یادداشت کنید.

b_با توجه به جدول ۱ آیا جریان با افزایش فرکانس کاهش می یابد؟

جریان mAac	فرکانس KHZ
	10
	20
	30
	40
	50

c_در یک مدارRL با افزایش فرکانس راکتانس اندوکتیو افزایش می یابد یا کاهش؟

۳)a_برای L1=10mH و f=10KHZ راکتانس اندوکتیو سلف L1 را محاسبه نمایید.

آنگاه راکتانس اندوکتیو حاصل را با اندازه مقاومت R1 جمع کنید.

b_برای مدار شکل ۳ امپرانس کل مدار را از طریق ولتاژ اعمال شده به مدار که ۰/۵ Vacبودو جریان I2 اندازه گیری شده در مرحله(b_1) و با استفاده از قانون اهم محاسبه نمایید.

C_ نتایج بدست آمده از دو مرحله (a_3) و (b_3) را مقایسه کنید. آیا مساوی هستند؟ خیر...

در صورت منفی بودن جواب چگونه می توان امپرانس مدار شکل ۳ را از طریق تئوری و محاسبه بدست آورد.

۴)a_ در مدار شکل ۳ شکل موج های ولتاژ ورودی و ولتاژ دوسر سلف را با استفاده از دو کانال اسپلوسکوپ روی صفحه آن همزمان مشاهده کنید و از طریق اندازه گیری اختلاف زمانی ولتاژ سلف نسبت به ولتاژ منبع، اختلاف فاز آن ها را بدست آورید.

در این آزمایش فرکانس را KHZ ۱۰و ولتاژ ورودی را ۰/۵ Vacاختیار کنید

B_به جای سلف L1 سلف L2 را در مدار قرار دهید و دوباره اختلاف فاز را اندازه گیری کنید(L2=2/5mN)

آزمایش ۷

کاپاستیانس

یک خازن از دو یا چند صفحه که بین آنها با یک ماده دی الکتریک (عایق) پر شده ساخته می شود وقتی که ولتاژ به دو سر صفحات خازن اعمال می شود جریان در جهت خروج از یک صفحه و به طرف صفحه دیگر خازن از طریق منبع ولتاژ برقرار میگردد در حالت ایده آل هیچ جریانی از دی الکتریک بین دو صفحه خازن عبور نمی کند شارژ خازن در میدان الکتریکی که بین صفحات خازن به وجود می آید ذخیره می گردد اگر ولتاژ اعمال شده dc باشد خازن تا ولتاژ اعمال شده شارژ گردیده و این مقدار شارژ را تا زمانی که ولتاژ اعمال شده تغییر کند نگه می دارد اگر ولتاژ اعمال شده ac باشد اساساً خازن از تغییرات پلاریته جهت ولتاژ اعمالی پیروی می کند به این ترتیب که در هر نیم سیکل به طور متناوب در جهت های مخالف شارژ و دشارژ میشود بنابراین جریان متناوب از خازن عبور می کند

ظرفیت خازن (C) نشان دهنده این است ست که خازن تا چه مقدار می تواند شارژ الکتریکی در خود ذخیره کند واحد ظرفیت خازن (F) فاراد است یکی از نام مایکل فارادی گرفته شده است تعریف یک خازن دارای ظرفیت یک فاراد است اگر با اعمال ولتاژ یک برد به صفحات خازن بار یک کولمب در آن ذخیره شود فاراد واحد اندازه گیری بزرگی است به همین دلیل در عمل از واحدهای کوچکتر مثل میکرو فاراد (μF) یعنی $10^{-6}F$ و پیکو فاراد (ρF) که برابر (10^{-12}) است استفاده می شود ظرفیت کل خازن های سری و موازی را می توان از فرمول زیر به دست آورد:

$$C_T\ \left(\text{سری}\right) = 1/\ (\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \cdots)$$

$$C_T\left(\text{موازی}\right) = C_1 + C_2 + C_3 + \cdots$$

خازن ها به دو دسته تقسیم می شوند : ۱-الکترواستاتیک ۲- الکترولیت

خازن های الکترواستاتیکی معمولاً دارای ظرفیت کمی هستند این نوع خازن ها دارای پلاریته نبوده و به طور وریک می‌توانند برای مثبت نامحدودی در حالت شارژ باقی بمانند این خازن ها معمولاً با با ماده عایق به کار رفته بین صفحات آن ها شناخته می شوند نظیر خازنهای سیکایی ، کاغذی سرامیکی و پلی استر که دارای مقادیر ثابت و یا متغیر می باشند

در خازن های الکترولیتی از الکترولیت به عنوان عایق استفاده میشود به همین جهت این نوع خازن ها خیلی شبیه به باتری هستند و دارای پلاریته میباشند(یعنی دارای قطب مثبت و قطب منفی هستند). ظرفیت این خازن ها خیلی زیاد است ولی این خازن ها نمی توانند مدت نامحدودی در حالت شارژ باقی بماند زیرا الکترولیت عایق کاملی نیست و انرژی ذخیره شده در خازن کمی نشت می کند و در نتیجه سبب دشارژ خازن میشود اصولاً همه خازن ها نشتی دارند اما خازنهای الکتروستاتیکی میتوانند ماه ها انرژی ذخیره شده در خود نگه دارند

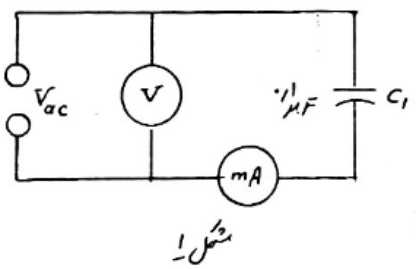
خازن ها یکی از اجزای اصلی مدارات الکتریکی هستند از آنها برای کوپلاژ(اتصال سیگنال) بین طبقات به عنوان خازن های بای پس ،خازن های دکو پلینگ (خازن های حذفDC) خازن های سد کننده ، خازن های تنظیم و خازن های فیلتر(صاف کننده) استفاده می شود در مدارات قدرت نیز از خازن ها برای جبران ضریب قدرت و برای راه اندازی انواع موتورهای الکتریکی استفاده می شود در منابع تغذیه از خازن های الکترولیتی برای صاف کردن(حذف ریپل) ولتاژDC استفاده میشود خازن ها در مواردی هم اثرات نامطلوب در مدارات دارند برای مثال در فرکانس های بالا ظرفیت خازنی متغیر به وجود آمده بین سیم ها و اجزای مواد اتصال نامطلوب رابین قسمت های مختلف مدار ایجاد میکند این اثرات باید با دقت در طرح و ترکیب اجزای مدار به حداقل مقدار ممکن تقلیل داده شود.

وسائل آزمایش :

C_1	$0.1\mu f\ \ Mylar$	C_3	$50\ \mu f\ Electrolytic$
C_2	$0.22\mu f\ \ Mylar$	s_1	برد سوئیچ DpsT
برد آزمایش			

مراحل آزمایش :

1) a _مدار شکل یک را ببندید و منبع ولتاژ را روی 20 Vac تنظیم کنید و جریان جاری در مدار را اندازه گیری کنید .



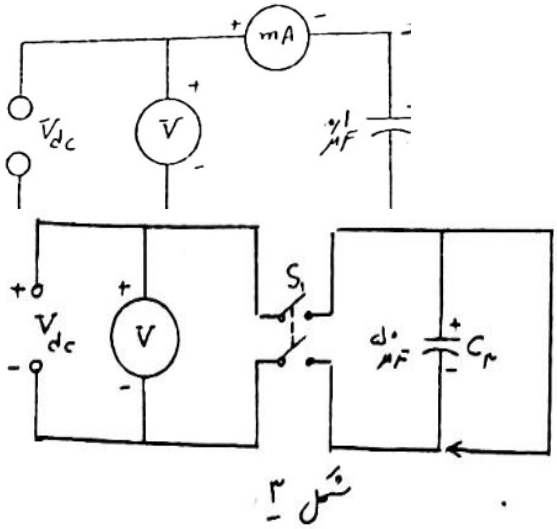
شکل ۱

b-مدار شکل ۲ را ببندید .در این مدار همان شکل ۱ است که بجای ولتمتر و میلی آمپر ac از ولتمتر و میلی آمپر dc استفاده شده است .ولتاژ منبع تغذیه را روی 20 Vac تنظیم کنید و جریان مدار را اندازه گیری کنید.

c - مراحل (1-a) و (1-b) را برای خازن $C_2 = 0.22\mu f$ تکرار کنید .

d- جریان های اندازه گیری شده در مراحل فوق با یکدیگر مقایسه کنید و سیر عبور جریان نامی dcو ac را روی شکل ها مشخص کنید .آیا خازن جریان dc از خود عبور می دهدیا نه ؟

جریان ac را چطور ؟



شکل ۳

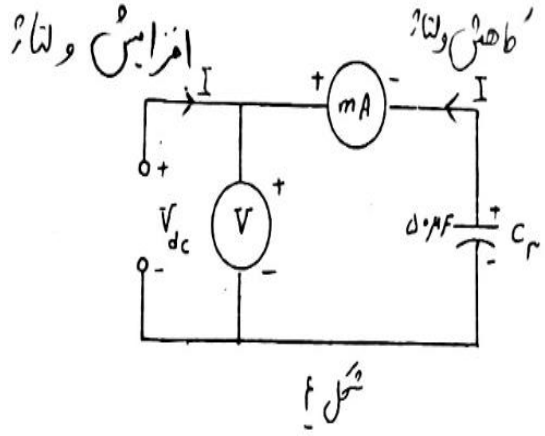
2) a- مدار شکل ۳ را ببندید منفی مدار را به سر منفی خازن و مثبت مدار را به سر مثبت خازن وصل کنید و یک سیم اتصال کوتاه را به ترمینال مثبت خازن وصل کنید و سر دیگر را وصل ننمایید .

b- کلید S_1 را وصل کنید و منبع تغذیه را روی 20 Vac تنظیم کنید .

c -کلید S_1را قطع کنید و منبع تغذیه را صفر کنید .حال انتهای دیگر سیم اتصال کوتاه را در دست گرفته و به آرامی به طرف ترمینال منفی خازن ببرید. دقت کنید که به قسمت فلزی سیم رابط (سیم اتصال کوتاه) دست نزنید و قسمت عایق آن را در دست بگیرید . در این حالت چه اتفاقی می افتد؟

d -خازن C_3 از چه نوع است ؟ الکترولیتی یا الکتروستاتیکی ؟

تذکر مهم : خازن های الکترولیتی توانایی ذخیره مقدار زیادی بار الکتریکی را برای مدت زمانی بعد از قطع توان اعمالی به آنها دارند از این رو بار ذخیره شده در خازن می تواند خطرناک باشد به همین علت قبل کار با آن ها، بایستی به وسیله یک سیم یا پیچ گوشتی بار ذخیره شده را کاملا خالی کنید یعنی خازن را دشارژ کنید.



شکل ۴

3) a- مدار شکل ۴ را ببندید و عقربه آمپر متر را با استفاده از دکمه تنظیم صفر، روی صفر وسط صفحه مندرج تنظیم کنید در این صورت آمپرمتر تغییر جهت جریان جاری در مدار را نشان خواهد داد .

b- ضمن مشاهده آمپر متر، ولتاژ منبع جریان را به آرامی تا 10 Vac افزایش دهید . آیا بعد از متوقف شدن افزایش ولتاژ باز هم جریان در مدار وجود دارد ؟ در این مورد توضیح دهید ؟

c _ ولتاژ را به آرامی تا 25 Vac افزایش دهید و به حرکت عقربه آمپرمتر نیز توجه نمایید. آیا جریان جاری افزایش خواهد یافت؟ خط و جهت آن در همان جهت قبلی است؟

d - دوباره ولتاژ را به آرامی به10 Vac کاهش دهید و در این مدت به حرکت عقربه آمپر متر نیز توجه داشته باشید آیا وقتی که ولتاژ را کاهش می دهید جهت جریان تغییر می کند؟

e - در پایان آزمایش منبع تغذیه را خاموش کرده و عقربه آمپر متر را در حالت عادی خود در وسط صفحه مندرج تنظیم کنید

آزمایش ۸

راکتانس کاپاستیو

راکتانس کاپاستیو(X_c)یک خازن عبارت است از اندازه مخالف آن در برار عبور جریان متناوب.واحد راکتانس کاپاستیو اهم است. X_c یک خازن،مانن راکتانس اندوکتیو X_L یک سیم پیچ نمیتواند نوسط اهم متر اندازه گیری شود.

راکتانس کاپاستیو را از تاثیر آن بر روی جریان در یک مدار متناوب (ac) می‌توان اندازه گیری کرد.رابطه مربوط به محاسبه X_c به صورت زیر است:

$$X_c = \frac{1}{2\pi f c} \quad (\text{اهم})$$

که fفرکانس بوده و بر حسب هرتز است و C ۀرفیت خازن می‌باشد و بر حسب فاراد است.از فرمول فوق ملاحظه می‌شود که راکتانس کاپاستیو بستگی به فرکانس دارد و هر مقداری که برای XC محاسبه شود تنها نمایانگر راکتانس برای آن فرکانس بخصوص می‌باشد.

در مدارات سری اثرات ایکس سی با یکدیگر جمع می‌شوند و در یک مدار موازی جریان به نسبت عکس رابطه تقسیم میگردد برای محاسبه ایکس سی در حالت سری و موازی از فرمول زیر استفاده می شود.

$$X_{CT}\left(\text{سری}\right) = X_{C1} + X_{C2} + X_{C3} + \cdots$$

$$X_{CT}\left(\text{موازی}\right) = \frac{1}{(\frac{1}{X_{C1}} + \frac{1}{X_{C2}} + \frac{1}{X_{C3}} + \cdots)}$$

بیشتر مداران خازنی دارای مقاومت اهمی هستند و مخالفت کلی در مقابل عبور جریان را امپدانس می نامند که واحد اندازه گیری آن است مقاومت و راکتانس پاستیل را نمی توان به صورت ریاضی با یکدیگر جمع کرد ولی می‌توان آنها را به صورت برداری با جمع کرد.

در حالت خازنی خالص شکل موج های ولتاژ و جریان با فرض اینکه سیگنال ورودی سینوسی باشد در شکل ۱ نشان داده شده است. وقتی که مدار برای اولین بار به منبع وصل می شود بلافاصله جریان در خازن جاری میشود با افزایش ولتاژ اعمالی خازن شروع به شارژ شدن میکند و در نتیجه جریان جاری در آن کاهش می یابد .وقتی ولتاژ اعمالی به ماکزیموم مقدار مثبت خود برسد خازن کاملاً شارژ شده و جریان مدار قطع می گردد ،در این لحظه منبع تغذیه و خازن شبیه به دو باتری هستند که به صورت معکوس با یکدیگر سری شده اند در این صورت ماکزیموم ولتاژ اعمالی و مینیموم جریان کشیده شده توسط خازن به طور همزمان در یک چهارم (۹۰درجه)، سیکل کامل (۳۶۰ درجه) اتفاق

می افتند و به اصطلاح می گویند ولتاژ خازن نسبت به جریان آن ۹۰ درجه تاخیر فاز دارد. در ادامه نیز وقتی که ولتاژ اعمالی شروع به کاهش میکند تا به صفر برسد خازن شارژ شده سعی می کند نظیر یک منبع ولتاژ رفتار کند در نتیجه سبب می‌شود که جریان در جهت مخالف جاری گردد، منبع ولتاژ کاهش ولتاژ را ادامه می دهد در لحظه‌ای که به صفر دست میرسد ماکزیموم جریان دستاورد در مدار جاری است. این امر در نیم سیکل کامل اتفاق می افتد به محض اینکه پلاریته ولتاژ اعمالی عکس میشود خازن شروع به شارژ در جهت مخالف نموده و جریان مدار شروع به کاهش میکند، پس به طور کلی در تمام مدت جریان به اندازه یک چهارم سیکل از ولتاژ اعمال جلو می افتد در هر مدار الکترونیکی که در آن از خازن استفاده شده باشد تاثیر راکتانس به خوبی احساس می شود مثلاً در مانیتور های سیستم های قدرت صنعتی و سیستم های انتقال قدرت تجارتی ،انرژی به صورت میدان الکتریکی در هر عنصر کاپاستیو (خازنی) ذخیره شده و به مدار تحویل داده می شود لذا هیچ قدرتی توسط راکتانس کاپاستیو مصرف نمی شود، از راکتانس کاپاستیو یک خازن در صافی ها،شبکه های شیفت فاز، اتصال مدار ها و مدارات تطبیق نیز استفاده می شود.

شکل(۱)

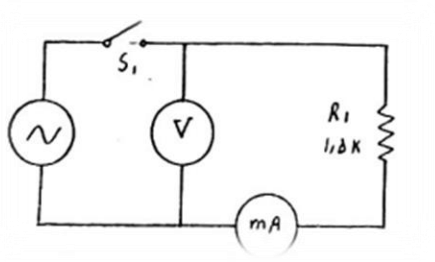
وسایل آزمایش:

C_1 0.1 μF	ژنراتورAF

R_1 1.5 KΩ,1W	اسیلوسکوپ
S_1,S_2برد	Vomالکتریکی

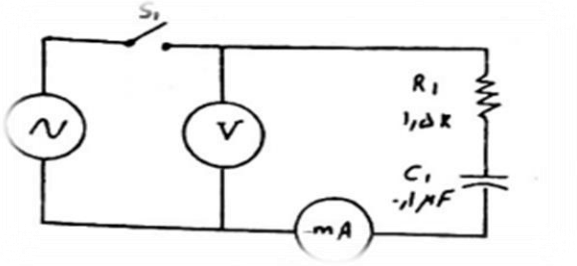
مراحل آزمایش:

۱) a –مدار شکل ۲ را ببندید و فرکانس را 1KHz قرار دهید،کلید S_1 را وصل کنید و ولتاژ خروجی سیگنال ژنراتور را روی $3V_{ac}$ تنظیم کنید و جریان کل مدار را اندازه گیری کنید.

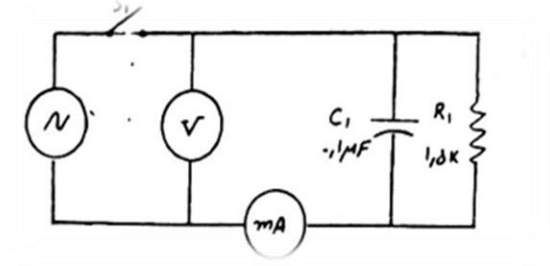


b -خازن C1 را به صورت سری با مقاومت R1 وصل کنید و ولتاژ خروجی را روی $0.3V_{ac}$ تنظیم کنید(شکل ۳)،در این مرحله نیز جریان کل مدار را اندازه گیری کنید.

شکل (۲)



شکل(۳)



شکل (۴)

c-نظیر شکل ۴ خازن را موازات R_1 وصل کرده و بعد از تنظیم ولتاژ خروجی روی 3Vac ،جریان کل را اندازه گیری کنید.

سوال: با مقایسه جریانهای اندازه گیری شده‌ی فوق پاسخ دهید که آیا وقتی که خازن سری با قاومت قرار می گیرد،جریان کل افزایش می‌یابد یا کاهش؟

سوال:آیا در مدارات سری و موازی راکتانس کاپاستیو شبیه یک مقاومت عمل ی کند؟

۲) a-بار دیگر مدار شکل ۳ را ببندید و فرکانس را 1KHz قرار دهید،کلید S_1 را وصل کنید و ولتاژ خروجی سیگنال ژنراتور را روی $3V_{ac}$ تنظیم کنید و جریان کل مدار را اندازه گیری کنید و در جدول ۱بنویسید.آیا این جریان با جریان بدست آمده از مرحله (۱-b) مساوی است؟

b- فرکانس را 1KHz , 1KHZ تا 5KHZ افزایش دهید و برای هر افزایش فرکانس ولتاژ خروجی را دوباره روی $3V_{ac}$ تنظیم کنید،سپس جریان کل مدار را در هر مرحله اندازه گرفته و درجدول ۱ بنویسید.با توجه به این جدول ،آیا جریان با افزایش فرکانس افزایش می‌یابد؟

c-در یک مدار RC سری با افزایش فرکانس راکتانس کاپاستیو افزایش می‌یابد یا کم می‌شود؟جریان مدار چطور؟

f KHz	I mA_{ac}

d-اگر خازن C_1 بطور موازی با R_1 قرار بگیرد در این حالت با افزایش فرکانس آیا جریان مدار کم می‌شود یا افزایش می‌یابد؟

۳) a-راکتانس کاپاستیو را در صورتیکه C_1=0.1 μF و فرکانس 1KHZ باشد،محاسبه کنید.

جدول۱

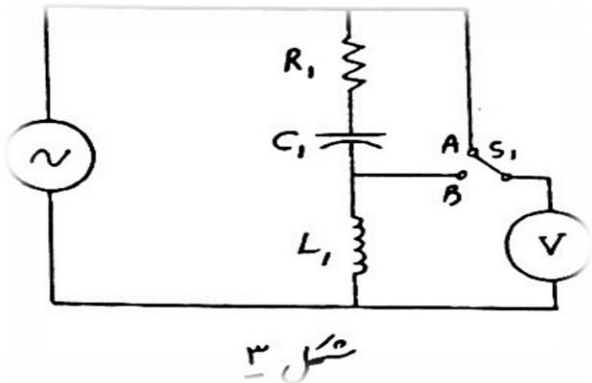
b-امپدانس ظاهری را از رابطه زیر بدست آورید.

$$Z = \sqrt{{X_c}^2 + {R_1}^2} =$$

c-امپدانس کل مدار شکل ۳ را محاسبه کنید.برای محاسبه از قانون اهم استفاده کنید.

گرفته و در جدول ۱در محل مربوطه یادداشت کنید.به ازای هر تغییر درفرکانس سیگنال ژنراتور ابتدا با قرار دادن کلید S1 در وضعیت A ولتاژ سیگنال ژنراتور را روی $1V_{ac}$

تنظیم کنید سپس مرحله ی (2-b) را تکرار کنید.



شکل ۳

d-مدار شکل 3را ببندید و ولتاژ L_1رادر فرکانس تشدید و در فرکانس های 5kHz بالاتر و پایین تر از فرکانس تشدید اندازه بگیرید. برای فرکانس تشدید از مقدار واقعی استفاده نمایید. نتایج دا در جدول یک یادداشت نمایید و توجه داشته باشید که برای هر تغییر فرکانس بل قرار دادن کلید S_1 در وضعیت A ولتاژ منبع سیگنال را روی $1V_{ac}$تنظیم نمایید.

e-در مدار شکل3 جای خازن و سلف را عوض نمایید و مرحله ی (2-b) را تکرار کنید.

f-با توجه به جدول 1آیا جریان مدار در حالت تشدید بیشترین مقدار خود را داراست؟

g-چرا در فرکانس پایین تر از فرکانس تشدید افت ولتاژ روی C_1 بیشتر از افت ولتاژروی L_1 می باشد و برعکس در فرکانس های بالاتر از فرکانس تشدید افت ولتاژ روی C_1 کمتراز افت ولتاژ روی L_1 است؟

3)a-با استفاده از قانون اهم راکتانس های خازنی و سلفی را برای هر فرکانس محاسبه کنید و مقادیر آنهارا در جدول 1 در محل مربوطه بنویسید.

$X_c = V_L/I$ & $X_c = V_c/I$

b-امپدانس مدار RLC سری را برای هر فرکانس را با استفاده از قانون اهم محاسبه کنید و سپس در جدول 1 در محل مربوطه یادداشت کنید از $1V_{ac}$ و جریان اندازه گیری شده در هر فرکانس استفاده کنید. $Z=V/I$

c-مقدار آمپدانس مدار را در حالت تشدید با مقدار R_1 مورد استفاده در مدار مقایسه کنید آیا این دو مقدار باهم برابرند؟

d-آیا می توان گفت که راکتانس های سلفی و خازنی در حالت تشدید همدیگر را کاملا خنثی میکنند و مقاومت اهمی به تنهایی از عبور جریان جلوگیری میکند؟

4)a-پهنای باند یک مدارسری RLCیا LC باند فرکانسی بین دو فرکانس بالاتر و پایین تراز فرکانس تشدید است که توان در آن فرکانس ها به 1/2مقدار ماکزیمم در فرکانس تشدید کاهش می یابد نقاط نصف توان را نقاط 3db نیز می نامند. این نقاط از طریق محاسبه و از طریق رسم منحنی پاسخ فرکانسی قابل تعیین است.

b-منحنی جریان بر حسب فرکانس با توجه به جدول 1 رسم کنید و با توجه به جریان جاری در فرکانس تشدید جریان جاری در نقاط نصف توان را محاسبه کنید و روی منحنی مشخص کنید و از

نقاط نصف توان دو خط عمود بر محور فرکانسی رسم کنید سپس پهنای باند مدار را مشخص کنید توجه داشته باشید که پهنای باند فاصله ی فرکانسی بین دو خط عمودی رسم شده می باشد.

c-نسبت افت ولتاژ روی خازن یا سلف را به افت ولتاژ روی R در حالت تشدید را ضریب کیفیت میگویند.

$Q=V_{C0}/V_{R0}=V_{L0}/V_{R0}$

با توجه به جدول 1 مقدار Qرا در حالت تشدید محاسبه کنید.

$Q=V_{L0}/V_{R0}=I_0*X_{L0}/I_0*R=...$

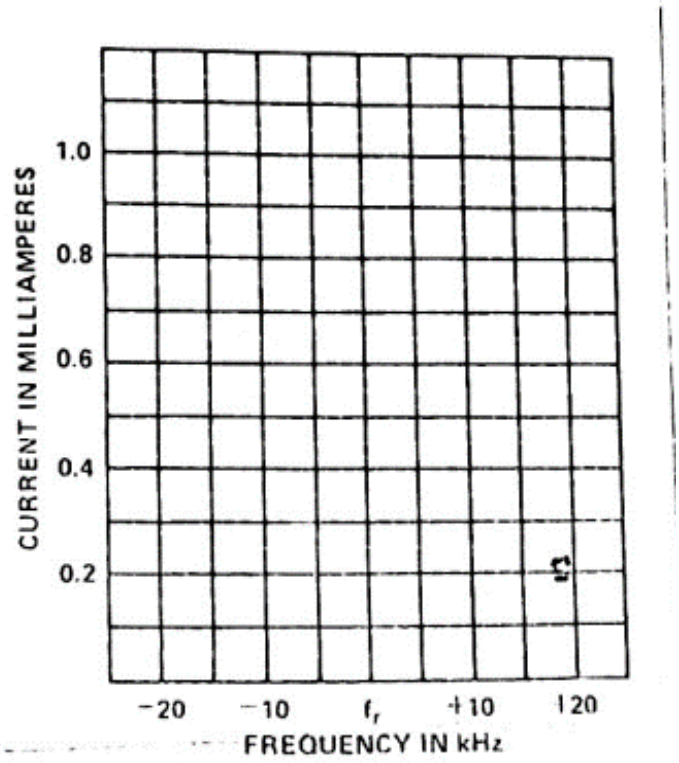
d-پهنای باند در حالت تشدید با Qنسبت معکوس دارد. با استفاده از فرکانس تشدید محاسبه شده که قبلا به دست آوردید پهنای باند مدار را محاسبه کنید.

$BW=f_r/Q=...$

e-پهنای باند محاسبه شده را با آنچه که از روی منحنی به دست آمده مقایسه کنیدآیا این دو مقدار با هم برابرند؟

Frequency (kHz)	E_{R1} (volts)	I (mA)	Z (ohms)	E_{L1} (volts)	X_{L1} (ohms)	E_{C1} (volts)	X_{C1} (ohms)
f_r −25							
f_r −20							
f_r −15	٠٫52	٫6		٠٫35		٫39	
f_r −10	٫6	٫11		٫69		٫29	
f_r −5	٫6	٫15		٫13		٫23	
f_r	٫58	٫15		٫15		٫16	
f_r +5	٫3	٫6		٫121		٫09	
f_r +10	٫13	٫2		٫92		٫02	
f_r +15	٫03	٥		٫06		٫01	
f_r +20							
f_r +25							

جدول ١



آزمایش۱۰

تشدید موازی

وقتی که یک خازن ویک سلف را به طور موازی به دوسر یک منبع ولتاژ acوصل میکنیم جریان ازشاخه سلفی ولتاژ۹۰درجه عقب ودر شاخه خازنی به اندازه۹۰درجه از ولتاژجلوتر خواهدبود.حال اگردوراکتانس موازی بایکدیگر نابرابرباشند،دراینصورت قسمت اعظم جریان درشاخه ای جاری میشودکه دارای کمترین مقدار راکتانس می باشد.جریان عبوری ازهریک ازشاخه ها۱۸۰درجه بایکدیگر اختلاف فازدارندوجریان کل کشیده شده ازمنبع،حاصل جمع برداری جریان شاخه ها میباشد.این جریان را به نام(جریان خط)می نامیم.مقداراختلاف فاز این جریان با ولتاژ،توسط شاخه ای از مدارLCمعین میگردد که دارای بیشترین مقدارجریان عبوری باشد.این جریان های جاری بین دوشاخه(سلفی وخازنی)راجریان گردش مدار میگوییم.اگرفرکانس ولتاژاعمالی به دوسر مدار(LC)راتغییردهیم.دریک فرکانس خاص اندازه راکتانسهای دوشاخهLCباهم برابرشده دراینصورت جریان عبوری درهرکدام ازشاخه ها کاملاباهم برابرمیشوند ودرنتیجه همدیگرراکاملا خنثی میکنندومینیمم مقدار جریان خط بوجود می آید.به عبارتی دیگر دراین حالت مدارLCتشدیدکرده ومقاومت بزرگی توسط منبع دیده میشود.

فرمول ریاضی برای محاسبه فرکانس تشدیدی مدارLCموازی بصورت زیراست.

$$fr=\frac{1}{2\pi}\sqrt{(\frac{1}{Lc}-\frac{R^2}{L^2})}$$

دراینجا $R\approx 0$وبنابراین داریم

$$fr=\frac{1}{2\pi\sqrt{Lc}}$$

اگریک مقاومت اهمی بامدار موازیLC،بصورت موازی بسته شود دراسنصورت مداربصورت مدارموازیRLCدرمی آیداین مقاومت سبب میشودکه امپدانس کل مدار موازی کاهش

یابد.درفرکانس های بالاتریاپایین ترازفرکانس تشدید، امپدانس موازی مدارLCکاهش پیداکرده ودراین حالتها جریان خط بیشتری جاری میشود.درمدارRLCموازی،جریان خط علاوه برداشتن مولفه راکتیو (مانندمدارLCموازی) دارای مولفه اکتیونیز میباشد.

وسایل آزمایش:

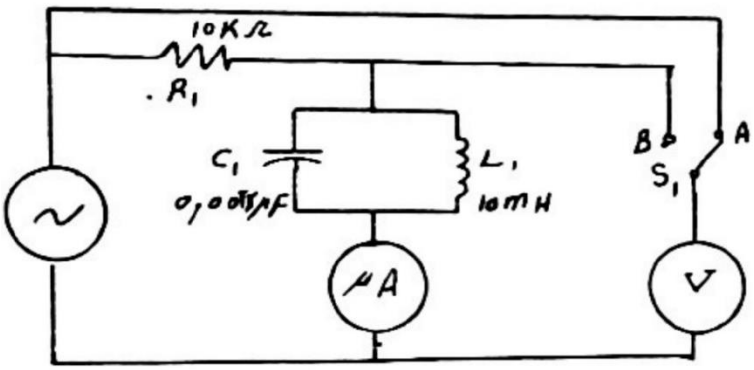
C1 = 0.0022µF L1 =10mH

R1=10kΩ,1W S1=SPDT

مراحل آزمایش

۱)a-فرکانس تشدیدرادرحالتی کهC1 موازی باL1 قرارگرفته وC1 = 0.0022µF، L1 =10mHاست محاسبه کنید.

b-مدارشکل ۱رابندیدوکلیدرا دروضعیتBقراردهید وفرکانس سیگنال ژنراتوررا روی فرکانس تشدیدمحاسبه شده دربالا قراردهید وخروجی سیگنال ژنراتوررا روی ماکزیمم مقدارقراردهیدودرحالی که به میکرو آمپرمترنگاه میکنید فرکانس را کمی بالاتر وپایین ترازفرکانس تشدیدتغییردهید.



شکل ۱

فرکانس تشدیدواقعی مدارفرکانسی است که درآن میکروآمپرمتر کمترین مقدارجریان عبوری رانشان میدهد.دراین حالن فرکانس تشدیدواقعی را یادداشت کنید ودرتمامی مراحل آزمایش از آن فرکانس استفاده کنید.

c-چرادرحالت تشدید جریان بدست آمده درحدودصفراست؟

d-درحالت تشدید،ولتاژدوسرمدار تشدیدموازی ماکزیمم است یامینیمم؟

۲) a-کلیدS_1رادروضعیتAقراردهیدوخروجی سیگنال ژنراتورراروی،$1V_a$تنظیم کنید وکلیدS_1 راازوضعیتAبه وضعیت BقراردهیدولتاژV_2دوسرمدارتشدیدراندازه گرفته ودرجدول۱یادداشت کنید.سپس ولتاژدوسرمدارتشدیدوجریان خط رادر 5KHZ بالاتر وپایین ترازفرکانس تشدیدوتمامی فرکانس های داده شده درجدول یک اندازه گیری نموده ومقادیر آنهارادرهمان جدول یادداشت کنید.توجه داشته باشید که درهرتغییر فرکانس کلیدS_1رادروضعیت A قراردهید وولتاژخروجی را برابر$1V_a$ تنظیم کرده وسپس کلید S_1رابه وضعیت Bبرگردانید.

b-امپدانس مدارتشدیدراباکمک ولتاژوجریان خط اندازه گیری شده محاسبه کرده ودرجدول۱بنویسید.

۳)a-راکتانس سلف L_1 وخازن C_1 رادرفرکانس تشدید وسایر فرکانس های داده شده محاسبه کرده ودرجدول۱یادداشت کنید.

b- جریان خازن وسلف را برای هرفرکانس محاسبه کرده ودرجدول۱بنویسید.

c-ضریب کیفیت Qمدارتشدیدرا محاسبه کنیدبرای اینکار ازX_L محاسبه شده(3-a)برای فرکانس تشدیدومقاومتdcسلف۳۰Ωاستفاده کنید.

$$Q=\frac{XL}{R}$$

توجه کنید که مقدار محاسبه شده برایQمربوط به حالت بدون بار میباشد.

d -پهنای باند مدار تشدید موازی،باندی ازفرکانس های بالا وپایین فرکانس تشدید میباشدکه درآن باند امپدانس مدارLCموازی برابربابزرگتراز$0.707\pm$ امپدانس ماکزیمم درحالت تشدید میباشد.پهنای باندمدارراباستفاده ازمقدارQ(درحالت بدون بار)محاسبه کنید.

$$Bw=\frac{fr}{Q}$$

e–امپدانس کل Z_T رابرای تمام فرکانس های داده شده درجدول انجام داده و آن را درجدول بنویسید.

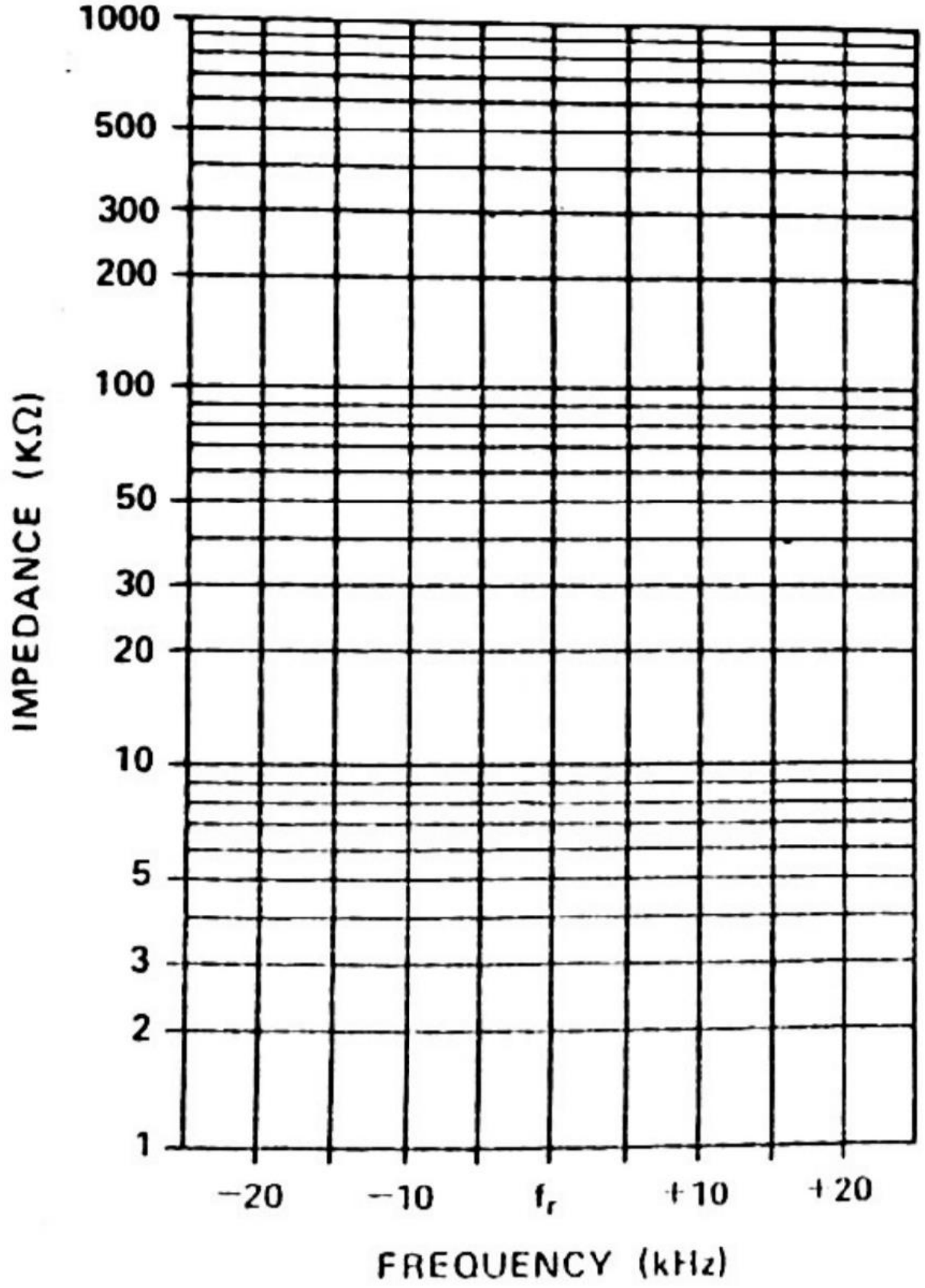
f–آیاX_L،X_c محاسبه شده درمرحله (3-a)درحالت تشدید برابرند؟ I_c وI_L چطور؟

g–باکاهش ضریب کیفیتQمدارتشدیدموازی،پهنای باند کاهش می یابد یانه؟

h–باتوجه به جدول۱منحنی امپدانس مدارLcموازی را برحسب فرکانس رسم کنید ونقاط نصف توان را روی منحنی بدست آوریدواز این نقاط دوخط عمود برمحور فرکانس رسم کنید وپهنای باند را تعیین کنیدو آن را با پهنای باند محاسبه شده درمرحله (3-a)مقایسه کنید.

E_T(volts) I_{line}(μA) X_L(K ohms) X_c(K ohms) I_L(μA) I_c(μA) Z_T(K ohms)

Frequency(kHz)	E_{R1}(volts)	I(mA)	Z(ohms)	E_{L1}(volts)	X_{L1}(ohms)	E_{c1}(volts)	X_{c1}(ohms)
f_r-25							
f_r-20							
f_r-15							
f_r-10							
f_r-5							
f_r							
f_r+5							
f_r+10							
f_r+15							
f_r+20							
f_r+25							


1000
500
300
200
100
50
30
20
10
5
3
2
1
IMPEDANCE (KΩ)
−20
−10
f_r
+10
+20
FREQUENCY (kHz)