

شرکت دانش بنیان

تجهیزات ابزار آزما

نوآوری و فناوری برای توسعه



دستورکار جامع الکترونیک صنعتی

دستور کار ویژه دانشجو



آزمایشگاه های الکترونیک قدرت و ماشین الکتریکی

Power Electronics and Electrical Machines Labs



آزمایشگاه های سیستم های قدرت و انرژی های نو

Power Systems and Renewable Energies Lab



آزمایشگاه های الکترونیک و مخابرات

Electronics and Telecommunications Labs



اتصال به نرم افزار
Matlab/Simulink

دستور کار مدرس

تعداد کاربر

اتصال به نرم افزار
Labview

اتصال به نرم افزار

دستور کار دانشجو

آزمایشگاه های اتوماسیون صنعتی و ابزار دقیق

Industrial Automation and Instrumentation Labs



آزمایشگاه های سیستم های کنترل

Control Systems Labs



آزمایشگاه ابزار دقیق

- آموزنده الکتروپنوماتیک پایه (EP-100)
- آموزنده الکتروپنوماتیک تکمیلی (EP-101)
- آموزنده الکتروپنوماتیک پیشرفته (EP-102)
- آموزنده ابزار دقیق پایه (AI-113)
- آموزنده ابزار دقیق تکمیلی (AI-114)

آزمایشگاه اتوماسیون صنعتی

- آموزنده PLC LOGO (AI-101)
- آموزنده PLC S7-300 (AI-104)
- آموزنده PLC LG (AI-105)
- آموزنده PLC S7-300 پیشرفته (AI-106)
- آموزنده شبکه صنعتی با PLC S7-300 (AI-108)
- آموزنده مایکروکنترلر صنعتی (AI-110)
- آموزنده سیستم های کنترل درایوهای صنعتی (AI-117)
- آموزنده کنترل کننده منطقی برنامه پذیر (IC-104)

آزمایشگاه کنترل صنعتی

- آموزنده کنترل دما (IC-100)
- آموزنده کنترل فشار (IC-101)
- آموزنده کنترل سطح و دبی (IC-102)
- آموزنده کنترل سرعت موتور (IC-103)
- آموزنده منطقی برنامه پذیر (IC-104)
- شبیه ساز اساسور (AI-91)
- شبیه ساز کنترل سطح (IC-91)
- شبیه ساز چراغ راهنمایی (AI-92)
- شبیه ساز کنترل دما (IC-90)
- آموزنده کنترل کامپیوتر (AI-109)
- آموزنده سیستم های کنترل درایوهای صنعتی (AI-117)
- ماژول مایکروکنترلر و کنترل نرم افزار (DC-65)

آزمایشگاه سیستم های کنترل خطی

- آموزنده کنترل اتالوک (DC-100)
- آموزنده کنترل اتالوک و تال سرو موتور (DC-102)

آزمایشگاه سیستم های کنترل دیجیتال

- آموزنده کنترل اتالوک و تال سرو موتور (DC-102)
- آموزنده کنترل دیجیتال (DC-101)

آزمایشگاه کنترل پیشرفته

- آموزنده کنترل پیشرفته (IP-101)
- آموزنده گوی ممانع (SB-100)
- آموزنده شناسایی سیستم (SI-100)
- آموزنده پایش فیلتر (RO-100)

تجهیزات اندازه گیری

- گشاور سنج (IM-51)
- سرعت سنج (IM-50)
- فرکانس متر (IM-30)
- اندازه گیر فازور (IM-31)
- سنکرون ساز اتوماتیک سه فاز (IM-22)
- حفاظت فرکانسی رله (IM-20)
- موتی فانکشن متر سه فاز (IM-11)
- ماشین سنسور (M-87)
- ماشین چندکاره (M-86)
- ماشین AC چندکاره (M-85)
- ماشین القایی روتور سیم پیچ سه فاز (M-82)
- ماشین سنکرون سه فاز (M-80)

کارگاه های تخصصی

- سیستم اعلام حریق (ET-116)
- سیستم اعلام حریق (ET-115)
- دوربین مدار بسته (ET-112)
- سیستم آنتن مرکزی (ET-110)
- سیستم تلفن (ET-109)
- سیستم آنتن مرکزی (ET-110)
- آموزنده خانه هوشمند پیشرفته (SH-101)
- آموزنده خانه هوشمند پایه (SH-100)
- ساختمان هوشمند
- مدار فرمان (CO-100)
- آموزنده کارگاه برق خانگی و صنعتی (EW-101)
- آموزنده کارگاه برق خانگی (EW-100)
- آموزنده ماشین های الکتریکی AC مدل گسترده (MC-112)
- آموزنده ماشین های الکتریکی DC مدل گسترده (MC-111)
- آموزنده کارگاه سیم پیچی (WW-100)
- آموزنده کارگاه سیم پیچی (WW-100)
- آموزنده تاسیسات الکتریکی (WW-102)
- آموزنده کارگاه سرکابل و مقصل (WW-101)

آزمایشگاه مخابرات دیجیتال

- آموزنده آزمایشگاه مخابرات دیجیتال (TC-105)
- آموزنده آزمایشگاه مخابرات دیجیتال (TC-103)
- آموزنده آزمایشگاه مخابرات اتالوک و دیجیتال (TC-105)
- آموزنده فرکانس AM/FM دامنه و (TC-103)
- آموزنده آزمایشگاه مخابرات اتالوک (TC-101)

دستور کار آزمایشگاه الکترونیک صنعتی

اهداف:

هدف از این دستور کار معرفی تجهیزات آزمایشگاه‌های الکترونیک صنعتی و همچنین ارائه دستور کار لازم برای انجام آزمایشات می‌باشد.

پیشگفتار:

پیشنهاد می‌شود شروع آزمایشگاه با یک یا چند بازدید از مرکز کاربردی مرتبط با مطالب درس شروع شود. کارخانه‌جات صنعتی دارای مدارات الکترونیک قدرت و غیره می‌توانند گزینه مناسبی برای بازدید دانشجویان به شمار روند.

در این دستور کار مطالب اساسی درس الکترونیک صنعتی در قالب ۱۶ آزمایش ارائه گردیده است. مشخصات آموزنده‌ها در پیوست شماره یک تشریح داده شده است.


مطالب بیان شده در دستور کار هر آزمایش شامل مقدمه، شرح آزمایش و تحلیل و جداول مربوطه و در پایان سؤالات مربوط به آزمایش می‌باشد. این دستور کار طوری طرح شده است تا دانشجو حین انجام مراحل مختلف آزمایش بخش‌های مختلف آن را تکمیل نماید و با تحلیل نتایج حاصل به درک عمیق‌تری از مفاهیم الکترونیک صنعتی دست یابد. طبیعتاً به دلیل زمان محدود آزمایشگاه، انجام برخی محاسبات در آزمایشگاه توسط دانشجو امکان پذیر نبوده و این مهم به بخش سؤالات انتهای هر بخش منتقل شده است.

هر دانشجو قبل از حضور در کلاس می‌بایست یک پیش‌گزارش راجع به مباحث جلسه جاری و گزارش تکمیل شده جلسه قبل را تحویل نماید. انجام بحث و تبادل نظر دانشجویان و مدرس کلاس راجع به نتایج حاصل از آزمایش‌ها تأثیر قابل ملاحظه‌ای در درک کنترل فرآیندها دارد. مسلماً گزارش حاصل همراه با نقص و کاستی‌هایی است که با پیشنهادات شما مدرسین و دانشجویان عزیز در نسخه‌های بعدی برطرف خواهد شد.

نکات مهم:


در هنگام انجام سیم بندی و یا قبل از هرگونه تغییری در مدار، دقت کنید که برق دستگاه قطع باشد.

هشدار ۱ (اقدامات احتیاطی)



برای تعمیر تجهیزات از افراد واجد شرایط و با هماهنگی شرکت سازنده استفاده نمایید.

هشدار ۲ (خطر آسیب به دستگاه و شوک الکتریکی)




هیچگونه اصلاح و یا تغییری در وضعیت فعلی تجهیزات مجاز نیست.

هشدار ۳ (خطر آسیب به دستگاه و شوک الکتریکی)




به محدوده مجاز ورودی و خروجی های تجهیزات توجه شود و از اعمال ورودی خارج از محدوده مجاز به تجهیز خودداری شود.

هشدار ۴ (خطر آسیب به تجهیزات)



به منظور حفظ جان کاربران، آموزنده ها به سیم ارت مجهز می باشد لذا از صحت اتصال سیم ارت ساختمان محل آزمایشگاه، مطمئن باشید

هشدار ۵ (شوک الکتریکی)




اتصالات را به طور کامل بررسی کنید تا سیم ها اتصال کوتاه و یا رها شده نباشند.

هر اتصالی که ممکن است دو سطح ولتاژ مختلف را به هم اتصال کوتاه کند؛ بررسی گردد.

پیش از وصل کردن برق دستگاه، سیم بندی با حضور مدرس بررسی گردد.

هشدار ۶ (اقدامات احتیاطی)




در هنگام کار با اسیلوسکوپ متوجه باشید که زمین همه پروب ها به هم متصل هستند.

هنگامی که چند اندازه گیری مختلف انجام می دهید از ایزوله بودن پروب ها اطمینان حاصل نمایید.


دقت کنید که مد اندازه گیری مولتی متر را به درستی انتخاب کرده باشید. هرگز از مد جریان برای سایر اندازه گیری ها استفاده نکنید

هشدار ۷ (اقدامات احتیاطی)



در زمان کار کردن با مدار تنها از منابع تغذیه ایزوله استفاده کنید.

هشدار ۸ (اقدامات احتیاطی)



ادامه نکات مهم:

- ولتاژ بالای شوک‌های الکتریکی که ممکن است سلامتی انسان را به خطر بیندازد.
- انفجار عناصر (مثل خازن الکترولیتی) و جرقه زدن مدار
- خطر آتش سوزی ناشی از موارد فوق

هشدار ۹ (خطرات مربوط
به مدارات الکترونیک
قدرت)



- در هنگام وصل کردن کلید مدار، ولتاژ یا توان کمی به مدار جهت تست آن اعمال کنید. بعد از مرحله اول به تدریج ولتاژ یا توان را افزایش دهید. در صورت داغی بیش از حد یا هر نوع شوک روند را متوقف کنید.

هشدار ۱۰ (اقدامات
احتیاطی)



- در هنگام خاموش کردن مدار؛ ابتدا ولتاژ یا توان تغذیه به طور آهسته کاهش یابد و سپس همه منابع تغذیه خاموش شود و اتصالات آنها قطع گردد.
- دقت شوید بار به خروجی مدار متصل باقی بماند تا به طور کامل انرژی‌های ذخیره در سلف و خازن‌ها تخلیه شود.

هشدار ۱۰ (اقدامات
احتیاطی)



- در هنگام ایجاد تغییرات در مدار، ابتدا مدار مطابق موارد قسمت قبل خاموش شود. سپس تغییرات در اجزای مورد نظر ایجاد شود و دوباره مدار را بر اساس موارد احتیاطی ذکر شده به تغذیه متصل نمائید.

هشدار ۱۰ (اقدامات
احتیاطی)



- کلیه حقوق این اثر متعلق به شرکت دانش بنیان تجهیزات ابزار آزما خاورمیانه می‌باشد. هرگونه کپی برداری از این اثر، غیرقانونی بوده و پیگرد قانونی دارد.



فهرست مطالب

نکات مهم:	۵
ادامه نکات مهم:	۶
فهرست مطالب	۷
۱ اندازه گیری پارامترهای دیود قدرت، تریستور و تراپاک	۱۰
۲ مبدل های AC به DC تک فاز دیودی	۱۹
۳ مبدل های AC به DC تک فاز تریستوری	۲۸
۴ مبدل های AC به DC سه فاز دیودی	۳۶
۵ مبدل های AC به DC سه فاز تمام کنترل شونده	۴۱
۶ مبدل های AC/AC تک فاز	۴۷
پیوست شماره یک	۴۸

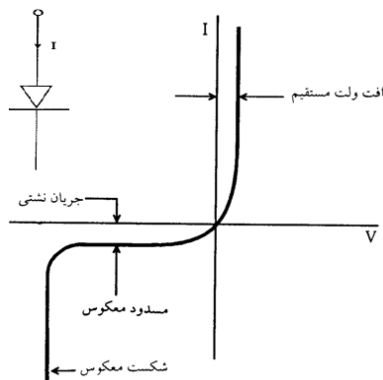
جدول راه‌نما

IE-110	IE-109	IE-108	IE-107	IE-106	IE-105	IE-104	IE-103	IE-102	IE-101	IE-100	شماره و عنوان آزمایش
*	*		*			*		*	*	*	۱- اندازه‌گیری پارامترهای دیود قدرت، تریستور و تریاک
*	*					*		*	*	*	۲- مبدل‌های AC به DC تکفاز دیودی
			*					*	*	*	۳- دیمر و کنترل ولتاژ AC تکفاز با تریاک
*	*		*			*		*	*	*	۴- مبدل‌های AC به DC تک فاز تریستوری
*	*					*		*	*	*	۵- مبدل‌های AC به DC سه فاز دیودی
*	*		*			*		*	*	*	۶- مبدل‌های AC به DC سه فاز تمام کنترل‌شونده
*	*		*			*		*	*	*	۷- مبدل‌های AC/AC تکفاز
قابل توسعه	قابل توسعه		قابل توسعه			قابل توسعه		قابل توسعه	قابل توسعه	قابل توسعه	۸- مبدل‌های AC به AC سه فاز
*	*			*	*		*	*	*	*	۹- بررسی رفتار MOSFET، IGBT و اپتوکوپلر
*				*				*	*		۱۰- اینورتر تکفاز و آشنایی با روش مدولاسیون SPWM تکفاز
*				*				*	*		۱۱- اینورتر تکفاز و فیلترهای ورودی و خروجی اینورتر
*	*			*			*	*	*	*	۱۲- کنترل دور موتورهای القایی به روش V/F
							*				۱۳- کنترل حلقه بسته سرعت موتور القایی
*	*				*			*			۱۴- مبدل‌های dc-dc غیر ایزوله با دو عنصر ذخیره انرژی
قابل توسعه			*								۱۵- مبدل سیکلکانورتر
*											۱۶- معرفی واحد مانیتورینگ و کنترل مبدل‌های توان

۱ اندازه‌گیری پارامترهای دیود قدرت، تریستور و تریاک

۱-۱ مقدمه

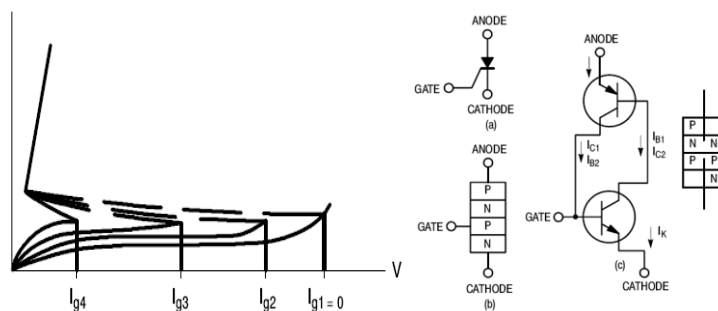
دیودهای قدرت به وفور در مدارات الکترونیک صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در یکسوکننده‌ها، برشگرهای DC و AC، اینورترها و غیره از دیودهای قدرت استفاده می‌گردد. پارامترهای حداکثر ولتاژ معکوس و جریان متوسط در انتخاب دیود حائز اهمیت می‌باشند و مقادیر آنها در طراحی‌ها باید لحاظ گردد. در شکل ۱-۱ نماد مداری و منحنی مشخصه آن رسم شده است.



شکل ۱-۱ منحنی ولتاژ- جریان دیود قدرت

از معروف‌ترین قطعات مورد استفاده در الکترونیک قدرت تریستور یا SCR^۱ می‌باشد که قابل مقایسه با دیود می‌باشد. این المان سه پایه بوده و علاوه بر آند و کاتد پایه دیگری به نام گیت دارد که برای روشن شدن می‌بایست به این پایه جریان تزریق شود. تریستورها دارای دو مشخصه جریان ناشی (حالت قطع) و هدایت دیودی (حالت وصل) می‌باشند. نکته قابل ذکر درباره تریستورها این است که در طراحی مدارات با استفاده از این قطعه باید به حداقل جریان تحریک گیت (I_{GT}) و حداقل جریان راه‌اندازی یا جریان آند-کاتد (I_L) برای روشن شدن تریستور توجه شود. همچنین باید توجه گردد چنانچه جریان تریستور از مقدار مینیمم (I_H) کمتر شود تریستور در آستانه خاموشی قرار می‌گیرد. در شکل ۱-۲ نماد مداری و منحنی مشخصه آن نشان داده شده است.

تریاک قطعه‌ای ۳ پایه است که رفتار آن بسیار شبیه به تریستور بوده با این تفاوت که قابلیت تریگر و هدایت در هر دو جهت از ترمینال‌های قدرت را دارد. به همین دلیل ۲ ترمینال قدرت آن را با اسامی مشابه MT1 و MT2 نام‌گذاری می‌کنند. از جهت ساختار داخلی نیز شباهت زیادی با تریستور دارد. در شکل ۱-۳ نماد مداری و منحنی مشخصه تریاک نشان داده شده است.



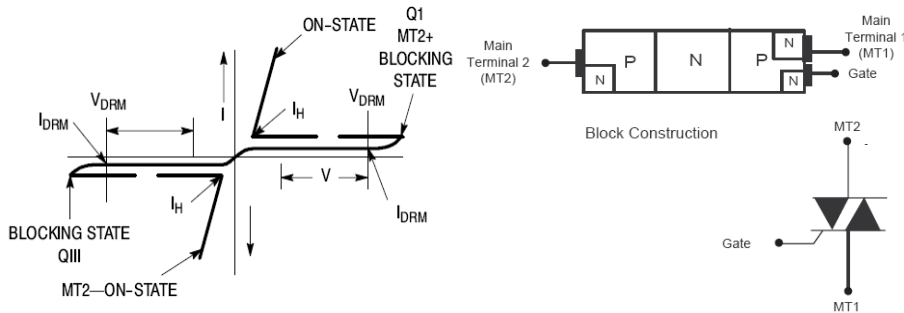
شکل ۱-۲ نماد مداری و منحنی ولتاژ- جریان تریستور

¹ Silicon Controlled Rectifier

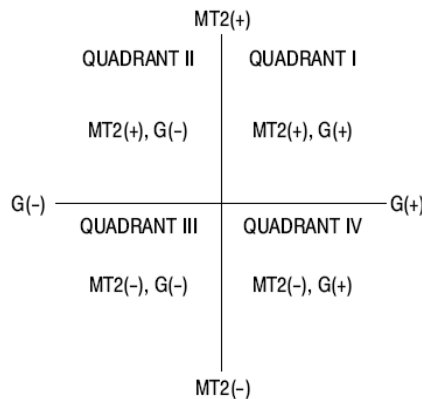
² Latch Current

³ Hold Current

اگر چه ویژگی‌های اولیه‌ی تریایک (امکان کنترل هدایت در دو جهت) آنرا قطعه‌ی مناسبی برای الکترونیک قدرت معرفی می‌نماید، اما برخی ویژگی‌های دیگر آن تنها محدوده‌ی کوچکی از کاربردها را امکان پذیر می‌کند. تریایک در محدوده‌ی بسیار کوچکتري از جریان‌ها و ولتاژهای قابل تحمل و با تنوع کمتر تولید شده و نوبزپذیری بالاتر و قابلیت اعتماد پایین‌تری نسبت به تریستور دارد. در بسیاری از کاربردها در صنعت از دو تریستور موازی با جهت مخالف بجای تریایک استفاده می‌شود. سیگنال فرمان گیت نسبت به ترمینال MT2 موجب تریگر شدن تریایک می‌شود. با در نظر گرفتن امکان اعمال ولتاژ به ترمینال‌های قدرت و پلاریته‌ی گیت نسبت به MT2 چهار حالت رخ می‌دهد که از آن به عنوان امکان تریگر در چهار ربع نام برده می‌شود. معمولاً امکان تریگر تریایک در ربع‌های اول، سوم و چهارم وجود دارد. در شکل ۱-۴ نواحی کاری آن نشان داده شده است.



شکل ۱-۳ نماد مداری و منحنی مشخصه مشخصه تریایک



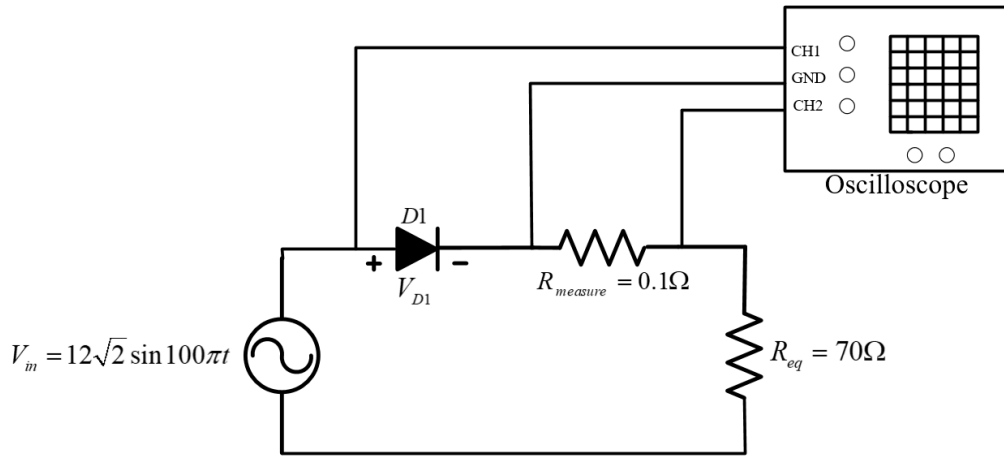
شکل ۱-۴ نمایش نواحی کاری تریایک

۲-۱ آزمایش و تحلیل

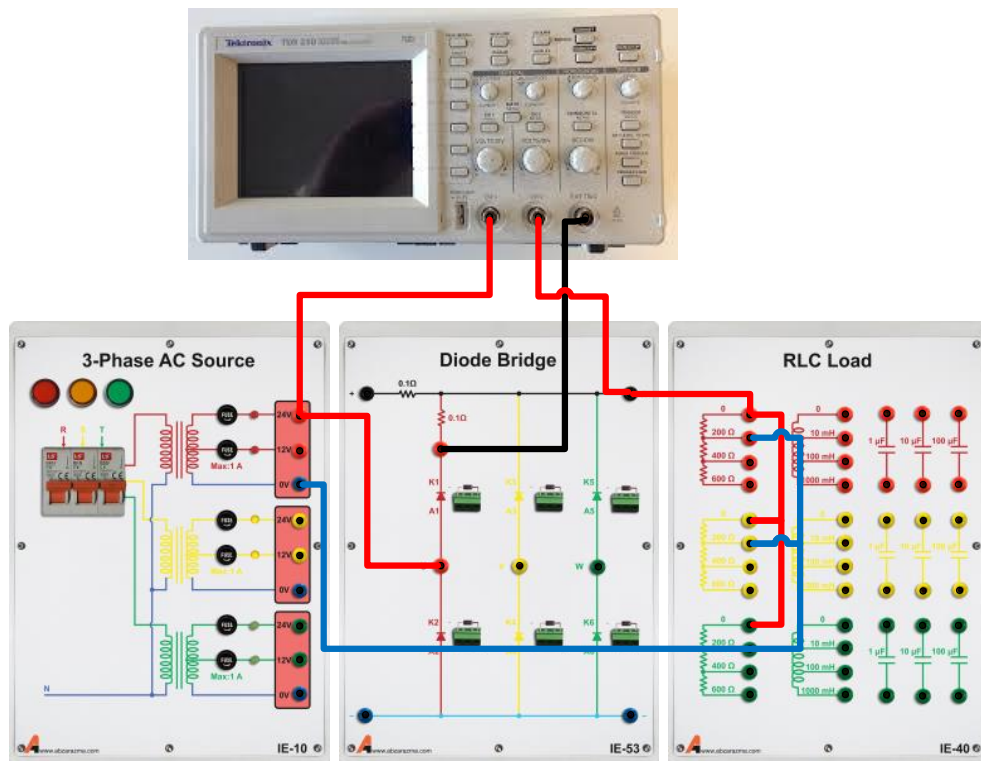
در این آزمایش، پارامترهای مختلف و مهم دیود قدرت، تریستور و تریایک بررسی می‌گردد. برای انجام این آزمایش به یک پتانسیومتر آزمایشگاهی نیاز دارید. این آزمایش به سه بخش تقسیم‌بندی شده است. در بخش اول به بررسی پارامترهای دیود پرداخته خواهد شد و در بخش دوم و سوم به ترتیب پارامترهای مختلف تریستور و تریایک بررسی خواهد شد.

۱-۲-۱ تعیین منحنی مشخصه ولتاژ - جریان دیود قدرت

برای تعیین منحنی مشخصه دیود مدار شکل ۱-۵ را پیاده سازی نمایید. جهت راهنمایی از ساختار پیشنهادی در شکل ۱-۶ استفاده کنید.



شکل ۱-۵ مدار جهت تعیین منحنی مشخصه دیود قدرت



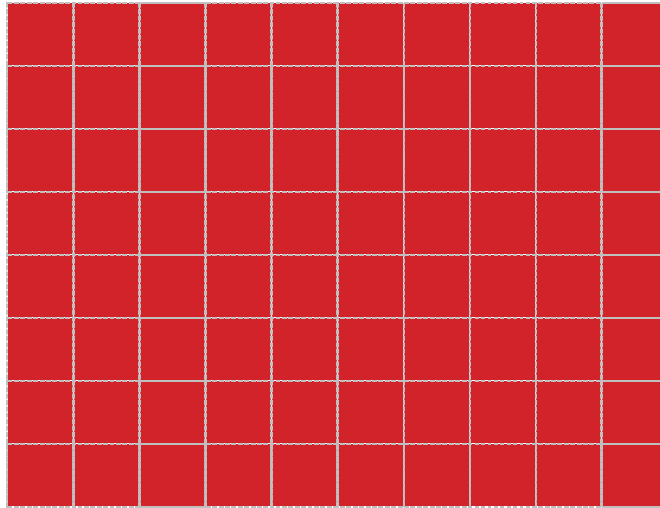
شکل ۱-۶ ساختار پیشنهادی برای انجام آزمایش

برای اتصال اسیلوسکوپ به مدار بایستی مراحل زیر را انجام دهید.

۱- زمین اسیلوسکوپ را به سر مشترک دیود قدرت و مقاومت R_{meas} متصل نمایید. کانال یک را به آند دیود و کانال دو را به سر مقاومت اندازه گیر جریان (R_{meas}) متصل نمایید.

۲- نوع نمایش کانال دو را در حالت معکوس قرار دهید.

۳- با استفاده از حالت x-y اسیلوسکوپ منحنی مشخصه ولتاژ و جریان دیود را مشاهده و در شکل زیر رسم نمایید.



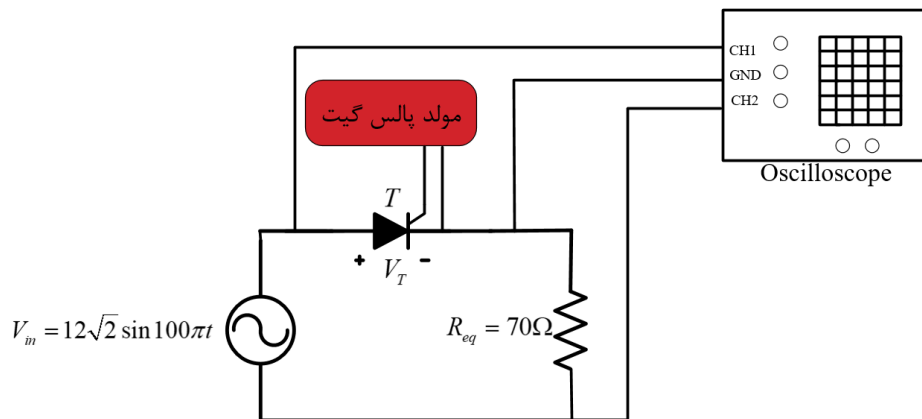
شکل ۱-۷ منحنی مشخصه ولتاژ-جریان دیود

۱-۲-۲ تعیین منحنی مشخصه ولتاژ-جریان برای تریستور

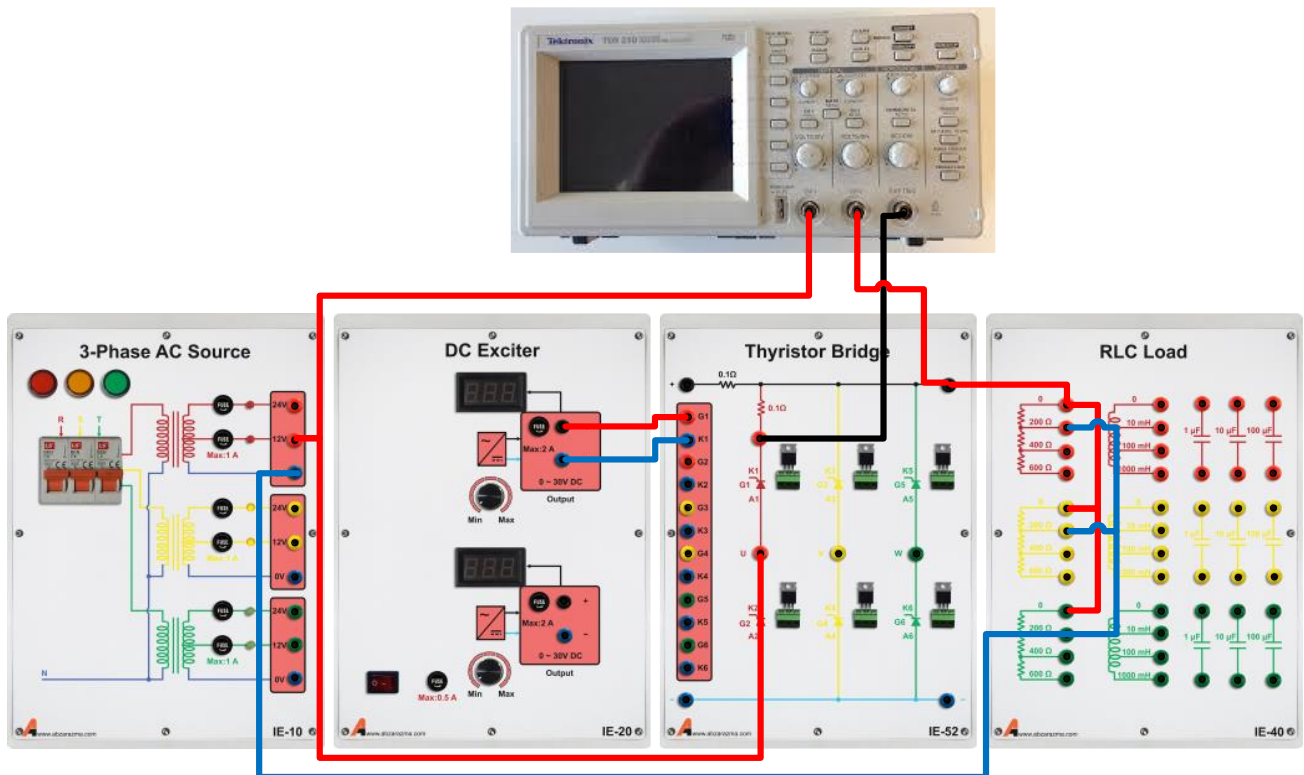
برای تعیین منحنی مشخصه تریستور بایستی مدار نشان داده شده در شکل ۱-۸ را پیاده‌سازی نمایید. ساختار پیشنهادی برای انجام آزمایش در شکل ۱-۹ نشان داده شده است. مقدار ولتاژ DC Exciter به تدریج افزایش دهید تا تریستور در حالت روشن قرار گیرد.

برای اتصال اسیلوسکوپ ابتدا زمین را به سر مشترک تریستور و مقاومت متصل نمایید. کانال یک را به آند تریستور و کانال دو را به پلاریته مثبت بار متصل کنید. نوع نمایش کانال ۲ را در حالت معکوس قرار دهید.

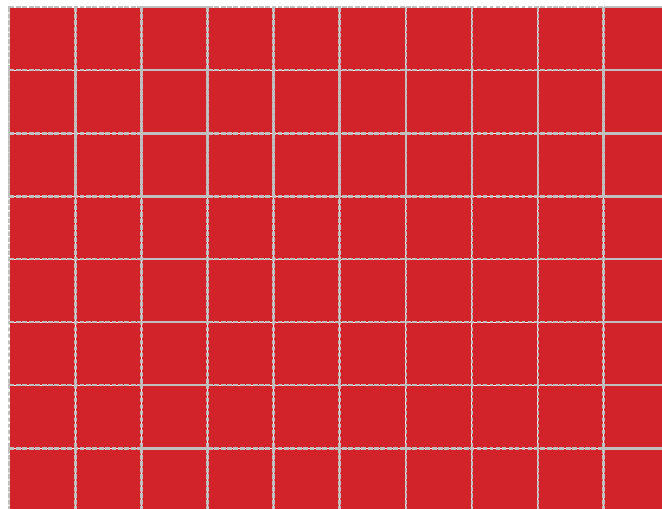
در مدتی که تریستور روشن می‌باشد، با استفاده از حالت x-y اسکوپ مشخصه تریستور را مشاهده و در شکل ۱-۱۰ رسم کنید. با توجه به شکل بدست آمده از آزمایش I_H و I_L را بدست آورید و با مقدار داده شده در دیتاشیت مقایسه کنید. لازم به ذکر است به دلیل نویز پذیری بالای مقاومت‌های کوچک در این آزمایش از قرار دادن مقاومت R_{meas} صرف نظر می‌کنیم.



شکل ۱-۸ مدار پیشنهادی برای بررسی منحنی مشخصه تریستور



شکل ۹-۱ ساختار پیشنهادی برای انجام آزمایش

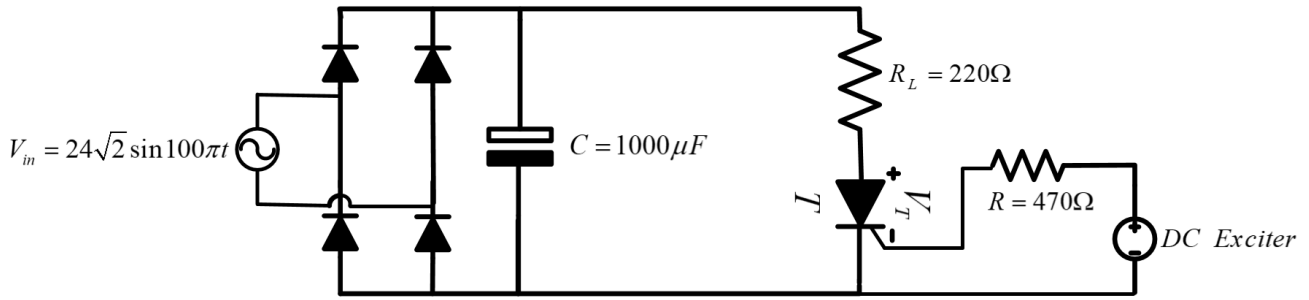


شکل ۱۰-۱ منحنی مشخصه ولتاژ-جریان تریستور

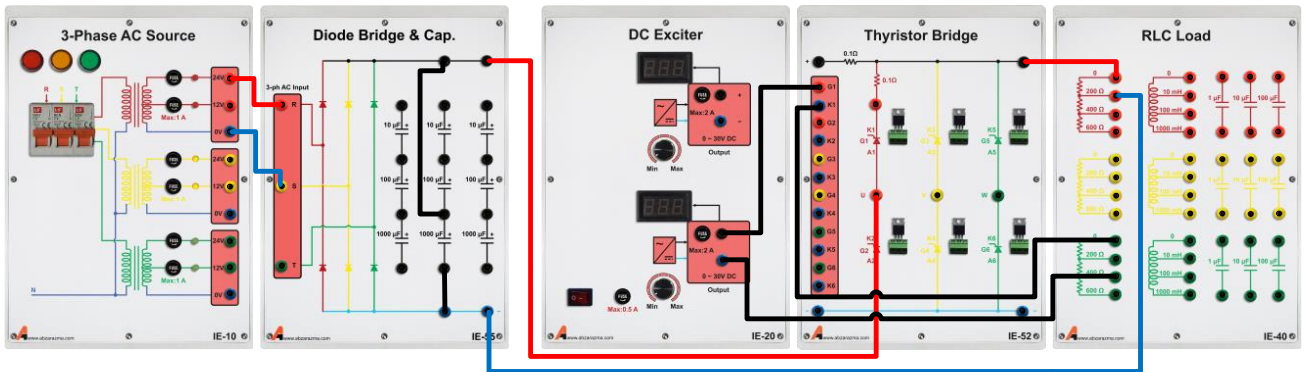
۳-۲-۱ تعیین I_{GT} (حداقل جریان تحریک گیت):

برای تعیین حداقل مقدار جریان تحریک تریستور مدار نشان داده شده در شکل ۱۱-۱ پیشنهاد می‌گردد. مقدار ولتاژ DC Exciter را از صفر به تدریج زیاد کنید. این کار را تا جایی ادامه دهید تا تریستور روشن شود و جریان بار برقرار شود.

برای محاسبه حداقل جریان تحریک می‌توانید با در اختیار داشتن ولتاژ گیت کاتد؛ مقدار جریان گیت را در زمان روشن شدن بدست آورید و یا با سری کردن آمپر متر با گیت مقدار جریان را اندازه‌گیری نمود.



شکل ۱-۱۱ مدار آزمایش بررسی حداقل مقدار جریان تحریک



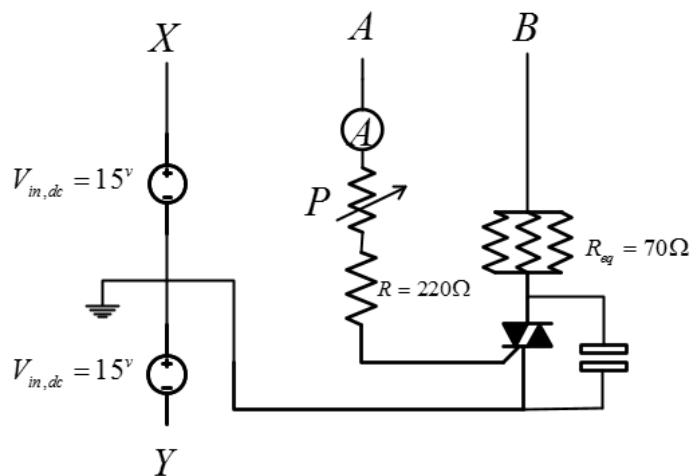
شکل ۱-۱۲ ساختار پیشنهادی جهت پیاده‌سازی مدار آزمایش بررسی جریان تحریک

پس از راه‌اندازی مدار مطابق شکل ۱-۱۲ و تعیین حداقل جریان تحریک، مقدار حداقل مقاومت R_L را با توجه به برگه مشخصات تریستور مورد آزمایش، محاسبه کنید.

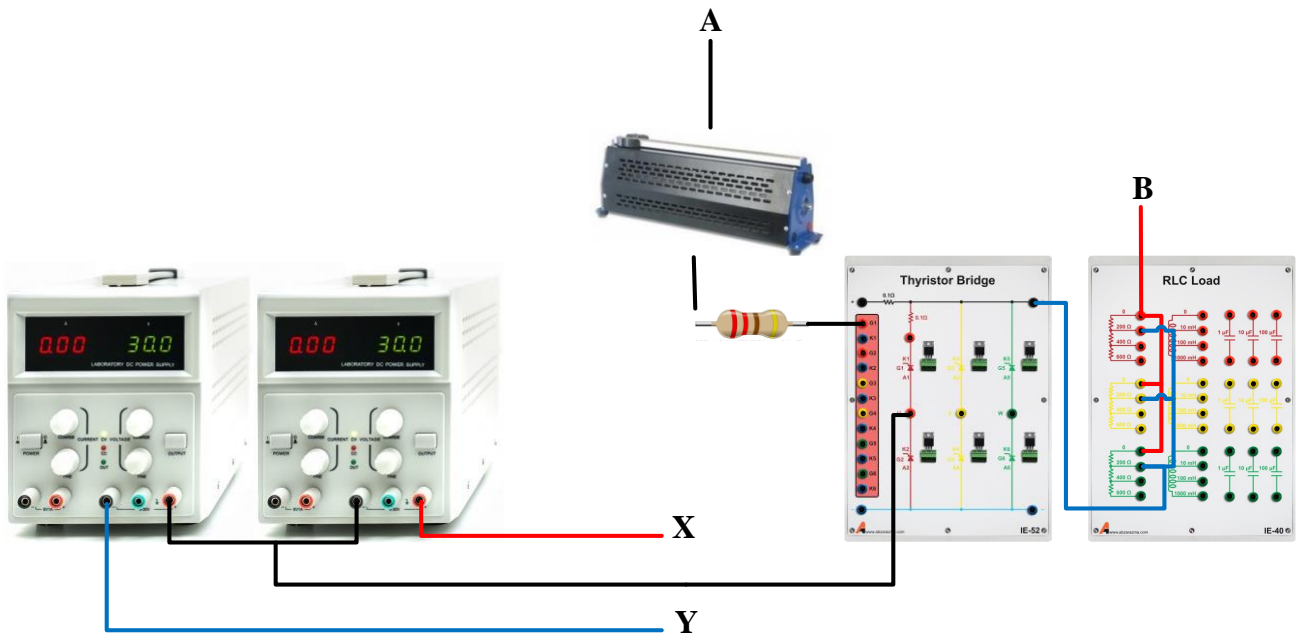
با توجه به آزمایش رابطه حداقل مقدار ولتاژ اعمال شده به گیت را به منظور روشن شدن تریستور برحسب مقاومت سری با گیت بدست آورید.

۱-۲-۴ مشاهده چهار ناحیه عملکرد تریاک

برای بررسی نواحی عملکردی تریاک، مدار شکل ۱-۱۳ ارائه شده است. تریاک مورد استفاده مدل BT138 می‌باشد. این قطعه را جایگزین BT 151 کنید و سپس اقدام به سیم‌بندی مدار نمایید. در شکل ۱-۱۴ نحوه اتصال ماژول‌های مورد نیاز نشان داده شده است.



شکل ۱-۱۳ مدار جهت تعیین نواحی عملکرد تریاک



شکل ۱-۱۴ ساختار پیشنهادی جهت تعیین نواحی ۴ گانه

با فرض $V_{in,dc} = 15V$ ، هر کدام از نقاط A و B را می‌توان به نقاط X و Y که تغذیه مدار هستند، وصل کرد. یعنی در واقع این مدار باید به چهار صورت مختلف بسته شود. برای هر یک از این چهار وضعیت، مطابق دستور زیر عمل کنید.

الف) ابتدا P را روی حداکثر تنظیم کنید. سپس تغذیه را وصل کنید و P را به تدریج کاهش دهید تا تریاک روشن شود. در این حالت جریان گیت را (که همان IGT است) و ولتاژ گیت-آند ۱ و ولتاژ آند ۱-آند ۲ را در جدول ۱-۱ یادداشت کنید.

جدول ۱-۱ نتایج حاصل از اندازه‌گیری پارامترها تریاک در نواحی ۴ گانه

ب) در مورد حساسیت ($\frac{dV}{dt}$) به این ترتیب عمل کنید که ابتدا خازن موازی شده با تریاک را برداشته و P را از مقداری که در بخش قبل داشته‌است، (مربوط به IGT) به تدریج افزایش دهید. همزمان با این افزایش، به‌طور مداوم تغذیه تریاک را به وسیله کلید S قطع و وصل کنید. این کار را تا جایی ادامه دهید که دیگر تریاک روشن نشود. هرچه انحراف P از مقدار اولیه بیشتر باشد، به معنی حساسیت بیشتر به $\frac{dV}{dt}$ است. این مراحل را با گذاشتن خازن تکرار کنید. در هر بخش حساسیت را با عبارات "زیاد"، "متوسط" و "کم" مشخص کنید.

جدول ۱-۲ بررسی حساسیت به تغییرات ولتاژ ترایاک در نواحی چندگانه

	بدون خازن	
	با خازن	
	بدون خازن	
	با خازن	
	بدون خازن	
	با خازن	
	بدون خازن	
	با خازن	

پس از انجام آزمایش به سوالات زیر پاسخ دهید:

۱- با توجه به نتایج، بهترین ناحیه عملکرد ترایاک کدام است؟

۲- اگر از ترایاک در جایی استفاده شود که در آن جریان‌های مثبت و منفی عبوری از ترایاک به یک اندازه اهمیت داشته باشد، (مثل برشگرهای AC)، کدام نواحی برای کار ترایاک مناسب‌تر می‌باشند؟ به عبارت دیگر، رفتار ترایاک در کدام دو ناحیه مشابه است؟

۳- با توجه به برگه مشخصات ترایاک مورد آزمایش، حداکثر مقدار منابع ولتاژ ورودی (V_1 و V_2) را بیابید.

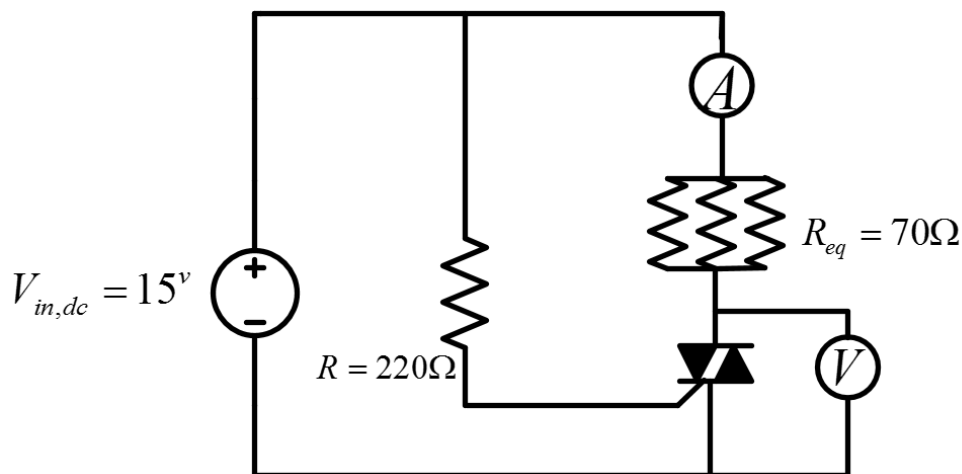
۴- مقدار حداقل مقاومت R_{eq} را بیابید.

۵- با توجه به برگه مشخصات ترایاک، مقدار حداقل مقاومت R که می‌توان سری با گیت قرار داد، را بیابید.

۱-۲-۵ اندازه‌گیری افت ولتاژ دو سر ترایاک

ترایاک اگرچه نوعی کلید نیم‌هادی است اما همانطور که می‌دانید کلید ایده آل محسوب نمی‌شود و در زمان روشن بودن افت ولتاژی دو سر ترایاک وجود خواهد داشت که منجر به ایجاد تلفات در ترایاک خواهد شد.

برای بررسی افت ولتاژ ترایاک در زمان روشن بودن و مقایسه آن با مقدار داده شده در برگه راهنمای قطعه، مدار شکل ۱-۱۵ ارائه شده است. پس از انجام آزمایش نسبت به تکمیل جدول ۱-۳ اقدام نماییم.



شکل ۱-۱۵ مدار جهت تعیین ولتاژ ترایاک

جدول ۱-۳ افت ولتاژ ترایاک

۱-۳ سوالات آزمایش

کدام یک از پارامترهای تریستور، نقش مهم‌تری در تلفات حرارتی آن دارد؟

ترایاک را از لحاظ فرکانس کاری و جریان نامی با تریستور مقایسه کنید؟

۲ مبدل‌های AC به DC تکفاز دیودی

۱-۲ مقدمه

در بسیاری از فرآیندهای صنعتی مانند شارژ باتری، تنظیم دور موتورهای DC، آبرکاری فلزات و ... احتیاج به توان الکتریکی DC وجود دارد. معمولاً توان الکتریکی در دسترس از نوع تک فاز و سه فاز AC می‌باشد. جهت تبدیل توان AC به DC از یکسوسازها استفاده می‌شود.

مدارهای یکسوکننده به دو دسته کلی نیم‌موج و تمام‌موج تقسیم می‌شود. در یکسوکننده‌های نیم‌موج جریان در هریک از خطوط تغذیه AC فقط در یک جهت است در حالی که در یکسوکننده‌های تمام‌موج جریان در تمامی خطوط تغذیه AC متناوب است.

در دسته‌بندی دیگری از یکسوکننده‌ها آنها را می‌توان به یکسوکننده‌های غیر قابل کنترل، نیمه کنترل شونده و تمام کنترل شونده تقسیم کرد. در این آزمایش یکسوکننده‌های غیر قابل کنترل را بررسی می‌کنیم. در مدارهای یکسوکننده کنترل نشده فقط از دیود استفاده شده و دامنه ولتاژ خروجی ثابت و به اندازه دامنه ولتاژ ورودی می‌باشد.

ولتاژ خروجی یکسوکننده‌ها دارای دو مولفه dc و ac است. رابطه متوسط ولتاژ خروجی یکسوکننده تک فاز نیم‌موج و تمام‌موج به ترتیب در روابط (۲-۱) و (۲-۲) بیان شده است که همان مولفه dc ولتاژ خروجی محسوب می‌شوند:

$$V_{dc} = \frac{\sqrt{2}}{\pi} V_{line(rms)} \quad (2-1)$$

$$V_{dc} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} V_{line(rms)} \quad (2-2)$$

مقدار موثر مولفه ac ولتاژ خروجی از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$V_{ac} = \sqrt{V_{rms}^2 - V_{dc}^2} \quad (2-3)$$

در مورد یکسوکننده‌ها دو متغیر ضریب شکل و ضریب ریپل نیز دارای اهمیت است که به نوعی کیفیت ولتاژ یکسوشده را بیان می‌کند. ضریب شکل بیانگر شکل ولتاژ یکسوشده خروجی است و از حاصل تقسیم مقدار موثر ولتاژ بر متوسط ولتاژ بدست خواهد آمد. ضریب شکل را با FF که از کلمه Form Factor گرفته شده است، نمایش می‌دهند. رابطه ضریب شکل به صورت زیر است.

$$FF = \frac{V_{rms}}{V_{dc}} \quad (2-4)$$

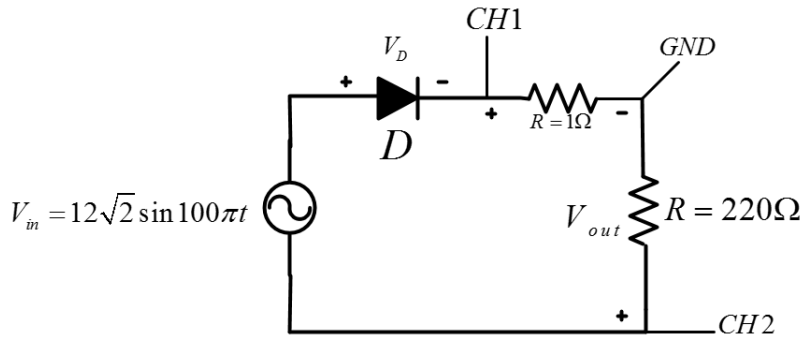
دیگر مشخصه یکسوکننده‌ها، ضریب ریپل است که با RF نشان داده می‌شود. ضریب ریپل به نوعی مقدار ریپل ولتاژ یکسوشده را نشان می‌دهد.

$$RF = \frac{V_{ac}}{V_{dc}} \quad (2-4)$$

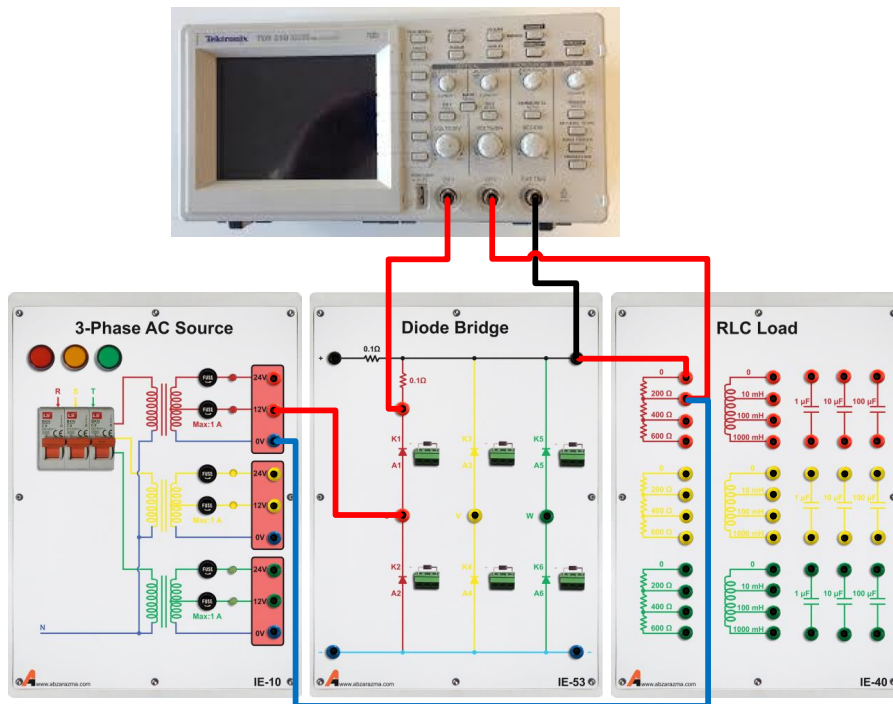
۲-۲ آزمایش و تحلیل

۲-۲-۱ یکسوکننده تک فاز نیم موج با بار اهمی

مدار شکل ۲-۱ را به کمک ماژول IE-53 پیاده‌سازی کنید. مقاومت بار را ۲۲۰ اهم و مقدار موثر منبع ولتاژ ورودی را ۱۲ ولت انتخاب کنید. نحوه اتصال مدار آزمایش به کمک ماژول‌های مورد نظر در شکل ۲-۲ نشان داده شده است.



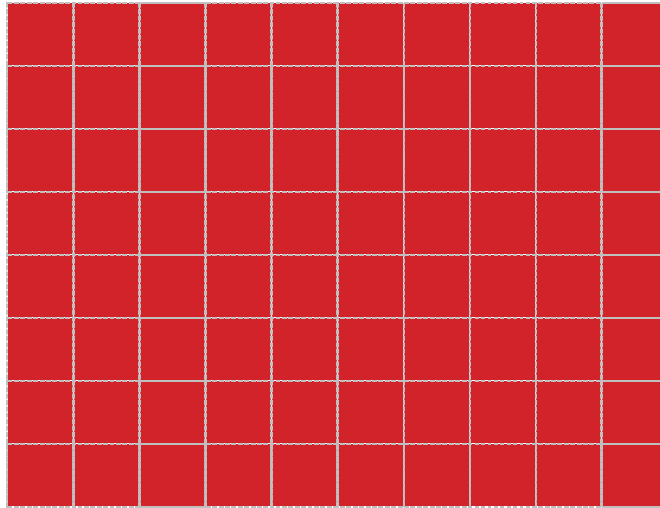
شکل ۲-۱ یکسوکننده تک فاز نیم موج



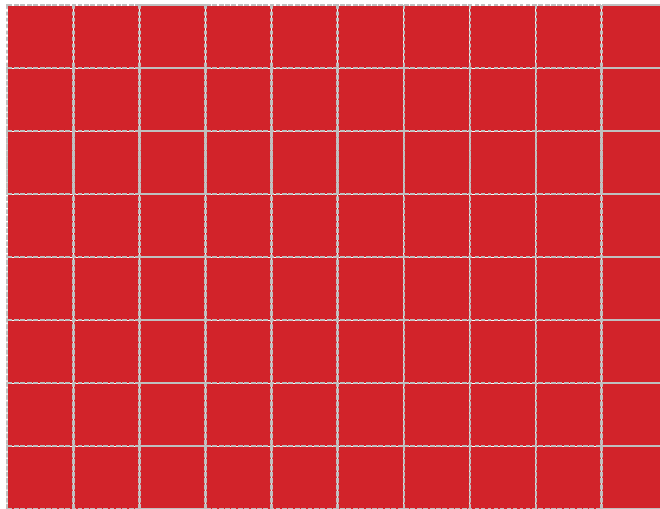
شکل ۲-۲ ساختار پیشنهادی جهت انجام آزمایش یکسوکننده نیم موج

پس از راه‌اندازی نسبت به پاسخگویی به موارد خواسته شده در این آزمایش اقدام نمایید.

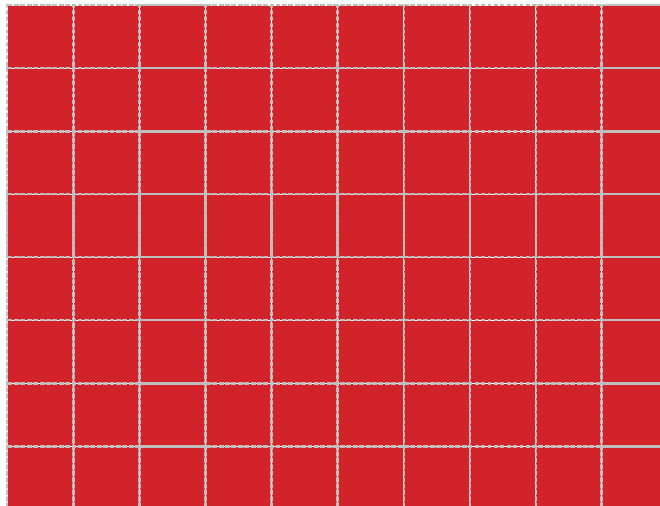
- ۱- شکل موج ولتاژ ورودی و خروجی را مشاهده کنید سپس در شکل ۲-۳ رسم کرده و آنها را با هم مقایسه نمایید.
- ۲- شکل موج ولتاژ و جریان مدار را به طور همزمان مشاهده کنید. سپس در شکل ۲-۴ رسم کرده و به تحلیل آن بپردازید.
- ۳- شکل موج ولتاژ و جریان دیود را مشاهده و در شکل ۲-۵ رسم کنید. با توجه به شکل ولتاژ دو سر دیود PIV را تعیین نمایید.
- ۴- موارد خواسته شده در جدول ۲-۱ را تکمیل نمایید.



شکل ۲-۳ موج ولتاژ ورودی و خروجی



شکل ۲-۴ شکل موج ولتاژ و جریان مدار



شکل ۲-۵ شکل موج ولتاژ و جریان دیود

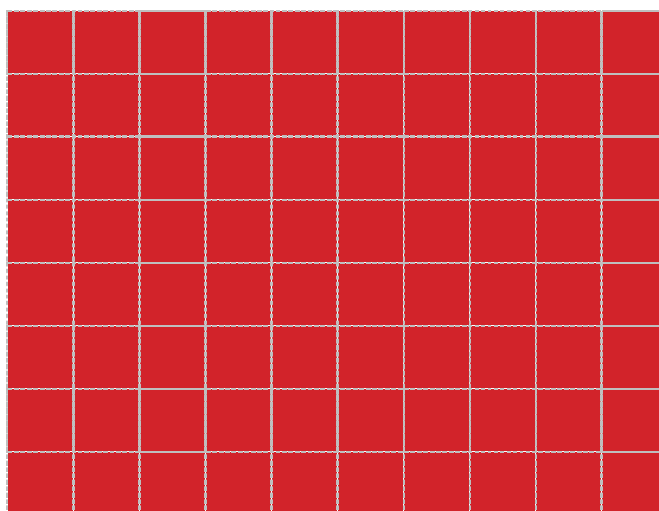
جدول ۲-۱ نتایج پیاده‌سازی آزمایش یکسوکننده نیم موج دیودی با بار مقاومتی

۲-۲-۲ یکسوکننده تکفاز نیم موج بار اهمی-سلفی

مدار شکل ۲-۱ را با بار اهمی-سلفی پیاده‌سازی نمایید. مقاومت بار ۲۲۰ اهم، سلف ۱۰۰ میلی هانری و منبع ورودی را ۱۲ ولت انتخاب کنید.

پس از راه‌اندازی مدار نسبت به پاسخ‌گویی به موارد خواسته شده اقدام نمایید.

۱- شکل موج ولتاژ خروجی را در شکل ۲-۶ رسم کنید.



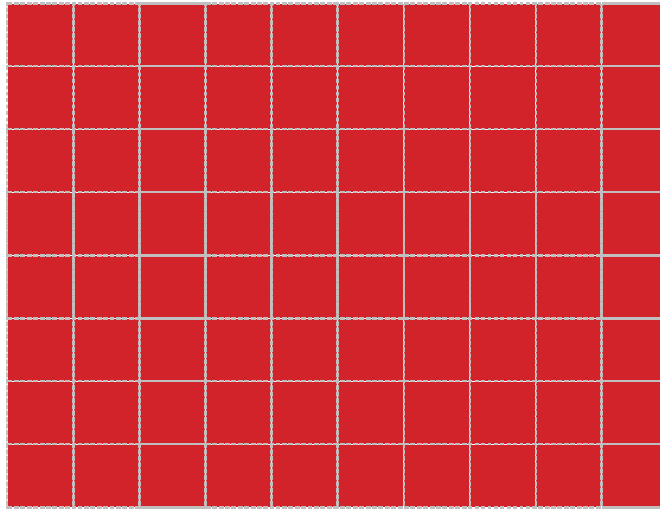
شکل ۲-۶ شکل موج ولتاژ خروجی

۲- زاویه‌ی تاخیر خاموشی (β) را بدست آورید و با تئوری مقایسه کنید.

۳- جدول زیر را تکمیل نمایید.

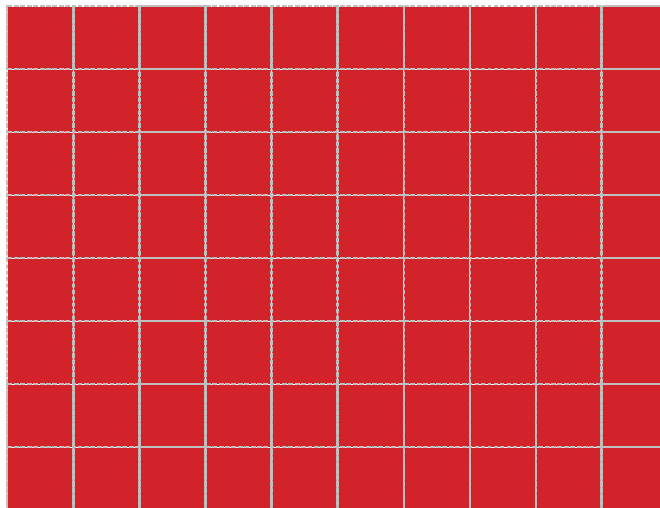
جدول ۲-۲ نتایج پیاده‌سازی آزمایش کنترل حلقه باز فرآیند تونل هوای گرم

۴- شکل موج ولتاژ و جریان دیود را مشاهده و رسم کنید.



شکل ۲-۷ شکل موج ولتاژ و جریان دیود

۵- مقدار سلف را تغییر دهید و اثر آنرا بر شکل موج های ولتاژ و جریان بار مشاهده کنید.

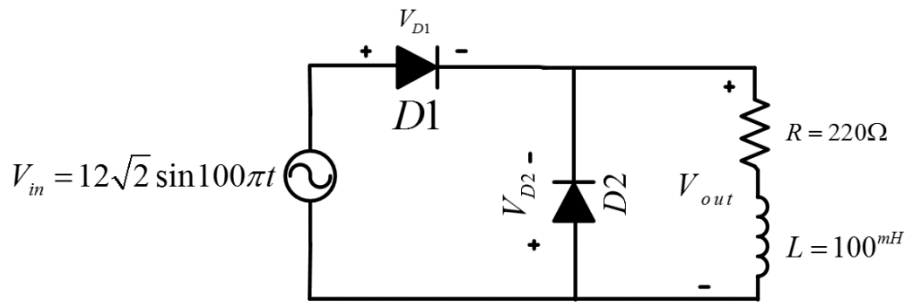


شکل ۲-۸ شکل موج ولتاژ و جریان بار در اثر تغییر مقدار سلف

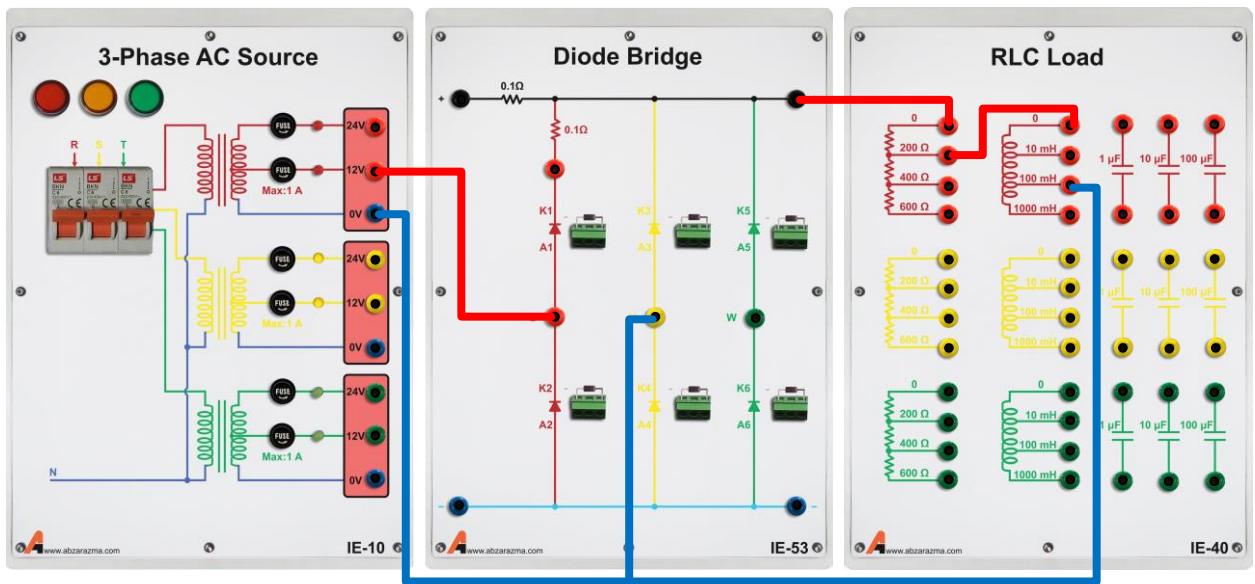
۲-۲-۳ یکسوکننده تک فاز بار نیم موج اهمی - سلفی با دیود هرزگرد

وجود خاصیت سلفی در بار خروجی منجر به کاهش مقدار متوسط ولتاژ یکسوسوده خواهد شد. در یکسوکننده‌ها مولفه dc پارامتر بسیار مهمی محسوب می شود. بکارگیری دیود هرزگرد مطابق شکل ۲-۹، منجر می شود دیود D1 تنها در نیم سیکل مثبت ولتاژ ورودی روشن باشد و پس از آن خاموش شود. با توجه به اینکه جریان سلف نمی تواند تغییر ناگهانی داشته باشد، لذا حفظ پیوستگی جریان سلف به کمک دیود D2 برقرار خواهد شد و ولتاژ بار برابر صفر خواهد شد.

برای راهنمایی جهت پیاده سازی مدار آزمایش شکل ۲-۱۰ ارائه شده است. مقادیر المان های مدار را مطابق شکل ۲-۹ در نظر بگیرید و پس از راه اندازی مدار به موارد خواسته شده پاسخ دهید.



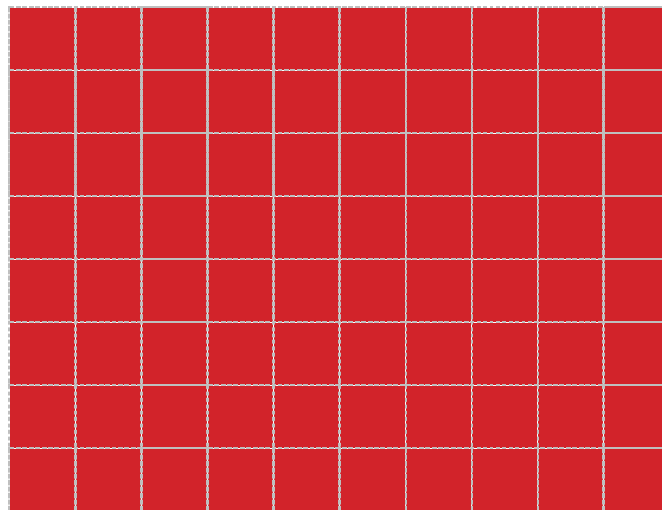
شکل ۹-۲ یکسوکندنده نیم موج تکفاز با دیود هرزگرد



شکل ۱۰-۲ ساختار پیشنهادی جهت پیاده‌سازی مدار آزمایش یکسوکندنده تکفاز با دیود هرزگرد

۱- با اتصال دیود هرزگرد ولتاژ ورودی و خروجی را مشاهده کنید. در این حالت زاویه β چه تغییری کرده است؟

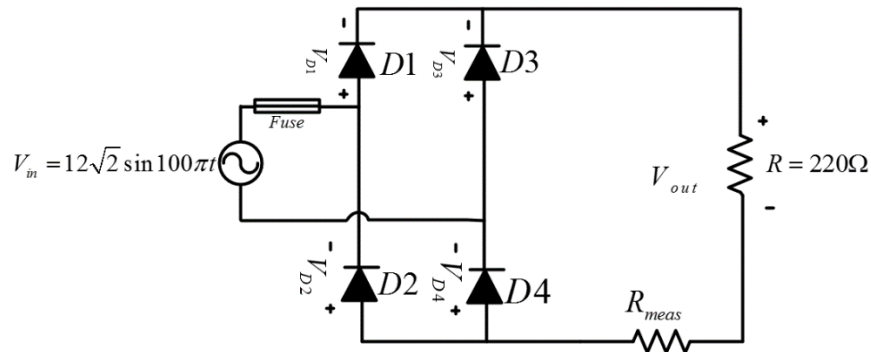
۲- شکل موج جریان بار، دیود و دیود هرزگرد را مشاهده و در شکل ۱۱-۲ رسم کنید. اثر تغییر مقدار سلف را بررسی کنید؟



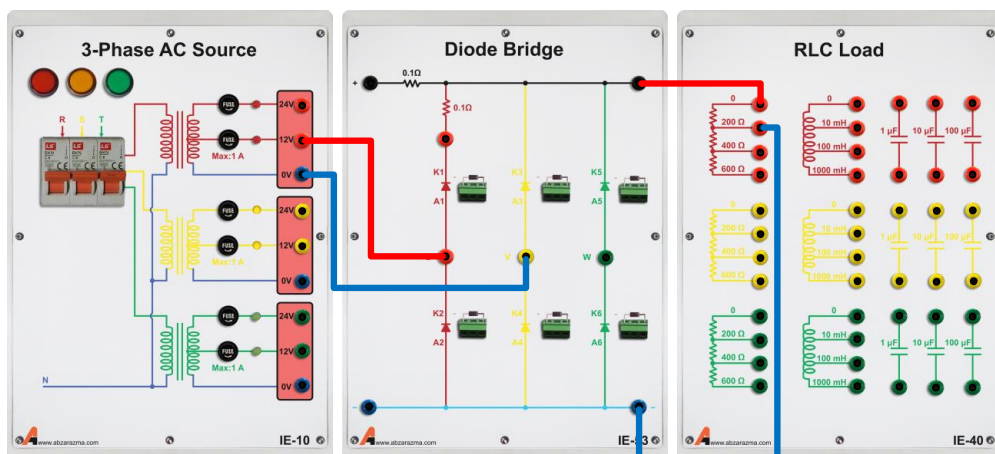
شکل ۱۱-۲ شکل موج جریان بار، دیود و دیود هرزگرد

۲-۲-۴ پل یکسوکننده تک فاز با بار مقاومتی، مقاومتی-سلفی و موتور DC

یک سو ساز نیم موج به دلیل مقدار متوسط ولتاژ پایین از اهمیت چندانی برخوردار نیست. در مقابل به کمک یک سوکننده‌های تمام موج امکان دستیابی به ولتاژ متوسط بیشتری وجود دارد. برای بررسی یک سوکننده دیودی تمام موج مدار شکل ۲-۱۲ ارائه گردیده است. مقدار مقاومت بار را ۲۲۰ اهم انتخاب کنید و مقدار موثر ولتاژ ورودی برابر ۱۲ ولت باشد. ساختار پیشنهادی برای پیاده‌سازی مدار آزمایش در شکل ۲-۱۳ نشان داده شده است.



شکل ۲-۱۲ یکسوکننده تک فاز تمام موج



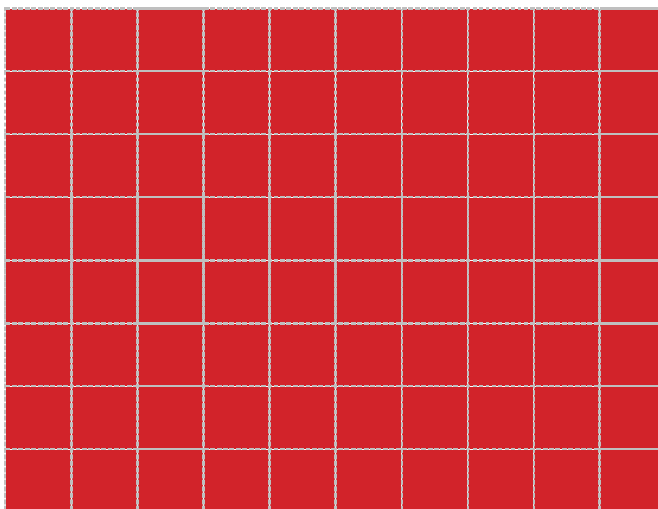
شکل ۲-۱۳ یکسوکننده تک فاز تمام موج

پس از راه‌اندازی مدار نسبت به پاسخ‌گویی به موارد زیر اقدام نمایید.

۱- جدول زیر را تکمیل نمایید

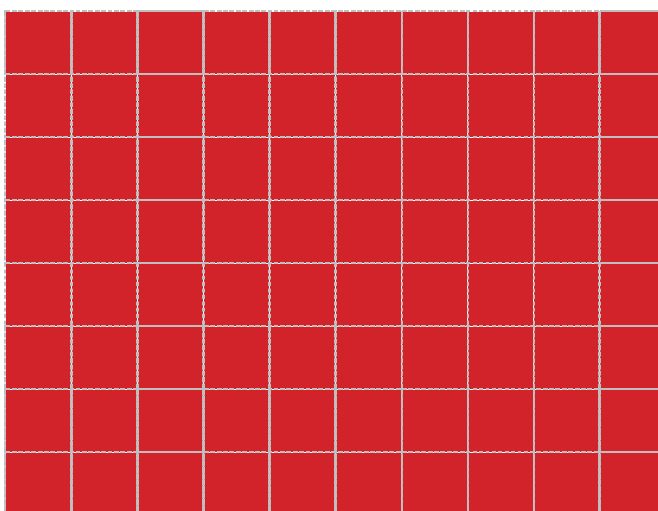
جدول ۲-۳ نتایج آزمایش یکسوکننده تمام موج تک‌فاز

۲- شکل موج ولتاژ و جریان خروجی را به طور همزمان مشاهده و در شکل ۲-۱۴ رسم نمایید.



شکل ۲-۱۴ شکل موج ولتاژ و جریان خروجی

۳- شکل موج ولتاژ دیود D1 را مشاهده و در شکل ۲-۱۵ را رسم نمایید .

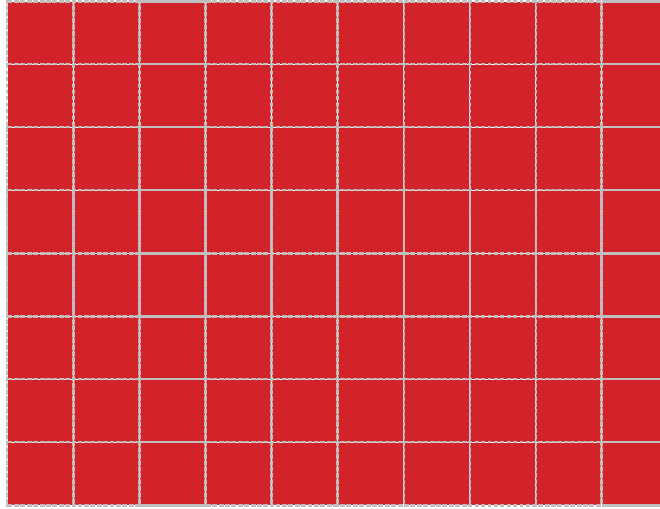


شکل ۲-۱۵ شکل موج ولتاژ دیود D1

۴- سلف ۱۰۰ میلی هانری با بار سری کنید و مشابه حالت قبل جدول زیر را تکمیل کنید

جدول ۲-۴ نتایج آزمایش یکسوکننده تمام موج تکفاز با بار سلفی-مقاومتی

۵- شکل موج ولتاژ و جریان خروجی را به طور همزمان مشاهده و در شکل ۲-۱۴ رسم نمایید.

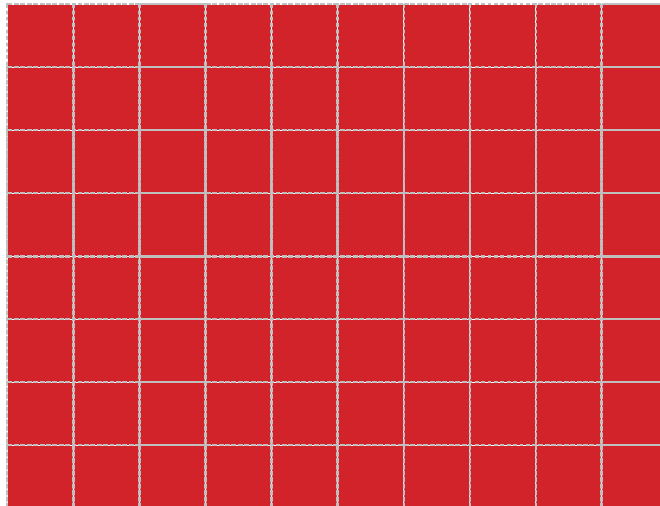


شکل ۲-۱۴ شکل موج ولتاژ و جریان خروجی در بار سلفی-مقاومتی

۶- مقدار موثر ولتاژ ورودی را به ۲۴ ولت تغییر دهید و بار خروجی را بار موتوری (RLE) قرار دهید. برای این منظور از ماژول موتور Universal استفاده کنید. سپس جدول زیر را تکمیل نمایید

جدول ۲-۵ نتایج آزمایش یکسوکننده تمام موج تکفاز با بار موتوری

شکل موج ولتاژ خروجی را در شکل ۲-۱۷ رسم کنید.



شکل ۲-۱۷ شکل موج ولتاژ خروجی در بار موتوری

۳ مبدل‌های AC به DC تک فاز تریستوری

۳-۱ مقدمه

یکسوکننده‌ها به سه دسته غیر قابل کنترل، نیمه کنترل شونده و تمام کنترل شونده تقسیم می‌شوند. در این آزمایش یکسوکننده‌های نیمه و تمام کنترل شده بررسی می‌شود. در این نوع یکسوکننده‌ها به جای دیود از تریستور استفاده می‌شود و ولتاژ خروجی DC تابعی از دامنه ولتاژ AC ورودی و زاویه آتش تریستورها می‌باشد. از لحاظ جریان کشیده شده از منبع ورودی به دو دسته نیم موج و تمام موج تقسیم می‌شوند. در نوع نیم موج جریان تنها در یک جهت از هر خط تغذیه کشیده می‌شود و در نوع تمام موج در هر دو جهت جریان از منبع به سمت مدار جاری می‌شود. روابط ولتاژ خروجی یکسو ساز تکفاز نیم موج و تمام موج در روابط (۴-۱) و (۴-۲) به ترتیب بیان شده است.

$$V_{dc} = \frac{\sqrt{2}}{2\pi} V_{line(rms)} (1 + \cos \alpha) \quad (4-1)$$

$$V_{dc} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} V_{line(rms)} \cos \alpha \quad (4-2)$$

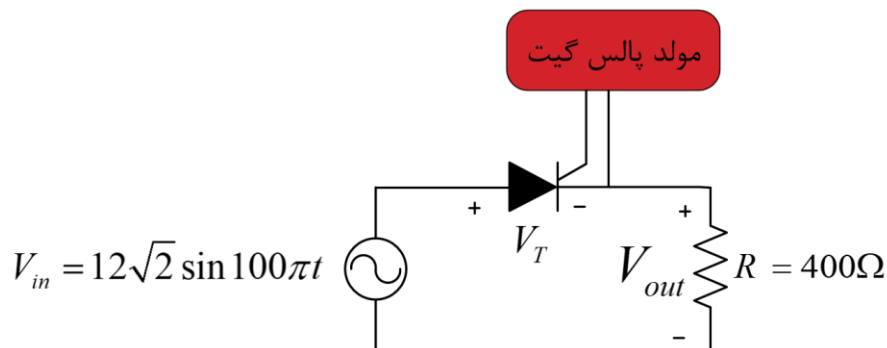
هر مدار الکترونیک صنعتی می‌تواند در وضعیت کاری پیوسته یا ناپیوسته عمل کند. هرگاه جریان سلف در مدار مبدل هیچگاه صفر نشود مبدل در وضعیت هدایت پیوسته عمل می‌کند و هرگاه در کسری از دوره تناوب کاری جریان سلف صفر شود مبدل در وضعیت کاری ناپیوسته عمل می‌کند. معمولاً روابط توصیف کننده معادلات هر مبدل بسته به وضعیت کاری آن تغییر می‌کند

۳-۲ آزمایش و تحلیل

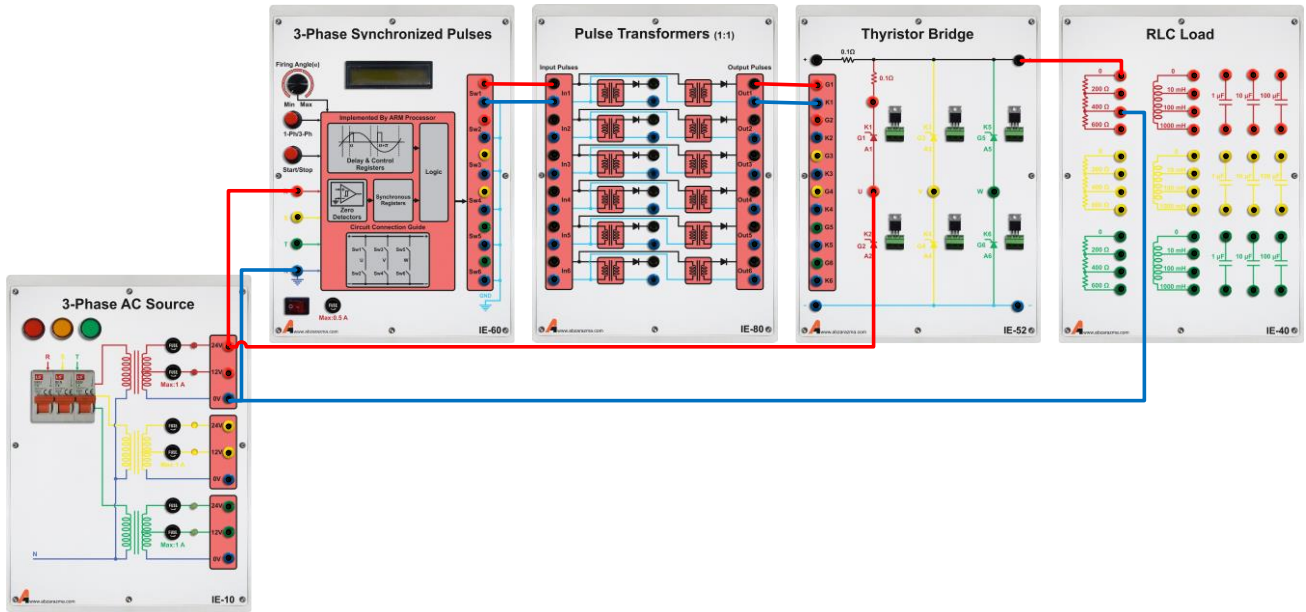
در این آزمایش با نحوه کارکرد یکسو سازهای تکفاز نیمه و تمام کنترل شونده آشنا خواهید شد. ابتدا یکسوکننده نیم موج مورد بررسی قرار می‌گیرد. پس از آن به بررسی یکسوکننده تمام موج نیم کنترل شونده و تمام کنترل شونده پرداخته خواهد شد.

۳-۲-۱ یکسوکننده تک فاز نیم موج تمام کنترل شونده

مدار یکسو ساز تکفاز نیم موج تریستوری در شکل ۳-۱ نشان داده شده است. بار خروجی را ۴۰۰ اهم انتخاب کنید و موثر ولتاژ ورودی ۱۲ ولت باشد. مطابق شکل ۳-۲ مدار آزمایش را سیم‌بندی کنید. جهت اعمال پالس گیت از ماژول 3-phase Synchronized pulses استفاده نمایید. فرمان گیت پس از ایزوله شدن به تریستور متصل شود. برای ایزوله نمودن می‌توانید از ترانس پالس و یا اپتوکوپلر استفاده نمایید.



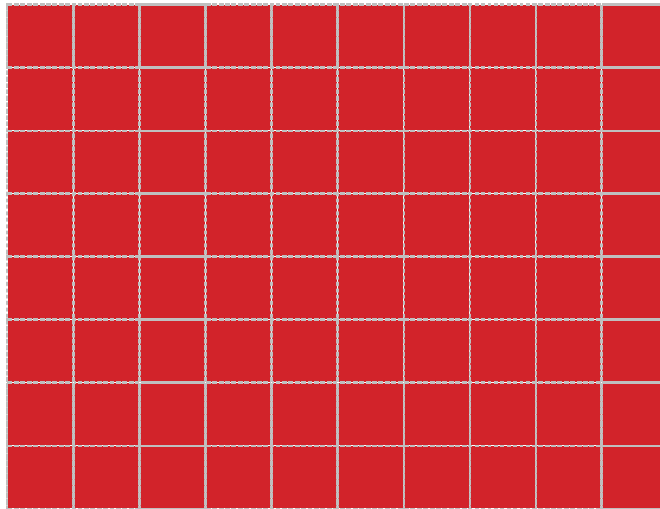
شکل ۳-۱ یکسوکننده تک فاز نیم موج تمام کنترل شونده



شکل ۲-۳ نحوه سیم‌بندی مدار آزمایش یکسوکننده تک‌فاز نیم موج تریستوری

پس از راه‌اندازی مدار آزمایش، نسبت به پاسخ‌گویی به موارد زیر اقدام نمایید.

- ۱- زاویه آتش را بر روی ۱۰۰ درجه تنظیم نمایید و شکل موج ولتاژ خروجی و تریستور را به طور همزمان مشاهده و در شکل ۳-۳ رسم نمایید. نحوه اتصال اسیلوسکوپ برای مشاهده این دو شکل موج در شکل ۱-۸ نشان داده شده است.



شکل ۳-۳ شکل موج ولتاژ خروجی و تریستور

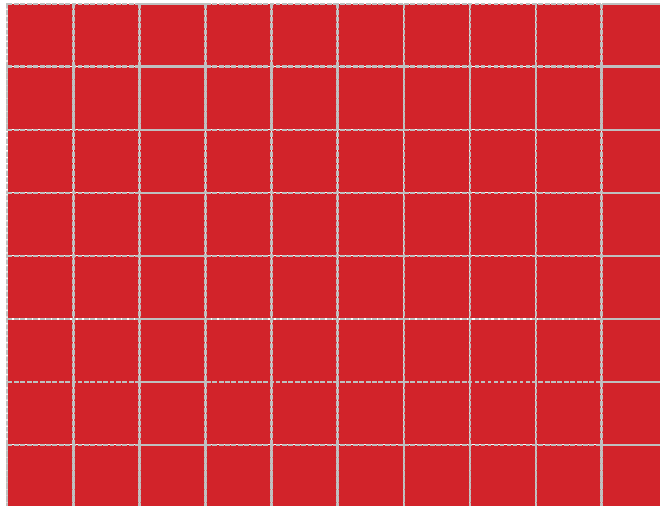
۲- جدول زیر را به ازای زوایای آتش متفاوت تکمیل نمایید

جدول ۳-۱ نتایج آزمایش یکسوساز نیم موج تریستوری

								تئوری	
								عملی	

۳- در این مرحله سلف ۱۰۰ میلی هانری با بار ۲۰۰ اهم سری گردد و جایگزین مقاومت ۴۰۰ اهم خروجی شود. در این شرایط حداکثر زاویه آتش تریستور را برای عملکرد یکسوکنده در حالت هدایت پیوسته بدست آورید؟

۴- با تنظیم زاویه آتش بدست آمده از قسمت قبل، شکل موج ولتاژ خروجی و جریان تریستور را به طور همزمان در شکل ۳-۴ رسم نمایید.

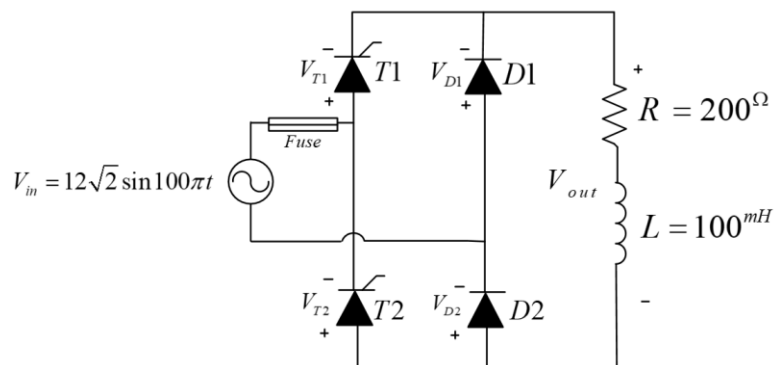


شکل ۳-۴ شکل موج ولتاژ خروجی و جریان تریستور

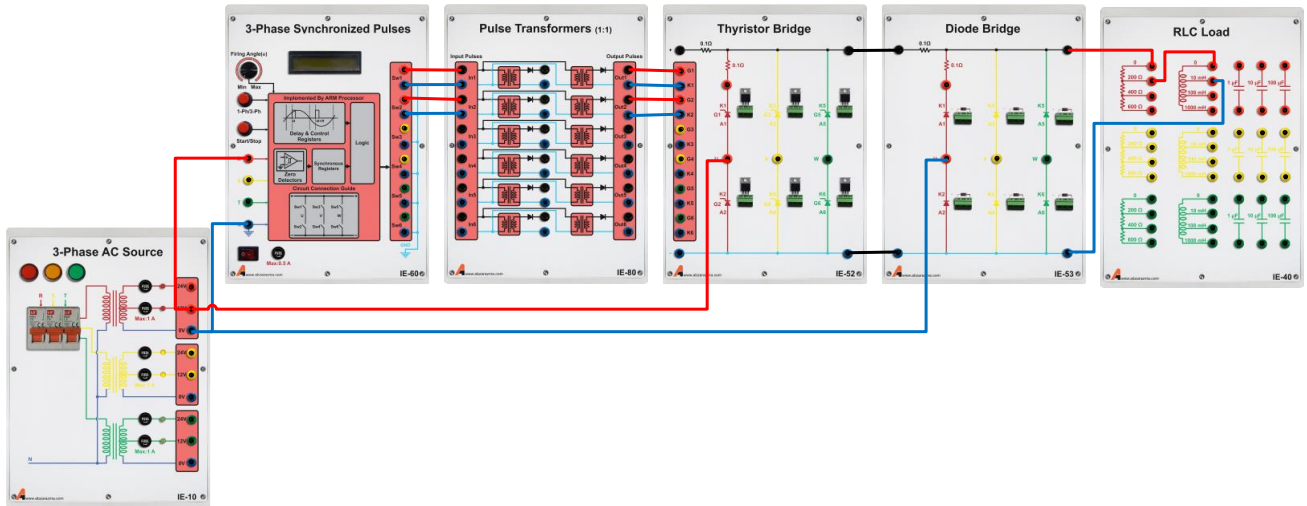
۵- مقدار ریپل ولتاژ خروجی را در این حالت بدست آورید؟

۳-۲-۲ یکسوساز تکفاز نیمه کنترل شونده تمام موج

مدار یکسوساز تکفاز تمام موج در شکل ۳-۵ نشان داده شده است. بار خروجی از اتصال سری مقاومت ۲۰۰ اهم و سلف ۱۰۰ میلی هانری تشکیل شده است.



شکل ۳-۵ یکسوکنده تک فاز نیمه کنترل شونده تمام موج



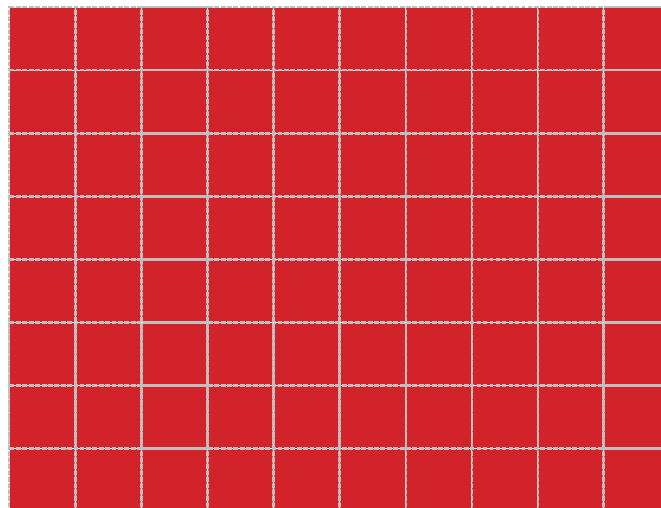
شکل ۳-۶ نحوه اتصال ماژول‌های مورد نیاز برای انجام آزمایش

فرمان تریستورهای یک ساق با 180° درجه اختلاف فاز نسبت به یکدیگر داده می‌شود. برای درک بهتر از نحوه اعمال فرمان آتش به تریستورها، می‌توانید شکل موج ولتاژ منبع ورودی را به طور همزمان با پالس‌های خروجی ماژول 3-phase synchronized pulses مشاهده کنید و با تغییر زاویه آتش، جابه‌جایی فاز پالس فرمان را ملاحظه کنید.

برای این کار زمین اسیلوسکوپ را به نول و یا زمین مشترک پال‌های خروجی متصل کنید و با کانال یک ولتاژ منبع ورودی و با کانال دو پالس فرمان را ملاحظه کنید.

پس از راه‌اندازی مدار آزمایش، نسبت به پاسخ‌گویی به موارد زیر اقدام نمایید.

۱- زاویه آتش را بر روی 45° درجه تنظیم نمایید و شکل موج ولتاژ خروجی و دیود D1 را به طور همزمان مشاهده و در شکل ۳-۷ رسم نمایید.



شکل ۳-۷ شکل موج ولتاژ خروجی و دیود D1

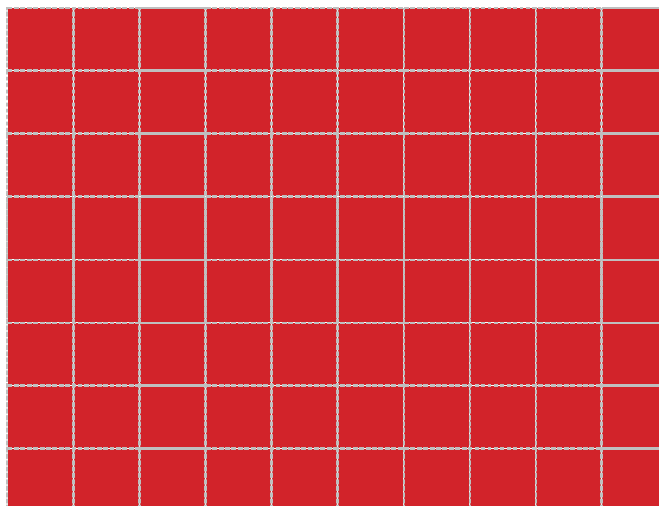
۲- جدول زیر را به ازای زوایای آتش متفاوت تکمیل نمایید

جدول ۳-۲ نتایج آزمایش یکسوساز تکفاز نیمه کنترل شونده

					تئوری
					عملی

۳- حداکثر زاویه آتش را برای آنکه جریان بار پیوسته باشد، بدست آورید و با تنظیم زاویه آتش بدست آمده، شکل موج ولتاژ خروجی را در شکل ۳-۸ رسم نمایید.

با تغییر زاویه آتش از مقدار بدست آمده عملکرد یکسوکننده را در حالت هدایت پیوسته و ناپیوسته مشاهده کنید.



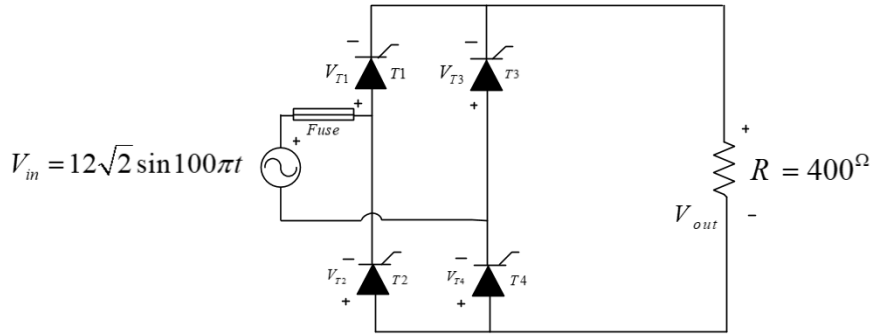
شکل ۳-۸ شکل موج ولتاژ خروجی

۵- مقدار ریپل ولتاژ خروجی را در این حالت بدست آورید؟

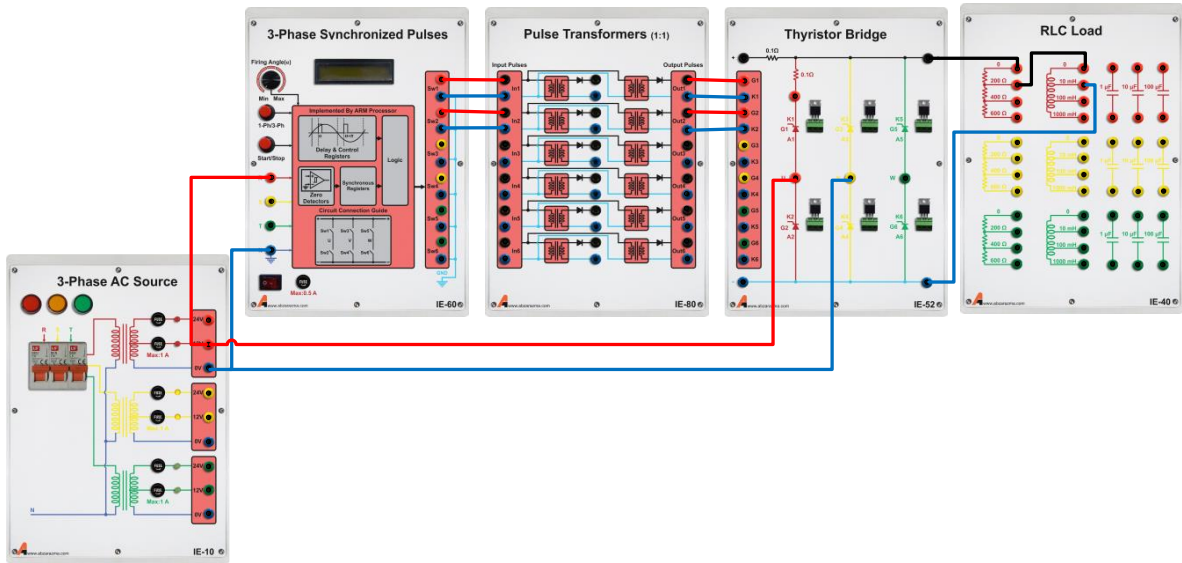
۶- از بار اهمی خالص استفاده کنید و شکل موج خروجی را در این شرایط با حالت قبلی مقایسه نمایید .

۳-۲-۳ پل یکسوساز تک فاز تمام کنترل شونده با بار مقاومتی

در آخرین مرحله از این آزمایش پل یکسو ساز تکفاز تریستوری مورد بررسی قرار خواهد گرفت. مدار این آزمایش مشابه بخش ۳-۲-۲ است با این تفاوت که تریستورهای T3 و T4 جایگزین دیودهای D1 و D2 خواهند شد. مدار این آزمایش در شکل ۳-۵ نشان داده شده است. از مقاومت ۴۰۰ اهمی به عنوان بار خروجی یکسوکننده استفاده می‌شود.



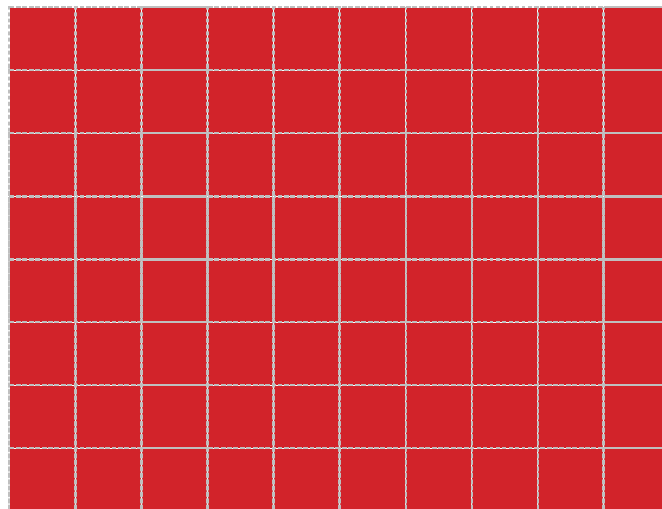
شکل ۳-۹ پل یکسوکننده تک فاز تمام کنترل شونده



شکل ۳-۱۰ نحوه سیم‌بندی مدار آزمایش یکسوکننده تکفاز تریستوری

پس از راه‌اندازی مدار آزمایش، نسبت به پاسخ‌گویی به موارد زیر اقدام نمایید.

- ۱- زاویه آتش را بر روی ۱۲۰ درجه تنظیم نمایید و شکل موج ولتاژ خروجی و تریستور T4 را به طور همزمان مشاهده و در شکل ۳-۱۱ رسم نمایید.



شکل ۱۱-۳ شکل موج ولتاژ خروجی و تریستور T4

۲- جدول زیر را به ازای زوایای آتش متفاوت تکمیل نمایید

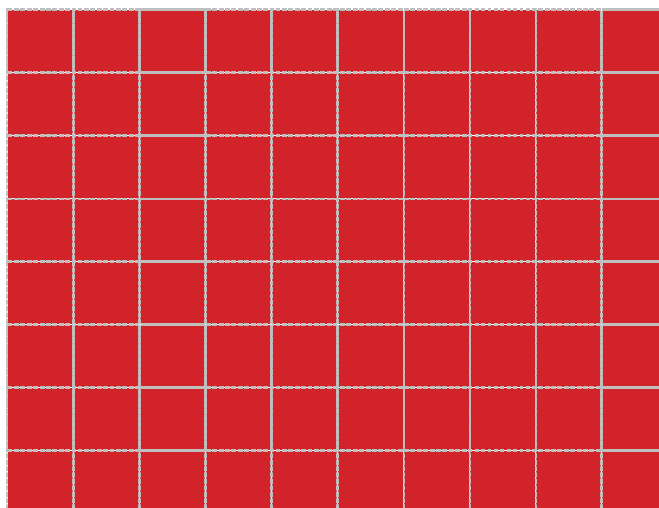
جدول ۳-۳ نتایج آزمایش یکسوساز تکفاز تریستوری

					تئوری	
					عملی	

۳- در این مرحله سلف ۱۰۰ میلی هانری با بار ۴۰۰ اهم سری گردد. در این شرایط حداکثر زاویه آتش تریستور را برای عملکرد یکسوکننده در حالت هدایت پیوسته بدست آورید؟

با تغییر زاویه آتش از مقدار بدست آمده عملکرد یکسوکننده را در حالت هدایت پیوسته و ناپیوسته مشاهده کنید.

۴- با تنظیم زاویه آتش بدست آمده از قسمت قبل، شکل موج ولتاژ خروجی و جریان بار را به طور همزمان در شکل ۱۲-۳ رسم نمایید.



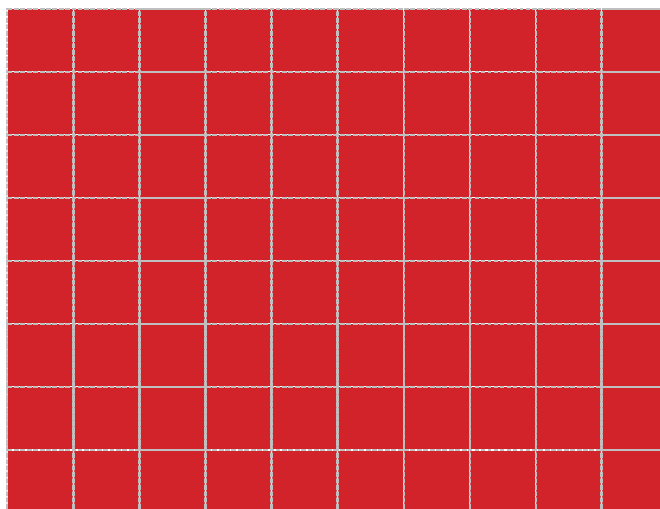
شکل ۱۲-۳ شکل موج ولتاژ خروجی و جریان بار

۵- مقدار ریپل ولتاژ خروجی را در این حالت بدست آورید؟

۶- موتور یونیورسال را به عنوان بار خروجی قرار دهید و ولتاژ منبع ورودی را به ۲۴ ولت موثر تغییر دهید. پس از راه‌اندازی اختلاف شکل موج ولتاژ خروجی را مشاهده و با حالت قبل مقایسه کنید؟

۷- با افزایش زاویه آتش، سرعت موتور و متوسط ولتاژ خروجی چه تغییری می‌کنند؟

۶- با قرار دادن مقاومت ۱ اهم در مسیر منبع ورودی، شکل موج جریان کشیده شده از منبع را در شکل ۳-۱۳ رسم نمایید



شکل ۳-۱۳ شکل موج جریان کشیده شده از منبع ورودی

۳-۳ سوالات آزمایش

۱- با توجه به نتایج به دست آمده یکسوکننده نیمه کنترل شونده و تمام کنترل شونده تکفاز را با هم مقایسه کنید.

۲- در آرایش نیمه کنترل شونده (شکل ۳-۵) کدام کلیدها نقش دیود هرزگرد را ایفا می‌کنند .

۳- برای اعمال پالس فرمان به تریستور باید از ایزولا سیون نوری و یا مغناطیسی استفاده شود. در مورد عدم استفاده از ایزولا سیون و پیامدهای آن در کلاس بحث کنید؟

۴ مبدل‌های AC به DC سه فاز دیودی

۴-۱ مقدمه

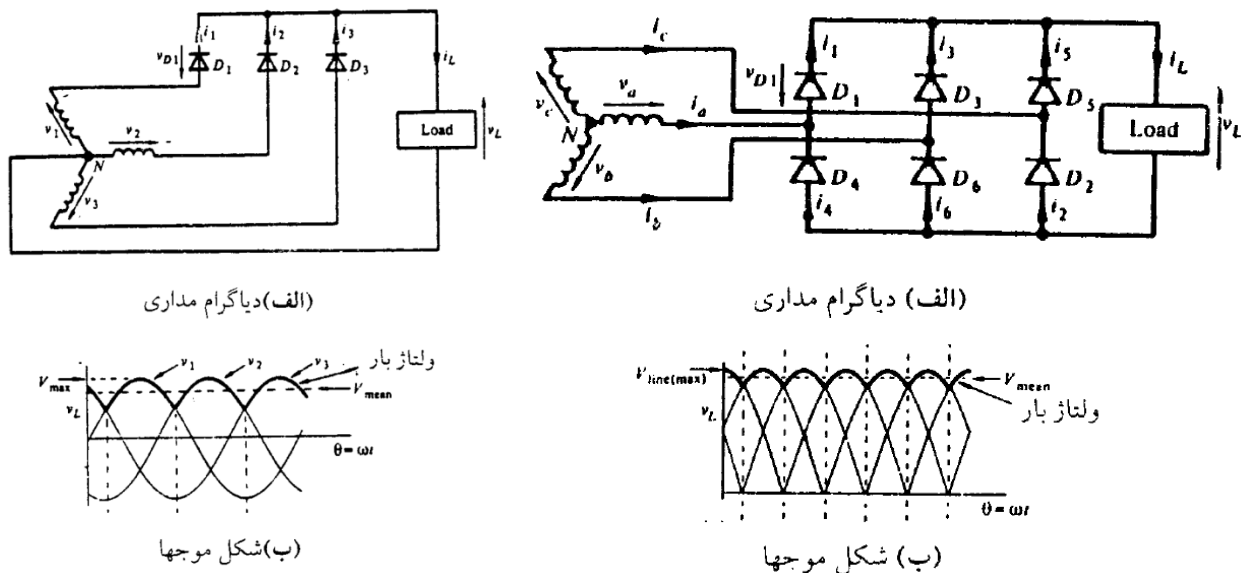
در این آزمایش یکسوکننده‌های سه فاز نیم موج و تمام موج دیودی (کنترل نشده) را بررسی خواهیم کرد. در یکسوکننده‌های نوع تمام دیودی، ولتاژ خروجی قابل کنترل نمی‌باشد و ولتاژ خروجی DC برای نیم موج و تمام موج سه فاز به صورت روابط (۵-۱) و (۵-۲) می‌باشد:

$$V_{dc} = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} V_{line(rms)} \quad (5-1)$$

$$V_{dc} = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} V_{line(rms)} \quad (5-2)$$

در بسیاری از فرآیندهای صنعتی مانند شارژ باتری، تنظیم دور موتورهای DC، آبکاری فلزات و ... احتیاج به توان الکتریکی DC وجود دارد. معمولاً توان الکتریکی در دسترس از نوع تک‌فاز و سه‌فاز AC می‌باشد. جهت تبدیل توان AC به DC از یکسو سازها^۴ استفاده می‌شود. در توان‌های بالاتر از ۱۵ کیلووات به طور معمول از یکسو سازهای سه فاز (یا شش فاز و بالاتر) جهت تبدیل توان الکتریکی استفاده می‌گردد. یک یکسو ساز به طور معمول از نیمه هادی‌های قدرت، عناصر راکتیو (سلف و خازن)، مدار فرمان (شامل کنترل و درایو) و اجزای محافظ تشکیل شده است.

در شکل ۴-۱ یکسو ساز غیر کنترل شونده سه پالسه و شش پالسه نشان داده شده است. در ادامه به بررسی عملکرد یکسو سازهای غیر کنترل شونده پرداخته شده است.



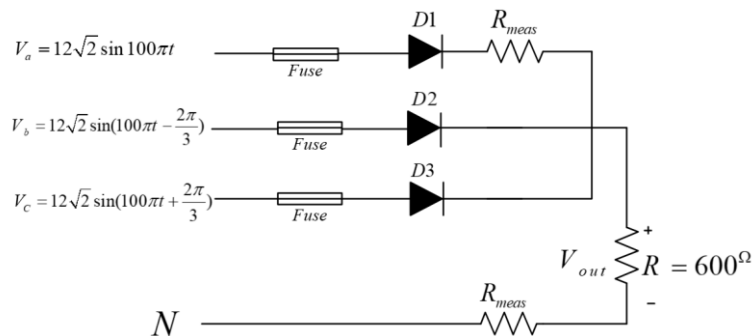
شکل ۴-۱ یکسو ساز سه فاز شش پالسه و سه پالسه دیودی

۴-۲ آزمایش و تحلیل

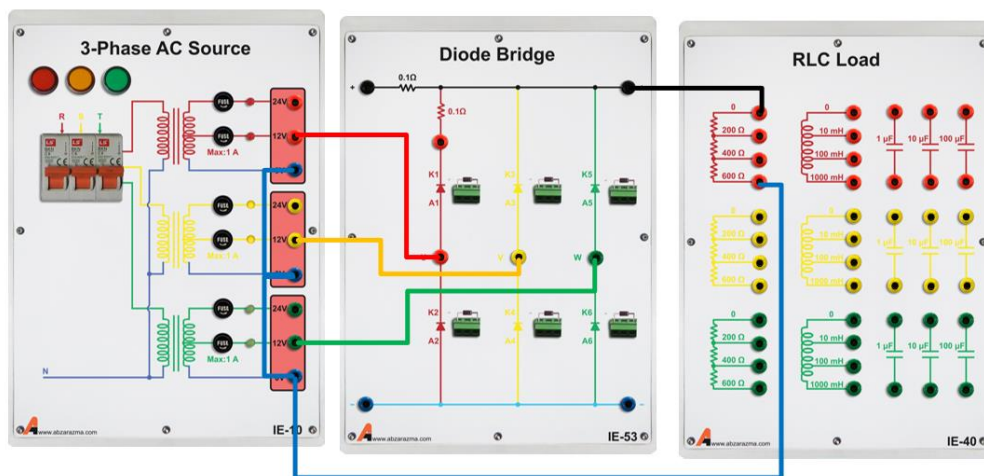
در این آزمایش یکسوسازهای سه‌فاز سه‌پالسه و شش‌پالسه دیودی بررسی می‌گردند. یکسوساز سه‌فاز تریستوری از لحاظ کنترلی در دسته تمام کنترل شونده‌ها قرار می‌گیرد، چرا که تمام عناصر نیمه‌هادی آن از نوع تریستور است. این یکسوساز در آزمایش شماره ۵ بررسی خواهد شد. در آزمایش فعلی به بررسی نحوه کارکرد یکسوسازهای سه‌فاز دیودی بررسی پرداخته خواهد شد.

۴-۲-۱ یکسوکندنه سه‌فاز نیم موج (سه‌پالسه)

مدار شکل ۵-۲، جهت بررسی یکسوساز سه‌پالسه سه‌فاز ارائه شده است. بار خروجی را متعادل مقدار آن را ۶۰۰ اهم در نظر بگیرید و مقدار موثر ولتاژ فاز ورودی ۱۲ ولت انتخاب شود. جهت راهنمایی شکل ۳-۴ نشان داده شده است. برای راه‌اندازی مدار آزمایش مطابق این شکل سیم‌بندی نمایید.



شکل ۴-۲ مدار یکسوکندنه سه‌فاز نیم موج



شکل ۴-۳ نحوه پیاده‌سازی یکسوساز نیم موج سه‌فاز

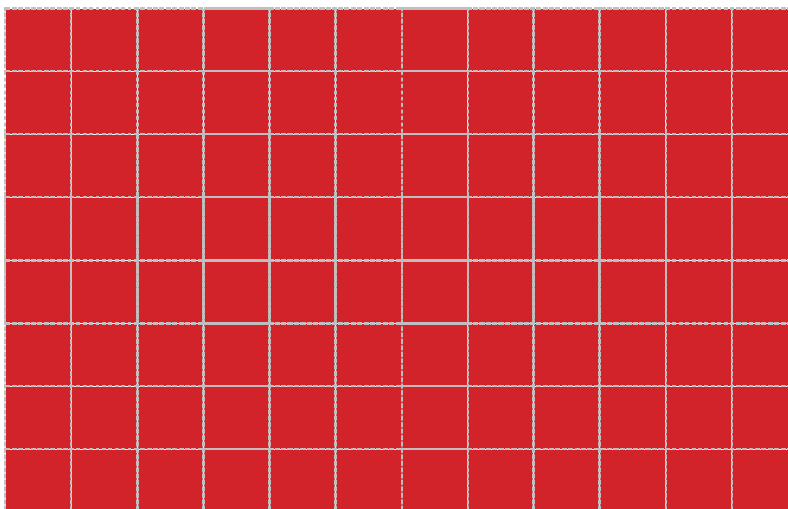
پس از راه‌اندازی مدار آزمایش نسبت به پاسخ‌گویی به سوالات زیر اقدام نمایید.

۱- جدول زیر را تکمیل نمایید

جدول ۴-۱ نتایج آزمایش یکسوساز سه‌فاز سه‌پالسه

					تئوری	عملی

۲- شکل موج ولتاژ خروجی و جریان دیود D1 را به طور همزمان مشاهده و در شکل ۴-۴ رسم کنید.



شکل ۴-۴ شکل موج ولتاژ خروجی

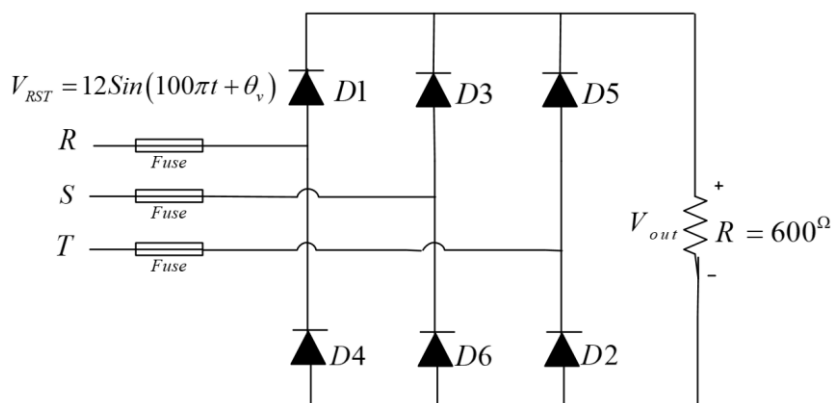
۳- متوسط جریان بار و جریان متوسط و مؤثر دیود D1 را به دست آورید.

۴- بار موتوری را جایگزین بار مقاومتی قرار دهید سپس زاویه هدایت و زمان روشن بودن دیودها را با حالت قبل مقایسه کنید؟

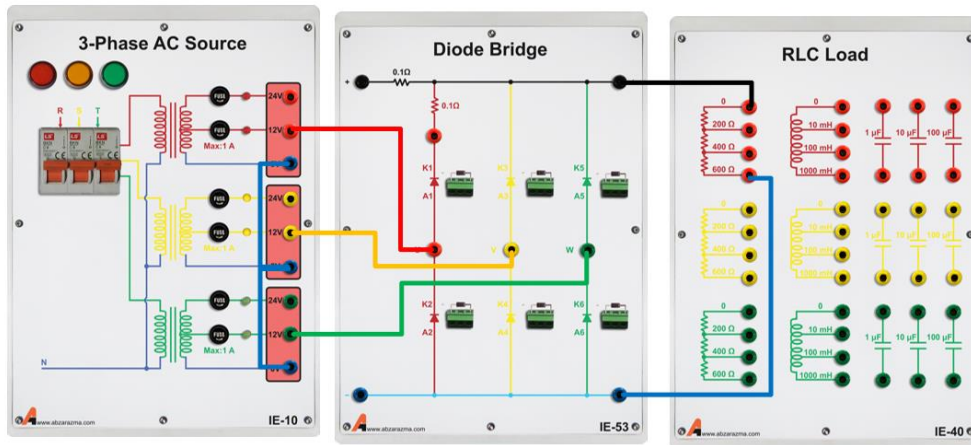
۵- به منظور بررسی تاثیر اندوکتانس منبع و فیلتر ورودی، سه سلف با مقادیر ۱۰ میلی هانری با منبع تغذیه سه فاز سری نمائید. با تغییر مقدار سلف ورودی، تاثیر آن را بر جریان ورودی بررسی کنید

۴-۲-۲ یکسوکننده پل سه فاز (شش پالسه)

متوسط ولتاژ خروجی در یکسوساز سه فاز ۶ پالسه، بزرگتر از مقدار متوسط ولتاژ در سایر یکسوسازهای مورد بررسی است. همچنین شکل موج ولتاژ خروجی دارای ریپل کمتری می‌باشد. مدار یکسوساز ۶ پالسه دیودی در شکل زیر نشان داده شده است.



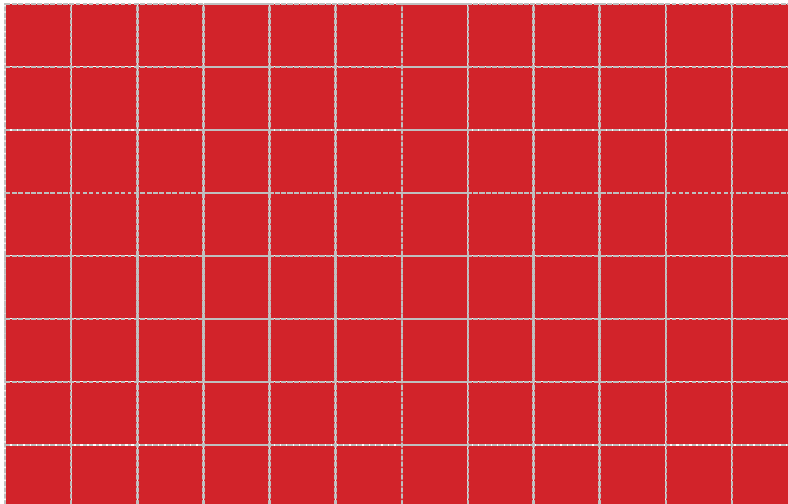
شکل ۴-۵ پل یکسوکننده سه فاز (شش پالسه)



شکل ۴-۶ نحوه پیاده‌سازی آزمایش یکسوساز سه‌فاز ۶ پالسه

برای پیاده‌سازی مدار آزمایش می‌توانید مطابق شکل ۴-۶ عمل نمایید. پس از پیاده‌سازی آزمایش به موارد زیر پاسخ دهید.

۱- شکل موج ولتاژ خروجی و جریان دیود D1 را به طور همزمان مشاهده و در شکل ۴-۷ رسم کنید.



شکل ۴-۷ شکل موج ولتاژ خروجی

۲- جدول زیر را تکمیل نمایید

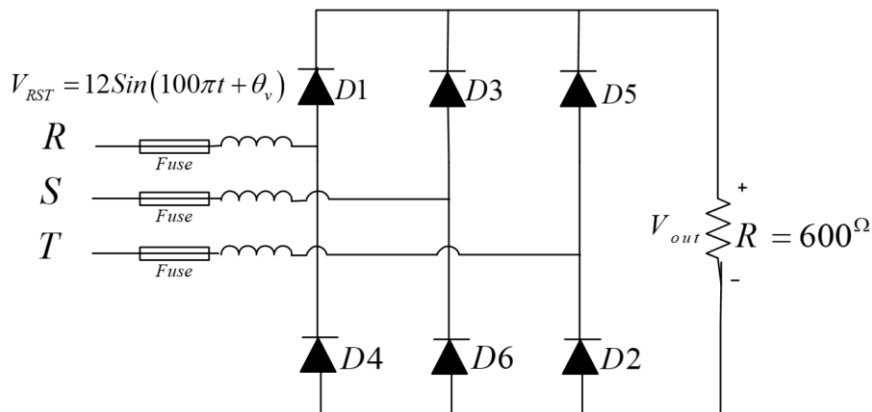
جدول ۴-۲ نتایج آزمایش یکسوساز سه فاز ۶ پالسه

					تئوری	عملی

۳- متوسط جریان بار و جریان متوسط و مؤثر دیود D1 را به دست آورید.

۴- بار موتوری را جایگزین بار مقاومتی قرار دهید سپس زاویه هدایت و زمان روشن بودن دیودها را با حالت قبل مقایسه کنید؟

۵- جهت تحقیق تاثیر اندوکتانس منبع و فیلتر ورودی، سه سلف با مقادیر ۱۰ میلی هانری با منبع تغذیه سه فاز سری نمائید. شکل ۴-۸ بدین منظور ارائه گردیده است. شکل موج ولتاژ خروجی و جریان ورودی را با حالت بدون اندوکتانس منبع مشاهده و شکل موج‌ها را با هم مقایسه نمائید.



شکل ۴-۸ یکسوساز شش پالسه دیودی با سلف نشتی

۴-۳ سوالات آزمایش

زاویه خاموشی دیودها را محاسبه نمائید.

رابطه ولتاژ خروجی یکسوساز سه پالسه دیودی را به دست آورید.

در توان‌های بالا کاربرد یکسوساز شش پالسه بر سه پالسه ارجحیت دارد. علت را بیان نمائید.

۵ مبدل‌های AC به DC سه فاز تمام کنترل شونده

۵-۱ مقدمه

در این آزمایش یکسوسازهای سه‌فاز نیم موج و تمام موج تریستوری بررسی می‌گردد. برای کاربردهایی که به ولتاژ DC متغیر نیاز است مثل کنترل دور موتور DC، این یکسوسازها مورد استفاده قرار می‌گیرند. در کاربردهای توان بالا استفاده از نوع تکفاز مردود می‌باشد و تنها از نوع سه فاز استفاده می‌گردد. رابطه بین دامنه ولتاژ DC خروجی و ولتاژ AC ورودی و زاویه آتش تریستورها برای نوع نیم موج و تمام موج به ترتیب در روابط (۶-۱) و (۶-۲) بیان شده است.

$$V_{dc} = \frac{3\sqrt{3}}{2\pi} V_{line(max)} \cos \alpha \quad (6-1)$$

$$V_{dc} = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} V_{line(max)} \cos \alpha \quad (6-2)$$

۵-۲ شرح آزمایش

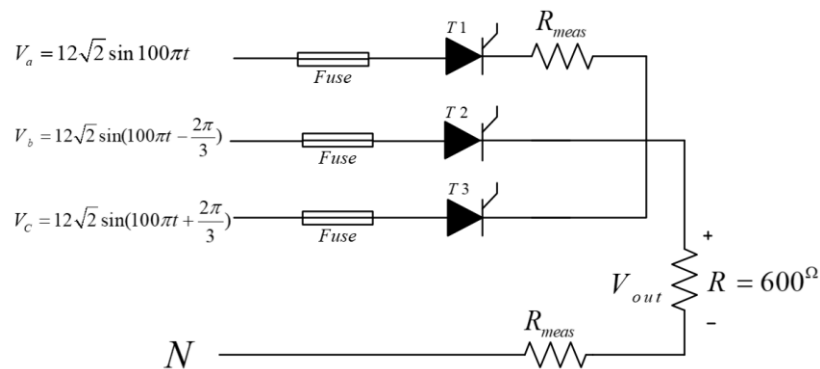
در این آزمایش به بررسی یکسوسازهای سه فاز کنترل شونده پرداخته خواهد شد. در ابتدا یکسوساز سه فاز ۳ پالسه تریستوری مورد آزمایش واقع می‌شود و پس از آن یکسوکندنه ۶ پالسه تریستوری بررسی خواهد شد.

۵-۲-۱ یکسوکندنه سه‌فاز ۳ پالسه کنترل شونده

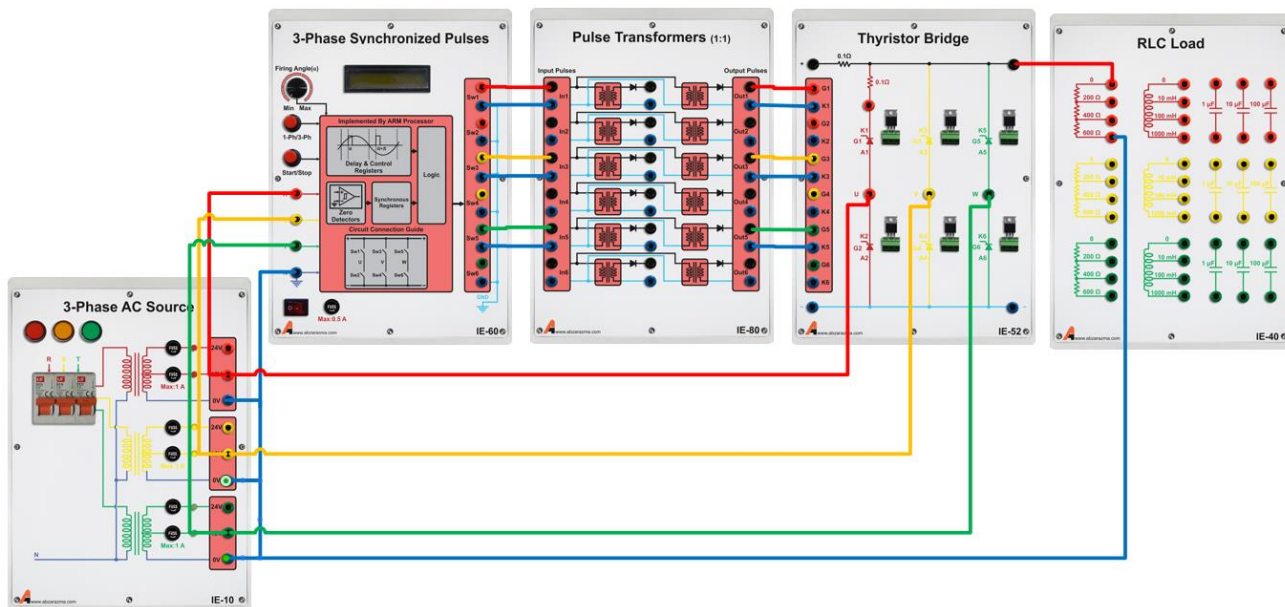
در شکل ۵-۱ مدار یکسوکندنه سه‌فاز ۳ پالسه با کمک کلیدهای نیم‌هادی کنترل شونده نشان داده شده است. برای پیاده‌سازی مدار آزمایش مطابق ساختار پیشنهادی در شکل ۵-۲ عمل نمایید.

همانطور که در این شکل ملاحظه می‌شود، ماژول 3-phase synchronized pulses وظیفه اعمال فرمان آتش در زاویه مناسب را به تریستورها بر عهده دارد. دقت شود که ماژول روی حالت ۳ فاز تنظیم شود. برای این منظور کلید مربوطه را بر روی ماژول فشار دهید تا حالت آن بر روی LCD از تکفاز به سه فاز تغییر کند. با توجه به اینکه فرمان آتش در فازهای S و T با اختلاف فاز ۱۲۰ درجه نسبت به فاز اول ایجاد می‌گردد لذا فرمان تریستور T1 از خروجی SW1 و فرمان تریستورهای T2 و T3 به ترتیب از خروجی‌های SW3 و SW5 گرفته می‌شود.

در صورتی که بار مقاومتی خالص باشد زاویه آتش مقداری بین صفر تا ۱۲۰ را درجه می‌تواند اختیار کند. از این یکسوساز می‌توان جهت کنترل سرعت موتور DC و یا تنظیم ولتاژ تحریک در ژنراتورهای سنکرون استفاده نمود. تنظیم ولتاژ تحریک در ژنراتورهای سنکرون می‌تواند به کنترل توان راکتیو تزریقی به شبکه کمک کند.



شکل ۵-۱ یکسوکندنه نیم موج سه فاز



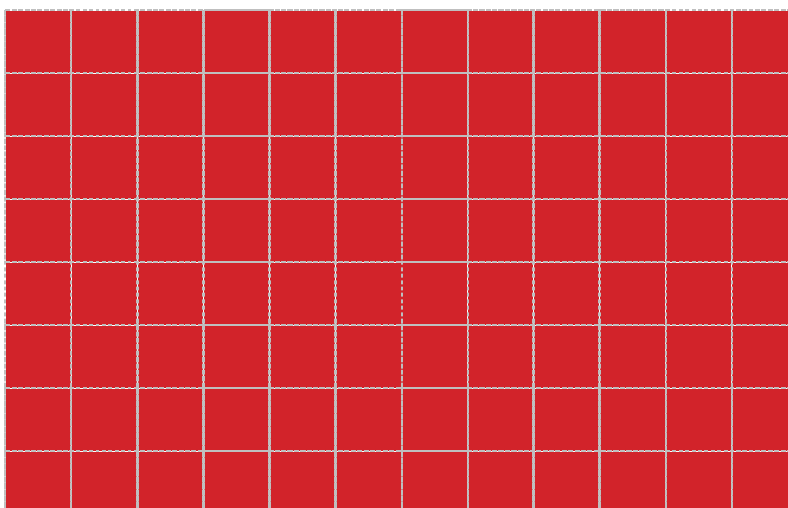
شکل ۲-۵ ساختار پیشنهادی جهت پیاده‌سازی آزمایش یکسوکننده سه فاز ۳ پالس تریستوری

برای راه‌اندازی مدار آزمایش، ابتدا تغذیه سه فاز را روشن کنید و در نهایت با فشردن کلید Run فرمان‌های آتش در زاویه مشخص شده تولید و از طریق ترانس پالس به گیت تریستورها اعمال خواهند شد.

نکته: گاهی ممکن است به دلیل اتصال ضعیف و یا معیوب بودن تریستور در خروجی به شکل مطلوب دست پیدا نکنیم. در این صورت بایستی عیب‌یابی شود. برای آنکه متوجه شوید کدام یک از تریستورها روشن نمی‌شود ولتاژ گیت - کاتد را با اسیلوسکوپ مشاهده نمایید. تریستور در بازه‌ای که روشن است ولتاژ گیت - کاتد آن حدود ۲ تا ۴ ولت ثابت می‌باشد.

پس از راه‌اندازی مدار آزمایش نسبت به پاسخگویی به موارد زیر اقدام نمایید.

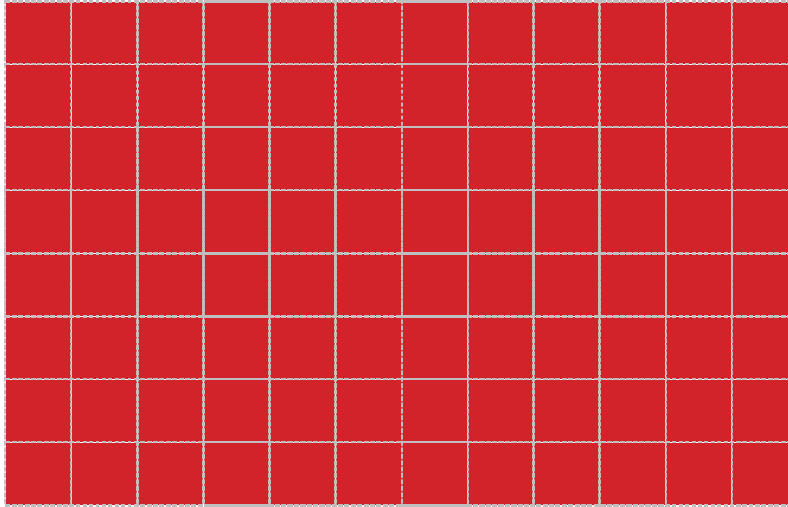
۱- زاویه آتش را صفر درجه تنظیم کنید و شکل موج ولتاژ بار را روی اسیلوسکوپ مشاهده و در شکل ۳-۵ رسم کنید.



شکل ۳-۵ شکل موج ولتاژ خروجی

۲- نقاط کموتاسیون طبیعی این مدار را مشخص کنید.

۳- زاویه آتش را 18° تنظیم نمایید آنگاه شکل موج ولتاژ و جریان بار را روی اسیلوسکوپ مشاهده و در شکل ۵-۴ رسم کنید.



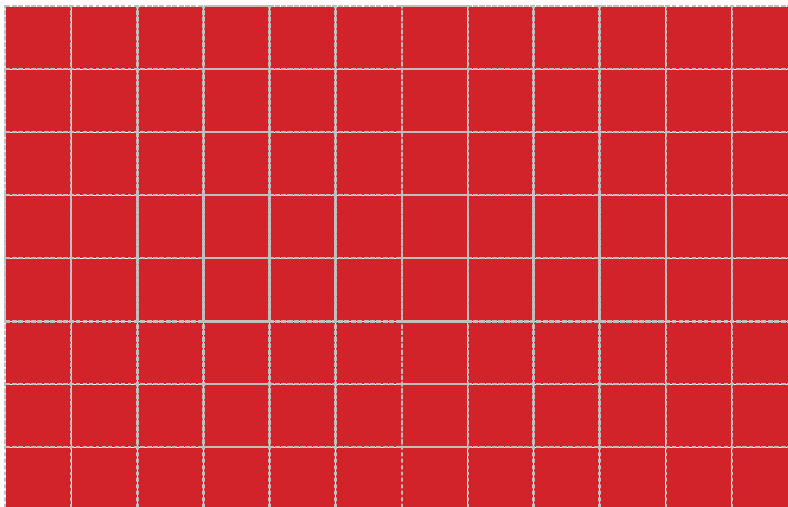
شکل ۵-۴ شکل موج ولتاژ خروجی و جریان بار در زاویه آتش 18° درجه

۴- جدول زیر را تکمیل نمایید. به ازای زاویه آتش صفر درجه، فاکتور ریپل را محاسبه کنید؟

جدول ۵-۱ نتایج آزمایش یکسوساز سه فاز سه پالسسه تریستوری

	تئوری					
	عملی					

۵- مقاومت $100\ \Omega$ اهم را با سلف $100\ \text{mH}$ میلی هانری سری نموده و جایگزین بار $600\ \Omega$ اهم قرار دهید در این بار مختلط، شکل موج ولتاژ خروجی را به ازای 130° درجه مشاهده و در شکل ۵-۵ رسم نمایید.



شکل ۵-۵ شکل موج ولتاژ خروجی در زاویه آتش 130° درجه

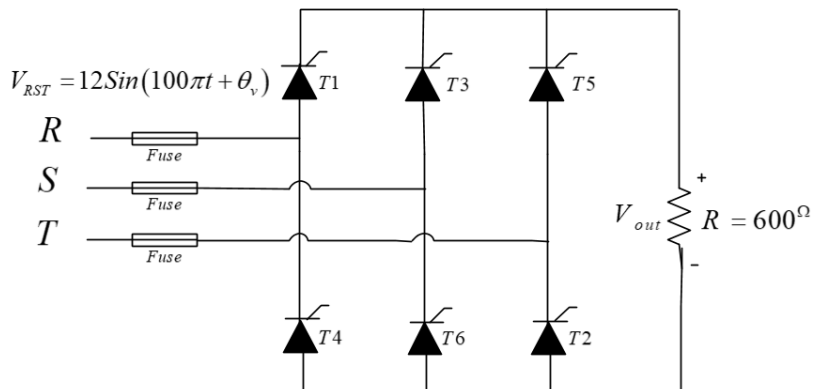
۵-۲-۲ پل یکسوکننده سه فاز ۶ پالسه دارای تریستور

این نوع یکسوساز از لحاظ فاکتور رپیل و متوسط ولتاژ خروجی نسبت به یکسوساز ۳ پالسه ارجعیت دارد. مدار این یکسوساز در شکل ۵-۶ نشان داده شده است و در شکل ۵-۷ ساختار پیشنهادی جهت انجام آزمایش آورده شده است.

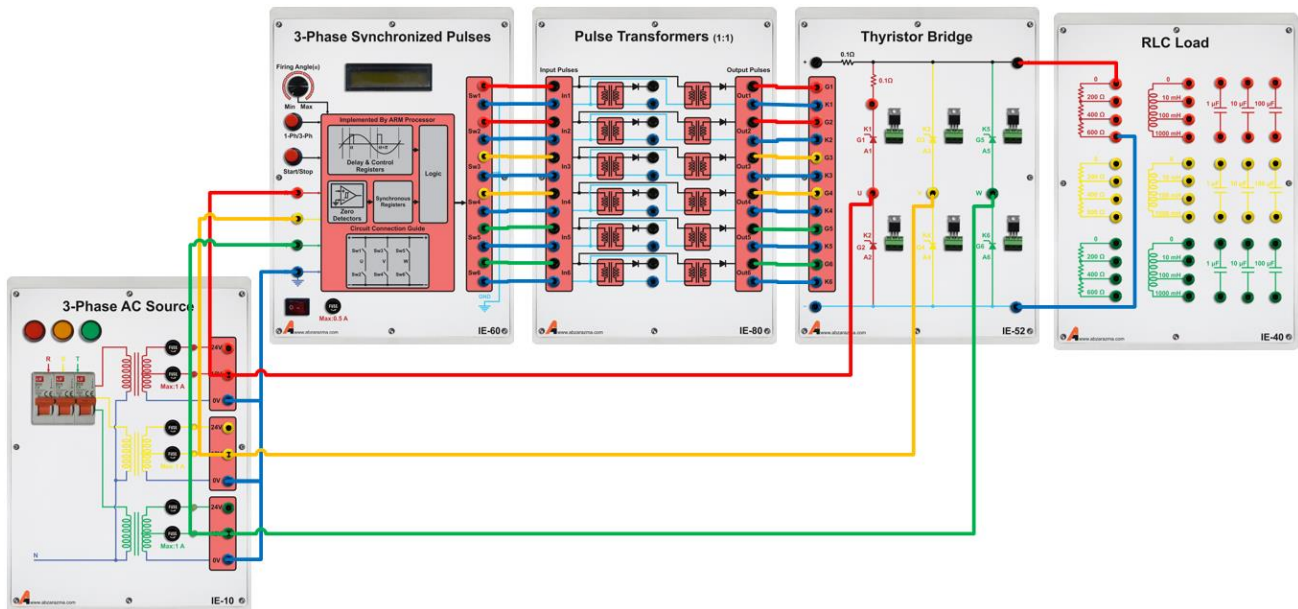
تمامی تنظیمات ماژول مولد پالس سنکرون مشابه حالت قبل آزمایش است. یعنی باید روی حالت سه فاز تنظیم شده باشد و تغذیه سه فاز ورودی به ماژول متصل شده باشد. با فشردن دکمه run فرمان آتش سه فاز از طریق ترانس پالس به گیت - کاند ترپستور اعمال خواهد شد.

برای راه اندازی مدار نیز مشابه حالت قبل ابتدا تغذیه سه فاز را روشن کنید و سپس دکمه run را فشار دهید.

در بار اهمی خالص حداکثر زاویه آتش ۶۰ درجه می‌تواند باشد اما در بار مختلط امکان افزایش زاویه از این مقدار نیز وجود دارد.



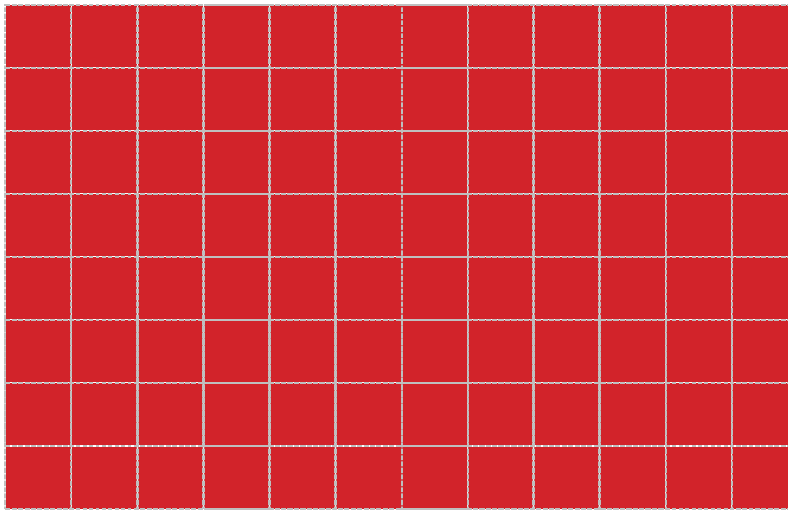
شکل ۵-۶ پل یکسوکننده سه فاز تمام کنترل شونده



شکل ۵-۷ نحوه اتصال ماژول‌های مورد نیاز برای انجام آزمایش یکسوساز ۶ پالسه کنترل شونده

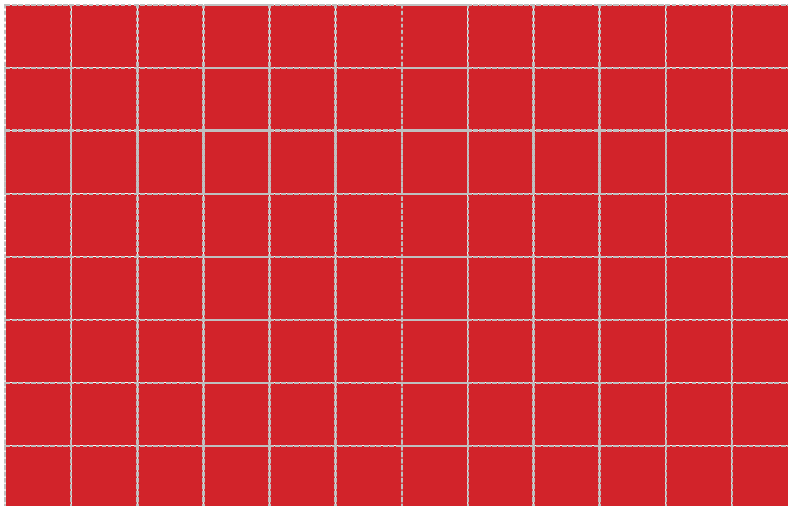
پس از راه‌اندازی مدار آزمایش نسبت به پاسخگویی به موارد زیر اقدام نمایید.

۱- زاویه آتش را ۱۰ درجه تنظیم کنید و شکل موج ولتاژ بار را روی اسیلوسکوپ مشاهده و در شکل ۵-۸ رسم کنید.



شکل ۵-۸ شکل موج ولتاژ خروجی در زاویه آتش ۱۰ درجه

۲- زاویه آتش را ۲۵^o تنظیم نمایید آنگاه شکل موج ولتاژ بار را روی اسیلوسکوپ مشاهده و در شکل ۵-۹ رسم کنید.



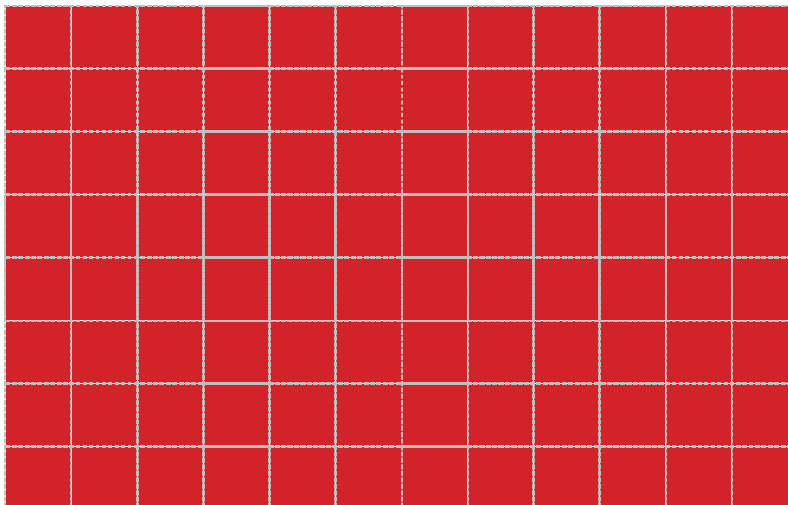
شکل ۵-۹ شکل موج ولتاژ خروجی و جریان بار در زاویه آتش ۲۵ درجه

۳- جدول زیر را تکمیل نمایید. به ازای زاویه آتش صفر درجه، فاکتور ریپل را محاسبه کنید؟

جدول ۵-۲ نتایج آزمایش یکسوساز سه فاز سه پالسسه تریستوری

					تئوری	
					عملی	

۴- مقاومت ۱۰۰ اهم را با سلف ۱۰۰ میلی هانری سری نموده و جایگزین بار ۶۰۰ اهم قرار دهید در این بار مختلط، شکل موج ولتاژ خروجی را به ازای ۷۵ درجه مشاهده و در شکل ۱۰-۵ رسم نمایید.



شکل ۱۰-۵ شکل موج ولتاژ خروجی در زاویه آتش ۷۵ درجه

۵- بار موتوری را جایگزین بار سلفی مقاومتی کنید و اثر تغییر زاویه آتش را بر روی موتور بررسی نمایید.

۵-۳ سوالات آزمایش

- ۱- جریان ورودی یکسوسازهای ذکر شده برای ترانسفورماتورهای شبکه مشکلی به همراه دارند؟
- ۲- در چه محدوده‌ای از زاویه آتش، شکل موج ولتاژ برای بار اهمی خالص و بار مختلط یکسان است؟
- ۳- در مورد شرایط تغییر از حالت جریان پیوسته (CCM) به جریان گسسته (DCM) توضیح دهید.

۶ مبدل‌های AC/AC تک‌فاز

۶-۱ مقدمه

برشگرهای AC جهت کنترل توان بارهای AC کاربرد دارند. با تغییر زاویه آتش ولتاژ موثر دو سر بار کنترل می‌گردد.

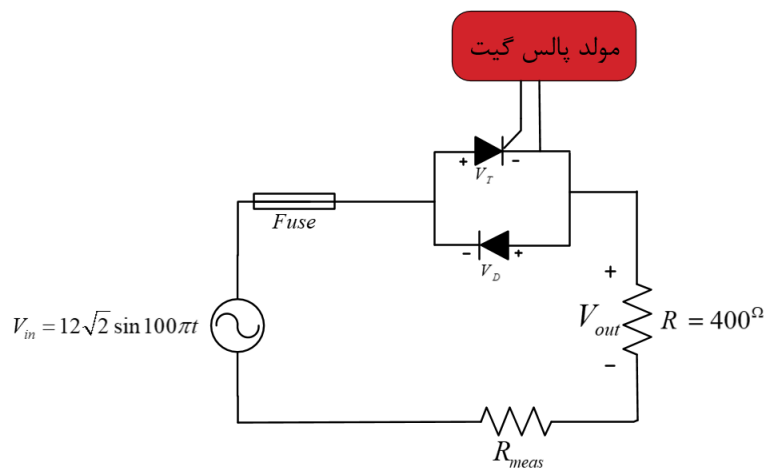
این برشگرها بسته به نوع کلیدهای نیم‌هادی که دارند به دو نوع نیم کنترل شونده و تمام کنترل شونده تقسیم‌بندی می‌شوند. در نوع نیم کنترل شونده از یک تریستور جهت کنترل هدایت جریان در نیم سیکل مثبت ولتاژ ورودی استفاده می‌گردد و در نوع تمام کنترل شونده از دو عدد تریستور که به صورت موازی معکوس قرار گرفته‌اند؛ جهت کنترل هدایت جریان در نیم‌سیکل‌های مثبت و منفی استفاده می‌شود.

۶-۲ آزمایش و تحلیل

در این آزمایش برشگرهای AC تک‌فاز اعم از نیم کنترل شونده و تمام کنترل شونده مورد بررسی قرار می‌گیرند و نحوه عملکرد آنها مورد مطالعه واقع خواهد شد.

۶-۲-۱ برشگر AC تک‌فاز نیمه کنترل شده

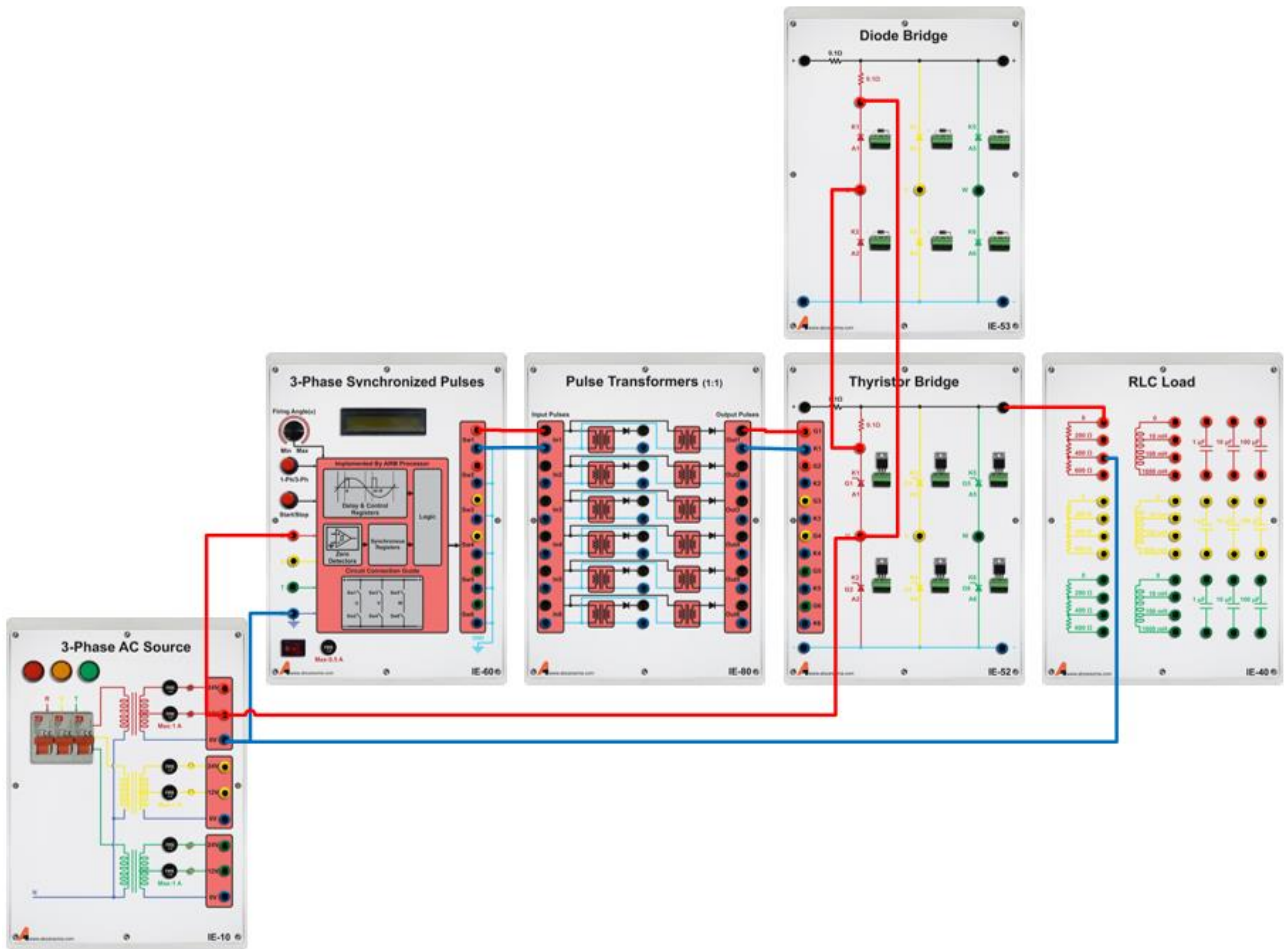
مدار نشان داده شده در شکل ۶-۱، یک برشگر AC تک‌فاز نیمه کنترل شونده را نشان می‌دهد. به کمک این مدار تنها می‌توان هدایت جریان در نیم سیکل مثبت را کنترل نمود و در نیم سیکل منفی ولتاژ ورودی، دیود موازی شده با تریستور روشن خواهد شد و ولتاژ بار برابر ولتاژ ولتاژ ورودی خواهد شد. برای اعمال پالس آتش به گیت تریستور از ماژول 3-phase synchronized pulses استفاده نمایید و آن را بر روی حالت تک‌فاز قرار دهید. پالس خروجی این ماژول را به واسطه ترانس پالس به گیت - کاتد تریستور متصل نمایید.



شکل ۶-۱ برشگر تک‌فاز نیمه کنترل شونده

برای پیاده‌سازی مدار آزمایش مطابق شکل ۶-۲ عمل کنید. برای آنکه پالسهای خروجی ماژول فرمان تریستوری با ولتاژ ورودی سنکرون باشد، بایستی از تغذیه ورودی به ماژول 3-phase synchronized pulses جهت نمونه برداری و سنکرون‌سازی متصل شود.

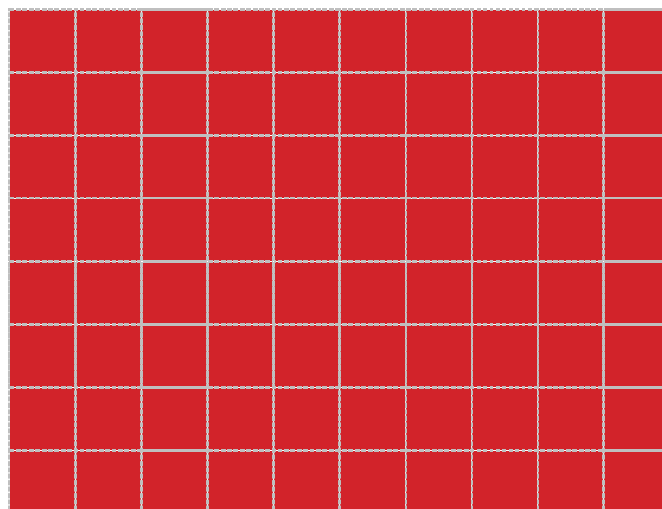
پس از روشن نمودن ماژول تغذیه سه‌فاز، کلید Run را فشار دهید تا فرمان آتش در زاویه مناسب به تریستور اعمال گردد.



شکل ۶-۲ ساختار پیشنهادی جهت پیاده‌سازی مدار برشگر AC تکفاز نیمه کنترل‌شونده

پس از راه‌اندازی مدار آزمایش نسبت تکمیل موارد زیر اقدام نمایید

- ۱- زاویه آتش را بر روی ۹۰ درجه تنظیم نمایید و شکل موج ولتاژ بار را به طور همزمان با جریان کلیدهای نیم‌هادی در شکل ۶-۳ رسم نمایید.



شکل ۶-۳ شکل موج ولتاژ بار همزمان با جریان کلیدهای نیم‌هادی

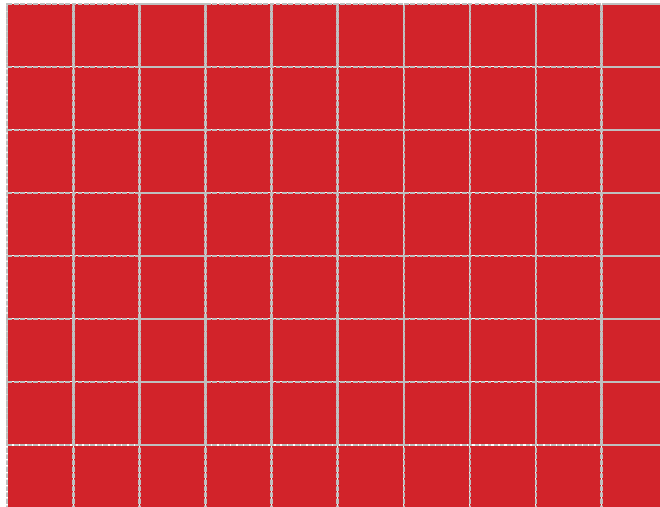
۲- در حالت بار اهمی خالص رابطه مؤثر ولتاژ خروجی را بر حسب زاویه آتش بدست آورید و سپس جدول زیر را تکمیل نمایید.

جدول ۶-۱ نتایج آزمایش برشگر ac تکفاز نیمه کنترل شونده

						تئوری	
						عملی	
						تئوری	
						عملی	
						تئوری	
						عملی	

۳- آیا رابطه‌ای میان جریان مؤثر دیود و تریستور و بار وجود دارد؟

۴- سلف ۱۰۰ میلی هانری سری با بار ۴۰۰ اهم قرار دهید و شکل موج ولتاژ خروجی را بر حسب زاویه آتش رسم کنید



شکل ۶-۴ شکل موج ولتاژ بار در حضور بار سلفی - مقاومتی

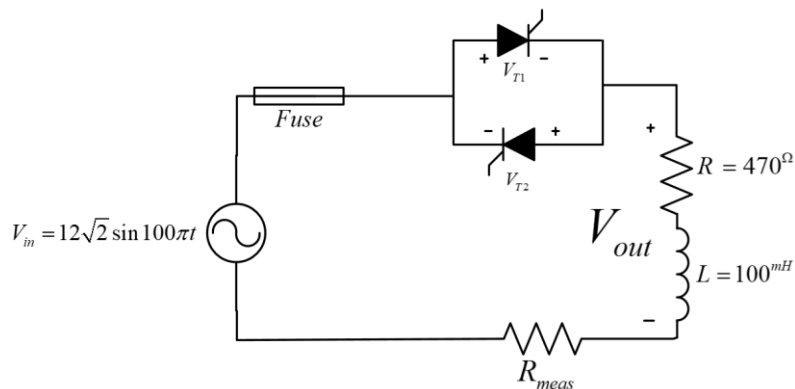
۵- محدوده تغییرات زاویه آتش را بدست آورید

۶-۲-۲ برشگر AC تک‌فاز تمام کنترل شده

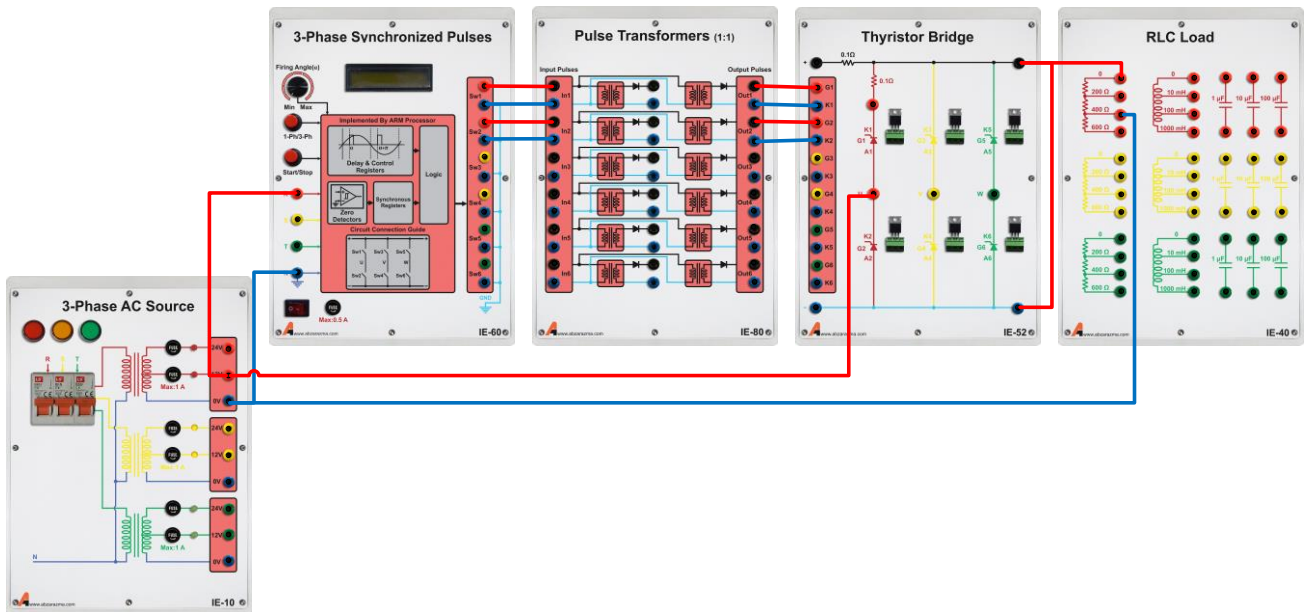
برشگر AC تمام کنترل شونده دارای دو SCR است که به صورت موازی معکوس به یکدیگر متصل شده‌اند. در شکل ۵-۶ مدار این برشگر نشان داده شده است. تریستور T1 وظیفه کنترل هدایت جریان را در نیم سیکل مثبت ورودی بر عهده دارد و تریستور T2، هدایت جریان در نیم سیکل منفی ورودی را کنترل می‌کند.

در شکل ۶-۶ مدل پیشنهادی جهت پیاده‌سازی مدار این آزمایش نشان داده شده است. پالس‌های فرمان، از دو خروجی با اختلاف فاز ۱۸۰ درجه که سنکرون با فاز ورودی می‌باشند، گرفته می‌شوند. این پالس‌ها از طریق ترانس پالس به گیت - کاتد تریستور اعمال خواهد شد.

دقت کنید که ماژول مولد پالس سنکرون بر روی حالت تک‌فاز تنظیم شده باشد. برای راه‌اندازی مدار ابتدا تغذیه سه فاز ورودی را روشن کنید و پس از آن دکمه Run را فشار دهید.



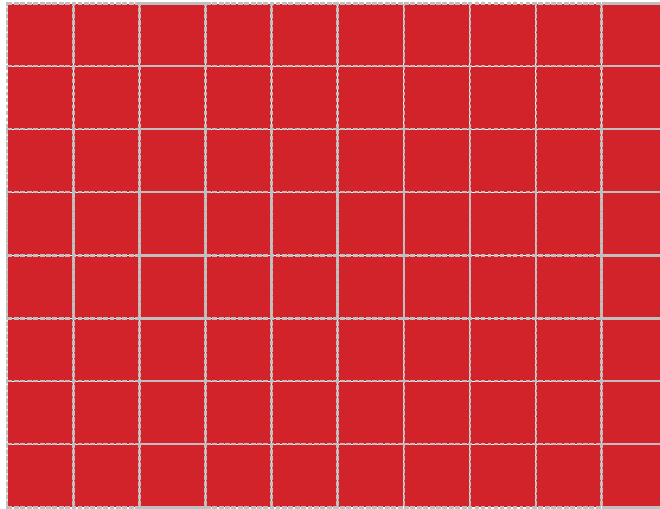
شکل ۵-۶ برشگر تک‌فاز تمام کنترل شونده



شکل ۶-۶ مدل پیشنهادی جهت پیاده‌سازی برشگر AC تک‌فاز کنترل شونده

پس از راه‌اندازی مدار آزمایش نسبت به پاسخ‌گویی به موارد زیر اقدام نمایید.

۱- زاویه آتش را بر روی ۴۵ درجه تنظیم نمایید و شکل موج ولتاژ بار را در شکل ۶-۷ رسم نمایید.



شکل ۶-۷ شکل موج ولتاژ بار

۲- در حالت بار سلفی مقاومتی رابطه مؤثر ولتاژ خروجی را بر حسب زاویه آتش α و زاویه خاموشی β بدست آورید و سپس جدول زیر را تکمیل نمایید.

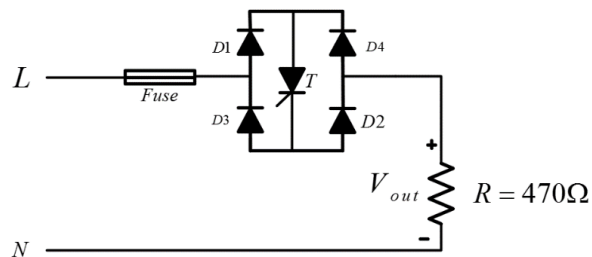
جدول ۶-۲ نتایج آزمایش برشگر ac تکفاز نیمه کنترل شونده

								تئوری	
								عملی	

۳- آیا رابطه‌ای میان جریان مؤثر تریستورها و بار وجود دارد؟

۳-۲-۶ سوالات آزمایش

۱- مدار مبدل شکل ۶-۸ را بررسی کرده و عملکرد آن را شرح دهید؟

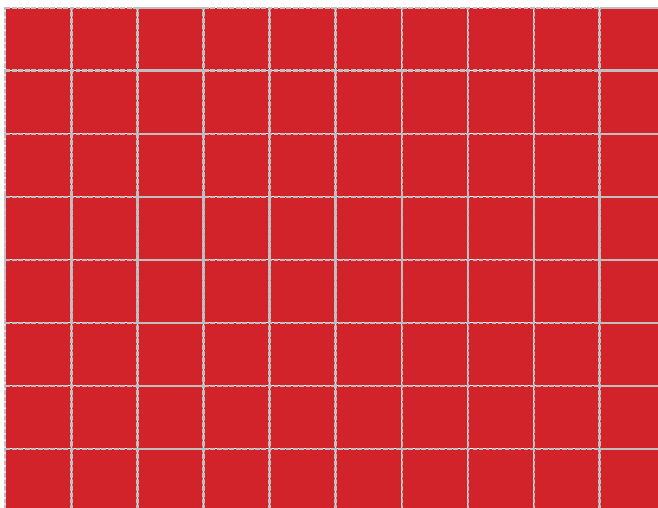


شکل ۶-۸ ساختار مبدل مورد پرسش

۲- عملکرد مدار شکل ۶-۵ را با مدار شکل ۶-۸ مقایسه کنید، این مقایسه می‌بایست شامل مسائل فنی و مهندسی و نیز اقتصادی باشد؟

۳- مدار کنترل هر کدام از برشگرهای مورد مطالعه را توضیح و تفاوت آن‌ها را بیان دارید .

۴- شکل موج ولتاژ و جریان بار مبدل شکل ۶-۸ را رسم نمایید .



شکل ۶-۹ شکل موج ولتاژ و جریان بار در مبدل مورد پرسش

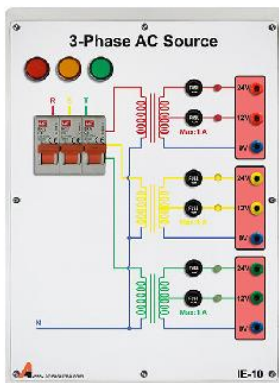
پیوست شماره یک

مشخصات ماژول‌های آموزنده الکترونیک صنعتی

منبع ولتاژ AC قابلیت تولید دو سطح ولتاژ 12 و 24V را دارا می باشد. تمام خروجی ها به وسیله فیوز حفاظت شده اند تا از اضافه بار کلید ها و ترانسفورماتورها جلوگیری شود.

مشخصات:

- ولتاژ ورودی: 380V
- ولتاژ فاز خروجی: 12-24 V
- 6 عدد LED جهت نمایش وضعیت خروجی ها
- جریان خروجی: حداکثر 2A



IE - 10

3Phase AC Source-

این ماژول جهت تنظیم ولتاژ DC متغیر مورد استفاده قرار می گیرد.

مشخصات:

- دو خروجی 0 تا 35V ، 1A
- خط حذف گردید
- نمایشگر چهار رقمی



IE - 20

DC Exciter

از این دستگاه برای اندازه گیری ولتاژ و جریان تکفاز و DC، مقاومت، فرکانس و ... استفاده می شود.



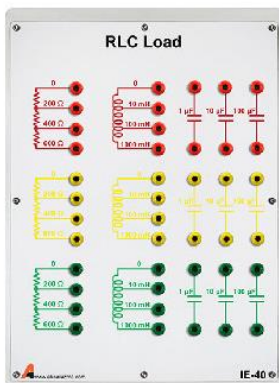
IE - 31

Multimeter

شامل بارهای مختلف و در مقادیر مختلف می باشد.

مشخصات:

- بار مقاومتی با مقادیر 1k Ω ، 220 Ω ، 470 Ω
- بار سلفی با مقادیر 10mH، 1mH و 100mH
- بار خازن AC با مقادیر 100uF، 1uF، 10uF

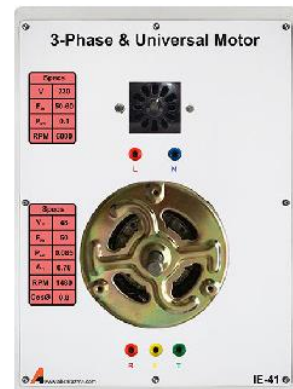


IE - 40

RLC Load

این ماژول شامل یک موتور الکتریکی سه فاز و یک موتور یونیورسال می باشد.
مشخصات:

- موتور سه فاز: ولتاژ خط 48V، جریان کاری 5A/1
- موتور یونیورسال: ولتاژ 48V، جریان کاری 5A/1
- اتصالات به صورت فیشی و در سه رنگ مختلف

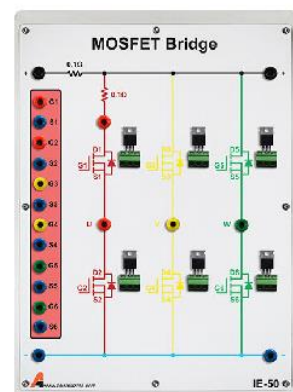


Phase & Universal Motor – 3

IE – 41

این ماژول جهت پیاده سازی پل سه فاز مبتنی بر Mosfet استفاده می گردد.
مشخصات:

- مدار قدرت پل سه فاز مبتنی بر ماسفت IRF450 با قابلیت تعویض
- امکان اعمال 6 عدد فرمان گیت- سورس
- امکان اندازه گیری ولتاژ و جریان کلید نیمه هادی
- امکان اندازه گیری ولتاژ و جریان باس DC
- سیم بندی و پیکربندی ساده آرایش های مبدل های توان

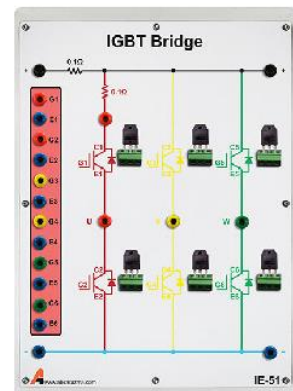


Mosfet Bridge

IE – 50

از پیکربندی پل سه فاز می توان برای پیاده سازی برشگر AC سه فاز استفاده نمود.
مشخصات:

- مدار قدرت پل سه فاز مبتنی بر IGBT Gh20n50 با قابلیت تعویض
- امکان اعمال 6 عدد فرمان گیت- سورس
- امکان اندازه گیری ولتاژ و جریان کلید نیمه هادی
- امکان اندازه گیری ولتاژ و جریان باس DC
- سیم بندی و پیکربندی ساده آرایش های مبدل های توان
- امکان اندازه گیری ولتاژ و جریان کلید نیمه هادی

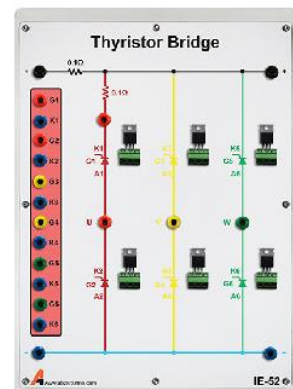


IGBT Bridge

IE – 51

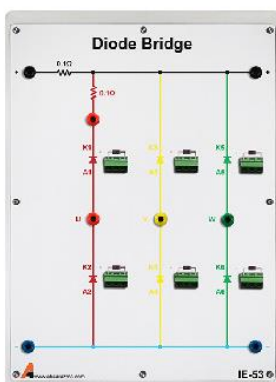
از پیکربندی پل سه فاز می توان برای پیاده سازی برشگر AC سه فاز استفاده نمود.
مشخصات:

- مدار قدرت پل سه فاز مبتنی بر تریستور BT151 با قابلیت تعویض
- امکان اندازه گیری ولتاژ و جریان کلید نیمه هادی
- امکان اندازه گیری ولتاژ و جریان باس DC
- سیم بندی و پیکربندی ساده آرایش های مبدل های توان



Thyristor Bridge

IE – 52



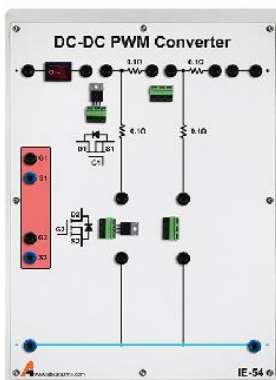
از پیکربندی پل سه‌فاز می‌توان برای پیاده‌سازی یکسوساز سه‌فاز کنترل شده و نشده استفاده نمود.

مشخصات:

- مدارهای قدرت پل سه‌فاز دیودی BY299 با قابلیت تعویض
- امکان اندازه‌گیری ولتاژ و جریان کلید نیمه هادی
- امکان اندازه‌گیری ولتاژ و جریان باس DC
- سیم‌بندی و پیکربندی ساده آرایش‌های مبدل‌های توان

IE - 53

Diode Bridge



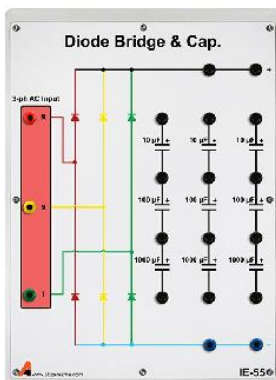
مبدل‌های PWM برای تبدیل سطوح مختلف ولتاژهای DC به یکدیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند. امکان پیاده‌سازی مبدل DC/DC با دو یا چهار المان ذخیره‌کننده انرژی مثل باک، بوست، باک-بوست، چوک، سپیک و زی‌تا وجود دارد.

مشخصات:

- ولتاژ کاری 0 تا 200V
- امکان اندازه‌گیری ولتاژ و جریان عناصر مدار
- جریان کاری 0 تا 8A
- امکان نصب راحت المان‌ها

IE - 54

DC-DC PWM Converter



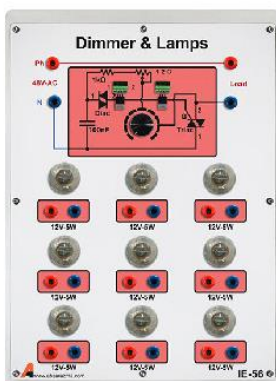
یکسوساز سه‌فاز دیودی یک مبدل AC/DC غیر قابل کنترل است که به کاربران امکان درک اصول تبدیل AC به DC را می‌دهد.

مشخصات:

- ولتاژ ورودی: 20-48 V AC
- ولتاژ خروجی: 25-115 V DC
- جریان ورودی: 2 A
- جریان خروجی: 2A
- حفاظت جریان هجومی توسط 500 Ω NTC

IE - 55

Diode Bridge & CAP



دیمرها به منظور کنترل روشنایی لامپ‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. دیمرهای مدرن بر مبنای ساختار برشگرهای کنترل شده با کلیدهای الکترونیک قدرت ساخته می‌شوند.

مشخصات:

- ولتاژ ورودی: 48 V
- ولتاژ خروجی: صفر تا 48 V
- 9 عدد لامپ 12 V

IE - 56

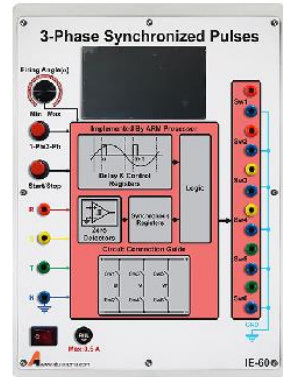
Dimmer & Lamps

این ماژول جهت تولید پالس های سه فاز برای برشگرهای AC و یکسوکننده‌های کنترل شونده مورد استفاده قرار می‌گیرد و به صورت دستی و کامپیوتری قابل تنظیم می‌باشد.
مشخصات:

- فرکانس خروجی برابر با فرکانس ورودی
- جریان خروجی حداکثر 50 mA
- تولید پالس های سه فاز با اختلاف زاویه 120 درجه
- زاویه آتش از 0 تا 180 درجه
- قابلیت انتخاب بین تولید پالس سه فاز و تکفاز
- کانکتور USB

3Phase Synchronized Pulses-

IE - 60

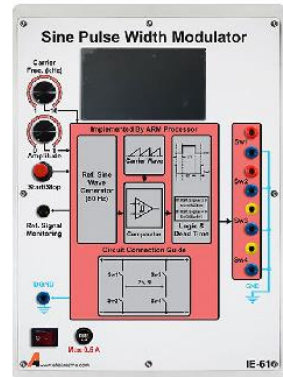


مدولاتور پهنای پالس سینوسی (SPWM) سیگنال های PWM را با مقایسه دو سیگنال سینوسی و رمپ تولید می نماید. دو خروجی مکمل یکدیگر هستند و برای اطمینان از کلیدزنی ایمن، بین پالس های کلید بالا و پایین زمان مرده در نظر گرفته شده است.
مشخصات:

- فرکانس موج حامل 1-20 kHz
- امکان تغییر دامنه سیگنال مرجع
- فرکانس موج سینوسی 50 Hz

Sine Pulse Width Modulator

IE - 61

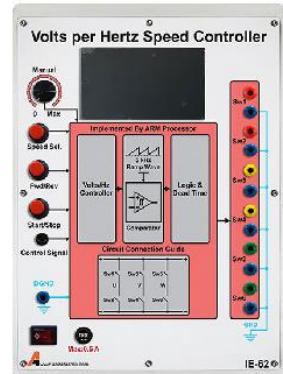


این ماژول فرمان های مدار اینورتر سه فاز را برای کنترل دور موتور سه فاز فراهم می کند.
مشخصات:

- فرکانس موج سینوسی 1-50 Hz
- فرکانس موج حامل 1-20 kHz
- قابلیت تنظیم سرعت و جهت دوران موتورالکتريکی

Volts Per Hertz Speed Controller

IE - 62

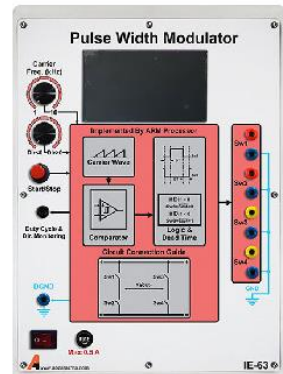


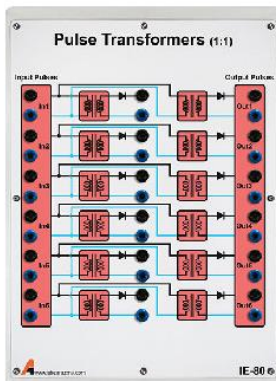
پالس های کلیدزنی توسط ماژول تولیدکننده PWM ایجاد می شود. یک موج دندانه اره‌ای با فرکانس متغیر با دوره کاری مرجع مقایسه می شود تا پالس های آتش کلیدها تولید شود.
مشخصات:

- فرکانس 1-20 kHz
- دوره کاری 0 تا 100 درصد

Pulse Width Modulator

IE - 63



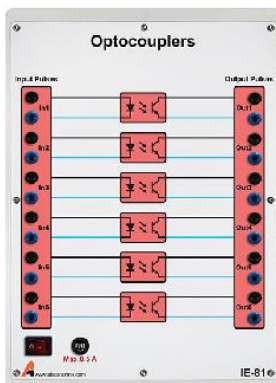


ترانسفورماتور پالس به گونه ای طراحی می شود که بتواند پالس های مربعی شکل را انتقال دهد. پالس های آتش با استفاده از ترانسفورماتور پالس از کلیدهای الکترونیک قدرت ایزوله می شوند. هر پالس ورودی به دو پالس ایزوله خروجی تبدیل می شود. مشخصات:

- ولتاژ ورودی 12 V
- ولتاژ خروجی 12 V
- جریان ورودی حداکثر 50 mA
- جریان خروجی حداکثر 30 mA

IE - 80

Pulse Transformers

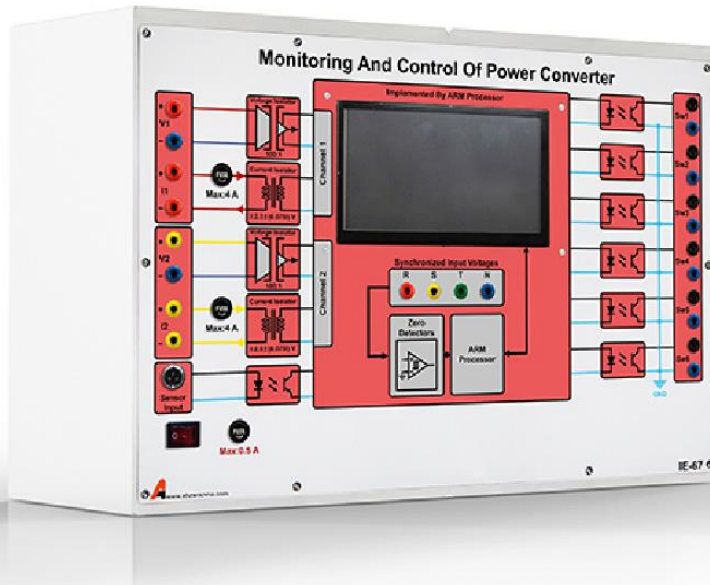


اپتوکوپلرها بین ماژول های کنترل و قدرت کلیدهای الکترونیک قدرت ایزولاسیون نوری ایجاد می کنند.

- مشخصات:
- ولتاژ ورودی: 0 تا 12 ولت
 - جریان خروجی: حداکثر 100 mA
 - ولتاژ خروجی: 0 تا 12 ولت
 - حداکثر فرکانس: 100 kHz

IE - 81

Optocouplers



ماژول مانیتورینگ و کنترل مبدل توان (MCPC-2)

توضیحات:

از این ماژول به منظور مانیتورینگ و کنترل همزمان مبدل‌های توان استفاده می‌گردد. این مبدل‌های توان جهت تبدیل توان الکتریکی/مغناطیسی و سایر انواع تبدیل توان به کار می‌رود. اندازه‌گیری ایزوله ولتاژ، جریان و پالس دیجیتال به وسیله مدارهای ایزولاتور مغناطیسی و نوری فراهم شده است. همچنین گذر از صفر ولتاژهای سه‌فاز با ایزولاسیون نوری فراهم شده است. پردازش اطلاعات ورودی توسط ریزپردازنده ARM صورت می‌گیرد. امکان مانیتورینگ ولتاژ، جریان، توان، ضریب توان، فرکانس و سرعت تجهیز مورد بررسی در این ماژول فراهم گردیده است. رسم شکل موج‌های متنوع در کنار نمایش مقادیر متوسط و موثر، امکان انتقال بهتر مفاهیم را فراهم می‌سازد. تولید پالس‌های فرمان برای انواع مبدل‌های الکترونیک صنعتی در این ماژول فراهم شده است.

مشخصات سخت افزاری:

- پردازنده ARM از سری Cortex-M3
- مانیتور ۷ اینچ با صفحه لمسی
- ورودی پالسی با دامنه ۱۲ تا ۲۴ ولت با ایزولاسیون نوری
- خروجی‌های دیجیتال ۰ تا ۱۲ ولت با ایزولاسیون نوری و تقویت جریان
- ورودی سه‌فاز با تشخیص گذر از صفر و ایزولاسیون نوری
- ولتاژ ورودی ۰ تا ۴۰۰V با ایزولاسیون گالوانیک
- جریان ورودی ۰ تا ۱۰A با ایزولاسیون گالوانیک

مشخصات نرم افزاری:

- پایش شکل موج‌های ولتاژ و جریان مدارهای الکترونیک صنعتی بدون نیاز به اسکپ و به وسیله ماژول مانیتورینگ و کنترل مبدل‌های توان
- تولید پالس‌های فرمان برای انواع مبدل‌های الکترونیک صنعتی شامل: یکسوسازهای تریستوری تک‌فاز نیم موج و تمام موج، یکسوسازهای تریستوری سه‌فاز سه‌پالسه و شش‌پالسه، برشگرهای AC تک‌فاز و سه‌فاز، اینورتر تک‌فاز و سه‌فاز، منابع تغذیه سویچینگ غیر ایزوله چون باک، بوست، باک-بوست
- تنظیم نرم‌افزاری و ساده انواع تکنیک‌های تولید پالس فرمان
- تولید زوایای آتش مدارهای تریستوری با امکان سنکرون‌سازی
- نمایش مقادیر متوسط و موثر ولتاژ و جریان و همچنین توان