

وزارت علوم تحقیقات و فناوری



دانشگاه صنعتی سجاد
غیردولتی - غیرانتفاعی

دستور کار آزمایشگاه الکترونیک صنعتی

تهیه و تنظیم:

الهام حیدری

فرحناز جاویدی

مهر ۸۸

آزمایش ۱: آشنایی با تریستور.....	۱
آزمایش ۲: آشنایی با تریاک.....	۳
آزمایش ۳: آشنایی با دیاک و UJT و مشاهده رفتار اپتوکوپلر.....	۵
آزمایش ۴: مدارهای مولد پالس سوزنی.....	۹
آزمایش ۵: مدارهایی برای فرمان آتش تریستور.....	۱۱
آزمایش ۶: یکسوکننده‌های کنترل‌شونده.....	۱۳
آزمایش ۷: مبدل AC/DC سه‌فاز.....	۱۶
آزمایش ۸: مبدل‌های AC/AC تکفاز.....	۱۹
آزمایش ۹: مبدل‌های AC/AC سه‌فاز.....	۲۲
آزمایش ۱۰: کموتاسیون.....	۲۶
آزمایش ۱۱: منابع تغذیه متغیر با مبدل DC/DC	۲۹
آزمایش ۱۲: مبدل DC/AC پل تکفاز.....	۳۲
پیوست:.....	۳۵

آزمایش ۱: آشنایی با تریستور

هدف آزمایش: آشنایی با مشخصات تریستور و نحوه کار آن

تئوری آزمایش: تریستور از پرکاربردترین قطعات مورد استفاده در الکترونیک قدرت می باشد. تریستور قطعه ای ۳ پایه (آند، کاتد و گیت) است که رفتاری مشابه دیود دارد، با این تفاوت که روشن شدن آن در بایاس مستقیم موکول به تحریک مناسب گیت است.

برخی از مهمترین پارامترها چنین تعریف می شود:

I_{GT} : حداقل جریان گیت که روشن شدن (تریگر شدن) تریستور را تضمین می کند.

I_H : حداقل جریان آند-کاتد (جریان گیت بیشتر از جریان آستانه تریگر) که روشن شدن تریستور را تضمین مینماید.

I_L : حداقل جریان آند-کاتد (گیت قطع) که روشن ماندن تریستور را تضمین مینماید.

تمرینات اولیه

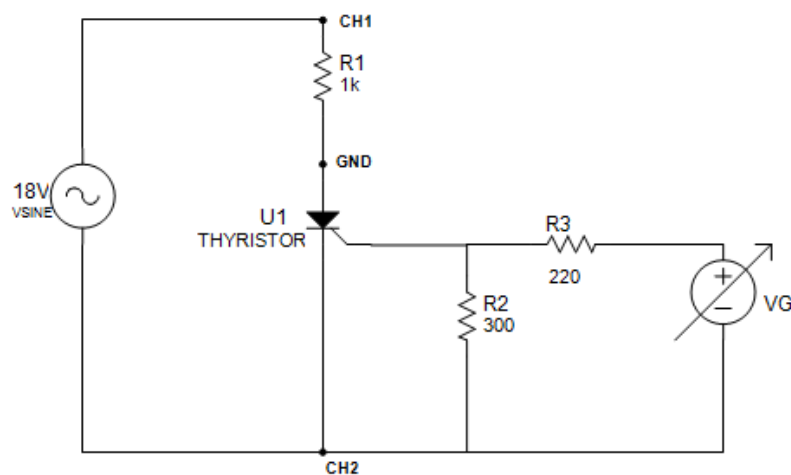
۱. روشی برای تست کردن تریستور و مشخص کردن پایه های آن پیشنهاد کنید.
۲. عوامل روشن کننده تریستور کدامند؟
۳. تریستور را در برابر چه عواملی باید محافظت کرد؟

مراحل انجام آزمایش:

الف) تعیین منحنی مشخصه تریستور

ابتدا تریستور موجود را تست کنید، آیا نتایج با تئوری منطبق است؟ چرا؟

۱. مدار شکل ۱ را ببندید و اسیلوسکوپ را در حالت $X - Y$ قرار دهید. در ابتدا $V_g = 0$ قرار داده و بتدریج آن را افزایش دهید. منحنی ایجاد شده بازای I_{gt} و V_{gt} را روی اسکوپ مشاهده و رسم نمایید.

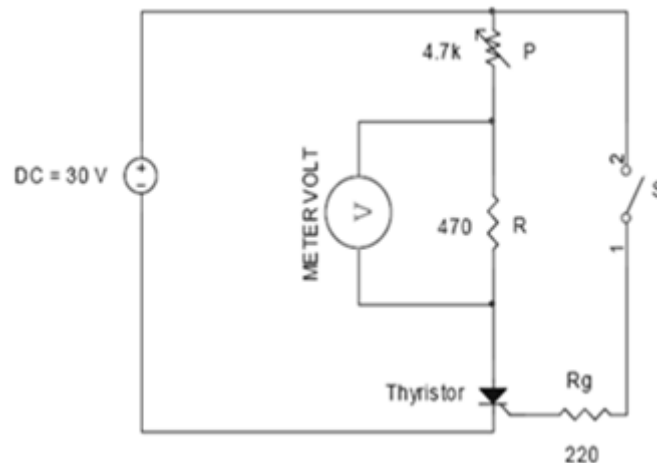


شکل ۱

۲. مقادیر I_L و I_H را با دقت از روی منحنی بخوانید.
۳. با افزایش تدریجی V_g منحنی چه تغییراتی می‌کند؟ توضیح دهید.
۴. با استفاده از ولتمتر و آمپر متر DC حداقل ولتاژ و جریان تحریک گیت را بدست آورید (V_{gt} و I_{gt}). پلاریته V_g را معکوس کنید، چه رخ می‌دهد؟

(ب) اندازه‌گیری جریان تثبیت کننده I_L و جریان نگهدارنده I_H

۱. مدار شکل ۲ را ببندید.



شکل ۲

- پتانسیومتر P را روی حداقل تنظیم کنید، سپس کلید S را بسته تا تریستور روشن شود. توجه کنید که روشن و خاموش شدن تریستور، بوسیله ولتمتر مشخص می‌شود. سپس کلید S را قطع کنید و پتانسیومتر P را به تدریج افزایش دهید، تا تریستور خاموش شود.
۲. آخرین مقدار جریان آند را قبل از خاموش شدن یادداشت کنید. (برای اینکه از آزمایش بهتر نتیجه بگیرید، تریستور را از انواع قوی‌تر انتخاب کنید)
۳. این جریان کدام پارامتر تریستور می‌باشد؟
۴. جریان اندازه‌گیری شده را با برگه مشخصات تریستور مقایسه کرده و در صورت اختلاف علت را توضیح دهید. بدون اینکه P را تغییر دهید، تریستور را خاموش کنید. (بوسیله قطع کردن مسیر تغذیه مدار)، سپس تغذیه را وصل کرده و کلید S را ببندید و مجدداً قطع کنید. ملاحظه خواهید کرد که تریستور روشن باقی نمی‌ماند. P را بتدریج و مرحله به مرحله کاهش دهید و کلید را بطور متوالی قطع و وصل کنید.
۵. جایی که تریستور دیگر خاموش نشود جریان آند را یادداشت کنید.
۶. این جریان کدام پارامتر تریستور می‌باشد؟
۷. جریان اندازه‌گیری شده را با برگه مشخصات تریستور مقایسه کرده و در صورت اختلاف علت را توضیح دهید.

تمرین:

۱. نقش کلید S در مدار چیست؟

آزمایش ۲: آشنایی با تریاک

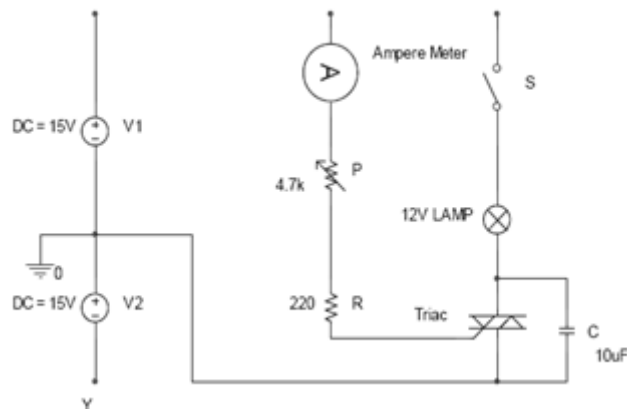
هدف آزمایش: آشنایی با مشخصات تریاک و نحوه کار آن

تئوری آزمایش: تریاک قطعه‌ای سه پایه است که در حقیقت از دو تریستور موازی و معکوس ساخته شده است. معمولاً

هرگاه جریان گیت (مثبت یا منفی) به اندازه کافی بزرگ باشد، سبب هدایت تریاک در جهتی که بایاس شده، می‌شود. تریاک در محدوده بسیار کوچکتري از جریان‌ها و ولتاژهای قابل تحمل، نویزپذیری بالاتر و قابلیت اعتماد پایین تری نسبت به تریستور کار می‌کند. در بسیاری از کاربردها در صنعت از دو تریستور موازی و معکوس به جای تریاک استفاده می‌شود. برای تریاک پارامترهای مشابهی با تریستور تعریف میشود. به دلیل امکان هدایت در دو جهت این پارامترها یا برای هر دو جهت بطور جداگانه و یا به صورت تمام موج در نظر گرفته میشوند.

الف) نحوه عملکرد تریاک

مدار را مطابق شکل ۱ کامل کنید.



شکل ۱

مراحل انجام آزمایش:

در این آزمایش هرکدام از نقاط A و B را می‌توان به نقاط X و Y که تغذیه مدار هستند، وصل کرد. یعنی در واقع این مدار به دو صورت مختلف بسته می‌شود. برای هر یک از این دو وضعیت مطابق دستور زیر عمل کنید:

۱. ابتدا P را روی حداکثر تنظیم کنید. سپس تغذیه را وصل کنید و P را بتدریج کاهش دهید تا تریاک روشن شود. در این حالت جریان گیت را (که همان I_{gt} است) و ولتاژ گیت-آند ۱ و ولتاژ آند ۱-۲ را یادداشت کنید.
۲. با توجه به نتایج بهترین ناحیه عملکرد تریاک کدام است؟
۳. اگر از تریاک در جایی استفاده شود که در آن جریانهای مثبت و منفی عبوری از تریاک به یک اندازه اهمیت داشته باشند (مثل برشگرهای AC) کدام نواحی برای کار تریاک مناسب تر می‌باشد؟

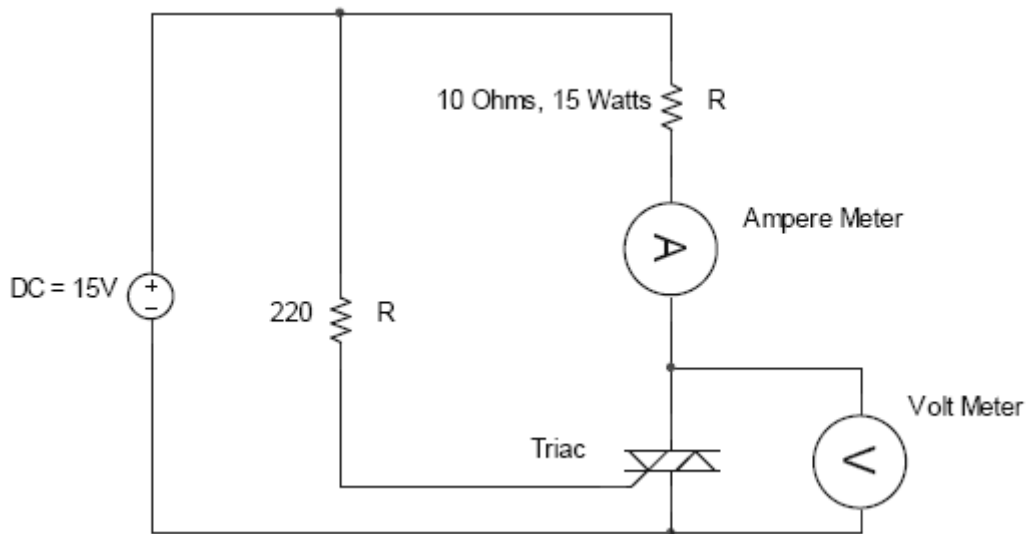
تمرین:

۱. علت بکاربردن خازن C و پتانسیومتر P را بیابید.
۲. مدل مداری تریاک مشابه به چه ترکیبی از سایر المان‌های الکترونیک قدرت است؟
۳. تریاک را با تریستور از نظر فرکانس کاری و جریان نامی مقایسه نمایید.

ب) اندازه‌گیری ولتاژ دو سر تریاک

مراحل انجام آزمایش:

۱. مدار را مطابق شکل ۲ کامل کنید



شکل ۲

۲. جریان و ولتاژ مشخص شده در شکل را اندازه بگیرید.

تمرین:

۱. کدامیک از پارامترهای تریاک نقش اساسیتری در تعیین تلفات حرارتی دارند؟
۲. مقدار پیشفرض برای این پارامترها چیست؟

آزمایش ۳: آشنایی با دیاک و UJT و مشاهده رفتار اپتوکوپلر

هدف آزمایش: آشنایی با مشخصات دیاک و UJT و نحوه کار آنها و مشاهده رفتار اپتوکوپلر

تئوری آزمایش: دیاک $Diac$ عنصر دو پایهای است که با تغییر ولتاژ ترمینال از صفر، در ولتاژ مشخصی می‌شکند و هدایت می‌نماید. این ویژگی می‌تواند در ساخت نوسان‌سازها بکار برده شود. چنین مدارهایی جهت تحریک گیت ترایستور و ترایاک نیز استفاده می‌شوند.

از پارامترهای ویژه دیاک: ولتاژ شکست، میزان تقارن ولتاژهای شکست، حداکثر جریان هنگام شکست، ولتاژ هنگام هدایت و معیاری از توان قابل تحمل در حال هدایت هستند.

می‌دانیم جهت روشن شدن ترایستور جریان‌های حداقل گیت و ترمینال‌های قدرت باید وجود داشته باشد. لذا مدارهایی برای تحریک گیت ترایستور در نظر گرفته می‌شوند که در زمان مناسب جریان کافی لحظه ای را به گیت تزریق کند و حتی این عمل تکرار شود تا از روشن شدن و روشن ماندن اطمینان حاصل گردد. به این ترتیب از دیاک برای مدار تحریک گیت ترایستور (ترایاک) استفاده می‌شود. این نوع مدار در واقع یک نوسان‌ساز است که بار ذخیره شده در یک خازن را بطور ناگهانی در گیت تخلیه نموده و این کار چند بار با فواصل مناسب تکرار می‌شود.

ترانزیستور تک‌پیوندی UJT ($Uni - Junction Transistor$) قطعه‌ای سه‌پایه و از عناصر مورد استفاده در الکترونیک قدرت است که مانند دیاک در مدار تحریک گیت ترایستور استفاده می‌شود. این قطعه مانند دیاک دارای ناحیه مقاومت منفی است و قابلیت استفاده در مدارهای نوسان‌ساز را داراست.

از نظر ساختاری این قطعه از اتصال فلزی با نیمه‌هادی نوع N ساخته می‌شود. مدارهای تحریک گیت با استفاده از UJT به مدارهای مبتنی بر دیاک شباهت دارند.

اپتوکوپلر قطعه‌ای است که با ایجاد یک لینک نوری مسیری برای انتقال سیگنال‌های الکتریکی بین قطعات فراهم می‌کند.

به این ترتیب که سیگنال‌های الکتریکی در سمت فرستنده تبدیل به یک پالس نوری شده و در سمت گیرنده این پالس توسط یک عنصر حساس به نور مجدداً به یک سیگنال الکتریکی تبدیل می‌شود.

وظیفه اصلی اپتوکوپلر ایجاد ایزولاسیون الکتریکی بین قسمتهایی از مدار است که ارتباط الکتریکی میان آنها ممکن است موجب آسیدیدن المانهای موجود شود.

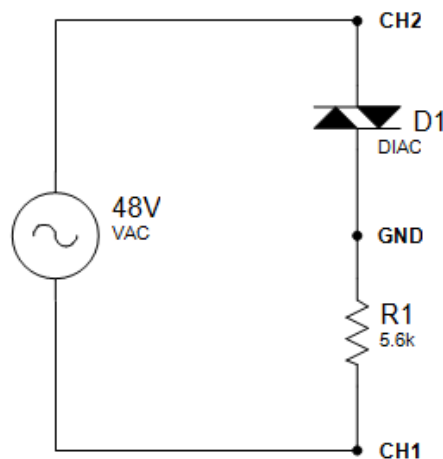
در مدارات الکترونیک صنعتی از ایزولاتورها جهت جداسازی الکتریکی مدار فرمان (بخش الکتریکی و ولتاژ پایین) از مدار قدرت (ولتاژهای بالا) استفاده می‌شود.

الف) اندازه‌گیری ولتاژ آستانه دیاک

بزرگترین مزیت و کاربرد دیاک استفاده در ولتاژهای AC است، زیرا در هر دو سیکل مثبت و منفی هدایت می‌کند. از دیاک به عنوان عنصر فرمان در مدارهای کنترل‌کننده توان نیز استفاده می‌شود.

مراحل انجام آزمایش:

۱. مدار را مطابق شکل ۱ ببینید.



شکل ۱

۲. در این مدار با اتصال تغذیه $48V ac$ بین پایه چپ دیاک و خط پایین، GND اسکوپ به سر مشترک بین دیاک و مقاومت، کانال انحراف افقی به سر دیگر دیاک، کانال انحراف عمودی به سر دیگر مقاومت و قرار دادن اسکوپ در حالت $X - Y$ مشخصه ولتاژ - جریان دیاک را رسم و بر روی آن ولتاژ(های) شکست را معین کنید. توجه شود که کانال انحراف عمودی در حالت معکوس‌کننده ($Invert$) قرار داده شود.

تمرین

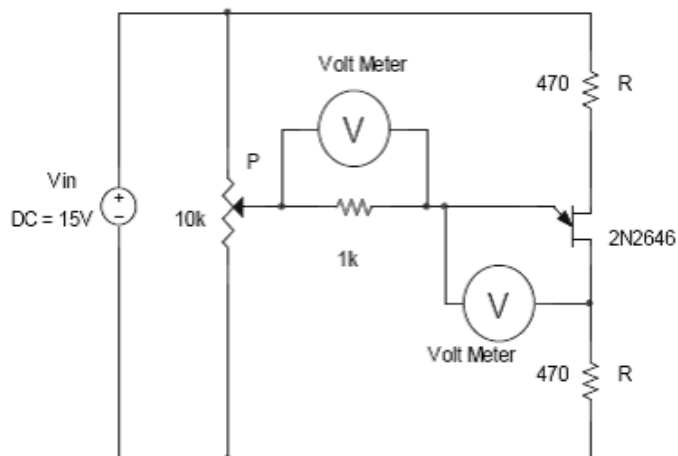
۱. آیا با کمک یک تریاک و دو مقاومت می‌توانید ترکیبی بسازید که رفتار آن شبیه دیاک باشد؟
۲. از روی شکل موج ولتاژ، دیاک المانی چند طرفه است؟

ب) اندازه‌گیری پارامترهای UJT

۱. عملکرد هر یک از مدارهای شکل ۲ و ۳ را توضیح دهید.
۲. در شکل ۲ با توجه به برگه مشخصات UJT مقدار حداقل مقاومت R را بیابید.
۳. در شکل ۲ مقادیر R و C را طوری بیابید که فرکانس کلیدزنی UJT برابر $10KHZ$ باشد.
۴. در شکل ۳ با توجه به برگه مشخصات UJT ، مقدار حداکثر منبع ولتاژ V_{in} را بیابید.

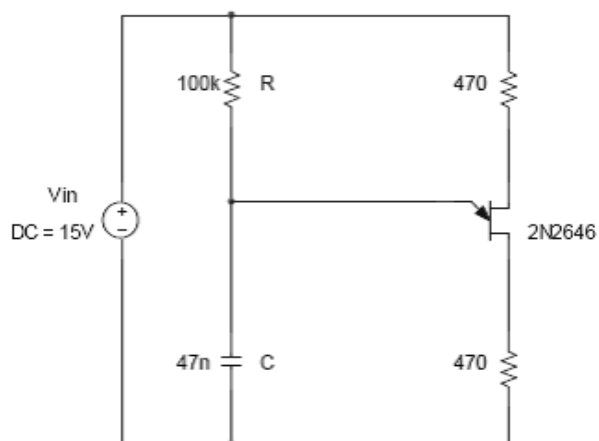
مراحل انجام آزمایش

۱. مدار شکل ۲ را ببندید. در این مدار ابتدا پتانسیومتر P را از صفر تا حداکثر و سپس از حداکثر تا صفر تغییر دهید.



شکل ۲

۲. ولتاژ بیس ۱- امیتر و جریان امیتر را اندازه بگیرید، سپس منحنی $V_E - I_E$ را رسم کنید.
۳. مقادیر V_P ، I_P ، V_V ، I_P را که پارامترهای UJT میباشند را از روی منحنی بدست آورید.
۱. اکنون مدار شکل ۳ را ببندید.
۲. موج بیس ۱- امیتر را رسم کنید.
۳. مقادیر بدست آمده از آزمایش را با اطلاعات برگه مشخصات UJT مقایسه کرده و علت اختلاف را شرح دهید.



شکل ۱

تمرین

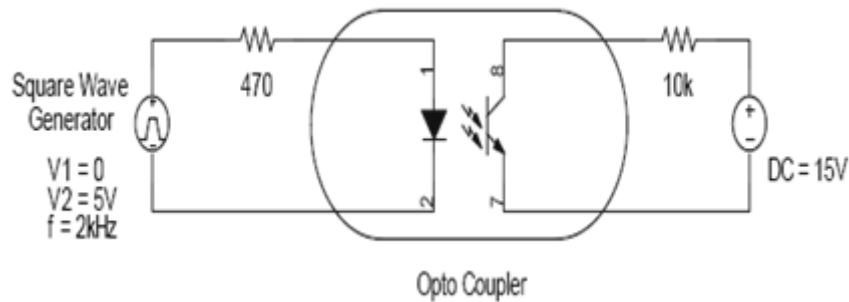
۱. شکل موج بیس ۱- امیتر را تحلیل کنید.

ج) مشاهده رفتار اپتوکوپلر

از روی برگه مشخصات اپتوکوپلر، مقادیر t_f ، t_r را بدست آورید.

مراحل انجام آزمایش:

۱. مدار شکل ۴، جهت بررسی رفتار اپتوکوپلر بسته شده است.



شکل ۲

۲. ولتاژ آند - کاتد دیود را با کانال ۱ و ولتاژ کلکتور - امیتر را با کانال ۲ بصورت همزمان مشاهده کنید و رسم نمایید.

۳. افت ولتاژ روی دیود فرستنده در حالت روشن چقدر است؟

۴. V_{CE} اشباع (با فرض اشباع بودن) چقدر است؟

تمرین:

۱. با توجه به شکل موجهها، اپتوکوپلر تا چه فرکانسی قابل استفاده است؟

۲. مزیت استفاده از اپتوکوپلر در چیست؟ این المان به کدام یک از المانهای قدرت شبیه است؟

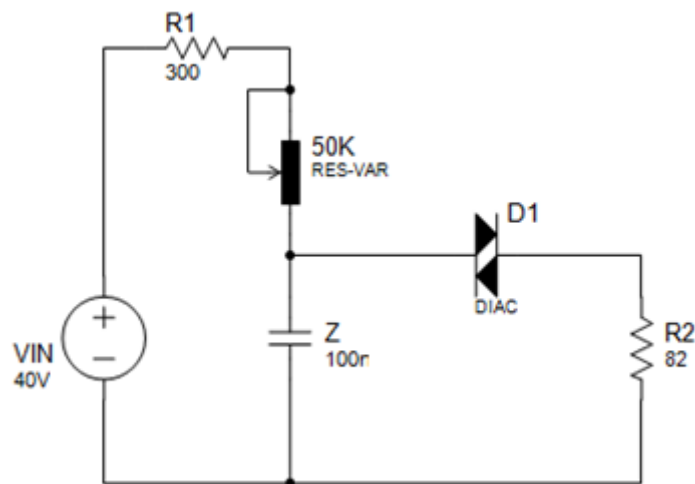
آزمایش ۴: مدارهای مولد پالس سوزنی

هدف آزمایش: تولید پالس سوزنی با استفاده از دیاک و UJT

الف) تولید پالس سوزنی با استفاده از دیاک

مراحل انجام آزمایش:

۱. با استفاده از دیاک می‌توان مولد پالس سوزنی درست کرد. مدار شکل ۱ را ببندید.



شکل ۱

۲. اثر تغییرات پتانسیومتر $50 K$ و مقاومت 82Ω را در فرکانس و عرض پالس های خروجی بررسی نموده و توضیح دهید.

۳. با قرار دادن $Z_1 = 100nF$ ، $R_2 = 100\Omega$ ، $R_1 = 5.6 K\Omega$ و اعمال ولتاژ $42Vdc$ به V_{in} ولتاژ خروجی

(ولتاژهای دو سر مقاومت R_2) و خازن را بر روی اسکوپ مشاهده و رسم نمایید.

۴. آزمایش را با اعمال ولتاژ $48Vac$ به V_{in} تکرار کنید.

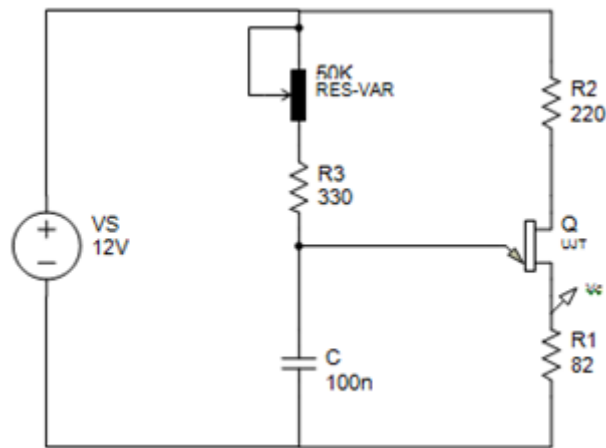
تمرین:

۱. اشکال عمده در استفاده از دیاک چیست؟

۲. وضعیت پاسخ مدار فوق را با توجه به مقادیر اندازه گیر شده تحلیل کنید

ب) مولد پالس سوزنی با استفاده از UJT

۱. مدار شکل ۲ یک مولد پالس سوزنی است. مدار را ببندید و ولتاژ نقاط B_1 ، B_2 و E را مشاهده کنید.



شکل ۲

۲. با تغییر پتانسیومتر ولتاژ خروجی چه تغییری می کند؟ اثر تغییر مقاومت R_1 و V_S را بر ولتاژ خروجی بررسی کنید و توضیح دهید.

۳. با توجه به شکل موجهای مشاهده شده مقادیر V_P و V_V را مجدداً بخوانید و با مقادیر قبلی مقایسه کنید.

تمرین:

۱. تغییر پتانسیومتر P چه تاثیری در عملکرد مدار دارد؟

۲. نقش خازن C در مدار را توضیح دهید. (راهنمایی: به شکل موج جریان گیت توجه کنید)

آزمایش ۵: مدارهایی برای فرمان آتش تریستور

هدف آزمایش: استفاده از دیاک و *UJT* در تحریک گیت تریستور

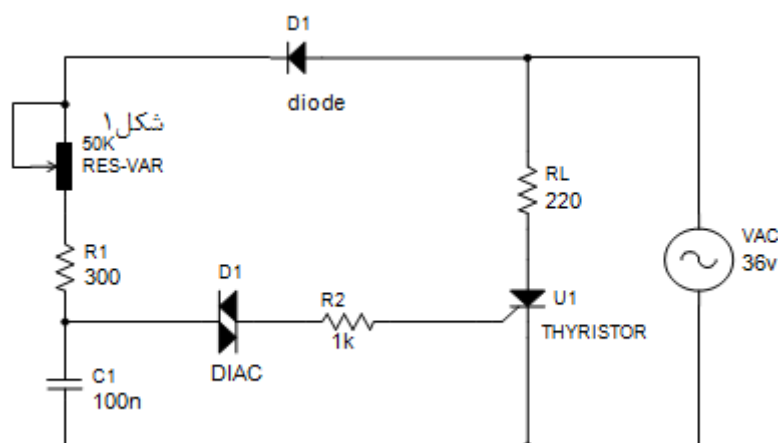
تئوری آزمایش: مدار تحریک گیت باید بتواند جریان کافی را در مدت مناسب در گیت تزریق نماید. به این ترتیب شکل پایه سیگنال تحریک گیت پالس باریکی با ارتفاع و زمان تعیین شده است. هرگونه مدار با قابلیت تولید چنین سیگنالی می تواند مورد استفاده واقع شود. با توجه به وجود ولتاژهای بالا، نیاز به سادگی مدار تحریک و امکان اعمال جریان کافی در مدت مناسب استفاده از برخی قطعات و ترکیبها رایج تر هستند.

الف) استفاده از دیاک در تحریک گیت تریستور

اسیلاتور دیاک نمونه ساده‌ای از مدارهای تحریک گیت است. ولتاژ شکست نسبتاً بالا و توان تحمل جریان کافی دیاک، آن را برای این موضوع بسیار مناسب می‌سازد. برای کار مدار در ولتاژهای پایینتر (یا تریگر در زوایای کم) استفاده از اسیلاتورهای *PUT* یا *UJT* می‌تواند مدنظر قرار گیرد.

مراحل انجام آزمایش:

۱. مدار شکل یک، یکی از موارد استفاده از دیاک را نشان می‌دهد. مدار را ببندید و ولتاژ دو سر تریستور و بار را مشاهده کنید.



شکل ۱

۲. پتانسیومتر $50K\Omega$ را تغییر دهید و اثر این تغییر را در ولتاژ دو سر بار مشاهده نموده و توضیح دهید.
۳. حداقل و حداکثر زاویه آتش تریستور چقدر است و چه عواملی در تعیین این مقادیر موثر می‌باشند؟ دیود را از مدار خارج کنید، چه تغییری در شکل موج دو سر بار به وجود می‌آید؟ چرا؟ مقاومت بار را افزایش دهید ($1K\Omega$) و اثر این افزایش را در ولتاژ دو سر بار بررسی کنید.

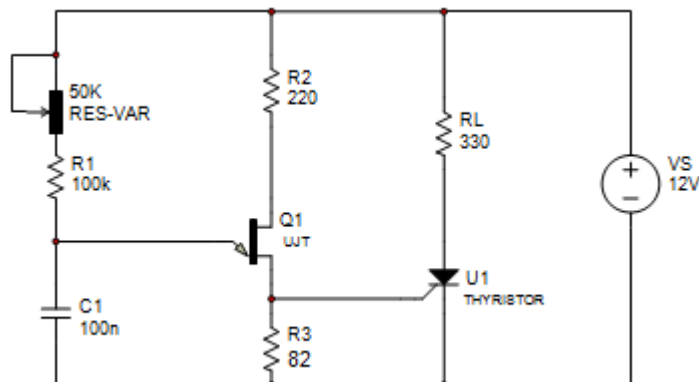
بجای تریستور یک تریاک قرار داده و آزمایش را مجدداً تکرار کنید.

ب) استفاده از UJT در کنترل زاویه آتش تریستور

از کاربردهای مهم UJT تحریک گیت تریستور و کنترل زاویه آتش آن است. پالسهای خروجی مدار شکل ۲ برای آتش - کردن تریستور بسیار مناسب است.

۱. طرز کار مدار شکل ۲ را توضیح دهید.

۲. در صورتی که در مدار شکل ۲ بخواهیم به جای تریستور از تریاک استفاده کنیم چه اشکالی پیش می آید؟ راه حلی برای رفع این مشکل ارائه کنید.



شکل ۲

مراحل انجام آزمایش:

۱. مدار شکل فوق را ببندید.
۲. ولتاژ دو سر بار و تریستور را مشاهده و رسم کنید.
۳. اثر تغییر مقاومت RES_VAR را بر ولتاژ خروجی مشاهده و رسم کنید.

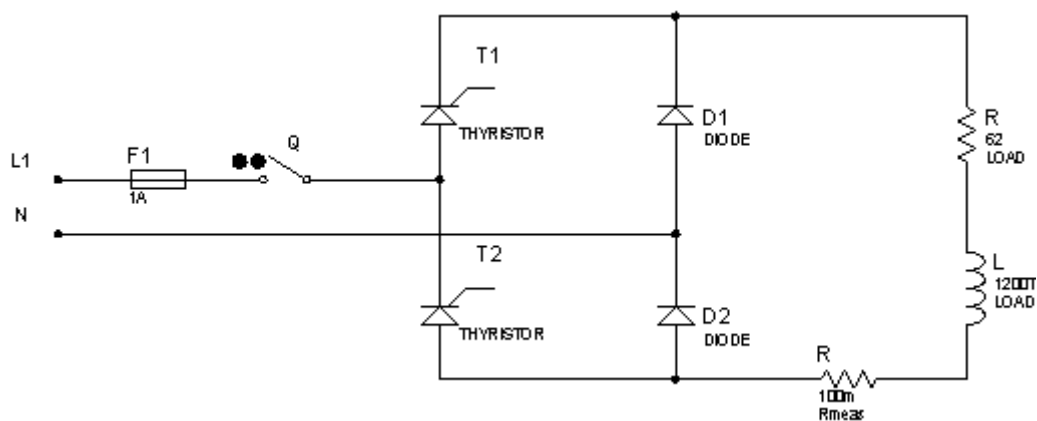
آزمایش ۶: یکسوکندهای کنترل شونده

هدف آزمایش: بررسی یکسوسازهای نیم موج و تمام موج کنترل شونده تکفاز

تئوری آزمایش: برای به دست آوردن ولتاژ کنترل شده در خروجی از روش کنترل زاویه آتش تریستور می توان استفاده کرد. یک تریستور کنترل فاز با اعمال پالس مناسب در شرایطی از ورودی که آند نسبت به کاتد مثبت است، روشن شده و در اثر کموتاسیون طبیعی غالباً در سیکل منفی خاموش می گردد. این نوع یکسوکندها ساده بوده و به علت تبدیل موج AC ورودی به DC در خروجی به عنوان مبدل AC/DC نیز شناخته می شوند. مبدل هایی که در این قسمت آزمایش می شوند به علت دارا بودن ریپل زیاد با فرکانس کم موارد استفاده محدودتری دارند.

الف) یکسوساز تکفاز تمام موج نیم کنترل شونده

مراحل انجام آزمایش:



شکل ۱

۱. مدار آزمایش را مطابق شکل ۱ ببندید.
۲. یک نکته مهم در بستن این مدارات تمیزی و نظم در کار می باشد. رعایت بعضی از قراردادهای به درک بیشتر مدار کمک می کند. برخی از این قراردادهای چنین هستند: رنگ قرمز: +؛ رنگ مشکی: -؛ و رنگ زرد برای سیستمهای اتصال زمین و حفاظت.

در مسیر مدار ما یک مقاومت کوچک ($R = 1\Omega$) قرار گرفته است. هدف از این مقاومت اندازه گیری جریان مدار و ملاحظه شکل موجهای ولتاژ میباشد. چگونه می توان از این مقاومت برای دیدن شکل موج جریان روی اسیلوسکوپ استفاده کرد؟ در این حالت وضعیت پروب اسیلوسکوپ برای گرفتن نتیجه درست چگونه باید باشد؟

۳. زاویه آتش را روی ۳۶ درجه تنظیم کنید و شکل موج های ولتاژ و جریان بار اهمی-سلفی را مشاهده و رسم کنید. این مبدل در چه مد کاری است؟
۴. زاویه آتش را روی ۱۴۴ درجه تنظیم کنید و شکل موج های ولتاژ و جریان بار اهمی-سلفی را مشاهده و رسم کنید. این مبدل در چه مد کاری است؟

تمرین:

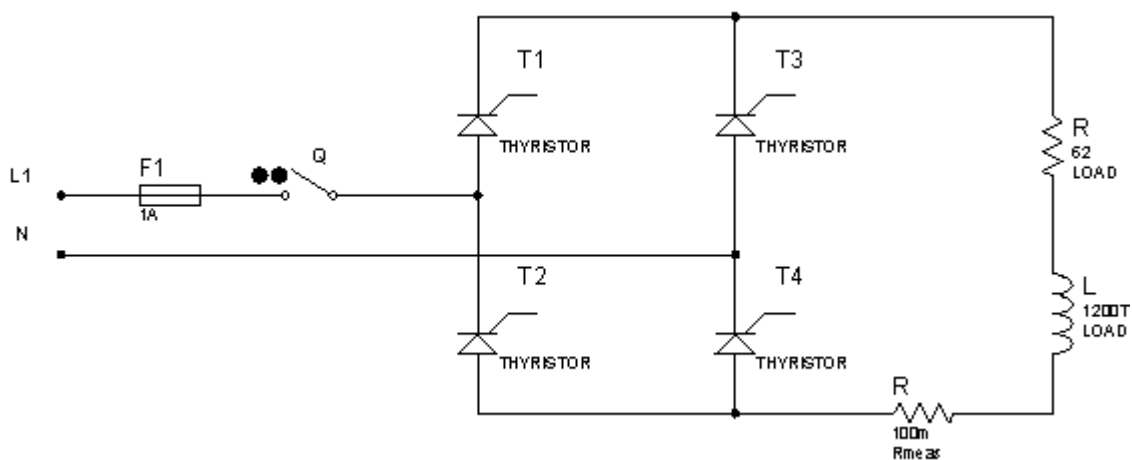
۱. علت نام گذاری یکسوساز تمام موج _ نیم کنترل شونده را توضیح دهید.
۲. فکر می کنید ترانس سه فاز به چه منظور بکار رفته است؟
۳. با توجه به اینکه در مدار قدرت هستیم فکر نمی کنید آیا به اسیلوسکوپ آسیب برسد؟ حداکثر تا چه ولتاژی توسط اسیلوسکوپ قابل اندازه گیری است؟ چرا؟ سیگنال ما در چه سطح ولتاژی قرار گرفته است؟
۴. دلیل وجود سلفها در هر فاز مدار قدرت را بیان نمایید؟
۵. برای ثابت نگه داشتن شکل موج روی اسیلوسکوپ و تریگر کردن، از چه حالتی استفاده می کنید؟ چرا؟
۶. با توجه به اینکه در مدار قدرت هستیم فکر نمی کنید آیا به اسیلوسکوپ آسیب برسد؟ حداکثر تا چه ولتاژی توسط اسیلوسکوپ قابل اندازه گیری است؟ چرا؟ سیگنال ما در چه سطح ولتاژی قرار گرفته است؟

ب) یکسوساز تکفاز تمام موج تمام کنترل شونده

۱. نحوه هدایت تریستورها در شکل ۲ را توضیح دهید.
۲. در این مدار شکل موج های ولتاژ و جریان را در حالت هدایت پیوسته و با در نظر گرفتن یک زاویه هدایت فرضی رسم کنید.

مراحل انجام آزمایش:

۱. اکنون مدار شکل ۲ را ببندید.



شکل ۲

سپس زاویه آتش را در مقادیر زیر تنظیم و به انجام آزمایش بپردازید.

۲. زاویه آتش را روی ۱۴۴ درجه تنظیم کنید و شکل موج های ولتاژ و جریان بار اهمی-سلفی را مشاهده و رسم کنید. این مبدل در چه مد کاری است؟
۳. زاویه آتش را روی ۳۶ درجه تنظیم کنید و شکل موج های ولتاژ و جریان بار اهمی-سلفی را مشاهده و رسم کنید. این مبدل در چه مد کاری است؟
۴. بطور کیفی نتایج آزمایش را با موارد محاسبه شده مقایسه کنید و در صورت اختلاف علت را توضیح دهید.

تمرین:

۱. علت نام گذاری یکسوساز تمام موج _ تمام کنترل شونده را توضیح دهید.
۲. در نهایت مطلوب است به مقایسه این دو یکسوساز پرداخته و مزایا و معایب هر یک را کاملاً شرح دهید

آزمایش ۷: مبدل AC/DC سه فاز

هدف آزمایش: بررسی نحوه کارکرد یکسوسازهای سه فاز

تئوری آزمایش: یکسوسازهای دیودی ولتاژ ثابتی در خروجی فراهم می کنند. برای کنترل ولتاژ خروجی می توان از

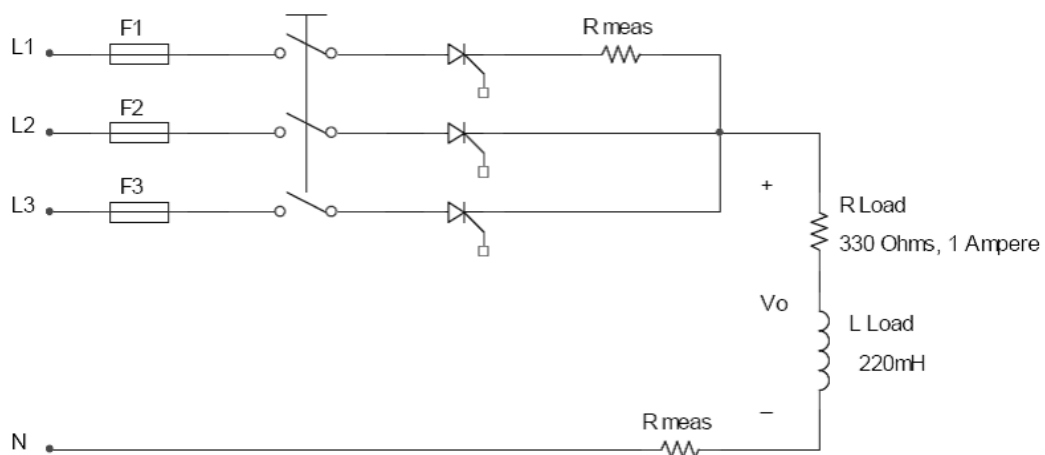
تریستور بجای دیود استفاده نمود که در اینصورت ولتاژ خروجی یکسوساز می تواند با کنترل و تغییر دادن زاویه آتش تریستورها متغیر باشد. در این مدارها تریستور با اعمال پالس مناسب سنکرون ورودی به گیت آن، روشن شده و در اثر کموتاسیون طبیعی خاموش می گردد. این یکسوسازها ساده و ارزان بوده و راندمان بالای ۹۵٪ را دارا می باشند.

الف) یکسوساز سه پالسه سه فاز

۱. در شکل ۱، در بار اهمی خالص و با زاویه آتش صفر درجه (نسبت به نقطه کموتاسیون طبیعی) شکل موج ولتاژ موج بار را رسم نمایید.
۲. مرحله ی قبلی را با وجود دیود به جای تریستور تکرار کنید و نتایج را با هم مقایسه کنید.
۳. در حالت بار اهمی خالص، رابطه متوسط ولتاژ خروجی را بر حسب زاویه آتش نوشته و رسم کنید.
۴. در بار اهمی خالص و با زاویه آتش ۱۲ درجه شکل موج ولتاژ بار را رسم کنید.
۵. مراحل قبلی را با توجه به وجود سلف در مدار تکرار کنید.
۶. در بار اهمی خالص مقدار نامی ولتاژ و جریان لازم جهت تریستورها را حساب کنید.
۷. محدوده زاویه آتش را در حالت بار خالص و مختلط با یکدیگر مقایسه نمایید.
۸. نقطه کموتاسیون طبیعی این مدار، از لحاظ تئوری کجاست؟

مراحل انجام آزمایش:

۱. مدار شکل ۱ را ببندید.



شکل ۱

مقدار R_{meas} مشابه آزمایش‌های قبلی 1Ω در نظر گرفته می‌شود.

۲. نقطه کموتاسیون طبیعی این مدار را اندازه بگیرید.
۳. در حالت بار اهمی خالص و زاویه آتش صفر درجه شکل موج ولتاژ بار را روی اسیلوسکوپ مشاهده و رسم کنید.
۴. در حالت بار اهمی خالص و زاویه آتش ۱۲ درجه شکل موج ولتاژ بار را روی اسیلوسکوپ مشاهده و رسم کنید. در این حالت متوسط ولتاژ و جریان را با مولتی‌متر اندازه بگیرید.
۵. در حالت بار مختلط و زاویه آتش ۱۲ درجه شکل موج ولتاژ بار را روی اسیلوسکوپ مشاهده و رسم کنید. در این حالت متوسط ولتاژ و جریان را با مولتی‌متر اندازه بگیرید. شکل موج جریان بار را به کمک مقاومت‌های سری با آن رسم کنید.
۶. برای بار مختلط و زوایای آتش داده شده در جدول، متوسط ولتاژ خروجی را اندازه بگیرید.

	۰°	۳۶°	۷۲°	۱۰۸°	۱۴۴°
موثر ولتاژ خروجی					
توان اکتیو بار					

۷. شکل موج ولتاژ خروجی را برحسب زاویه آتش رسم کنید.
۸. نتایج آزمایش را با موارد محاسبه شده مقایسه کنید و در صورت اختلاف علت را توضیح دهید.

تمرین:

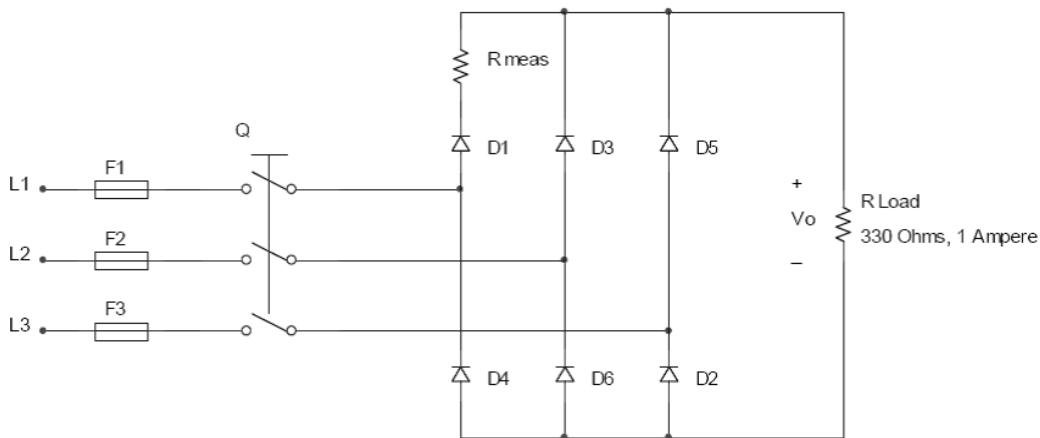
۱. از نظر ترانسفورمر، ورودی این مدار چه ایرادی دارد؟
۲. نقطه کموتاسیون اندازه‌گیر شده در حین آزمایش را با مقدار محاسبه شده، مقایسه و در صورت وجود اختلاف آن را تحلیل نمایید.
۳. در چه محدودهای از زاویه آتش، شکل موج ولتاژ برای بار اهمی خالص و بار مختلط یکسان است؟

ب) یکسوساز ششپالسه سه‌فاز کنترل نشده

۱. مقادیر متوسط و موثر ولتاژ خروجی را برای مدار شکل ۲ محاسبه کنید.
۲. برای این مدار فاکتور ریپل را حساب کنید.
۳. شکل موج جریان دیود D_1 را محاسبه کرده و رسم کنید. زاویه هدایت آن را مشخص کنید.
۴. ولتاژ معکوس دیود D_1 را محاسبه کنید.
۵. مقادیر ولتاژ و جریان نامی لازم برای این دیود را حساب کنید.

مراحل انجام آزمایش:

۱. مدار شکل زیر را ببندید.



شکل ۲

لازم است بدانید که کلیدهای مینیاتوری صرفاً به دما حساس هستند و عمل حفاظت در این کلیدها بر اساس شدت جریان عبوری از آنها و میزان گرمای تولیدی در آنها می باشد. همچنین در صنعت کلیدهای حفاظتی بر اساس سرعت عکس العمل آنها در سه کلاس A ، B و C ساخته می شوند که نوع A سریع ترین و نوع C کندترین آنها می باشند.

۲. شکل موج ولتاژ خروجی این مدار را مشاهده و رسم کنید.
۳. مقادیر متوسط و موثر ولتاژ خروجی را به کمک مولتی متر اندازه بگیرید.
۴. با توجه به این نتایج، فاکتور ریپل را حساب کنید.
۵. شکل موج جریان دیود D_1 را به کمک مقاومت سری با آن مشاهده و رسم کنید. زاویه هدایت آن را مشخص کنید.
۶. جریان متوسط بار و جریان متوسط و موثر دیود D_1 را بدست آورید.
۷. حداکثر ولتاژ معکوس دیود را با توجه به شکل موج ولتاژ آن اندازه بگیرید.
۸. نتایج آزمایش را با موارد محاسبه شده مقایسه کنید و در صورت اختلاف علت را توضیح دهید.

تمرین:

۱. زاویه خاموشی را در حالت بار مختلط و جریان پیوسته به دست آورید.
۲. شرایط مرزی زاویه آتش را برای حالت جریان پیوسته و گسسته به دست آورید.
۳. زاویه خاموشی دیودها را محاسبه نمایید.
۴. اشکال اساسی این مدار چیست؟ (راهنمایی: شکل موج جریان هر فاز را بررسی کرده و توضیح دهید).

آزمایش ۸: مبدل های AC/AC تکفاز

هدف آزمایش: بررسی نحوه کارکرد برشگرهای AC تکفاز

تئوری آزمایش:

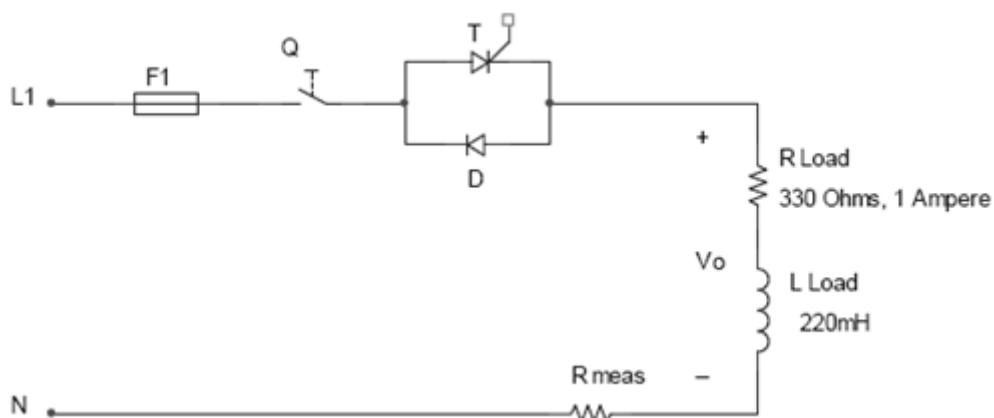
الف) مبدل های AC/AC تکفاز نیمه کنترل شده

مدار شکل ۱ یک مبدل AC/AC را نشان می دهد.

۱. در حالت بار اهمی خالص رابطه موثر ولتاژ خروجی را بر حسب زاویه آتش نوشته و رسم کنید.
۲. در حالت بار اهمی خالص رابطه توان اکتیو بار را بر حسب زاویه آتش نوشته و رسم کنید.
۳. در بار اهمی خالص و زاویه آتش ۹۰ درجه، شکل موج ولتاژ بار را رسم کنید. با کمک این ولتاژ، جریان موثر دیود و تریستور را به دست آورید.
۴. مقادیر نامی جریان و ولتاژ لازم جهت دیود و تریستور را به دست آورید.
۵. محدوده تغییرات زاویه آتش را بدست آورید.

مراحل انجام آزمایش:

۱. مدار شکل ۱ را ابتدا بدون در نظر گرفتن بار سلفی (اهمی خالص) ببندید.



شکل ۱

۲. برای بار اهمی خالص، برای زوایای آتش ۰، ۳۶، ۷۲، ۱۰۸ و ۱۴۴ درجه موثر ولتاژ خروجی و توان اکتیو بار را اندازه بگیرید.

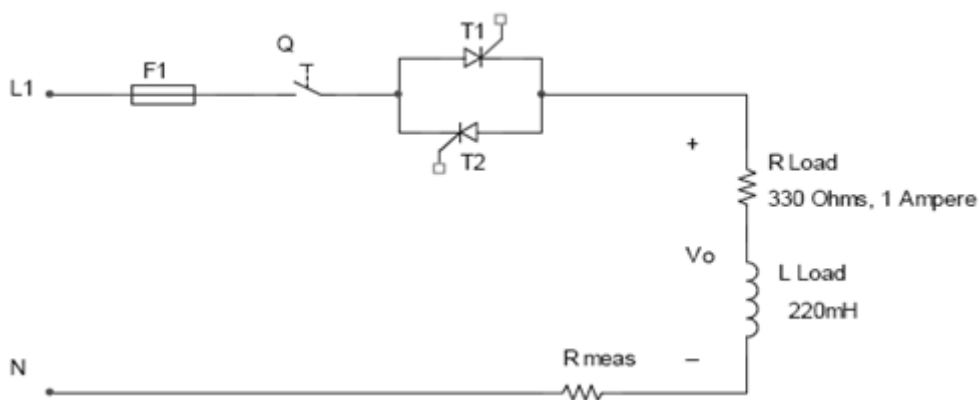
α_f	0°	36°	72°	108°	144°
موثر ولتاژ خروجی					
توان اکتیو بار					

۳. شکل موج ولتاژ خروجی را بر حسب زاویه آتش رسم کنید.
۴. در حالت بار اهمی خالص و زاویه آتش 90° درجه، شکل موج ولتاژ بار را روی اسیلوسکوپ مشاهده و رسم کنید.
۵. جریان موثر دیود و تریستور و بار را اندازه بگیرید.
۶. سلف را در مدار قرار داده و اثر آن را روی شکل موج ولتاژ بار بررسی کنید.
۷. نتایج آزمایش را با موارد محاسبه شده مقایسه کنید و در صورت اختلاف علت را توضیح دهید.
۸. نمودارهای ولتاژ خروجی و توان اکتیو بار بر حسب زاویه آتش را رسم نمایید.

تمرین :

۱. آیا رابطهای میان جریان موثر دیود و تریستور و بار وجود دارد؟

(ب) مبدل‌های AC/AC تکفاز تمام کنترل‌شونده



شکل ۲

مدار شکل ۲ یک مبدل AC/AC تکفاز تمام کنترل‌شده را نشان می‌دهد.

۱. در حالت بار اهمی خالص رابطه موثر ولتاژ خروجی را بر حسب زاویه آتش نوشته و رسم کنید.
۲. در حالت بار اهمی خالص رابطه توان اکتیو بار را بر حسب زاویه آتش نوشته و رسم کنید.
۳. در بار اهمی خالص و زاویه آتش 90° درجه، شکل موج ولتاژ بار را رسم کنید. با کمک این ولتاژ، جریان موثر دیود و تریستور را به دست آورید.
۴. مقادیر نامی جریان و ولتاژ لازم جهت دیود و تریستور را به دست آورید.

۵. در حالت بار مختلط و زاویه آتش ۹۰ درجه ، شکل موج ولتاژ و جریان بار را رسم کنید. در این حالت زاویه

هدایت تریستورها را حساب کنید.

مراحل انجام آزمایش:

۱. پس از بستن مدار شکل ۲ :
۲. برای بار اهمی خالص و زوایای آتش ۰، ۳۶، ۷۲، ۱۰۸ و ۱۴۴ درجه موثر ولتاژ خروجی و توان اکتیو بار را اندازه بگیرید.

	۰°	۳۶°	۷۲°	۱۰۸°	۱۴۴°
موثر ولتاژ خروجی					
توان اکتیو بار					

۳. شکل موج ولتاژ خروجی را برحسب زاویه آتش رسم کنید.
۴. در حالت بار اهمی خالص و زاویه آتش ۹۰ درجه ، شکل موج ولتاژ بار را روی اسیلوسکوپ مشاهده و رسم کنید.
۵. جریان موثر تریستور و بار را اندازه بگیرید.
۶. در حالتی که سلف در مدار نیست، زاویه آتش را روی ۹۰ درجه تنظیم کنید و سپس سلف را وارد مدار کنید. شکل موج ولتاژ دو سر بار و جریان مدار را رسم کنید.
۷. حال در این حالت زاویه هدایت تریستور را اندازه بگیرید.
۸. نتایج آزمایش را با موارد محاسبه شده مقایسه کنید و در صورت اختلاف علت را توضیح دهید.
۹. نمودارهای ولتاژ خروجی و توان اکتیو بار بر حسب زاویه آتش را رسم نمایید.

تمرین :

۱. آیا رابطهای میان جریان موثر تریستورها و بار وجود دارد؟

آزمایش ۹: مبدل های AC/AC سه فاز

هدف آزمایش: بررسی نحوه عملکرد برشگرهای AC سه فاز

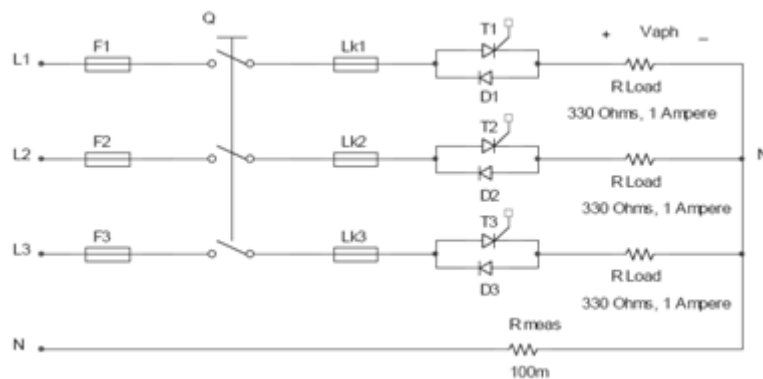
الف) مبدل های AC/AC سه فاز نیمه کنترل شده با اتصال ستاره و سیم نول

مدار شکل ۱ یک مبدل AC/AC سه فاز نیمه کنترل شده با اتصال ستاره و سیم نول را نشان می دهد، مطلوب است:

۱. رابطه موثر ولتاژ خروجی را برحسب زاویه آتش نوشته و رسم کنید.
۲. رابطه توان اکتیو بار را برحسب زاویه آتش نوشته و رسم کنید.
۳. مقادیر نامی جریان و ولتاژ لازم جهت دیود و تریستور را به دست آورید.

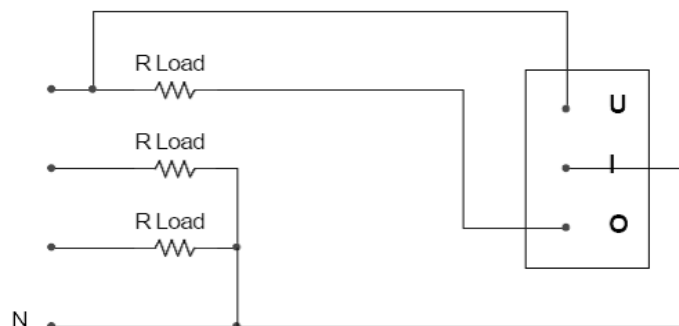
مراحل انجام آزمایش:

۱. مدار شکل یک را ببندید.



شکل ۱

توجه کنید اتصال واتمتر جهت اندازه گیری توان یک فاز مانند شکل دو است.



شکل ۲

۲. برای زوایای آتش ۰، ۳۶، ۷۲، ۱۰۸ و ۱۴۴ درجه موثر ولتاژ خروجی و توان اکتیو بار را اندازه بگیرید و در جدول زیر یادداشت نمایید.

α_f	0°	36°	72°	108°	144°
موثر ولتاژ خروجی					
توان اکتیو بار					

۳. شکل موج ولتاژ خروجی را بر حسب زاویه آتش رسم کنید.
۴. نتایج آزمایش را با موارد محاسبه شده در قسمت پرسش های اولیه آزمایش مقایسه کنید و در صورت اختلاف علت را توضیح دهید.
۵. نمودارهای ولتاژ خروجی و توان اکتیو بار بر حسب زاویه آتش را رسم کنید.

تمرین:

۱. تفاوت مبدل های نیم کنترل شونده و تمام کنترل شونده را توضیح دهید و در مورد شکل موج خروجی هر یک توضیح دهید.
۲. وجود سیم نول در این مدار، چه کمکی در تحلیل به شما می کند؟
۳. در مورد جریان سیم نول توضیح و شکل موج آن را در زوایای آتش مختلف رسم نمایید.
۴. در چه زاویه آتشی جریان سیم نول صفر خواهد بود؟ تغییرات جریان سیم نول با تغییر زاویه آتش را مورد بررسی قرار داده، تحلیل خود را بیان نمایید.
۵. فرکانس جریان سیم نول را از روی شکل به دست آورده، با فرکانس جریان/ولتاژ هر فاز مقایسه و تحلیل نمایید.

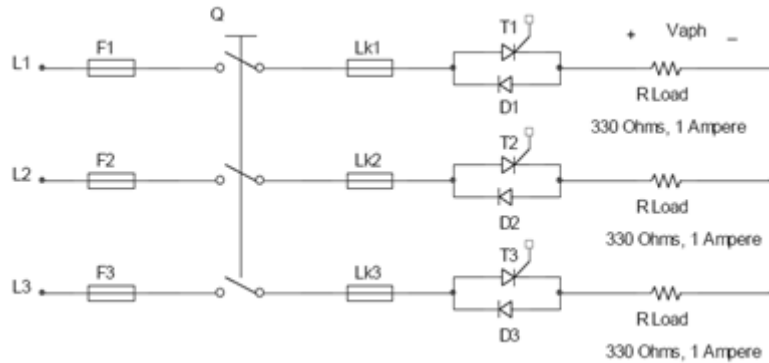
ب) مبدل های AC/AC سه فاز نیمه کنترل شده با اتصال ستاره و بدون سیم نول

مدار شکل سه یک مبدل AC/AC سه فاز نیمه کنترل شده با اتصال ستاره و بدون سیم نول را نشان می دهد، مطلوب است :

۱. رابطه موثر ولتاژ خروجی را بر حسب زاویه آتش نوشته و رسم کنید.
۲. رابطه توان اکتیو بار را بر حسب زاویه آتش نوشته و رسم کنید.
۳. مقادیر نامی جریان و ولتاژ لازم دیود و تریستور را به دست آورید.

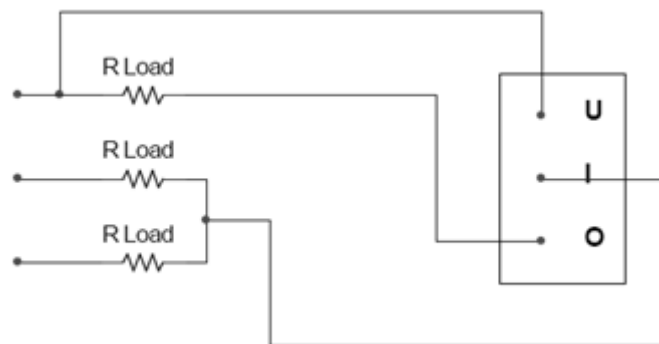
مراحل انجام آزمایش :

۱. مدار شکل سه را ببندید.



شکل ۳

توجه کنید اتصال واتمتر جهت اندازه گیری توان یک فاز مانند شکل ۴ است.



شکل ۴

۲. برای زوایای آتش ۰، ۳۶، ۷۲، ۱۰۸ و ۱۴۴ درجه موثر ولتاژ خروجی و توان اکتیو بار را اندازه بگیرید و در جدول زیر یادداشت نمایید.

α_f	۰°	۳۶°	۷۲°	۱۰۸°	۱۴۴°
موثر ولتاژ خروجی					
توان اکتیو بار					

۳. شکل موج ولتاژ خروجی را بر حسب زاویه آتش رسم کنید.

۴. نتایج آزمایش را با موارد محاسبه شده در قسمت پرسش های اولیه آزمایش مقایسه کنید و در صورت اختلاف علت را توضیح دهید.

۵. نمودارهای ولتاژ خروجی و توان اکتیو بار بر حسب زاویه اش را رسم کنید.

تمرین :

۱. تفاوت مبدل‌های نیم‌کنترل‌شونده و تمام‌کنترل‌شونده را توضیح دهید و در مورد شکل موج خروجی هر یک توضیح دهید.
۲. با توجه به عدم وجود سیم نول در این قسمت، نتایج را با قسمت (الف) مقایسه و اختلافات را تحلیل نمایید.
۳. در مورد شکل موج ولتاژ خروجی و مدهای مختلف آن بر حسب محدوده زاویه آتش بحث نمایید.

آزمایش ۱۰ : کموتاسیون

هدف آزمایش : بررسی مدارهای کموتاسیون سری و موازی

تئوری آزمایش: هنگامی که تریستور در سیکل مثبت با اعمال پالس مناسب روشن می شود و با قطع پالس همچنان

روشن می ماند، بسته به مورد عمل نیاز است که تریستور در زمان معینی خاموش گردد. پروسه خاموش کردن تریستور کموتاسیون نام دارد که می تواند به دو صورت کموتاسیون طبیعی و کموتاسیون اجباری انجام گیرد. در کموتاسیون طبیعی در پایان سیکل مثبت ورودی AC ، جریان تریستور بطور طبیعی صفر شده و خاموش می گردد. در حالتی که ورودی DC باشد برای خاموش کردن این قطعات باید از روشهای مختلف کموتاسیون اجباری استفاده نمود.

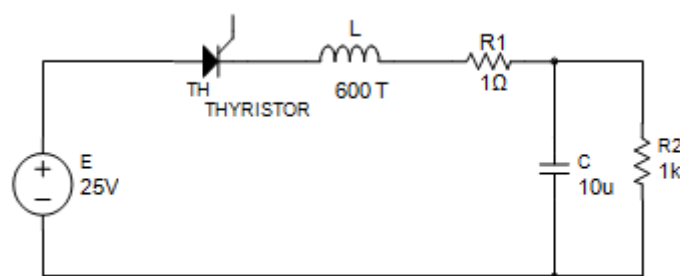
خاصیت نوسانی ترکیب یک سلف و خازن را می توان در کموتاسیون اجباری مورد استفاده قرار داد. در این آزمایش با دو نمونه رزونانس سری و موازی آشنا می شوید.

الف) کموتاسیون سری

خاصیت خود نوسان کردن ترکیب یک خازن و سلف را می توان برای خاموش کردن تریستور در زمانی مشخص پس از روشن کردن آن به کار برد، بدون اینکه احتیاج به تریستور کمکی دیگری باشد.

تمرینات اولیه:

۱. عملکرد مدار شکل یک را توضیح دهید.
۲. برای انجام عمل کموتاسیون باید چه شرطی در مدار برقرار باشد؟ روابط حاکم در مدار را بنویسید.
۳. مدت زمان روشن و خاموش بودن تریستور تحت تاثیر چه عواملی است و چگونه تعیین می شود؟



شکل ۱

مراحل انجام آزمایش:

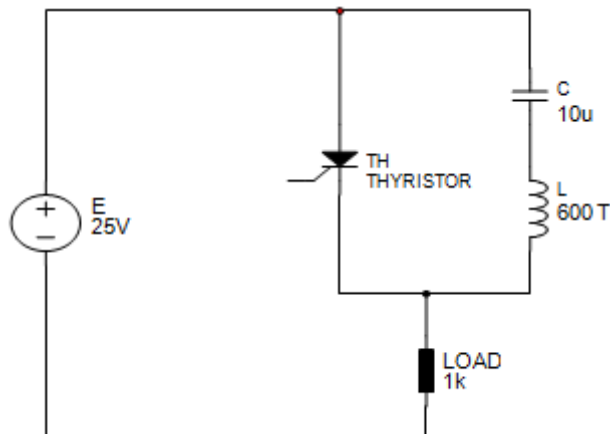
۱. مدار شکل یک را ببندید. پالس مناسب را با فرکانس حدود 50 Hz به گیت تریستور اعمال کنید.
۲. شکل موج ولتاژ دو سر تریستور و جریان تریستور را مشاهده و رسم کنید.

۳. شکل موج ولتاژ دو سر بار و ولتاژ دو سر سلف را مشاهده و رسم کنید.
۴. مدت زمان روشن‌بودن تریستور و همچنین زمان *Turn Off* و $\frac{dv}{dt}$ مربوط به تریستور را روی شکل موج ولتاژ تریستور مشخص نمایید.
۵. نوسانات موجود در لحظه قطع تریستور را روی اسیلوسکوپ مشاهده کنید. علت این نوسانات را توضیح دهید. برای رفع آنها چه پیشنهادی دارید؟
۶. مدت زمان خاموش‌بودن تریستور چگونه کنترل می‌شود؟

ب) کموتاسیون موازی

تمرینات اولیه:

۱. عملکرد مدار شکل ۲ را توضیح دهید.
۲. چه محدودیتی در این مدار وجود دارد؟ روابط حاکم بر مدار را بنویسید.



شکل ۲

مراحل انجام آزمایش:

۱. مدار فوق را ببندید. پالس مناسب را با فرکانس حدود 50 Hz به گیت تریستور اعمال کنید.
۲. شکل موج ولتاژ دو سر تریستور و جریان تریستور را مشاهده و رسم کنید.
۳. شکل موج ولتاژ دو سر بار و ولتاژ دو سر سلف را مشاهده و رسم کنید.
۴. مدت زمان روشن بودن تریستور و همچنین زمان *Turn Off* و $\frac{dv}{dt}$ مربوط به تریستور را روی شکل موج ولتاژ تریستور مشخص نمایید.
۵. نوسانات موجود در لحظه قطع تریستور را روی اسیلوسکوپ مشاهده کنید. علت این نوسانات را توضیح دهید. برای رفع آنها چه پیشنهادی دارید؟
۶. مدت زمان خاموش‌بودن تریستور چگونه کنترل می‌شود؟

تمرین:

۱. عملکرد این دو روش را با هم مقایسه کرده و توضیح دهید.

آزمایش ۱۱ : منابع تغذیه متغیر با مبدل DC/DC

اهداف آزمایش: بررسی عملکرد انواع چاپرها

۱. بررسی مبدل DC/DC کاهنده
۲. بررسی مبدل DC/DC افزایشنده
۳. بررسی مبدل DC/DC کاهنده و افزایشنده

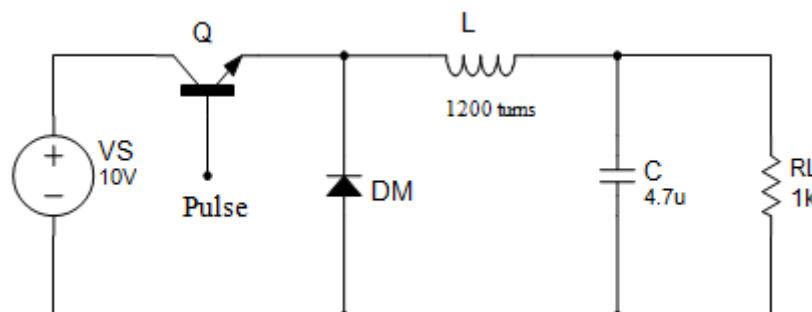
الف) چاپر DC/DC کاهنده

تمرینات اولیه:

۱. مدار شکل ۲ چاپر کاهنده را نشان می‌دهد، طرز کار مدار را توضیح داده رابطه‌ای برای ولتاژ DC خروجی بر حسب ورودی پیدا کنید.
۲. نقش خازن C و سلف L را در مدار توضیح دهید.

مراحل انجام آزمایش:

۱. مدار شکل ۲ را ببندید. پالسی با عرض کافی به بیس ترانزیستور اعمال کنید.

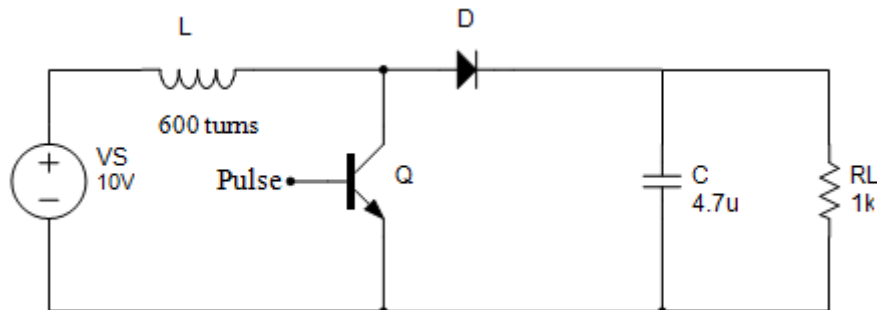


شکل ۲

۲. در این قسمت برای تغییر ولتاژ خروجی مدت زمان روشن بودن ترانزیستور را ثابت نگه می‌داریم (عرض پالس ثابت) و فرکانس آن را تغییر می‌دهیم. شکل موج ولتاژ دو سر دیود، ولتاژ خروجی جریان خازن و جریان سلف را مشاهده و رسم کنید. (فرکانس حدود 50 Hz)
۳. مقدار پیک تا پیک ولتاژ خروجی را اندازه گرفته و با تئوری مقایسه کنید و تغییرات ریبل خروجی را با تغییر فرکانس مشاهده و رسم کنید.
۴. مقدار DC ولتاژ خروجی را اندازه بگیرید و تغییرات آن را با تغییر فرکانس چاپر بررسی کنید.
۵. در فرکانس 50 Hz مدت زمان روشن بودن ترانزیستور (عرض پالس اعمال شده) را تغییر داده اثر آن را بر مقدار DC خروجی بررسی کنید. حداکثر ولتاژ DC خروجی چقدر است؟
۶. تغییرات در ریبل خروجی را در اثر تغییرات عرض پالس مشاهده نموده و توضیح دهید.

ب) چاپر افزایشده

۱. مدار شکل ۳ یک چاپر افزایشده را نشان میدهد، طرز کار مدار را توضیح داده رابطهای برای ولتاژ DC خروجی بر حسب ورودی پیدا کنید.



شکل ۳

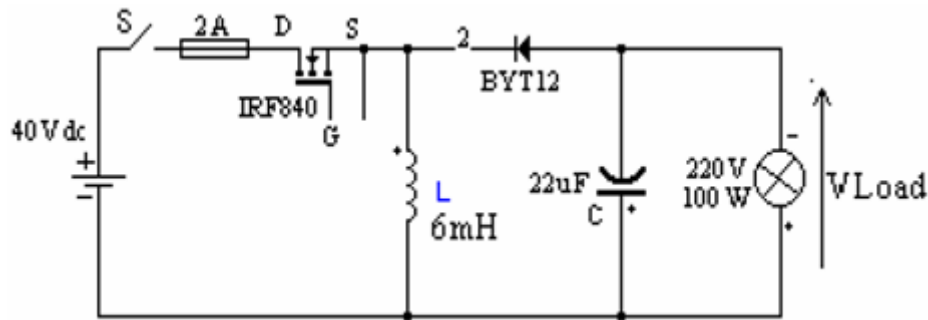
مراحل انجام آزمایش:

۱. مدار شکل زیر را ببندید و پالس مناسبی به بیس ترانزیستور اعمال کنید.
۲. در این قسمت برای تغییر ولتاژ خروجی مدت زمان روشن بودن ترانزیستور را ثابت نگه می داریم (عرض پالس ثابت) و فرکانس آن را تغییر می دهیم. شکل موج ولتاژ دو سر دیود، ولتاژ خروجی جریان خازن و جریان سلف را مشاهده و رسم کنید. (فرکانس حدود 50 Hz)
۳. مقدار پیک تا پیک ولتاژ خروجی را اندازه گرفته و با تئوری مقایسه کنید و تغییرات ریپل خروجی را با تغییر فرکانس مشاهده و رسم کنید.
۴. مقدار DC ولتاژ خروجی را اندازه بگیرید و تغییرات آن را با تغییر فرکانس چاپر بررسی کنید.
۵. در فرکانس 50 Hz مدت زمان روشن بودن ترانزیستور (عرض پالس اعمال شده) را تغییر داده اثر آن را بر مقدار DC خروجی بررسی کنید. حداکثر ولتاژ DC خروجی چقدر است؟

ج) چاپر DC/DC کاهنده - افزایشده

مراحل انجام آزمایش:

۱. مدار شکل ۴ را که یک مبدل DC/DC کاهنده افزایشده است، را ببندید.



شکل ۴

توجه کنید زمانی که کلید S بسته است، تحت هیچ شرایطی نباید اتصال گیت ترانزیستورها باز بماند.

۲. محدوده ولتاژ خروجی دوسرلامپ را بازای تغییرات $VR(10 K)$ از مدار فرمان اندازه گیری کرده نتیجه را یادداشت کنید.

تمرین:

۱. حد ولتاژهای بالا و پایین بار به چه پارامترهایی از مدار بستگی دارد؟
۲. توسط مقاومت متغیر VR ولتاژ بار را $60V$ تنظیم کرده، سپس شکل موج های ولتاژ بار (لامپ)، سلف و ترانزیستور و همچنین جریان سلف را مشاهده و رسم کنید.
۳. بدون مشاهده عملی ولتاژ دیود و جریان های دیود و ترانزیستور را تعیین کنید.

آزمایش ۱۲: مبدل DC/AC پل تکفاز

هدف آزمایش: بررسی عملکرد مدارهای اینورتر تکفاز پل

تئوری آزمایش: عملکرد مدار اینورتر عبارتست از تبدیل ولتاژ DC ورودی به ولتاژ متقارن AC در خروجی با مقدار و فرکانس مشخص. وظیفه اصلی اینورتر تبدیل ولتاژ DC به AC با دامنه و فرکانس قابل تنظیم است. برای کنترل ولتاژ خروجی اینورتر دو روش وجود دارد: الف) تغییر ولتاژ DC ورودی با ثابت نگهداشتن بهره اینورتر، ب) تغییر بهره اینورتر در صورتی که ولتاژ DC ورودی ثابت باشد.

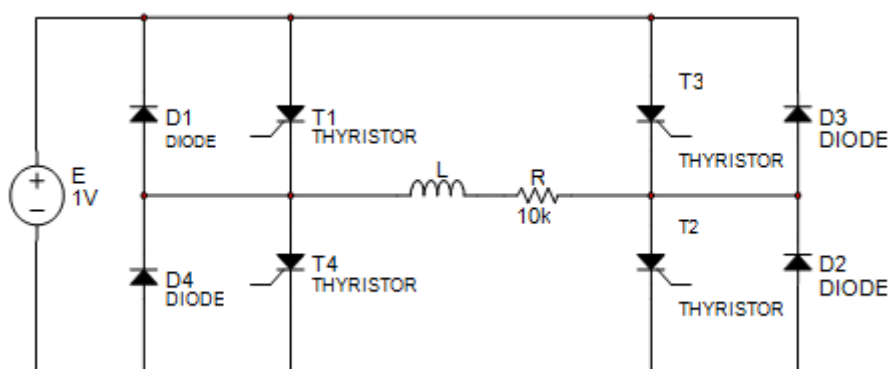
شکل موج ولتاژ خروجی در اینورترهای ایده آل باید سینوسی باشد، با این حال عملاً در اینورترهای موجود این شکل موج غیرسینوسی بوده و دارای هارمونیک می‌باشد. در کاربردهای توان پایین و متوسط، ولتاژ خروجی مربعی و یا تقریباً مربعی قابل قبول می‌باشد، ولی در کاربردهای توان بالا به موج‌های تا حد امکان سینوسی و با دامنه هارمونیک بسیار پایین نیاز است.

در اینورترها بسته به کاربرد (سطح ولتاژ خروجی، سطح توان خروجی، فرکانس سوئیچینگ و...) از کلیدهای کنترل شونده با قابلیت قطع و وصل مانند *BJT*، *MOSFET*، *IGBT* و یا *GTO* استفاده می‌شود. طراحی مدار اینورتر در سطح ابتدایی، با ترایستور به همراه مدارهای کموتاسیون اجباری انجام می‌شود.

کاربردهای اینورتر

۱. کنترل موتورهای القایی دور متغیر
۲. کوره‌های القایی
۳. منبع تغذیه وقفه ناپذیر *UPS*
۴. منبع تغذیه فرکانس متغیر و یا با فرکانس متفاوت از برق شهر
۵. خطوط *HVDC*

الف) اینورتر پل تکفاز با خروجی مربعی کامل



شکل ۱

در این حالت تریستور T_1 و T_2 با هم و T_3 و T_4 بطور همزمان فرمان آتش می گیرند و هدایت می کنند. در این حالت پس از خاموش شدن T_1 و T_2 بدلیل خاصیت سلفی بار ابتدا D_3 و D_4 هدایت می کنند و سپس پس از گذر از صفر جریان، T_3 و T_4 شروع به هدایت می کنند.

ب) اینورتر پل تکفاز با خروجی شبه مربعی

همان طور که پیشتر گفته شد، در اینورتر با تنظیم زمان سوئیچینگ تریستورها می توان فرکانس موج خروجی را تنظیم کرد. برای کنترل دامنه ولتاژ خروجی با یک منبع ولتاژ DC ثابت می توان به دو روش در ولتاژ خروجی به نحوی پریودهای صفر ایجاد کرد.

۱. موج شبه مربعی را می توان با جلوگیری از زاویه آتش جفت تریستورهای مکمل T_1 و T_4 نسبت به تریستورهای T_2 و T_3 بدست آورد.

۲. روش دیگر تولید موج مربعی با پهنای قابل کنترل، ترکیب خروجی های مربعی شکل دو اینورتر است که نسبت به هم به اندازه زاویه ϕ شیفت داده شده اند.

زمانی که تریستورها هدایت کنند، انرژی به بار داده می شود؛ در هدایت دیودها انرژی از بار گرفته می شود و در زمان هدایت همزمان دیود و تریستور جریان هرزگرد برای ایجاد پریود صفر تولید می شود.

ج) اینورتر تکفاز با سر وسط

اینورتر تکفاز با ترانس سروسطدار، سادهترین مدار اینورتر است. در این مدار کموتاسیون T_1 و T_2 از نوع خازن باردار شده موازی است و خازن C کموتاسیون است.

نحوه ی کار مدار:

با آتش کردن T_1 ولتاژ E در دو سر بالایی اولیهی ترانس و ولتاژ $E \times \frac{N_2}{N_1}$ در دو سر بار قرار میگیرد. شرط تعادل آمپردورها (mmf) ایجاب میکند که ولتاژ E در دو سر پایینی از آنجایی که خازن با بار به طرز موثری موثری شده است برای جلوگیری از دشوار ناگهانی خازن در منبع DC (جلوگیری از جریان هجومی) در هنگام سوئیچکردن تریستورها (تغییر پلاریته-ی ولتاژ خروجی) نیاز به اندوکتانس L سری شده با منبع تغذیه DC است تا از جریان هجومی $Inrush Current$ جلوگیری کند.

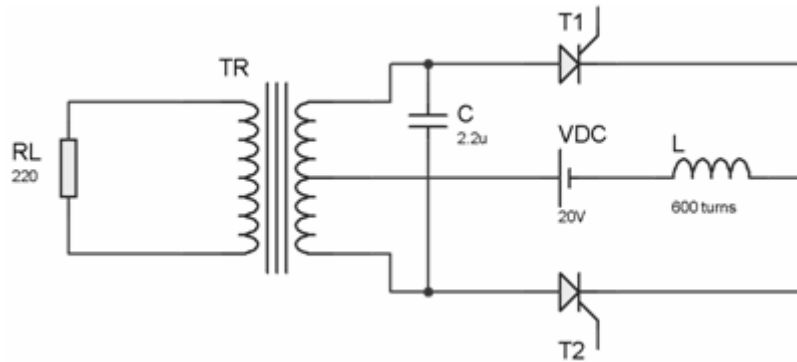
تمرینات اولیه

۱. عملکرد مدار شکل ۱ را بررسی و توضیح دهید.
۲. نقش خازن C و سلف L چیست؟
۳. برای تحریک گیت تریستورها به چه نوع پالسهایی نیاز داریم؟

۴. پیک ولتاژ معکوسی که روی هر تریستور میافتد حدوداً چقدر است؟ برای کاهش آن چه روشی پیشنهاد می کنید؟

مراحل انجام آزمایش:

۱. مدار شکل ۱ را ببندید.



شکل ۱

۲. پالسهای مناسب را از مدار فرمان به گیت تریستورها اعمال کنید.
۳. شکل موج ولتاژ خروجی را مشاهده و رسم کنید.
۴. شکل موج ولتاژ دو سر یکی از تریستورها را مشاهده و رسم کنید. P_{RV} تریستور چقدر است؟ با تئوری مقایسه کنید.
۵. با گذاشتن مقاومت‌های 1Ω بطور سری با شاخه منبع DC و همچنین شاخه خازن C، شکل موج جریانهای خازن و منبع (I_C و i_C) را مشاهده و رسم کنید. سطوح جریان را خوانده با تئوری مقایسه کنید.
۶. با افزایش و کاهش مقدار سلف L (اتصال کوتاه) شکل موج ولتاژ خروجی را مشاهده کنید و اثر تغییرات مقدار سلف را بر آن توضیح دهید.
۷. خازن را برای یک لحظه از حالت موازی خارج کنید. چه پیش می آید؟ چرا؟
۸. مقاومت بار را افزایش داده اثر تغییر فرکانس بر رفتار مدار را بررسی کنید.
۹. با توجه به مراحل انجام شده، برای بدست آوردن شکل موج سینوسی تر در خروجی، چه راهی را پیشنهاد می کنید؟
۱۰. زمان خاموشی مدار (I_g) را بدست آورید. آیا این زمان به فرکانس کار مدار بستگی دارد؟
۱۱. یک شاخه مرکب از مقاومت 1Ω طور سری با دیود بصورت موازی معکوس یکی از تریستورها قرار دهید. شکل موج ولتاژ دو سر آن تریستور را مشاهده کرده و نقش این شاخه را توضیح دهید.
۱۲. بار را ترکیب سلف 1200 دور و مقاومت 62Ω در نظر بگیرید. با افزایش مقدار سلف، اثر تغییرات سلفی بار را بر شکل موج ولتاژ خروجی مشاهده کرده و با توجه به تئوری توضیح دهید.