



دانشکده برق، کامپیوتر و فناوری های پیشرفته

دستور کار آزمایشگاه مدارهای الکتریکی و اندازه گیری

تهیه کنندگان:

آقای دکتر رضا بهین فراز

تاریخ تنظیم:

مهرماه ۱۴۰۳

فهرست

- معرفی المان‌های الکترونیکی ۳
- آزمایش ۱- مدارات مقاومتی ۱۳
- آزمایش ۲- مدارات سری و قانون کیرشهف ۱۵
- آزمایش ۳- قانون کیرشهف در مدارات موازی ۱۷
- آزمایش ۴- قضایای تونن و نورتن ۱۹
- آزمایش ۵- اندوکتانس ۲۳
- آزمایش ۶- راکتانس اندوکتیو ۲۷
- آزمایش ۷- کاپاستیانس ۳۲
- آزمایش ۸- راکتانس کاپاستیو ۳۷
- آزمایش ۹- تشدید سری ۴۱
- آزمایش ۱۰- تشدید موازی ۴۶

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 یا نیکل آهن یا نیکل مس که به دور استوانه‌ای از خاک نسوز پیچیده می‌شوند این نوع مقاومت به علت داشتن خاصیت سلفی در فرکانس‌های بالا تولید اشکال می‌کند حدود قدرت این مقاومت‌ها بین ۵ الی ۱۰۰ وات است.

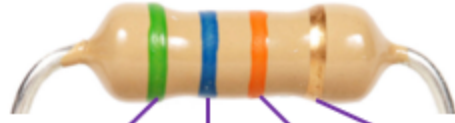
ب) مقاومت‌های ذغالی: از مخلوط گرافیت و یک ماده عایق ساخته می‌شود قدرت آنها حدود چند وات است و در فرکانس‌های بالا نیز قابل استفاده می‌باشند.

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

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

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

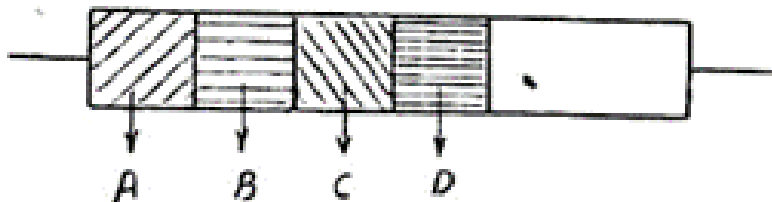
با توجه به شکل‌های زیر قسمت 1 نماینده رقم اول، 2 نماینده رقم دوم و سوم تعداد صفرهای جلو عدد ۲۱ بوده و چهارم تیرانس مقاومت است.



Color	1 st Digit	2 nd 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 تolerانس چقدر است ؟

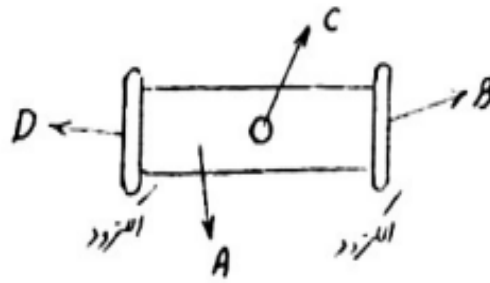
در سیستم رمز رنگی کارخانه های آمریکایی و ژاپنی رنگ ها را به صورت اشکال زیر مشخص میکند که مقادیر از جدول بالا به دست می یابند.



شکل
است

در سیستم اروپایی
مقاومت به صورت زیر

و مقادیر از جدول تعیین می شود



"رنگ کنت B, D, D, D, D, D, D"

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 نقره ای 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 مقاومت ها 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 رادیویی 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 اکسیژن دار سدیم و براکس که محلولی هادی است ، به وجود می‌آورد . در حالت عادی مابین این دو هادی عملاً 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 بعداً 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 نمی کند. چنانچه قطب‌های باتری 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.

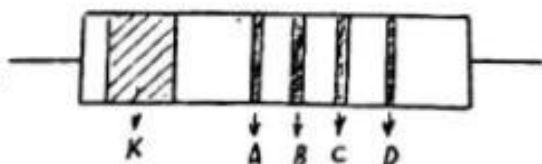
طریقه به دست آوردن مقدار ظرفیت خازن‌ها و ولتاژ کار خازن

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

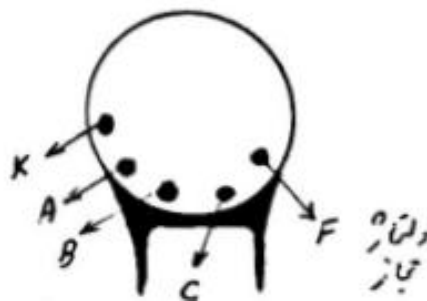
ظرفیت $2\mu F$

ولتاژ کار 15V

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



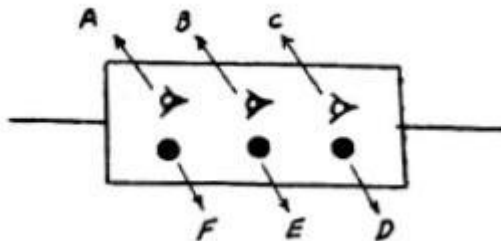
$$\text{ظرفیت} = AB(C \times 1) \text{ PF}$$



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

$10^3 K$	$C < 10^3 \text{ PF}$	$C > 10^3 \text{ PF}$	C	A, B	رنگی
0	2	± 20	1	0	سیاه
-20	-	± 1	10	1	قهوه‌ای
-80	-	± 2	100	2	قرمز
-150	-	-	1000	3	نارنجی
-220	-	-	-	4	زرد
-220	75	± 5	-	5	سبز
-470	-	-	-	6	آبی
-750	-	-	-	7	بنفش
+20	1,25	-	701	8	خاکستری
+500	1	± 10	71	9	سفید

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



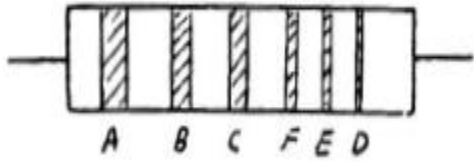
ممکن است خازن میکا به شکل زیر نیز باشد.

ظرفیت = ABC (D×10) PF



ترانس E

ولتاژ مجاز F

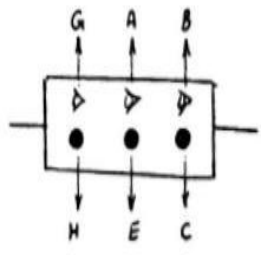


ولتاژ مجاز برابر است با مقدار رنگ ضربدر

۱۰۰ ولت

ترانسها : طلائی ۰.۵٪ ، نقره‌ای ۱.۰٪ و بی‌رنگ ۲.۰٪
 اگر D طلائی باشد برابر $0.1 \times D$ و اگر نقره‌ای باشد برابر $0.01 \times D$ حساب میشود.

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

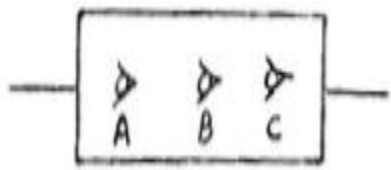


سیاه = عاین سیاه
 نقره‌ای = عاین نقره‌ای
 G جنس عاین را مشخص میکند

ظرفیت = AB (C×10) PF

ترانس : E

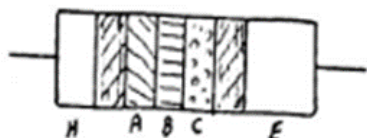
H تغییر ظرفیت خازن در اثر بالا رفتن درجه حرارت را نشان می‌دهد و از جدول زیر تعیین میگردد.



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.

$$\text{ظرفیت} = AB (C \times 10) \text{ PF}$$

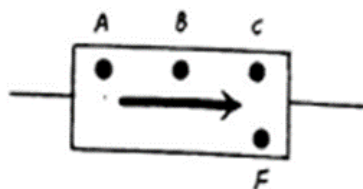


$$\text{ظرفیت} = AB(C \times 10)$$

$$E = \text{تلرانس}$$

$$H = \text{ضریب تحمل حرارتی}$$

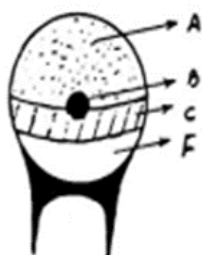
رنگ *۱۰۰ بر حسب درجه سلسیوس



$$\text{ظرفیت} = AB(C \times 10)$$

ولتاژ مجاز برابر است با مقدار رنگ (اف)

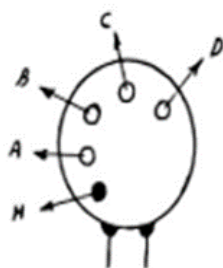
ضرب در ۱۰۰



$$\text{ظرفیت} = AB(C \times 10)$$

ولتاژ مجاز برابر است با مقدار رنگ (اف)

ضرب در ۱۰۰



$$\text{ظرفیت} = AB(C \times 10)$$

$$D = \text{تلرانس}$$

$$H = \text{ضریب حرارتی}$$

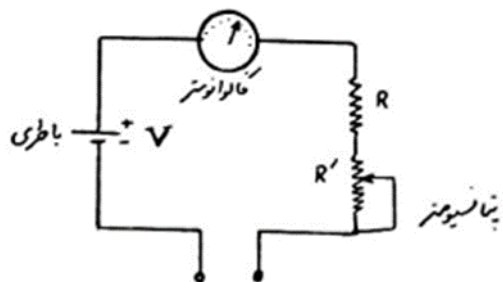
The Electronic VOM

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 می شود گالوانومتر همون قسمت عقربه اهم متر است که عقربه متناسب با مقدار جریان مدار منحرف می شود.



مدار یک اهم متر ساده عقربه ای

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.

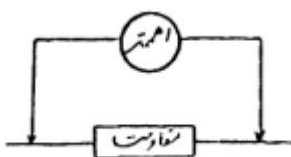
در اهمتر الکترونیکی نیز درجه بندی به صورت غیر خطی است و درجه بندی سمت چپ صفحه مدرج از درجه بندی سمت راست آن دقیق تر است. همچنین قبل از این کار با اهمتر این سیستم باید آن را تنظیم کرد. در تنظیم اهم متر در حالت اتصال کوتاه باید اهم متر صفر اهم و در حالت اتصال باز اهم متر بینهایت را نشان دهد در سمت راست 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- سوئیچ 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 کنید این کلید در سمت چپ دستگاه قرار دارد
 - ۶- مدار را اتصال باز کنید یعنی دو سر پراب 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 پراب ها صفر اهم متر را نشان دهد، در رنج $R*1$ به خاطر مقاومت پراب 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:

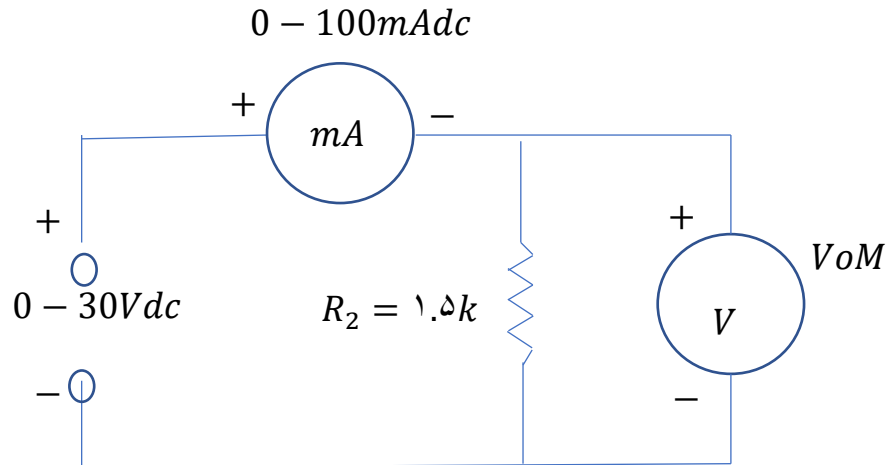
دو سر پراب های اهم متر به دو سر مقاومت وصل کرده و با انتخاب رنج مناسب مقدار مقاومت را بخوانید.



آزمایش ۱

مدارات مقاومتی

میلی آمپر متر جریان مقاومت R_2 را اندازه گیری کنید.



۵) جوابهای به دست آمده از بندهای $a - 3$ و $b - 3$ 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	تولرانس %	مقدار اندازه گیری شده مقاومت	مقدار محاسبه شده مقاومت

آزمایش ۲

مدارات سری و قانون کیرشهف

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

وسایل لازم: منبع تغذیه، میلی آمپر متر، Vom الکترونیکی، برد آزمایش

آزمایشها:

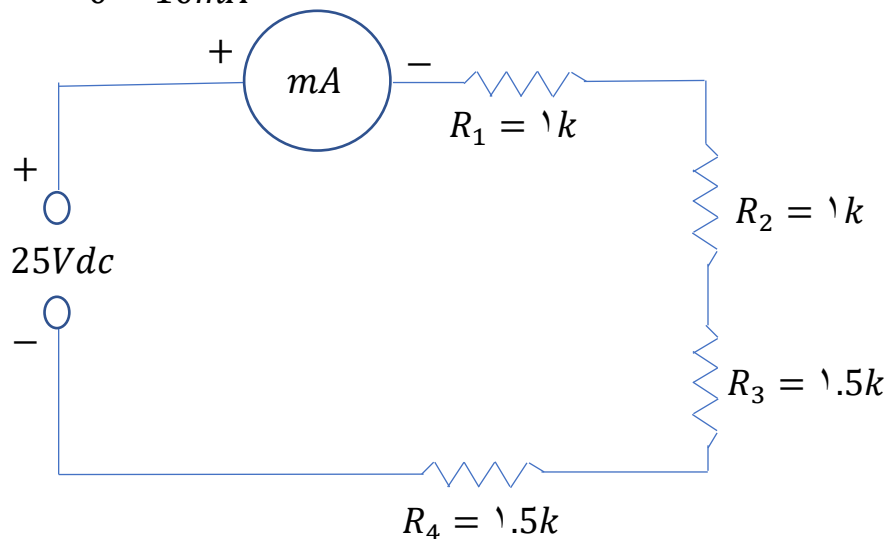
a) مدار شکل ۱ را ببندید و بدون اعمال ولتاژ، محاسبات زیر را انجام دهید.

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

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

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

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



	$I \text{ mA}$	$V R1$	$V R2$	$V R3$	$V R4$
محاسبه شده					
اندازه گیری شده		15			

(۲) $a-$ ولتاژ منبع تغذیه را روی $25Vdc$ تنظیم کنید و انرا به مدار اعمال کنید و جریان مدار را اندازه

گیری کنید

$b-$ بوسیله Vom افت ولتاژهای 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 ولتاژهای 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 $R5$ را ببندید.

$b-$ منبع تغذیه را روی $30vdc$ تنظیم کنید و پتانسیومتر را نیز طوری تنظیم کنید که میلی آمپر جریان $5/2$ میلی آمپر را نشان دهد.

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

$d-$ با استفاده از قانون کیرشهف افت ولتاژ روی $R5$ را محاسبه نمایید.

$e-$ با استفاده از نتایج فوق اندازه $R5$ را محاسبه کنید.

$f-$ افت ولتاژ روی $R5$ را اندازه گیری کنید و با توجه به جریان مدار، دوباره $R5$ را محاسبه نمایید.

آزمایش ۳

قانون کیرشهف در مدارات موازی

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

وسائل لازم:

منبع تغذیه 0-15vdc و 1

آمپر متر 0-0.01/0.1/1A dc

الکترونیکی vom برد سوئیچ

برد لامپی DS1 برد آزمایش

آزمایشها:

a(۱) - مدار شکل 1 را ببندید.

b - آمپر متر را در رنج adc قرار دهید.

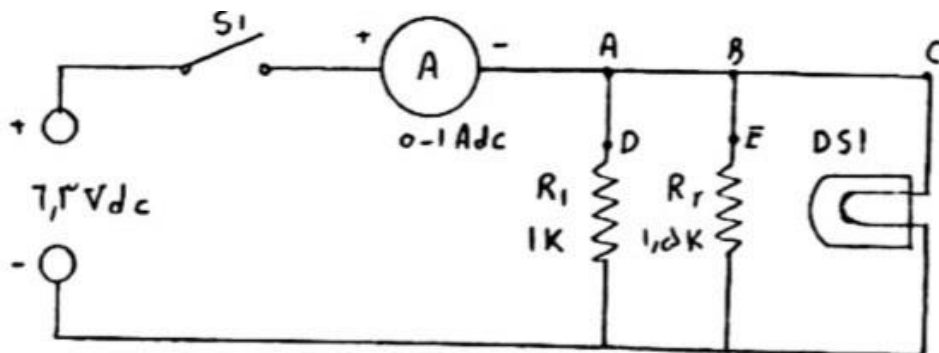
c - کلید S1 را ببندید.

d - منبع تغذیه را روی 6.3vdc تنظیم کنید در این صورت لامپ DS1 روشن خواهد شد.

$I_T = 0.0105 \text{ A}$

e - جریان کل مدار I_T را اندازه گیری کنید.

f - کلید S1 را قطع کنید.



a(۲) - آمپر متر این نقاط A و D قرار دهید و رنج آن را 1 mAdc 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 آمپر متر 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 آمپر متر را بین 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 I_t 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 با عکس مقاومت آن شاخه است.

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

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

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

آزمایش ۴

قضایای تونن و نورتن:

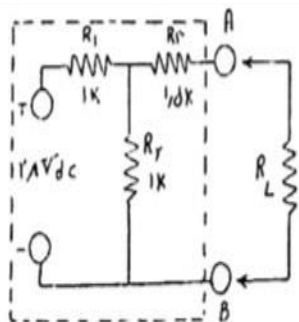
قضیه تونن: بجای هر مداری که بین دو ترمینال یا دو نقطه دلخواه (مثلاً نقاط A و B) قرار دارد میتوان یک مدار معادل سری در نظر گرفت که شامل یک منبع ولتاژ تونن V_{th} و یک مقاومت R_{th} تونن است. ولتاژ مدار باز دیده شده از دو نقطه یاد شده (نقاط A و B) از مدار اصلی بوده و R_{th} مقاومت معادل دیده شده از دو 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 I_n موازی با مقاومت نورتن R_n می باشد. جریان اتصال کوتاه در نقطه یاد شده (نقاط A و B) از مدار اصلی بوده و R_n 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.

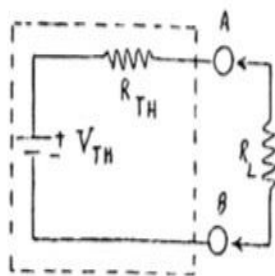
وسائل لازم:

منبع تغذیه	0-30vdc ,10Ma	R1,R2	1K,1W
میلی آمپر متر	0-10m ADC	R3,R4	1.5K,1W
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



شکل ۱



شکل ۲

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 می‌توان جریان و ولتاژ بار را با استفاده از قانون اهم به دست آورد.

۲) ولتاژ تونن V_{TH} و ولتاژی

است که در حالت بی‌باری در ترمینال‌های A و B 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 A و B را محاسبه کنید.

$$V_{TH} = \dots\dots\dots$$

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

$$R_{TH} = \dots\dots\dots$$

c- در شکل ۲ با استفاده از مقادیر V_{TH} و R_{TH} محاسبه شده در بالا، جریان و ولتاژ بار را محاسبه کنید ($R_L = 1.5 \text{ k}\Omega$).

$$I_{RL} = \dots\dots\dots$$

$$V_{RL} = \dots\dots\dots$$

۳) a- مدار شکل ۱ را ببندید و ترمینال‌های A و B 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 A و B را اندازه‌گیری کنید. $R_{TH} = \dots\dots\dots$

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

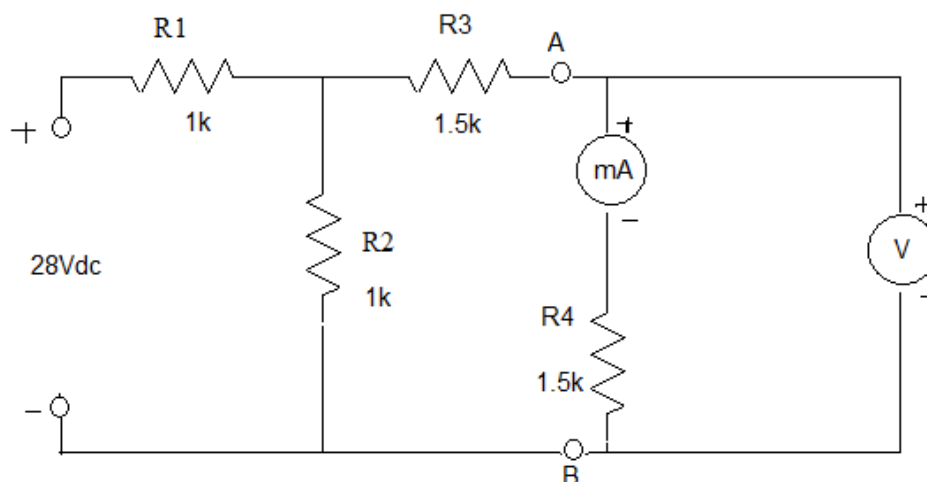
d- بعد از وصل نمودن دو باره‌ی منبع تغذیه، ولتاژ بین دو نقطه B و A را اندازه‌گیری کنید.

$V_{TH} = \dots\dots\dots$

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

۴) a- با توجه به شکل ۳ ولتاژ و جریان بار را اندازه‌گیری کنید. $I_{RL} = \dots\dots\dots$ و $V_{RL} = \dots\dots\dots$

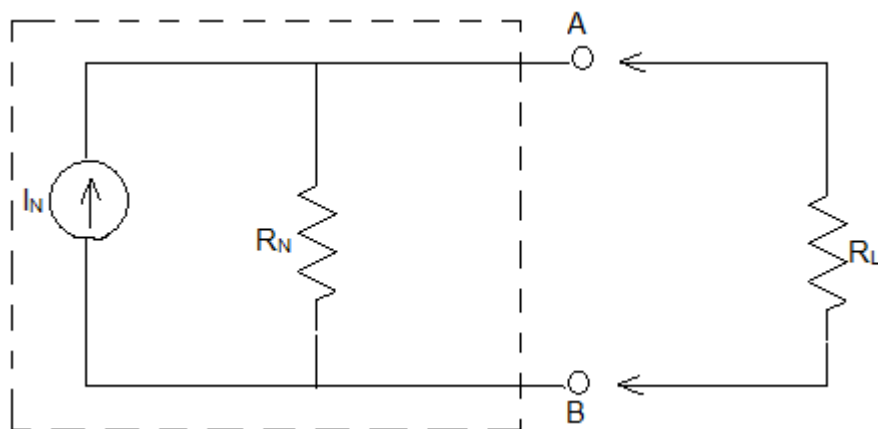
آیا این جواب با مقادیر محاسبه شده قبلی برابر است یا نه؟.....



۳

شکل

۵) مدار بدون بار شکل ۱ 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 قرار گرفته است. با استفاده از مدار معادل تورنن براحتی با استفاده از قانون اهم می‌توان جریان و ولتاژ بار را حساب کرد.



شکل ۴

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

b- جریان نورتن $N I$ ، جریانی است که در حالت اتصال کوتاه ترمینال‌های A و B از آن‌ها می‌گذرد.

C- چند رابطه مهم عبارتند از:

$$V_{TH} = N I R_{TH} \quad (۲)$$

$$V_{TH} = N I R_N \quad (۳)$$

$$N = V_{TH} / R_{TH} I \quad (۴)$$

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

۵- مدار معادل نورتن شکل ۱ را محاسبه نمایید.

b- جریان و ولتاژ بار (R_L) از مدار شکل ۴ را برای $R_L = 1.5k$ محاسبه نمایید.

C- آیا V_{RL} و R_L 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. اصولاً همه‌ی مدارات دارای مقداری اندوکتانس هستند یعنی همه‌ی هادیها دارای اندوکتانس هستند در حالی که معمولاً 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 سیم پیچ دارای هسته هوایی است. هسته‌های مغناطیسی بیشتر از هسته‌های هوایی تولید اندوکتانس می‌کنند. برای تعداد دور معینی از سیم پیچ، 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 سیم-پیچ‌ها به هم، اندوکتانس را زیاد می‌کند.

در اثر عبور جریان متناوب از سیم پیچ‌ها، میدان مغناطیسی متغییری در اطراف سیم پیچ‌ها بوجود می‌آید که این میدان متغییر با زمان نیز بنویه خود یک ولتاژ القایی در سیم پیچ‌ها 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 سیم پیچ نیز نمی‌تواند بکند.

واحد اندوکتانس هانری (H) است که از نام ژوزف هانری فیزیکدان آمریکایی گرفته شده است. طبق تعریف یک هانری، اندوکتانس سیم پیچی است که اگر شدت جریان یک آمپر از آن بگذرد به اندازه یک ولت، ولتاژ emf در سیم پیچ بوجود آید. با توجه به اینکه یک هانری واحد اندازه‌گیری بزرگی برای اندوکتانس است، به همین دلیل معمولاً برای اندازه‌گیری از واحدهای کوچک مثل mH یا μH استفاده می‌کنند.

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

$$L_T (\text{سری}) = L_1 + L_2 + L_3 + \dots$$

$$L_T (\text{موازی}) = 1 / \left(\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots \right)$$

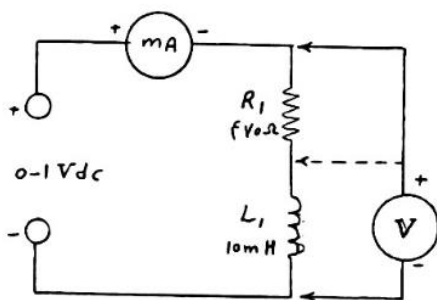
وسایل لازم :

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

آزمایش‌ها :

۱) a- در شکل ۱ مجموع مقاومت سری R_1 و مقاومت اهمی L_1 سلف که ۳۰ اهم می‌باشد را محاسبه کنید.

b- اگر ولتاژ منبع تغذیه ۰.۵ vdc در نظر گرفته شود جریان مدار را محاسبه نمایید .



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 روشن کنید. جریان مدار و ولتاژ دو سر

سلف L_1 را اندازه‌گیری 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 ؟

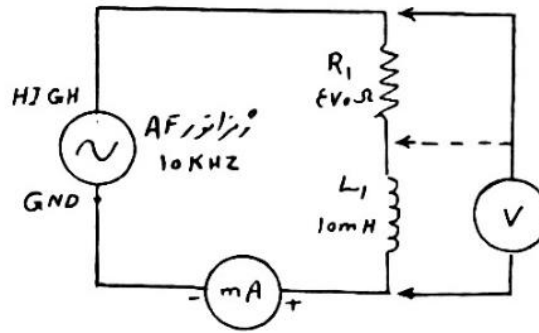
g- R_{L_1} بدست آمده از دو مرحله (مرحله d - ۱) و (مرحله c - ۱) را مقایسه کنید و در صورت تفاوت علت را توضیح دهید

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 0.5 V 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 آخر 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 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 $f=10\text{KHZ}$ 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 :

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

که f فرکانس بوده و بر حسب هرتز (Hz) و L اندوکتانس بوده و بر حسب 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:

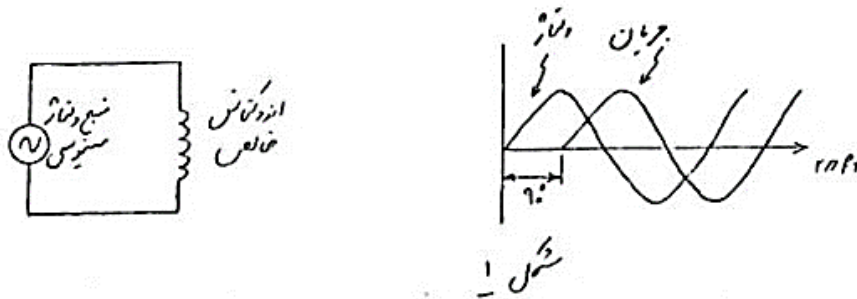
$$X_{L2} (\text{سری}) = X_{L1} + X_{L2} + X_{L3} + \dots$$

$$X_{L2} (\text{موازی}) = \frac{1}{\frac{1}{X_{L1}} + \frac{1}{X_{L2}} + \frac{1}{X_{L3}} + \dots} f$$

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 مستقیماً 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 می‌افتد.



در مداراتی که بیشتر شامل موتورها، ژنراتورها، ترانسفورماتورها و سیم پیچ‌ها هستند تاثیر راکتانس اندوکتیو 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 نمی‌کند.

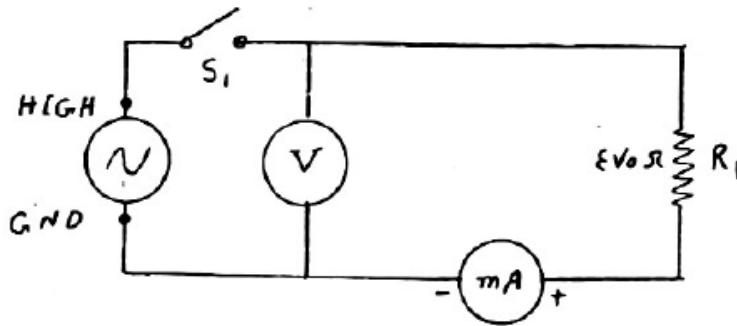
در مواردی که بدون نیاز به مصرف انرژی زیاد، امیدانس زیادی لازم باشد از راکتانس اندوکتیو یک سیم پیچ استفاده می‌شود. از این رو از سیم پیچ‌ها در فیلترها، شبکه‌های شیف‌ت‌نیاز، مدارات کوپلاژ امپرنس و مدارات تنظیم شده امواج صوتی استفاده می‌شود.

وسایل لازم:

L_2 10m H	L_1 10m H
منبع تغذیه 0-1 Vdc, 1mA	R_1 470Ω, 1W
برد آزمایش	ژنراتور AF
DpsT برد سوئیچ S_1	الکتریکی VOM
اسلیوسکوپ	برد سوئیچ DpsT S_2

آزمایش‌ها:

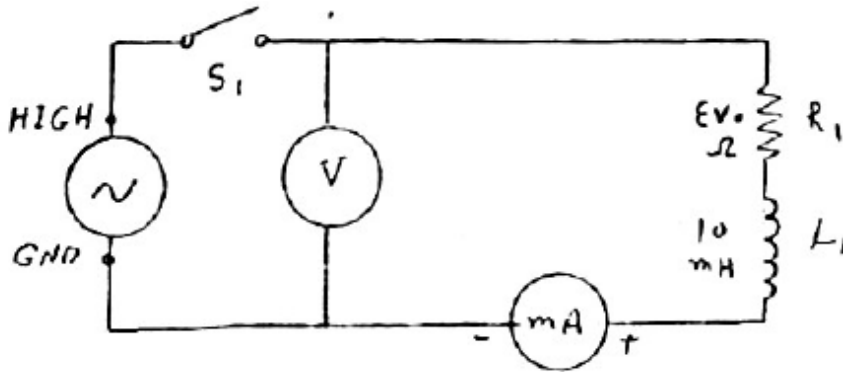
۱) مدار شکل ۲ را ببندید و فرکانس سیگنال ژنراتور را روی ۱۰ KHZ تنظیم کنید و کلید S1 را وصل کنید و ولتاژ خروجی سیگنال ژنراتور را روی ۰/۵ Vac تنظیم کنید. سپس جریان کل مدار را اندازه گیری کنید.



شکل ۲ -

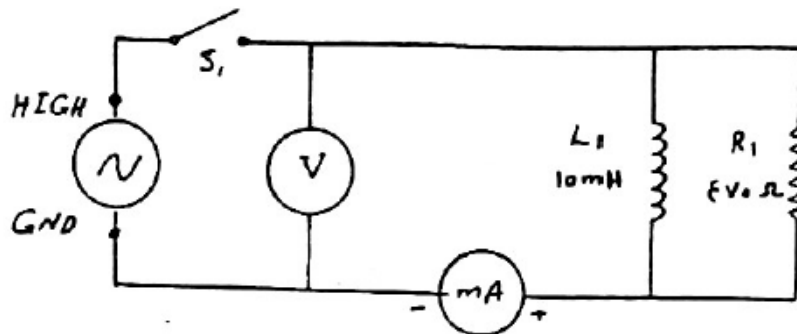
کلید_b

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 ۰/۵ Vac 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. (شکل ۴).



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؟

فرکانس KHZ	جریان mAac
10	
20	
30	
40	
50	

a_۲ بار دیگر مدار شکل ۳ را ببندید و کلید S1 را وصل کرده و فرکانس سیگنال ژنراتور را از ۱۰ KHZ تا فرکانس ۵۰ KHZ افزایش دهید و برای هر افزایش فرکانس ولتاژ خروجی را روی ۰/۵Vac تنظیم کنید سپس جریان کلی را در هر مرحله اندازه گیری نموده و در جدول ۱ یادداشت کنید.

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

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

۳) برای $L_1=10\text{mH}$ و $f=10\text{KHZ}$ راکتانس اندوکتیو سلف L_1 را محاسبه نمایید.

آنگاه راکتانس اندوکتیو حاصل را با اندازه مقاومت R_1 جمع کنید.

b) برای مدار شکل ۳ امپرانس کل مدار را از طریق ولتاژ اعمال شده به مدار که $V_{ac} 0.5$ بود و جریان I_2 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 10 KHZ و ولتاژ ورودی را $V_{ac} 0.5$ اختیار کنید

B) به جای سلف L_1 سلف L_2 را در مدار قرار دهید و دوباره اختلاف فاز را اندازه گیری کنید ($L_2=2/5\text{mN}$)

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 (pF) که برابر (10^{-12}) است استفاده می شود ظرفیت کل خازن های سری و موازی را می توان از فرمول زیر به دست آورد:

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

$$C_T (\text{موازی}) = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$

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 می توانند 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 بمانند 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 حذف DC) 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) ولتاژ DC 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.

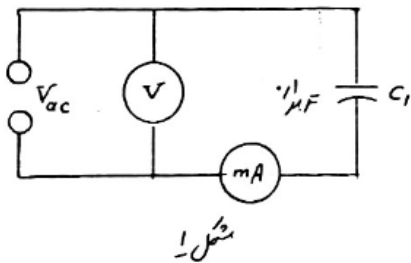
وسائل آزمایش :

C_1	$0.1\mu f$ Mylar	C_3	$50\mu f$ Electrolytic
-------	------------------	-------	------------------------

C_2	$0.22\mu f$ Mylar	S_1	Dpst برد سوئیچ
برد آزمایش			

مراحل آزمایش :

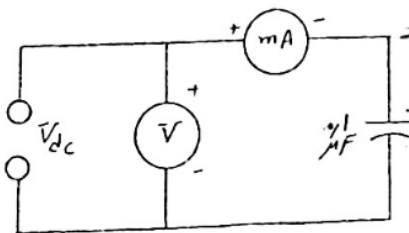
1) a_ مدار شکل یک را ببندید و منبع ولتاژ را روی 20 Vac تنظیم کنید و جریان جاری در مدار را اندازه گیری کنید .



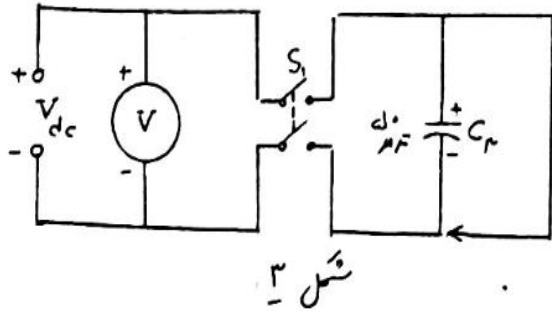
b- مدار شکل ۲ را ببندید. در این مدار همان شکل ۱ است که بجای ولت‌متر و میلی آمپر ac از ولت‌متر و میلی آمپر dc استفاده شده است. ولتاژ منبع تغذیه را روی 20 Vac تنظیم کنید و جریان مدار را اندازه گیری کنید.

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 dc و ac را روی شکل ها مشخص کنید . آیا خازن جریان dc از خود عبور می دهد یا نه ؟



جریان ac را چطور ؟



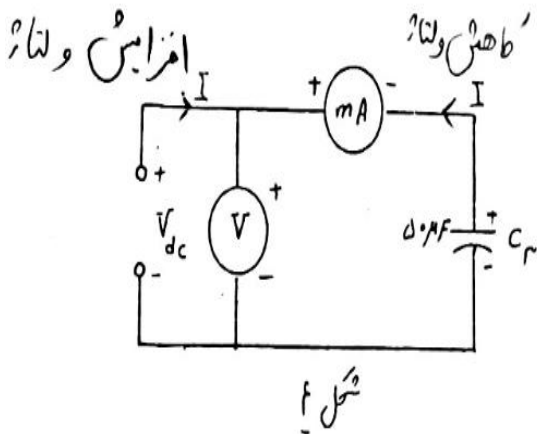
2) a- مدار شکل ۳ را ببندید منفی مدار را به سر منفی خازن و مثبت مدار را به سر مثبت خازن وصل کنید و یک سیم اتصال کوتاه را به ترمینال مثبت خازن وصل کنید و سر دیگر را وصل نمایید

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

c- کلید S_1 را 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.



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 آمپر متر 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 آمپر متر نیز توجه نمایید. آیا جریان جاری افزایش خواهد یافت؟ خط و جهت آن در همان جهت قبلی است؟

d - دوباره ولتاژ را به آرامی به 10 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 برابر عبور جریان متناوب. واحد راکتانس کاپاستیو اهم است. X_C یک خازن، مانن راکتانس اندوکتیو X_L یک سیم پیچ نمیتواند توسط اهم متر اندازه گیری شود.

راکتانس کاپاستیو را از تاثیر آن بر روی جریان در یک مدار متناوب (ac) می توان 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 f فرکانس بوده و بر حسب هرتز است و C ظرفیت خازن می باشد و بر حسب فاراد است. از فرمول فوق ملاحظه می شود که راکتانس کاپاستیو بستگی به فرکانس دارد و هر مقداری که برای X_C محاسبه شود تنها نمایانگر راکتانس برای آن فرکانس بخصوص می باشد.

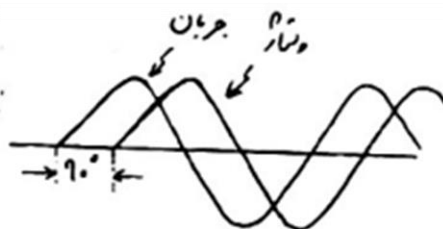
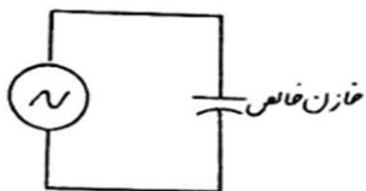
در مدارات سری اثرات ایکس سی با یکدیگر جمع می شوند و در یک مدار موازی جریان به نسبت عکس رابطه تقسیم میگردد برای محاسبه ایکس سی در حالت سری و موازی از فرمول زیر استفاده می شود.

$$X_{CT} (\text{سری}) = X_{C1} + X_{C2} + X_{C3} + \dots$$

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

بیشتر مداران خازنی دارای مقاومت اهمی هستند و مخالفت کلی در مقابل عبور جریان را امیدانس می نامند که واحد اندازه گیری آن است مقاومت و راکتانس پاستیل را نمی توان به صورت ریاضی با یکدیگر جمع کرد ولی می توان 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 (۹۰ درجه)، 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 می شود که جریان در جهت مخالف جاری گردد، منبع ولتاژ کاهش ولتاژ را ادامه می دهد در لحظه ای 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 اعمالی 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 تجارتي، 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:

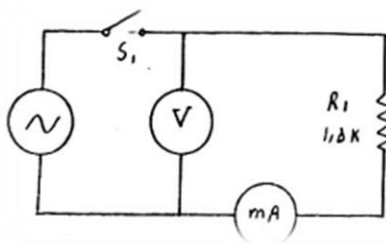
ژنراتور AF	C_1	$0.1 \mu F$
اسیلوسکوپ	R_1	$1.5 K\Omega, 1W$
Vom الکتریکی	S_1, S_2 برد	

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

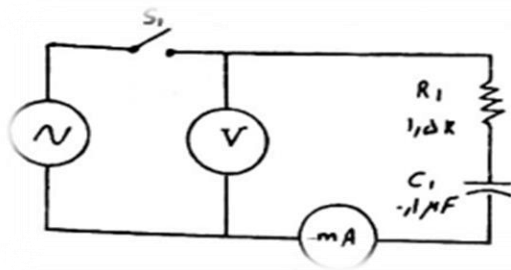
و جریان کل مدار را اندازه گیری کنید.



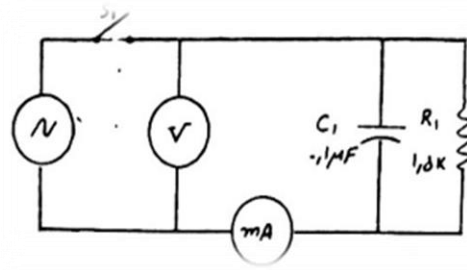
b- خازن C_1 را به صورت سری با مقاومت R_1 وصل کنید و ولتاژ خروجی را روی $0.3V_{ac}$

تنظیم کنید (شکل ۳)، در این مرحله نیز جریان کل مدار را اندازه گیری کنید.

شکل (۲)



شکل (۴)



شکل (۳)

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

سوال: با مقایسه جریانهای اندازه گیری شده ی فوق پاسخ دهید که آیا وقتی که خازن سری با مقاومت قرار می گیرد، جریان کل افزایش می یابد یا کاهش؟

سوال: آیا در مدارات سری و موازی راکتانس کاپاستیو شبیه یک مقاومت عمل می 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 ۱ بنویسید. 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 در جدول ۱ بنویسید. با توجه به این جدول، آیا جریان با افزایش فرکانس افزایش می یابد؟

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

f KHz	I mA _{ac}

d- اگر خازن C₁ بطور موازی با R₁ قرار بگیرد در این حالت با افزایش فرکانس آیا جریان مدار کم می‌شود یا افزایش می‌یابد؟

۳) a- راکتانس کاپاستیو را در صورتیکه C₁=0.1 μF و فرکانس 1KHz باشد، محاسبه کنید.

جدول ۱

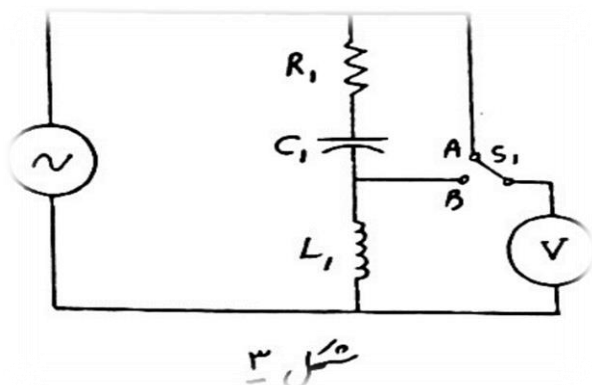
b- امپدانس ظاهری را از رابطه زیر بدست آورید.

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

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

گرفته و در جدول ۱ در محل مربوطه یادداشت کنید. به ازای هر تغییر در فرکانس سیگنال ژنراتور ابتدا با قرار دادن کلید S_1 در وضعیت A ولتاژ سیگنال ژنراتور را روی $1V_{ac}$

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



d- مدار شکل 3 را ببندید و ولتاژ L_1 را در 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 را 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 شکل 3 جای خازن و سلف را عوض نمایید و مرحله ی (2-b) را تکرار کنید.

f- با توجه به جدول 1 آیا 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 ولتاژ روی L_1 می باشد و برعکس در فرکانس های بالاتر از فرکانس تشدید افت ولتاژ روی C_1 کمتر از افت ولتاژ روی L_1 است؟

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

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

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 امپدانس 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 کاملاً خنثی میکنند و مقاومت اهمی به تنهایی از عبور جریان جلوگیری میکند؟

4a- پهنای باند یک مدار سری RLC یا LC باند فرکانسی بین دو فرکانس بالاتر و پایین تر از فرکانس تشدید است که توان در آن فرکانس ها به $1/2$ مقدار 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 Q را در حالت تشدید محاسبه کنید.

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

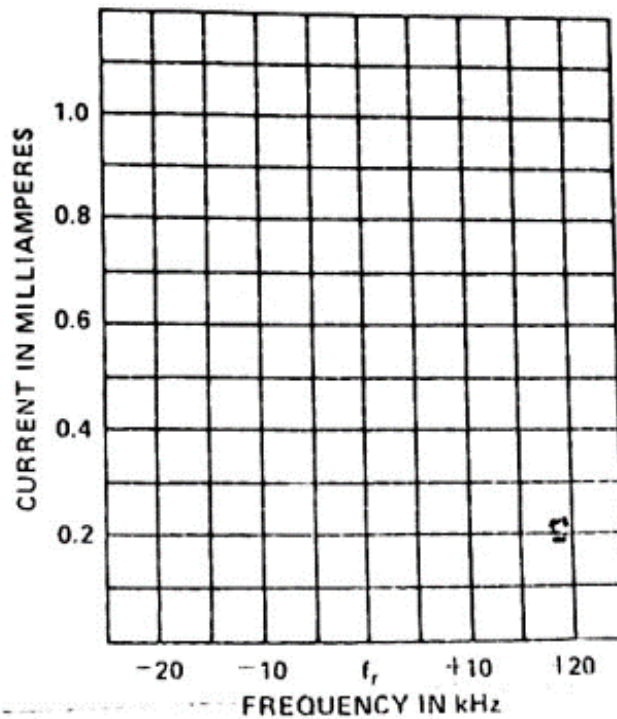
d-پهنای باند در حالت تشدید با Q نسبت معکوس دارد. با استفاده از فرکانس تشدید محاسبه شده که قبلا به دست آوردید پهنای باند مدار را محاسبه کنید.

$$BW = f_r / Q = \dots$$

e-پهنای باند محاسبه شده را با آنچه که از روی منحنی به دست آمده مقایسه کنید آیا 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)
$f_r - 25$							
$f_r - 20$							
$f_r - 15$	1.052	1.06		0.35		1.37	
$f_r - 10$	1.06	1.11		1.069		1.29	
$f_r - 5$	1.06	1.15		1.13		1.23	
f_r	1.066	1.15		1.15		1.16	
$f_r + 5$	1.03	1.06		1.21		1.07	
$f_r + 10$	1.03	1.2		1.92		1.02	
$f_r + 15$	1.03	0		1.06		1.01	
$f_r + 20$							
$f_r + 25$							

1.0



آزمایش ۱۰

تشدید موازی

وقتی که یک خازن و یک سلف را به طور موازی به دوسر یک منبع ولتاژ ac وصل میکنیم جریان از شاخه سلفی ولتاژ ۹۰ درجه عقب و در شاخه خازنی به اندازه ۹۰ درجه از ولتاژ جلوتر خواهد بود. حال اگر دور اکتانس موازی بایکدیگر نابرابر باشند، در این صورت قسمت اعظم جریان در شاخه ای جاری میشود که دارای کمترین مقدار اکتانس می باشد. جریان عبوری از هر یک از شاخه ها ۱۸۰ درجه بایکدیگر اختلاف فاز دارند و جریان کل کشیده شده از منبع، حاصل جمع برداری جریان شاخه ها میباشد. این جریان را به نام (جریان خط) می نامیم. مقدار اختلاف فاز این جریان با ولتاژ، توسط شاخه ای از مدار LC معین میگردد که دارای بیشترین مقدار جریان عبوری باشد. این جریان های جاری بین دو شاخه (سلفی و خازنی) را جریان گردش مدار میگوییم. اگر فرکانس ولتاژ اعمالی به دوسر مدار (LC) را تغییر دهیم. در یک فرکانس خاص اندازه راکتانسهای دو شاخه LC با هم برابر شده در این صورت جریان عبوری در هر کدام از شاخه ها کاملاً با هم برابر میشوند و در نتیجه همدیگر را کاملاً خنثی میکنند و مینیمم مقدار جریان خط بوجود می آید. به عبارتی دیگر در این حالت مدار LC تشدید کرده و مقاومت بزرگی توسط منبع دیده میشود.

فرمول ریاضی برای محاسبه فرکانس تشدید مدار LC موازی بصورت زیر است.

$$f_r = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\left(\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{L^2}\right)}$$

در اینجا $R \approx 0$ و بنابراین داریم

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

اگر یک مقاومت اهمی با مدار موازی LC، بصورت موازی بسته شود در این صورت مدار بصورت مدار موازی RLC درمی آید این مقاومت سبب میشود که امپدانس کل مدار موازی کاهش یابد. در فرکانس های بالاتر یا پایین تر از فرکانس تشدید، امپدانس موازی مدار LC کاهش پیدا کرده

و در این حالتها جریان خط بیشتری جاری میشود. در مدار RLC موازی، جریان خط علاوه برداشتن مولفه راکتیو (مانند مدار LC موازی) دارای مولفه اکتیو نیز میباشد.

وسایل آزمایش:

$$C1 = 0.0022\mu F$$

$$L1 = 10mH$$

$$R1 = 10k\Omega, 1W$$

$$S1 = SPDT$$

مراحل آزمایش

۱) فرکانس تشدید در حالتی که $C1$ موازی با $L1$ قرار گرفته و $C1 = 0.0022\mu F$ ، $L1 = 10mH$ است محاسبه کنید.

۲) مدار شکل ۱ را ببندید و کلید را

در وضعیت B قرار دهید و فرکانس سیگنال

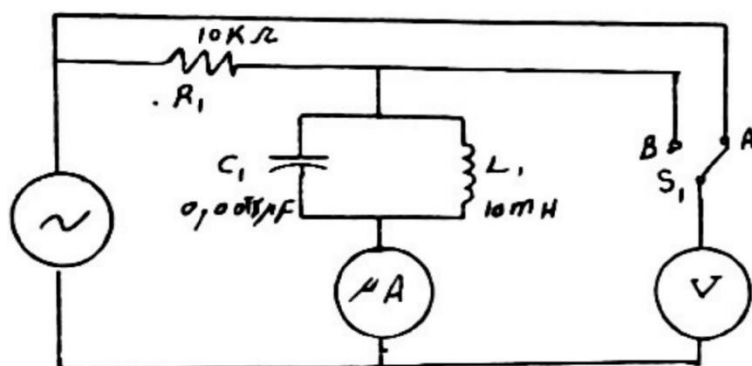
ژنراتور را روی فرکانس تشدید محاسبه شده

در بالا قرار دهید و خروجی سیگنال ژنراتور را

روی ماکزیمم مقدار قرار دهید و در حالی که به

میکرو آمپر متر نگاه میکنید فرکانس را کمی

بالا تر و پایین تر از فرکانس تشدید تغییر دهید.



شکل ۱

فرکانس تشدید واقعی مدار فرکانسی است که در آن میکرو آمپر متر کمترین مقدار جریان عبوری را نشان میدهد. در این حالت فرکانس تشدید واقعی را یادداشت کنید و در تمامی مراحل آزمایش از آن فرکانس استفاده کنید.

۳) چرا در حالت تشدید جریان بدست آمده در حدود صفر است؟

۴) در حالت تشدید، ولتاژ دوسر مدار تشدید موازی ماکزیمم است یا مینیمم؟

۲) a- کلید $S1$ را در وضعیت A قرار دهید و خروجی سیگنال ژنراتور را روی $1V_a$ تنظیم کنید و کلید $S1$

را از وضعیت A به وضعیت B قرار دهید و ولتاژ $V2$ دوسر مدار تشدید را اندازه گرفته و در جدول ۱ یادداشت

کنید. سپس ولتاژ دوسر مدار تشدید و جریان خط رادر 5KHZ بالاتر و پایین تر از فرکانس تشدید و تمامی فرکانس های داده شده در جدول یک اندازه گیری نموده و مقادیر آنها را در همان جدول یادداشت کنید. توجه داشته باشید که در هر تغییر فرکانس کلید S₁ را در وضعیت A قرار دهید و ولتاژ خروجی را برابر 1V_a تنظیم کرده و سپس کلید S₁ را به وضعیت B برگردانید.

b- امپدانس مدار تشدید را با کمک ولتاژ و جریان خط اندازه گیری شده محاسبه کرده و در جدول ۱ بنویسید.

۳-a- راکتانس سلف L₁ و خازن C₁ را در فرکانس تشدید و سایر فرکانس های داده شده محاسبه کرده و در جدول ۱ یادداشت کنید.

b- جریان خازن و سلف را برای هر فرکانس محاسبه کرده و در جدول ۱ بنویسید.

c- ضریب کیفیت Q مدار تشدید را محاسبه کنید برای اینکار از X_L محاسبه شده (3-a) برای فرکانس تشدید و مقاومت dc سلف ۳۰Ω استفاده کنید.

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

توجه کنید که مقدار محاسبه شده برای Q مربوط به حالت بدون بار میباشد.

d- پهنای باند مدار تشدید موازی، باندی از فرکانس های بالا و پایین فرکانس تشدید میباشد که در آن باند امپدانس مدار LC موازی برابر بزرگتر از ± 0.707 امپدانس ماکزیمم در حالت تشدید میباشد. پهنای باند مدار را با استفاده از مقدار Q (در حالت بدون بار) محاسبه کنید.

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

e- امپدانس کل Z_T را برای تمام فرکانس های داده شده در جدول انجام داده و آن را در جدول بنویسید.

f- آیا X_C، X_L محاسبه شده در مرحله (3-a) در حالت تشدید برابرند؟ c و I_L چطور؟

g- با کاهش ضریب کیفیت Q مدار تشدید موازی، پهنای باند کاهش می یابد یا نه؟

h- با توجه به جدول ۱ منحنی امپدانس مدار LC موازی را بر حسب فرکانس رسم کنید و نقاط نصف توان را روی منحنی بدست آورید و از این نقاط دو خط عمود بر محور فرکانس رسم کنید و پهنای باند را تعیین کنید و آن را با پهنای باند محاسبه شده در مرحله (3-a) مقایسه کنید.

E_T (volts) I_{line} (μ A) X_L (K ohms) X_C (K ohms) I_L (μ A) I_C (μ A) 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							

