بسمه تعالی

دستور کار آزمایشگاه الکترونیک صنعتی

نسخه ویژه دانشجو

تهیه کننده:

شرکت تجهیزات ابزارآزما

فهرست

مقدمه دستور کار ۴
الف- پیش گزارش ۴
ب-گزارش و پرسش های متن ۴
پ-حفاظت و مسائل مربوطه ۴
ت) معرفی اجمالی اجزای دستگاه آموزنده الکترونیک صنعتی ۷
آزمایش۱- ۱: تعیین منحنی مشخصه ولتاژ - جریان دیود قدرت ۱۱
آزمایش ۱-۲ : تعیین منحنی مشخصه ولتاژ- جریان برای تریستور و اندازهگیری ولتاژ گیت – کاتد ۱۲
آزمایش۱-۳ : تعیین I_{GT} (حداقل جریان تحریک گیت) ۱۳
آزمایش ۱-۴ : اندازهگیری I_L (حداقل جریان لازم جهت روشن ماندن تریستور)و I_H (حداقل جریان لازم برای روشن ماندن تریستور) ۱۳
آزمایش ۱-۵ : مشاهده چهار ناحیه عملکرد ترایاک ۱۴
آزمایش ۱-۶ : اندازهگیری ولتاژ دو سر ترایاک ۱۵
آزمایش شماره ۲ : مبدلهای AC به DC تکفاز دیودی ۱۷
آزمایش ۲-۱ : یکسوکننده تک فاز نیم موج با بار اهمی ۱۷
آزمایش ۲- ۲ : یکسوکننده تکفاز نیم موج بار اهمی-سلفی ۱۸
آزمایش ۲-۳ : یکسوکننده تک فاز بار نیم موج اهمی- سلفی با دیود هرزگرد ۱۹
آزمایش۲-۴ : پل یکسوکننده تک فاز با بار مقاومتی، مقاومتی-سلفی و موتور DC ۲۰
آزمایش شماره ۳ : دیمر و کنترل ولتاژ AC تکفاز با ترایاک ۲۲
آزمایش ۳-۱: دیمر ۲۲
آزمایش ۳-۲ : کنترل ولتاژ AC تک فاز با ترایاک ۲۳
آزمایش شماره ۴: مبدلهای AC به DC تک فاز تریستوری ۲۶
آزمایش ۴-۱ : یکسوکننده تک فاز نیم موج تمام کنترل شونده با دیود هرزگرد ۲۶
آزمایش ۴-۲ : یکسوساز تکفاز نیمه کنترل شونده تمام موج ۲۷
آزمایش ۴-۳ : پل یکسوساز تک فاز تمام کنترل شونده با بار مقاومتی ۲۸
آزمایش شماره ۵: مبدلهای AC بهDC سه فاز دیودی ۳۰
آزمایش ۵-۱ : یکسوکننده سهفاز نیم موج (سه پالسه) ۳۱

آزمایش ۵-۲ : یکسوکننده پل سه فاز (شش پالسه) ۳۲
آزمایش شماره ۶: مبدلهای AC به DC سه فاز تمام کنترلشونده ۳۵
آزمایش ۶-۱: یکسوکننده سهفاز نیم موج بدون دیود هرزگرد ۳۵
آزمایش ۶-۲ : پل یکسوکننده سه فاز با بار مقاومتی ۳۶
آزمایش شماره ۷ : مبدلهای AC/AC تکفاز ۳۸
آزمایش ۷-۱ : برشگر AC تکفاز نیمه کنترل شده ۳۸
آزمایش ۷-۲ : مبدلهای AC/AC تکفاز تمام کنترل شده ۳۹
آزمایش شماره ۸: کنترل ولتاژ AC سه فاز ۴۱
آزمایش ۸-۱ : مبدل AC به AC سه فاز تمام کنترل شونده با اتصال ستاره و با سیم نول ۴۱
آزمایش ۸-۲ : کنترل ولتاژ ac سه فاز نیمه کنترل شونده با اتصال ستاره و با سیم نول ۴۲
آزمایش ۸-۳ : مبدلهای AC/AC سهفاز نیمه کنترل شده با اتصال ستاره و بدون سیم نول ۴۳
آزمایش شماره ۹ : مبدل دوره تناوب (Cyclo-Converter) تکفاز ۴۵
آزمایش شماره ۱۰: ترانزیستور قدرت- IGBT – MOSFET – اپتوکوپلر ۴۸
آزمایش ۱۰-۱ : اندازهگیری پارامترهای ترانزیستور قدرت ۴۸
آزمایش ۱۰-۲ : اندازهگیری پارامترهای MOSFET قدرت ۴۹
آزمایش ۱۰-۳ : اندازهگیری پارامترهای IGBT ۵۰
آزمایش ۱۰-۴ : مشاهده رفتار اپتوکوپلر ۵۱
آزمایش شماره ۱۱: اینورتر تکفاز و نحوه تولید SPWM ۵۲
آزمایش ۱۱-۱ : تولید SPWM ۵۴
آزمایش ۱۱-۲ : اینورتر تکفاز ۵۵
آزمایش شماره ۱۲ : اینورتر تکفاز و فیلترهای ورودی و خروجی اینورتر ۵۷
آزمایش شماره ۱۳: اینورتر سه فاز ۶۰
آزمایش ۱۳-۱ : اینورتر سه فاز ۶۰
آزمایش شماره ۱۴: کنترل دور موتور القایی به روش V/F ۶۲
آزمایش ۱۴-۱ :تاثیر تغییر فرکانس اینورتر بر دور موتور ۶۳
مراجع ۶۴

مقدمه دستور کار

در این بخش نکاتی راجع به نحوه استفاده از دستور کار بیان شده است. پیش گزارش، گزارش و پرسش‌ها، مسائل حفاظتی و معرفی اجمالی دستگاه در این بخش ارائه می‌شود.

الف- پیش گزارش

جهت انتقال مفاهیم آزمایشگاه الکترونیک صنعتی ضرورت دارد دانشجو قبل از ورود به آزمایشگاه زمانی را جهت آماده سازی صرف نماید. در این دستور کار در هر آزمایش تعدادی سوال مطرح گردیده است که دانشجو می بایست قبل از حضور در کلاس به آنها پاسخ دهد. تهیه پیش گزارش سبب می‌شود دانشجو آزمایش‌ها را با درک و فهم بهتری انجام دهد، همچنین سرعت پیشرفت در انجام آزمایش‌ها نیز افزایش می یابد.

یک پیش گزارش مناسب شامل دو بخش اصلی می باشد. اول مختصری از تئوری و مشخصات مدارها و المان هایی که قرار است در آزمایشگاه بر روی آنها آزمایش صورت گیرد. دوم پاسخ به سوالات مطرح در متن که احتیاجی به انجام آزمایش ندارند و تئوری-محاسباتی می باشند. برای تهیه بخش دوم مراجعه به کتب مرجع و دیتاشیت المان ها مورد نیازمی باشد.

با این روش ارائه آزمایشگاه، ضرورتی ندارد استاد مربوطه در ابتدای کلاس زمان زیادی را صرف یادآوری مفاهیم درس نماید. زمان محدود آزمایشگاه نیز بیشتر صرف انجام آزمایش و سوال-جواب مناسب استاد-دانشجو می گردد.

تجربه تدریس آزمایشگاه الکترونیک صنعتی توسط تیم طراح در دانشگاه‌های مختلف مبین مفید بودن این روش ارائه آزمایشگاه می‌باشد.

ب-گزارش و پرسش های متن

هر گزارش از بخش های عنوان، هدف، وسایل و قطعات مورد استفاده، مقدمه و محاسبات تئوری، شرح آزمایش و نتایج حاصل، پرسش ها و جمع بندی تشکیل می شود.

فرآیند یادگیری الکترونیک صنعتی از تهیه پیش گزارش شروع، در آزمایشگاه رشد و در پایان در هنگام تهیه گزارش کامل می‌گردد. پرسش‌های انتهای هر آزمایش طوری طرح شده است تا در تکمیل فرآیند انتقال مفاهیم موثر باشد. دانشجو حتی المقدور می بایست نمودارها را در کاغذ میلیمتری رسم نماید یا از نرم افزار های مناسب همچون Excel بهره جوید.

پ-حفاظت و مسائل مربوطه

ولتاژ و جریان های معمول الکترونیک صنعتی درحدود چند صد ولت و چند ده آمپر می باشد . از این رو مساله حفاظت دراین آزمایشگاه اهمیت می یابد.

به منظور کاهش خطرات ولتاژ خروجی مدارها تا ۴۰-۵۰ ولت وجریان ها تا ۵ آمپر محدود شده اند. با این وجود امکان برخورد با ولتاژ چند صد ولتی به دلیل وجود سلف ها یا شوک های در زمان قطع و وصل امکان پذیر می باشد.

مسائل مربوط به مدارات الکترونیک قدرت عباتند از:

- ولتاژ بالای شوک های 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

عوامل ایمنی بخش و کاهش دهنده خطرات به طور کلی عبارتند از:

- حفظ آرامش در هنگام کار در آزمایشگاه
- هنگام کار کردن با ولتاژ و جریان های بیش از ۴۰ ولت و ۱۰ آمپر می بایست حداقل دو نفر در آزمایشگاه حاضر باشند.
- محیط پیرامون مرتب و تمیز نگه داشته شود .
- روی میز یا نزدیک مدارات مواد قابل اشتعال مانند کاغذ و پارچه وجود نداشته باشد.
- در هنگام کار با ولتاژ یا توان های بالا از عینک های مناسب استفاده شود .
- استفاده از تخته های عایق الکتریکی (در صورت وجود) در هنگام کار در آزمایشگاه
- اطلاع از وجود جعبه کمک های اولیه و محل قرار گیری آن
- وجود یک کلید در سر راه هر منبع تغذیه تا در زمان هایی که کلید باز است انرژی های داخل مدار تخلیه شوند. این کلید در حالت اضطراری(Emergency) نیز بسیارمفید است .

اقدام های احتیاطی در زمان های کار کردن با مدار عبارتند از:

- تنها از منابع تغذیه ایزوله استفاده کنید.

اقدام های احتیاطی در هنگام کار با دستگاه های اندازه گیری عبارتند از:

- اسیلوسکوپ تقریبا گران ترین وسیله آزمایشگاه است هنگام کار کردن با آن دقت کنید.
- متوجه باشید که زمین همه پروب های اسکوپ به هم متصل هستند.
- هنگامی که چند اندازه گیری مختلف انجام می دهید از ایزوله بودن پروب ها اطمینان حاصل نمائید.
- 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 .

اقدام های احتیاطی قبل از برقدار کردن مدار عبارتند از:

- ابتدا بار را به مدار متصل و سپس برق ورودی را وصل نمائید. مراقب باشید که سیم‌ها رها یا اتصال کوتاه نشده باشند. هرگز سیم های متصل به تغذیه ورودی یا بار را رها نگذارید .

- همه اتصالات مدار و اسکپ را قبل از وصل کردن کلید تغذیه چک کنید. عدم مراقبت سبب ایجاد شوک یا آسیب به دستگاه ها می شود .
- هر اتصالی که ممکن است دو سطح ولتاژ مختلف را به هم اتصال کوتاه کند چک کنید .
- اتصال بار را در خروجی چک کنید .
- برای بار دوم اتصالات مدار را چک کنید . چک کردن بر اساس یک شماتیک توصیه می‌شود .

اقدام های احتیاطی در هنگام وصل کردن کلید مدار عبارتند از:

- 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.

اقدام‌های احتیاطی در هنگام خاموش کردن مدار :

- کاهش ولتاژ یا توان تغذیه به طور آهسته
- خاموش کردن همه منابع تغذیه و قطع اتصالات آنها
- بگذارید بار به خروجی مدار متصل باقی بماند تا به طور کامل انرژ ی های ذخیره در سلف و خازن ها تخلیه شود .

اقدام های احتیاطی در هنگام ایجاد تغییرات در مدار عبارتند از:

- خاموش کردن مدار مطابق موارد قسمت قبل
- ایجاد تغییرات در اجزای مورد نظر
- دوباره مدار را بر اساس موارد احتیاطی ذکر شده به تغذیه متصل نمائید .

اقدام‌های احتیاطی دیگر عبارتند از :

- هرگز سیم ها و قطعات فلزی را بر روی میز یا نزدیک مدار رها نکنید ، چرا که ممکن است باعث جرقه یا اتصال کوتاه شوند .
- از سیم های بلند استفاده نکنید .
- اتصالات و اجزای ولتاژ بالا را از تماس تصادفی دور نگه دارید .
- قبل از باز کردن مدار در مدارات شامل سلف ، ولتاژ یا جریان ها را به نزدیک صفر تغییر دهید .
- نزدیک مدار برق دار از حلقه، گوشواره یا دستبند فلزی استفاده نکنید .
- وقتی با مدار برق دار کار می‌کنید تنها با یک دست کار کنید و دست دیگر را دور از سطوح رسانا نگه دارید .

ت) معرفی اجمالی اجزای دستگاه آموزنده الکترونیک صنعتی

در این بخش بلوک‌های دستگاه آموزنده الکترونیک صنعتی معرفی می‌گردند. این بلوک‌ها به چند دسته طبقه بندی می‌شوند که عبارتند از:

ت-۱ بلوک های اتصالات که جهت پیاده‌سازی آرایش‌های مختلف مدار قدرت مورد استفاده قرار می‌گیرند.

- **بلوک (I.E-302) 3 phase bridge connections:**

جهت پیاده‌سازی مدار قدرت یکسوسازهای تکفاز و سه‌فاز، برشگرهای AC تکفاز و سه‌فاز و اینورتر پل تکفاز و سه‌فاز با قابلیت اندازه‌گیری و مشاهده شکل‌موج ولتاژ و جریان سوئیچ‌ها، بار و تغذیه

- **بلوک (I.E-402) 1 phase cyclo converter connections:**

جهت پیاده‌سازی مدار قدرت سیکلوکانورتر تک فاز با قابلیت اندازه‌گیری و مشاهده شکل‌موج ولتاژ و جریان سوئیچ‌ها، بار و تغذیه

- **بلوک (I.E-D) Dimmer:**

جهت پیاده‌سازی مدار قدرت و فرمان دیمر با قابلیت اندازه‌گیری و مشاهده شکل‌موج ولتاژ و جریان سوئیچ‌ها، بار و تغذیه

ت-۲ بلوک‌های تغذیه ورودی و بار خروجی

- **بلوک (I.E-300) 3-phase AC Sourse:**

سه عدد ترانس سه‌فاز با سطوح ولتاژ خروجی ۴۸ V، ۲۴ V، ۱۲ V به همراه کلید قطع و وصل مینیاتوری و فیوزهای شیشه‌ای

- **بلوک (I.E-301) 3-phase diode rectifier:**

یکسوساز پل سه فاز ، دارای خازن صافی جهت حذف ریپل خروجی

- **بلوک (I.E-306) AC Capacitors:**

بار های خازنی جهت فیلترینگ شکل موج خروجی اینورتر در سه رنج مختلف

- **بلوک (I.E-307) Inductors:**

بار های سلفی جهت فیلترینگ ولتاژ بار یا هموار کردن جریان ورودی در سه رنج مختلف

- **بلوک (I.E-308) Resistances:**

بار های مقاومتی در سه رنج مختلف

ت-۳: بلوک‌های مولد پالس فرمان که فرمان مناسب جهت آرایش‌های مختلف را فراهم می‌نماید.

- **بلوک(I.E-101) Synchronized 3-phase pulse :**

مدار مولد پالس‌های فرمان جهت یکسوسازهای سه‌فاز(سه پالسه و شش پالسه) و تکفاز، برشگرهای AC تکفاز و سه‌فاز. پالس-های فرمان سنکرون با ولتاژ AC ورودی بوده و زاویه آتش قابل تنظیم می‌باشد. محدوده زاویه آتش بین ۰ تا ۱۸۰ درجه می-باشد.

- **بلوک(I.E-303 3 phase SPWM Generation) :**

مدار فرمان اینورتر سه فاز دارای خروجی های SPWM . این بلوک دارای قابلیت تغییر فرکانس موج دندان اره‌ای و دامنه شکل موج سینوسی مرجع می‌باشد .

- **بلوک(I.E-304) 1-phase SPWM Generation :**

مدار فرمان اینورتر تکفاز دارای خروجی های SPWM . این بلوک دارای قابلیت تغییر فرکانس موج دندان اره‌ای و دامنه شکل موج سینوسی مرجع می‌باشد .

- **بلوک (I.E-401) Synchronized pulses of 1-phase cyclo converter :**

مدار مولد پالس‌های فرمان جهت سیکلوکانورتر تکفاز با قابلیت کنترل زاویه آتش و ضریب کاهش فرکانس،

ت-۴ بلوک‌های ایزولاسیون و درایو که بین بلوک مولد پالس فرمان و بلوک اتصالات قرار می‌گیرند.

- **بلوک(I.E-102) Pulses transformes :**

ترانس پالس جهت ایزولاسیون بین مدار قدرت و فرمان . کاربرد در اعمال فرمان دادن به تریستور و ترایاک.

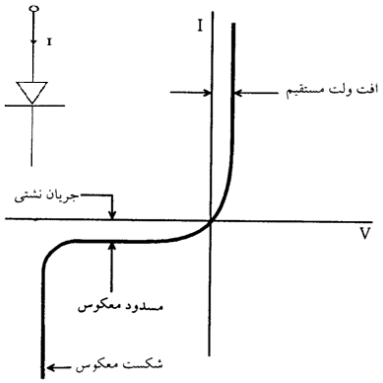
- **بلوک(I.E-305) optocoplers :**

ایزولاسیون بین مدارات فرمان و قدرت و درایو مناسب سوئیچ های قدرت

آزمایش شماره ۱: اندازه‌گیری پارامترهای دیود قدرت، تریستور و ترایاک

۱-۱ مقدمه

دیودهای قدرت به وفور در مدارت الکترونیک صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در یکسوکننده‌ها، برشگرهای DC و AC، اینورترها و ... از دیودهای قدرت استفاده می‌گردد . پارامترهای حداکثر ولتاژ معکوس و جریان متوسط در انتخاب دیود حائز اهمیت می باشند و مقادیر آنها در طراحی‌ها باید لحاظ گردد. در شکل۱-۱ نماد مداری و منحنی مشخصه آن رسم شده است.

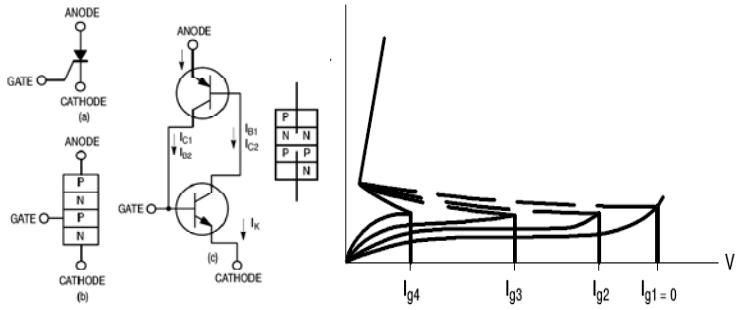


شکل ۱-۱: منحنی ولتاژ- جریان دیود قدرت

از معروف ترین قطعات مورد استفاده در الکترونیک قدرت تریستور یا SCR[1] 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 می بایست به این پایه جریان تزریق شود . تریستورها دارای دو مشخصهٔ جریان نشتی (حالت قطع) و هدایت دیودی (حالت وصل) می باشند . 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[2]) برای روشن شدن تریستور توجه شود . همچنین باید توجه گردد چنان چه جریان تریستور از مقدار مینیممی(I_H[3]) کمتر شود تریستور در آستانه خاموشی قرار می‌گیرد . در شکل ۱-۲ نماد مداری و منحنی مشخصه آن نشان داده شده است.

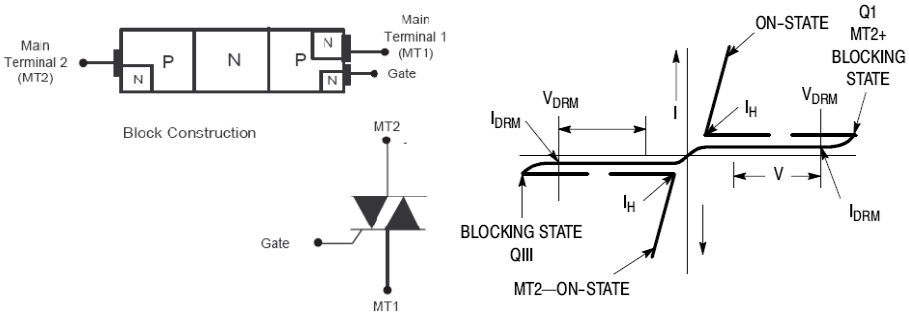
ترایاک قطعه‌ای ۳ پایه است که رفتار آن بسیار شبیه به تریستور بوده با این تفاوت که قابلیت تریگر و هدایت در هر دو جهت از ترمینال‌های قدرت را دارد . به همین دلیل ۲ ترمینال قدرت آن را با اسامی مشابه MT_1 و MT_2 نام‌گذاری می‌کنند . از جهت ساختار داخلی نیز شباهت زیادی با تریستور دارد . در شکل ۱-۳ نماد مداری و منحنی مشخصه ترایاک نشان داده شده است .

1- Silicon Controlled Rectifier
2- Latch Current
3- Hold Current

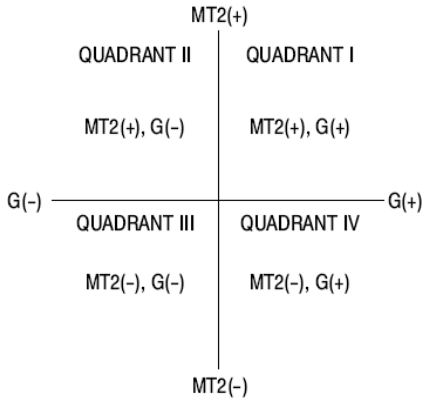


شکل۱- ۲: نماد مداری و منحنی ولتاژ- جریان تریستور

اگر چه ویژگی‌های اولیهٔ ترایاک (امکان کنترل هدایت در دو جهت) آنرا قطعهٔ مناسبی برای الکترونیک قدرت معرفی می‌نماید ، اما برخی ویژگی‌های دیگر آن تنها محدودهٔ کوچکی از کاربردها را امکان پذیر می‌کند . ترایاک در محدودهٔ بسیار کوچکتری از جریان-ها و ولتاژهای قابل تحمل و با تنوع کمتر تولید شده و نویزپذیری بالاتر و قابلیت اعتماد پایین‌تری نسبت به تریستور دارد . در بسیاری از کاربردها در صنعت از دو تریستور موازی با جهت مخالف بجای ترایاک استفاده می‌شود. سیگنال فرمان گیت نسبت به ترمینال MT_2 موجب تریگر شدن ترایاک می‌شود. با در نظر گرفتن امکان اعمال ولتاژ به ترمینال‌های قدرت و پلاریتهٔ گیت نسبت به MT_2 چهار حالت رخ می‌دهد که از آن به عنوان امکان تریگر در چهار ربع نام برده می‌شود. معمولاً امکان تریگر ترایاک در ربع-های اول، سوم و چهارم وجود دارد. در شکل ۱-۴ نواحی کاری آن نشان داده شده است .



شکل۱-۳: نماد مداری و منحنی مشخصه مشخصه ترایاک



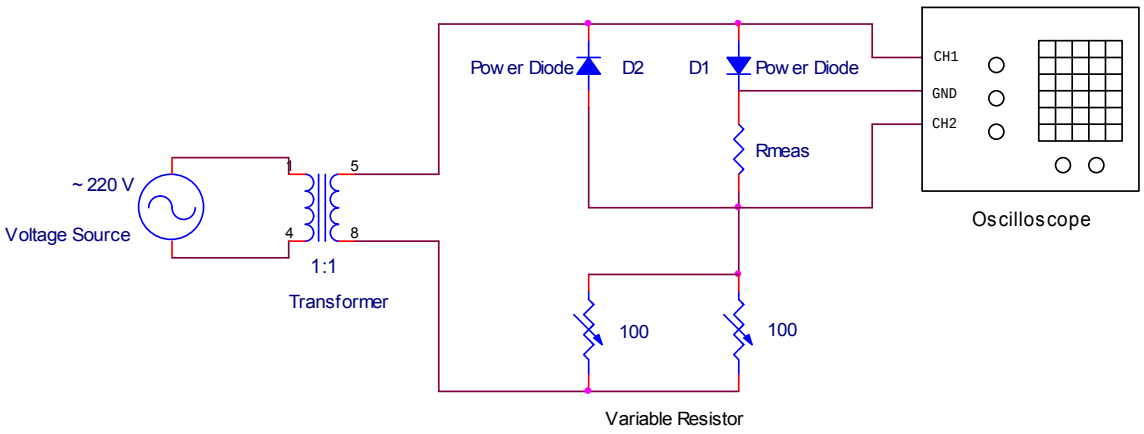
شکل۱- ۴: نمایش نواحی کاری ترایاک

۱-۲ شرح آزمایش

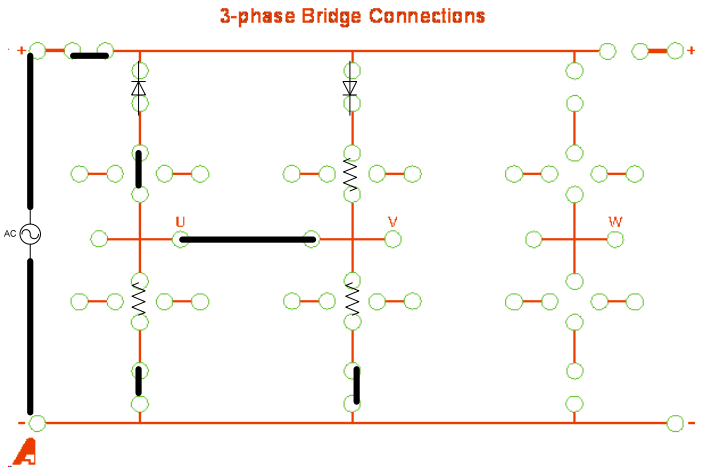
هدف آزمایش: در این آزمایش پارامترهای مختلف و مهم دیود قدرت، تریستور و ترایاک بررسی می‌گردد .

آزمایش۱- ۱: تعیین منحنی مشخصه ولتاژ - جریان دیود قدرت

۱. مدار شکل ۱-۵-الف را روی برد IE302 ببندید . جهت راهنمایی از ساختار پیشنهادی در شکل ۱-۵-ب استفاده کنید .



شکل ۱-۵ –الف مدار جهت تعیین منحنی مشخصه دیود قدرت



شکل ۱-۵- ب ساختار پیشنهادی جهت پیاده سازی مدار

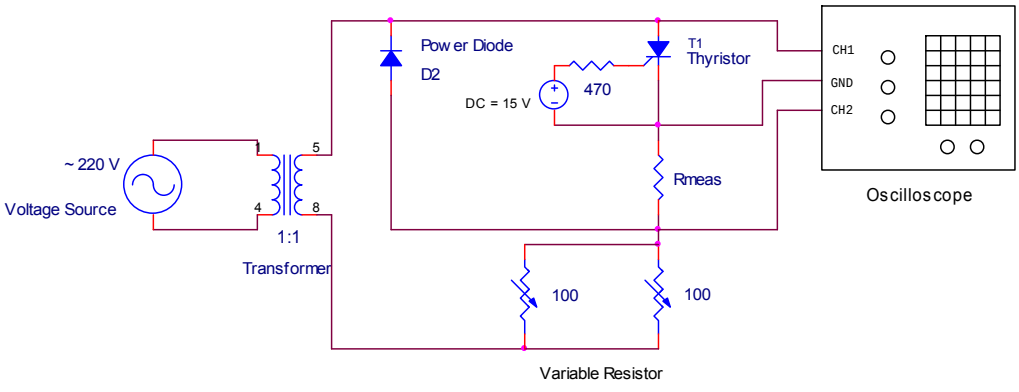
۲. زمین را به سر مشترک دیود قدرت و مقاومت R_{meas} متصل نمائید . کانال یک را به سر دیود و کانال دو را به سر R_{meas} متصل نمائید.

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

۴. افت ولتاژ مستقیم دیود را اندازه‌گیری نمایید .

آزمایش ۱-۲ : تعیین منحنی مشخصه ولتاژ- جریان برای تریستور و اندازه‌گیری ولتاژ گیت – کاتد

۱.مدار شکل ۱-۶ را بر روی برد IE302 ببندید.(جهت راهنمایی در پیاده سازی مدار از شکل ۱-۵-ب کمک بگیرید .)



شکل ۱-۶: مدار جهت تعیین منحنی مشخصه تریستور

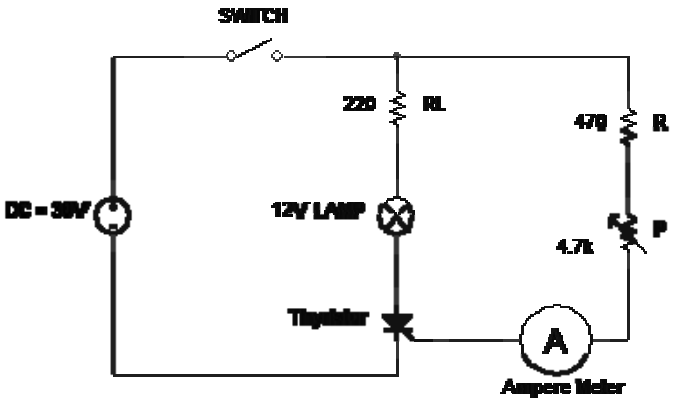
۲.زمین را به سر مشترک تریستور و مقاومت R_{meas} متصل نمائید . کانال یک را به سر تریستور و کانال دو را به سر R_{meas} متصل نمائید.

۳.در مدتی که تریستور روشن می‌باشد ، با استفاده از حالت x-y اسکوپ مشخصه تریستور را مشاهده و رسم کنید .

۴.با توجه به شکل بدست آمده از آزمایش V_T، I_H و I_L را بدست آورید و با مقدار داده شده در دیتاشیت مقایسه کنید .

آزمایش۱-۳ : تعیین I_{GT} (حداقل جریان تحریک گیت)

۱. مدار شکل ۱-۷ را بر روی برد IE302 ببندید .



شکل ۱-۷: مدار جهت تعیین I_{GT}

۲. با توجه به برگه مشخصات تریستور مورد آزمایش، مقدار حداقل مقاومت R_L را محاسبه کنید .

۳. با توجه به برگه مشخصات تریستور مورد آزمایش، مقدار حداقل مقاومت R را محاسبه کنید .

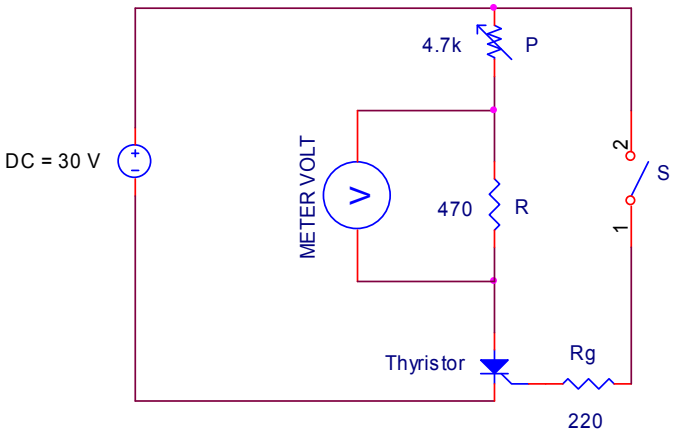
۴.پتانسیومتر P را روی حداکثر تنظیم کنید ، سپس کلید S را ببندید . P را به تدریج کاهش دهید تا لامپ روشن شود . در این حالت جریان گیت را بررسی نمایید .

۵.جریان اندازه‌گیری شده را با برگه مشخصات تریستور مقایسه کرده و در صورت اختلاف ، علت را توضیح دهید .

آزمایش ۱-۴ : اندازه‌گیری I_L (حداقل جریان لازم جهت روشن ماندن تریستور)و I_H (حداقل جریان لازم برای روشن ماندن تریستور)

۱. مدار شکل ۱-۸ را بر روی برد IE302 ببندید.

۲. پتانسیومتر P را روی حداقل تنظیم کنید ، سپس کلید S را ببندید تا تریستور روشن شود . توجه کنید که روشن و خاموش بودن تریستور ، به وسیله ولتمتر مشخص می‌شود . سپس کلید S را قطع کنید و پتانسیومتر P را به تدریج افزایش دهید تا تریستور خاموش شود .



شکل ۱-۸: مدار جهت تعیین I_H ,I_L

۳. آخرین مقدار جریان آند را قبل از خاموش شدن یادداشت کنید . این جریان کدام پارامتر تریستور می‌باشد .
جریان اندازه‌گیری شده را با برگه مشخصات تریستور مقایسه کرده و در صورت اختلاف علت را توضیح دهید.

۴. بدون این‌که P را تغییر دهید ، تریستور را خاموش کنید . (به وسیله 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 به تدریج و مرحله به مرحله کاهش دهید و کلید را متوالیاً قطع و وصل کنید .(تا جایی که تریستور دیگر خاموش نشود) ، جریان آند را یادداشت کنید . این جریان کدام پارامتر تریسیتور می‌باشد .

پرسش:

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

آزمایش ۱-۵ : مشاهده چهار ناحیه عملکرد ترایاک

۱. مدار شکل ۱-۹ را بر روی برد IE302 جهت تعیین چهار ناحیه عملکرد ترایاک ببندید .

۲. با توجه به برگه مشخصات ترایاک مورد آزمایش ، حداکثر منابع ولتاژV_1 و V_2 را بیابید .

۳. اگر $V_1=V_2=15$ ؛ مقدار حداقل مقاومت لامپ L را بیابید .

۴. با توجه به برگه مشخصات ترایاک ، مقدار حداقل مقاومت R را بیابید .

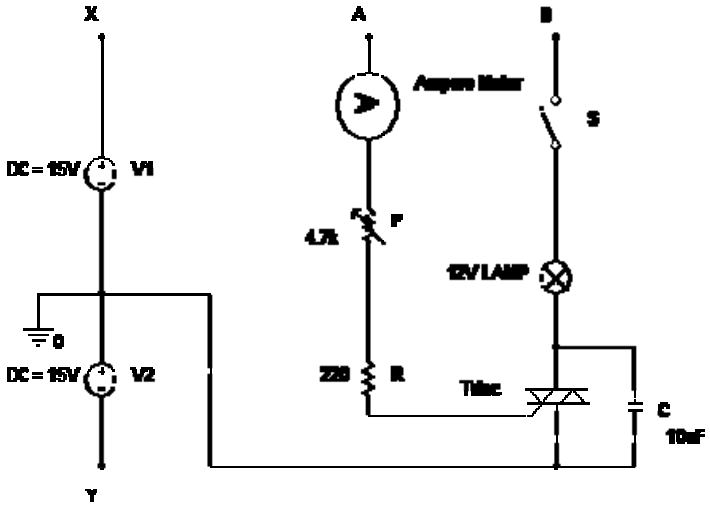
۵. در این آزمایش ، هر کدام از نقاط A و B را می‌توان به نقاط X و Y که تغذیه مدار هستند ، وصل کرد . یعنی در واقع این مدار باید به چهار صورت مختلف بسته شود . برای هر یک از این چهار وضعیت ، مطابق دستور زیر عمل کنید .

الف) ابتدا P را روی حداکثر تنظیم کنید . سپس تغذیه را وصل کنید و P را به تدریج کاهش دهید تا ترایاک روشن شود. در این حالت جریان گیت را (که همان I_{GT} است) و ولتاژ گیت– آند ۱ و ولتاژ آند۱– آند۲ را یادداشت کنید .

ب) در مورد حساسیت ($\frac{dV}{dt}$) به این ترتیب عمل کنید که ابتدا خازن C را برداشته و P را از مقداری که در بخش قبل داشته است ، (مربوط به I_{GT}) به‌تدریج افزایش دهید . همزمان با این افزایش ، به‌طور مداوم تغذیه ترایاک را به‌وسیله کلید S قطع و وصل کنید . این کار را تا جایی ادامه دهید که دیگر ترایاک روشن نشود . هرچه انحرافP از آن مقدار 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 .

ج) : با توجه به نتایج ، بهترین ناحیه عملکرد ترایاک کدام است؟

د): 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؟



شکل ۱-۹: مدار جهت تعیین نواحی عملکرد تریستور

پرسش:

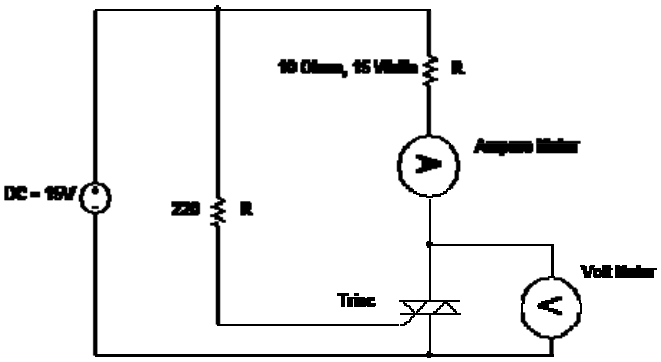
۱ . ترایاک را از لحاظ فرکانس کاری و جریان نامی با تریستور مقایسه کنید ؟

آزمایش ۱-۶ : اندازه‌گیری ولتاژ دو سر ترایاک

۱- مدار شکل ۱-۱۰ را بر روی برد IE302 ببندید .

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

۳- مقادیر به دست آمده را با اطلاعات برگه مشخصات ترایاک مقایسه کرده و علت اختلاف را توضیح دهید .



شکل ۱-۱۰: مدار جهت تعیین ولتاژ ترایاک

آزمایش شماره ۲ : مبدل‌های AC به DC تکفاز دیودی

۲-۱ مقدمه

در بسیاری از فرآیندهای صنعتی مانند شارژ باطری ، تنظیم دور موتورهای DC ، آبکاری 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 تمام موج تقسیم می‌شود . در یکسوکننده‌های نیم موج جریان در هریک از خطوط تغذیه AC فقط در یک جهت است در حالی که در یکسوکننده‌های تمام موج 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 .
رابطه ولتاژ خروجی یکسوکننده تک فاز نیم موج و تمام موج به ترتیب در روابط (۲-۱) و (۲-۲) بیان شده است :

$$V_{dc} = \frac{\sqrt{2}}{\pi} V_{line(rms)} \qquad (۲-۱)$$

$$V_{dc} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} V_{line(rms)} \qquad (۲-۲)$$

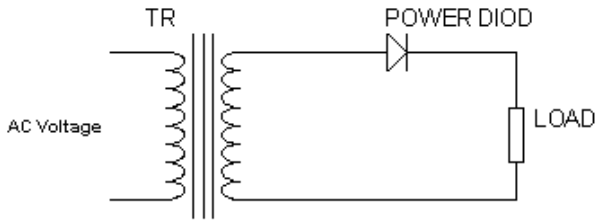
۲-۲ شرح آزمایش

هدف آزمایش : بررسی نحوه کارکرد یکسوسازهای تکفاز تمام موج و نیم موج

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

۱. مدار شکل ۲-۱ را بر روی برد اتصالات قدرت (IE302) ببندید . مقاومت را ۲۲۰ اهم و منبع ورودی را ۱۲ولت انتخاب کنید .

۲. شکل موج ولتاژ ورودی و خروجی را مشاهده و رسم کرده و آنها را با هم مقایسه نمایید .



شکل۲-۱: یکسوکننده تک فاز نیم موج

۳. شکل موج ولتاژ و جریان مدار را به طور همزمان مشاهده و جریان را رسم نمایید .

۴. شکل موج ولتاژ و جریان دیود را مشاهده و رسم کنید و با توجه به شکل ولتاژ دو سر دیود PIV را تعیین نمایید .

۵. جدول زیر را با توجه به خواسته‌ها تکمیل نمائید .

	ولتاژ ورودی V_{rms}	ولتاژ خروجی V_{dc}	جریان خروجی I_{dc}	جریان خروجی I_{rms}	ضریب توان
عملی					
تئوری					

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

۱. مدار شکل ۲-۱ را با بار اهمی- سلفی بر روی برد IE301 ببندید . مقاومت ۲۲۰ اهم ، سلف ۱۰ میلی هانری و منبع ورودی را ۱۲ ولت انتخاب کنید .

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

۳.شکل موج ولتاژ و جریان دیود را مشاهده و رسم کنید .

۴.جدول زیر را تکمیل نمائید .

	ولتاژ ورودی V_{rms}	ولتاژ خروجی V_{dc}	جریان خروجی I_{dc}	جریان خروجی I_{rms}	ضریب توان
عملی					
تئوری					

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

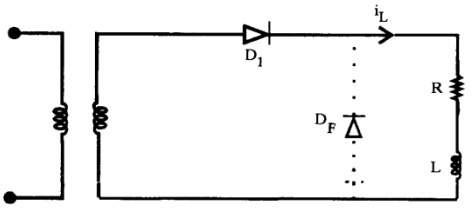
آزمایش ۲-۳ : یکسوکننده تک فاز بار نیم موج اهمی- سلفی با دیود هرزگرد

اگر برای تغذیه‌ی یک بار اندوکتیو از یک دیود یا تریستور استفاده کنیم ، ولتاژ بار در مدت زمان هدایت ، معکوس می‌گردد ، اگر یک دیود در دو سر بار قرار گیرد از معکوس شدن ولتاژ ممانعت می‌کند . به چنین دیودی که معمولاً در مدارهای غیر قابل کنترل یا نیمه کنترل شونده مورد استفاده قرار می‌گیرد ، دیود هرزگرد گویند . همچنین در طول فرآیند معکوس شدن ولتاژ دو سر بار ، جریان بار به دیود انتقال می‌یابد و در نتیجه به تریستورها امکان می‌دهد تا دوباره حالت مسدود خودشان را بازیابند.

۱. مدار شکل ۲-۲ را بر روی برد IE302 ببندید . از مقادیر آزمایش ۲-۲ استفاده کنید .

۲. با اتصال دیود هرز گرد ولتاژ ورودی و خروجی را مشاهده کنید . در این حالت زاویه β چه تغییری کرده است؟

۳. شکل موج ولتاژ بار و دیود را مشاهده و رسم کنید.



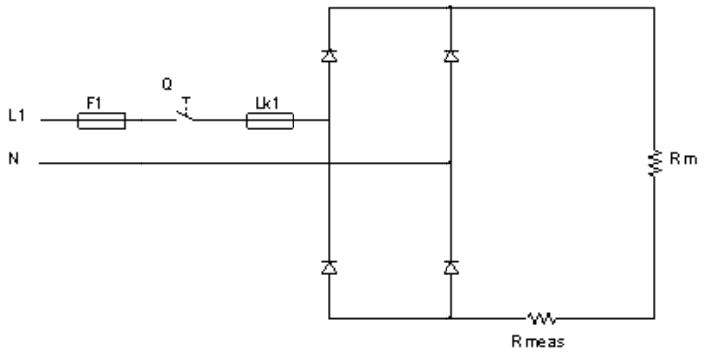
شکل ۲-۲: یکسوکننده تک فاز نیم موج با دیود هرزگرد

۴. شکل موج جریان بار ، دیود و دیود هرزگرد را مشاهده و رسم کنید .

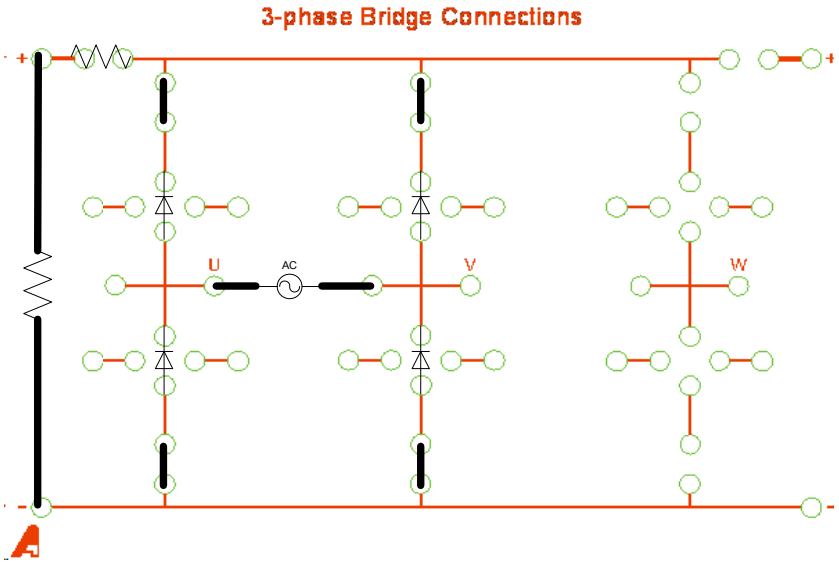
۵. مقدار سلف را تغییر دهید . این تغییر سلف چه اثری بر ولتاژ و جریان خروجی دارد .

آزمایش۲-۴ : پل یکسوکننده تک فاز با بار مقاومتی، مقاومتی-سلفی و موتور DC

۱. مدار پل یکسوساز (شکل ۲-۳) را بر روی برد IE302 ببندید . جهت راهنمایی شکل ۲-۴ را ببینید . از مقادیر آزمایش ۲-۲ استفاده کنید .



شکل ۲-۳: پل یکسوکننده تک فاز



شکل ۲-۴: طریقه بستن پل تک فاز دیودی بر روی پنل IE302

۲. مقادیر متوسط و مؤثر ولتاژ خروجی را به کمک مولتی متر اندازه بگیرید .

۳. با سری کردن مقاومت R_{meas} شکل موج جریان یکی از دیودها را مشاهده و رسم نمائید .

۴. شکل موج جریان دیود D1 را به کمک مقاومت سری با آن مشاهده و رسم کنید . زاویه هدایت آن را مشخص کنید .

۵. با توجه به این نتایج ، فاکتور ریپل را حساب کنید .

۶. حداکثر ولتاژ معکوس دیود را با توجه به شکل موج ولتاژ آن اندازه گرفته ، و آن را رسم نمایید .

۷. مراحل بالا را با بار مقاومتی- سلفی آزمایش کنید و تغییرات را بررسی نمایید .

۸. مراحل بالا را با بار موتوری(RLE) آزمایش کنید و تغییرات را بررسی نمایید .

آزمایش شماره ۳ : دیمر و کنترل ولتاژ AC تکفاز با ترایاک

۳-۱ مقدمه

دیمر در ساده‌ترین تعریف ، یک مدار کنترل‌کننده ولتاژ است و اصطلاحاً زاویه آتش را تغییر می‌دهد . بطور مثال به جای اینکه لامپ بطور پیوسته روشن باشد دیمر کاری می‌کند که در تناوب‌هایی از زمان ، برق لامپ قطع و وصل شود و نور آن تغییر کند . در این وسیله ترایاک کلید کنترل توان می‌باشد. در واقع ترایاک مانع عبور قسمتی از موج متناوب ولتاژ ورودی می‌شود . معمولاً دیمر به صورت سری با مصرف‌کننده قرار می گیرد و ولتاژ ورودی را کنترل می‌کند .

چنانچه یک ترایاک در بین بار و منبع تغذیه قرار گیرد ، با تغییر مقدار rms ولتاژ اعمال شده به بار، می‌توان مقدار توان مصرفی بار را کنترل کرد . به چنین مدارهایی مبدل‌های ac-ac و یا کنترل کننده‌های ولتاژ ac گفته می‌شود . در سطوح توان پایین از ترياک و در سطوح بالاتر از تریستور استفاده می‌شود.

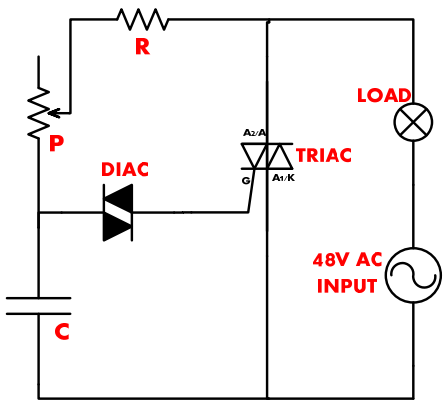
برای برشگر ac تکفاز رابطه مقدار موثر ولتاژ را با زاویه آتش را به دست آورید و مقدار موثر ولتاژ بار به ازای زاویه آتش دلخواه را رسم نمائید.

۳-۲ شرح آزمایش

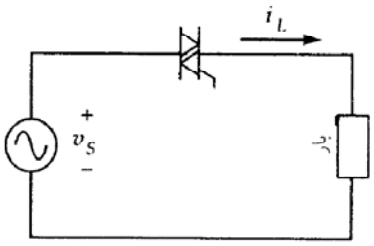
هدف آزمایش : در این آزمایش مدار دیمر و کنترل ولتاژ AC تکفاز به کمک ترایاک مورد بررسی قرار می‌گیرد .

آزمایش ۳-۱: دیمر

۱. شکل ۳-۱ مدار دیمر می باشد که بر روی برد IE.D پیاده سازی گردیده است . بار را مقاومت ۱۰۰۰ اهم برگزینید .
۲. ولتاژ دو سر بار و ولتاژ GK را همزمان با هم بر روی اسکوپ با تغییر پتانسیومتر بررسی کنید .
۳. شکل موج ولتاژ خازن و گیت را بر روی اسکوپ مشاهده کنید .
۴. دلیل استفاده از دیاک و خازن را بیان کنید .
۵. در ادامه بار را با لامپ رشته ای جایگزین کنید و رفتار دیمر را با تغییر پتانسیومتر مشاهده نمائید .
۶. با مشاهده رفتار دیمر در بند ۶ ، دو کاربرد خانگی و صنعتی برای دیمر پیشنهاد دهید .



شکل ۳-۱: مدار دیمر



شکل ۳-۲: مدار کنترل ولتاژ ac تک فاز با تریاک

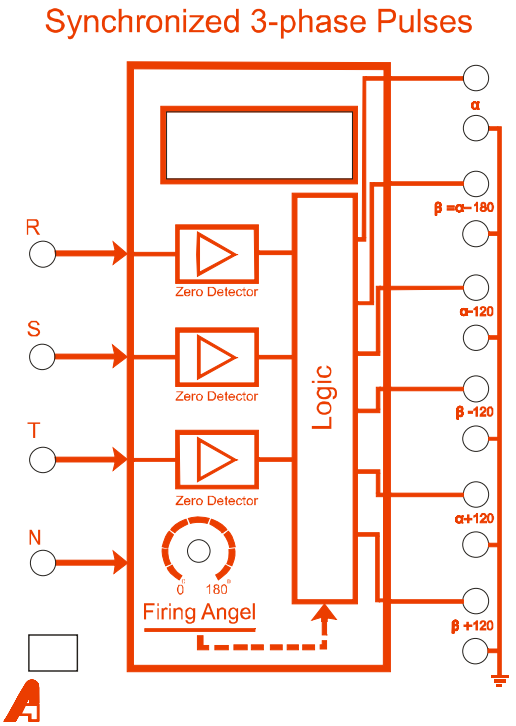
آزمایش ۳-۲ : کنترل ولتاژ AC تک فاز با ترایاک

۱. مدار شکل ۳-۲ را بر روی برد IE302 پیاده سازی کنید .

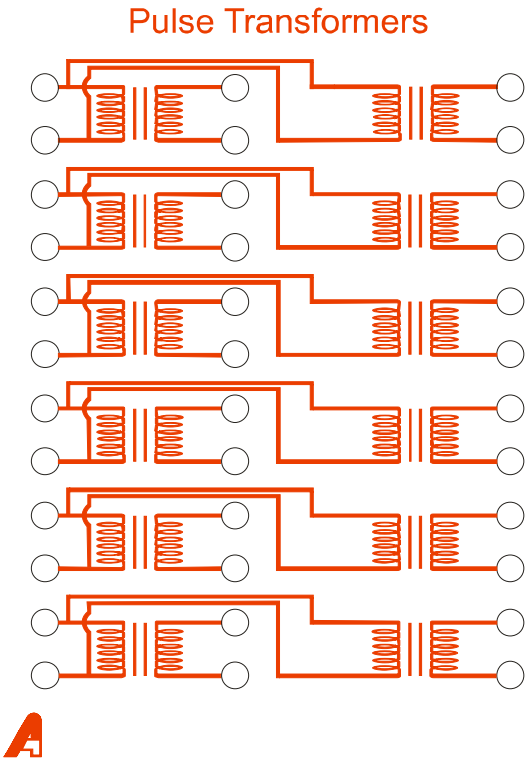
۲. برای اعمال پالس به گیت از برد IE101 که مولد پالس های فرمان گیت می‌باشد استفاده کنید . در شکل ۳-۳ برد IE101 نشان داده شده است . پالس های فرمان اعمالی به ترایاک می بایست با تغذیه AC ورودی سنکرون باشند . برای سنکرون شدن نمونه برق AC ورودی را به برد IE101 متصل نمائید . خروجی این برد را به ترانس پالس اعمال و در نهایت خروجی ترانس پالس را به گیت و MT2 ترایاک اعمال کنید . در شکل ۳-۴ برد ترانس پالس‌ها نشان اده شده است.

برای بار اهمی خالص و برای زوایای آتش 0^o، 36^o، 72^o، 108^o، 144^o و 180^o مؤثر ولتاژ خروجی و توان اکتیو بار را اندازه بگیرید .

α_f	۰°	۳۶°	۷۲°	۱۰۸°	۱۴۴°	۱۸۰°
مؤثر ولتاژ خروجی						
توان اکتیو بار						



شکل ۳-۳ برد مولد پالس آتش تریستور



شکل ۳-۴ برد ترانس پالس‌ها

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

۴. در حالت بار اهمی خالص و زاویه آتش ۹۰^{o} ، شکل موج ولتاژ بار را روی اسیلوسکوپ مشاهده و رسم کنید .

۵. جریان مؤثر تریاک و بار را اندازه بگیرید .

۶. در حالتی‌که سلف در مدار نیست ، زاویه آتش را روی ۹۰^{o} تنظیم کنید و سپس سلف را وارد مدار کنید . شکل موج ولتاژ دو سر بار و جریان مدار را رسم کنید و زاویه هدایت تریاک را اندازه بگیرید .

۷. نتایج آزمایش را با موارد محاسبه شده مقایسه کنید و در صورت اختلاف، علت را توضیح دهید .

۸. توان ورودی و ضریب توان ورودی را محاسبه نمایید .

۹. نمودارهای ولتاژ خروجی و توان اکتیو بار بر حسب زاویه آتش رسم نمایید .

پرسش

۱. رابطه‌ای میان جریان مؤثر تریاک و بار را تحقیق کنید؟

۲. پالس های فرمان اعمالی به ترایاک می بایست با تغذیه AC ورودی سنکرون باشند . چرا ؟

۳. علت استفاده از ترانس پالس جهت اعمال پالس فرمان به ترایاک را شرح دهید .

آزمایش شماره ۴: مبدل‌های AC به DC تک فاز تریستوری

۴-۱ 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 جهت جریان کشیده شده از منبع ورودی به دو دسته نیم موج و تمام موج تقسیم می شوند . 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 یکسوساز تکفاز نیم موج و تمام موج در روابط (۴-۱) و (۴-۲) به ترتیب بیان شده است .

$$V_{dc} = \frac{\sqrt{2}}{2\pi} V_{line(rms)} (1 + \cos\alpha) \qquad (۴-۱)$$

$$V_{dc} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} V_{line(rms)} \cos\alpha \qquad (۴-۲)$$

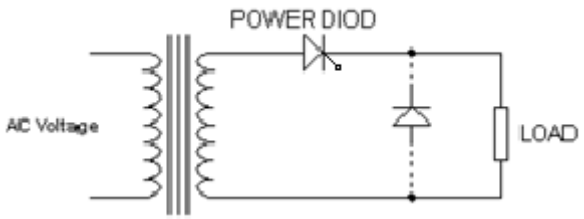
هر مدار الکترونیک صنعتی می‌تواند در وضعیت کاری پیوسته یا ناپیوسته عمل کند . هرگاه جریان سلف در مدار مبدل هیچگاه صفر نشود مبدل در وضعیت هدایت پیوسته عمل می‌کند و هر گاه در کسری از دوره تناوب کاری جریان سلف صفر شود مبدل در وضعیت کاری ناپیوسته عمل می کند. معمولا روابط توصیف کننده معادلات هر مبدل بسته به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

۴-۲ شرح آزمایش

هدف آزمایش : در این آزمایش نحوه کارکرد یکسوسازهای تکفاز نیمه و تمام کنترل شونده بررسی می‌شوند .

آزمایش ۴-۱ : یکسوکننده تک فاز نیم موج تمام کنترل شونده با دیود هرزگرد

۱.مدار یکسوساز تکفاز نیم موج شکل ۴-۱ را بر روی برد IE302 ببندید . بار را ۱۰۰۰ اهم و ولتاژ ورودی را ۱۲ ولت در نظر بگیرید . جهت اعمال پالس‌های آتش از راهنمایی های آزمایش ۳-۱ کمک بگیرید . خروجی ترانس پالس ها می بایست به گیت و کاتد تریستور اعمال شود .



شکل ۴-۲: یکسوکننده نیم موج تک فاز تمام کنترل‌شونده

۲. پس از بستن مدار زاویه آتش را به صورت زیر تنظیم و آزمایش را انجام دهید :

الف. زاویه آتش را روی ۱۵۰ درجه تنظیم کنید و شکل موج‌های ولتاژ و جریان خروجی را مشاهده و رسم کنید . مبدل در چه مد کاری است ؟

ب. زاویه آتش را روی ۳۰ درجه تنظیم کنید و شکل موج‌های ولتاژ و جریان خروجی را مشاهده و رسم کنید . مبدل در چه مد کاری است؟

ج. به طور کیفی نتایج آزمایش را با موارد محاسبه شده مقایسه کنید و در صورت اختلاف علت را توضیح دهید .

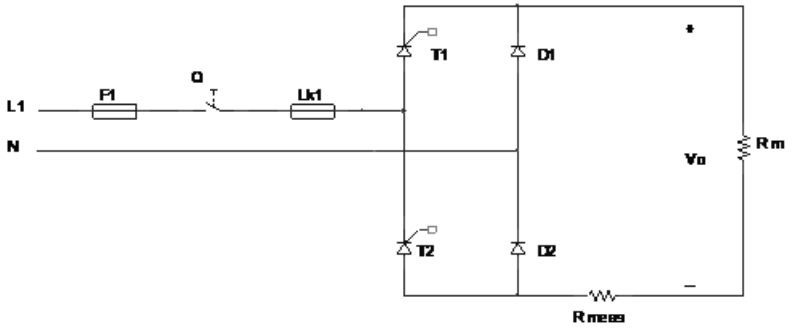
۳. شکل موج ولتاژ دو سر تریستور را مشاهده کنید و زمان‌های روشن و خاموش بودن آنرا از روی این شکل موج تحقیق کنید .

۴. مقدار ریپل ولتاژ خروجی را در این شرایط اندازه گیری نمایید .

۵. با سری کردن مقاومت R_{meas} شکل موج جریان تریستور را مشاهده و رسم نمائید.

آزمایش ۴-۲ : یکسوساز تکفاز نیمه کنترل شونده تمام موج

۱. مدار یکسوساز تکفاز نیم موج در شکل ۴-۲ نشان داده شده است . جهت پیاده سازی آن از برد IE302 استفاده کنید . بار را نیز ۴۷۰ اهم و ۱۰ میلی هانری انتخاب کنید.



شکل(۴-۲) یکسوکننده تک فاز نیمه کنترل شونده تمام موج

۲. جهت اعمال پالس‌های آتش تریستورها از مدار مولد پالس آتش IE101 استفاده کنید . از خروجی α و $\alpha-180$ استفاده کنید . پس از اعمال این خروجی ها به ترانس پالس ، خروجی های مربوطه را به تریستورها اعمال کنید . پالس α را به تریستور بالایی و $\alpha-180$ را به تریستور پایینی اعمال کنید.

۳. شکل موج ولتاژ منبع ورودی را به طور همزمان با پالس های آتش تریستورها مشاهده ، رسم و نتیجه گیری نمائید.

۴. زاویه آتش را روی ۱۵۰ درجه تنظیم کنید و شکل موج‌های ولتاژ و جریان خروجی را مشاهده و رسم کنید . مبدل در چه مد کاری است؟

۵. زاویه آتش را روی ۳۰ درجه تنظیم کنید و شکل موج‌های ولتاژ و جریان خروجی را مشاهده و رسم کنید . مبدل در چه مد کاری است؟

۶. مقدار جریان بار را با مولتی متر اندازه‌گیری نمایید .(دامنه DC و rms)

۷. مقادیر موثر ولتاژ و جریان بار را بدست آورید .

۸. شکل موج ولتاژ دو سر یکی از تریستورها را مشاهده کرده و آن را رسم نمایید و زمان‌های روشن و خاموش بودن آنرا از روی این شکل موج تحقیق کنید.

۹. مقدار ریپل ولتاژ خروجی را درشرایط بالا اندازه گیری نمایید.

۱۰. به طور کیفی نتایج آزمایش را با موارد محاسبه شده مقایسه کنید و در صورت اختلاف، علت را توضیح دهید .

۱۱. از بار اهمی خالص استفاده کنید و شکل موج خروجی را در این شرایط با حالت قبلی مقایسه نمائید .

آزمایش ۴-۳ : پل یکسوساز تک فاز تمام کنترل شونده با بار مقاومتی

۱. مدار پل یکسوساز تمام کنترل‌شونده در شکل ۴-۳ نشان داده شده است. آنرا بر روی برد IE302 پیاده سازی نمائید . از المان‌های آزمایش ۴-۲ استفاده نمائید . جهت اعمال فرمان گیت به تریستورهای ۱ و ۴ فرمان پالس α و به ۲ و ۳ $\alpha-180$ را اعمال کنید . جهت فراهم شدن ایزولاسیون حتما از ترانس پالس جهت اعمال پالس ها استفاده گردد .

۲. پس از بستن مدار ،زاویه آتش را در مقادیر زیر تنظیم و به انجام آزمایش بپردازید. زاویه آتش را روی ۱۵۰ درجه تنظیم کنید و شکل موج‌های ولتاژ و جریان بار را مشاهده و رسم کنید . مبدل در چه مد کاری است؟

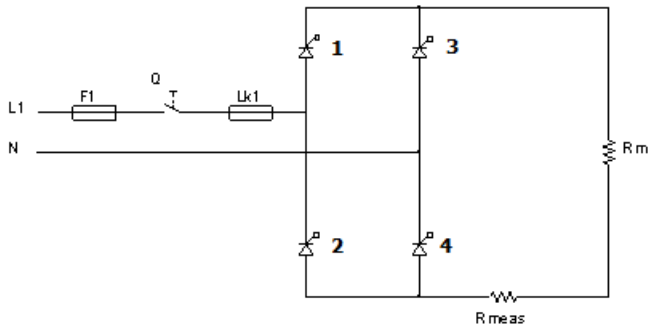
۳. زاویه آتش را روی ۳۰ درجه تنظیم کنید و شکل موج‌های ولتاژ و جریان مقاومت را مشاهده و رسم کنید . مبدل در چه مد کاری است؟

۴. شکل موج جریان خط را مشاهده و رسم کنید .

۵. به طور کیفی نتایج آزمایش را با موارد محاسبه شده مقایسه کنید و در صورت اختلاف علت را توضیح دهید .

۶. تمامی مراحل قبلی را برای بار مقاومتی- سلفی و بار موتوری(DC) تکرار کنید .

۷. با سری کردن مقاومت R_{meas} شکل موج جریان تریستور شماره ۱ را مشاهده و رسم نمائید.



شکل ۴-۳: پل یکسوکننده تک فاز تمام کنترل شونده

پرسش :

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 ۴-۲) کدام کلیدها نقش دیود هرزگرد را ایفا می‌کنند .

۳. اگر بدون استفاده از ترانس پالس فرمان به تریستورهای شکل ۴-۳ اعمال شود چه اتفاقی روی می دهد .

آزمایش شماره ۵: مبدل‌های AC به DC سه فاز دیودی

۵-۱ 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 :

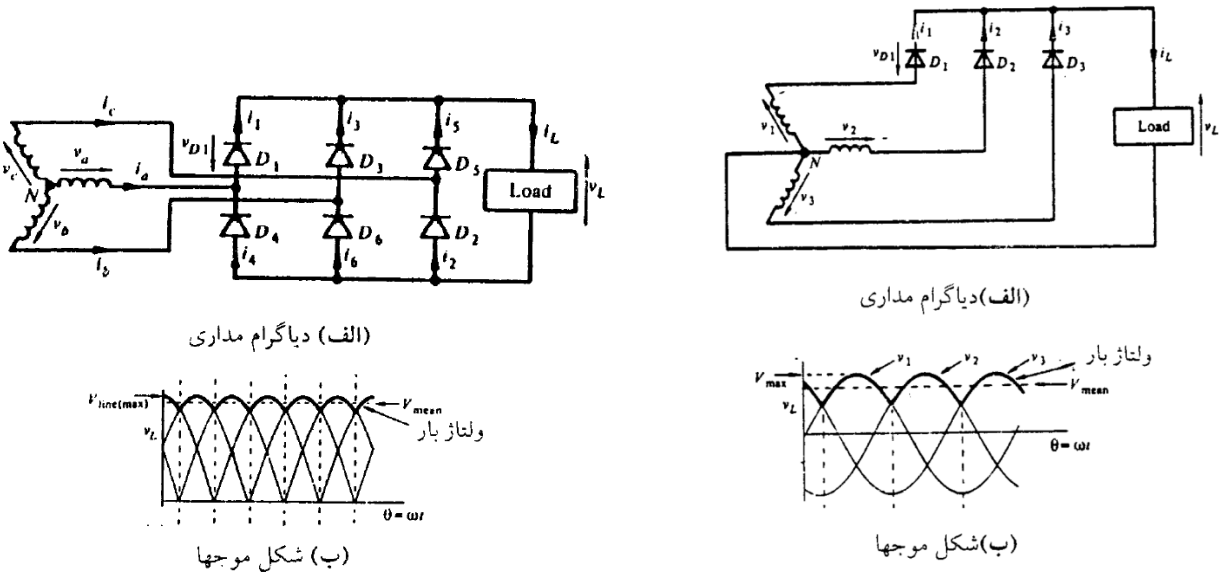
$$V_{dc} = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} V_{line(rms)} \quad (۵-۱)$$

$$V_{dc} = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} V_{line(rms)} \quad (۵-۲)$$

در بسیاری از فرآیندهای صنعتی مانند شارژ باطری ، تنظیم دور موتورهای DC ، آبکاری فلزات و ... احتیاج به توان الکتریکی DC وجود دارد . معمولا توان الکتریکی در دسترس از نوع تک‌فاز و سه‌فاز AC می‌باشد . جهت تبدیل توان AC به DC از یکسوسازها[4] استفاده می‌شود . در توان‌های بالاتر از ۱۵ کیلووات به طور معمول از یکسوسازهای سه فاز (یا شش فاز و بالاتر) جهت تبدیل توان الکتریکی استفاده می‌گردد . یک یکسوساز به طور معمول از نیمه هادی های قدرت ، عناصر راکتیو (سلف و خازن)، مدار فرمان (شامل کنترل و درایو) و اجزای محافظ تشکیل شده است .

در این آزمایش یکسوسازهای سه‌فاز سه پالسه و شش پالسه بررسی می‌گردند . نوع تمام تریستوری این یکسوسازها از لحاظ کنترلی در دسته تمام کنترل‌شونده‌ها قرار می‌گیرد ، چرا که تمام عناصر نیمه‌هادی آن از نوع تریستور است . در شکل ۵-۱ یکسوساز غیر کنترل شونده سه پالسه و یکسوساز غیرکنترل شونده شش پالسه نشان داده شده است .

[4] Rectifiers



شکل ۵-۱ مدارات و شکل موج های خروجی یکسوسازهای سه فاز سه و شش پالسه بدون کنترل

در ادامه به بررسی عملکرد یکسوسازهای غیر کنترل شونده و کنترل شونده سه فاز پرداخته شده است .

۵-۲ شرح آزمایش

هدف آزمایش : در این آزمایش نحوه کارکرد یکسوسازهای سه‌فاز دیودی بررسی می‌گردد .

آزمایش ۵-۱ : یکسوکننده سه‌فاز نیم موج (سه پالسه)

۱. مدار شکل ۵-۲ را جهت بررسی یکسوساز سه پالسه سه فاز بر روی برد IE301 ببندید . شکل ۵-۳ جهت راهنمایی در پیاده سازی این مدار نشان داده شده است. بار را متعادل و ۱۰۰۰ اهم برگزینید . منبع ورودی را نیز ۱۲ ولت انتخاب کنید .

۲. شکل موج ولتاژ خروجی را مشاهده و رسم کنید .

۳. مقادیر متوسط و مؤثر ولتاژ خروجی را محاسبه کنید .

۴. برای این مدار 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 . ولتاژ معکوس دیود D_1 را محاسبه کنید .

۶. مقادیر ولتاژ و جریان نامی لازم جهت این دیود را حساب کنید .

۷. جریان متوسط بار و جریان متوسط و مؤثر دیود D_1 را به دست آورید .

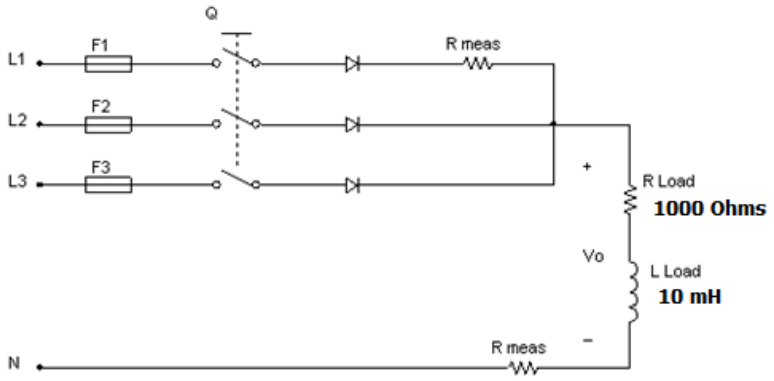
۸. حداکثر ولتاژ معکوس دیود را با توجه به شکل موج ولتاژ آن اندازه بگیرید .

۹. نتایج آزمایش را با موارد محاسبه شده مقایسه کنید و در صورت اختلاف علت را توضیح دهید .

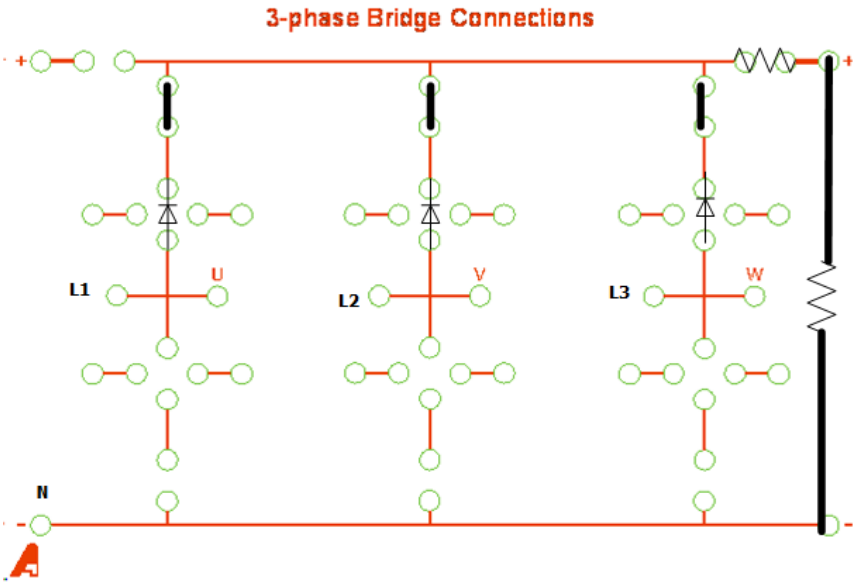
۱۰. مراحل قبل را برای بار سلفی- مقاومتی و بار موتوری(DC) تکرار کنید .

۱۱. تاثیر اندوکتانس منبع و فیلتر ورودی را بررسی کنید . جهت این امر سه سلف با منبع تغذیه سه فاز سری نمائید .

۱۲. مقادیر سلف را در مرحله ۱۱ تغییر دهید و به طور کیفی تغییرات جریان ورودی را بیان نمائید.



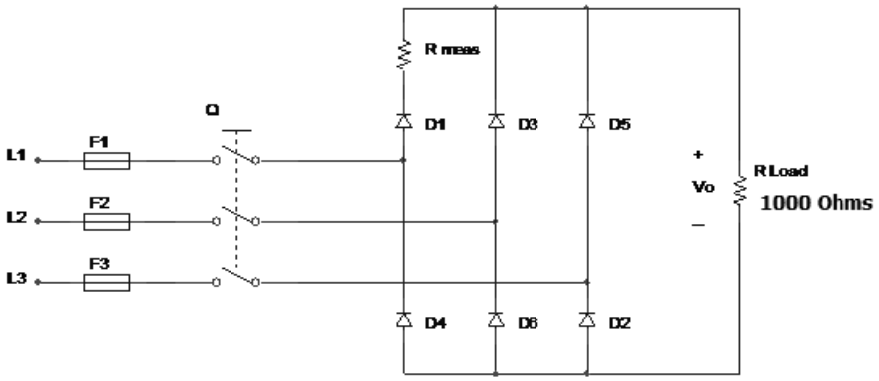
شکل ۵-۲: یکسوکننده سه فاز نیم موج



شکل ۵-۳ پیاده سازی یکسوساز نیم موج سه فاز بر روی برد IE302

آزمایش ۵-۲ : یکسوکننده پل سه فاز (شش پالسه)

۱. پل یکسوکننده سه فاز شکل ۵-۴ را بر روی برد IE302 پیاده سازی نمائید .



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

۲. شکل موج ولتاژ خروجی را مشاهده و رسم کنید .

۳. مقادیر متوسط و مؤثر ولتاژ خروجی را محاسبه کنید .

۴. برای این مدار 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 . ولتاژ معکوس دیود D_1 را محاسبه کنید.

۶. مقادیر ولتاژ و جریان نامی لازم جهت این دیود را حساب کنید.

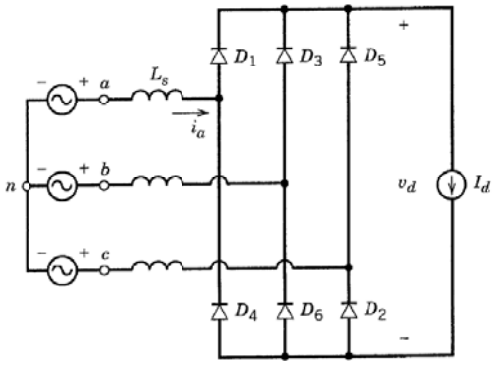
۷. جریان متوسط بار و جریان متوسط و مؤثر دیود D_1 را به دست آورید.

۸. حداکثر ولتاژ معکوس دیود را با توجه به شکل موج ولتاژ آن اندازه بگیرید .

۹. نتایج آزمایش را با موارد محاسبه شده مقایسه کنید و در صورت اختلاف علت را توضیح دهید .

۱۰. مراحل قبل را برای بار سلفی- مقاومتی و بار موتوری (DC) تکرار کنید .

۱۱. جهت تحقیق تاثیر اندوکتانس منبع و فیلتر ورودی شکل ۵-۵ را بر روی برد ببندید و شکل موج ولتاژ خروجی و جریان ورودی را با حالت بدون اندوکتانس منبع مشاهده و ثبت نمائید. شکل موج ها را با هم مقایسه نمائید .



شکل ۵-۵ یکسوساز شش پالسه دیودی با سلف نشتی

پرسش

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

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

آزمایش شماره ۶: مبدل‌های AC به DC سه فاز تمام کنترل‌شونده

۶-۱ 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 می باشد و تنها از نوع سه فاز استفاده می گردد. 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 .

$$V_{dc} = \frac{3\sqrt{3}}{2\pi} V_{line(max)} \cos\alpha \qquad (۶-۱)$$

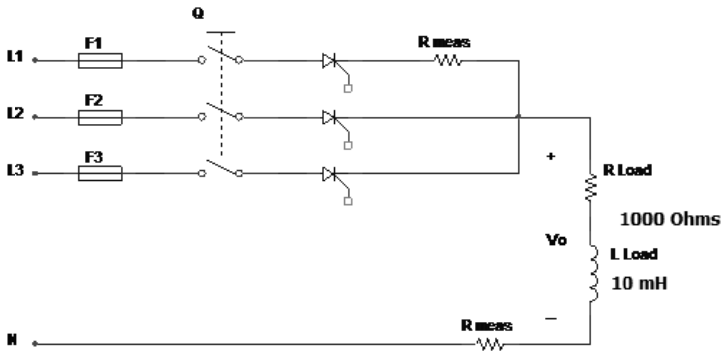
$$V_{dc} = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} V_{line(max)} \cos\alpha \qquad (۶-۲)$$

۶-۲ شرح آزمایش

هدف آزمایش : در این آزمایش نحوه کارکرد یکسوسازهای سه‌فاز تریستوری بررسی می‌گردد .

آزمایش ۶-۱: یکسوکننده سه‌فاز نیم موج بدون دیود هرزگرد

۱. شکل ۶-۱ را بر روی برد IE302 ببندید .
۲. جهت اعمال پالس های فرمان از برد IE101 استفاده نمائید . به منظور سنکرون سازی پالس‌های فرمان می بایست سه فاز برق ورودی از برد تغذیه(شماره IE300) به برد فرمان متصل گردد. برد IE101 مولد پالس‌های فرمان سه فاز می‌باشد. از خروجی های α ، $\alpha-120$ و $\alpha+120$ به ترانس پالس ها اعمال نموده و از خروجی ترانس پالس ها به گیت تریستورها اعمال نمائید . خروجی ترانس پالس ها می بایست به گیت و کاتد تریستورها اعمال شود .
۳. نقطه کموتاسیون طبیعی این مدار را اندازه بگیرید .
۴. در حالت بار اهمی خالص و زاویه آتش صفر درجه شکل موج ولتاژ بار را روی اسیلوسکوپ مشاهده و رسم کنید .
۵. در حالت بار اهمی خالص و زاویه آتش ۱۸^{o} شکل موج ولتاژ بار را روی اسیلوسکوپ مشاهده و رسم کنید . در این حالت متوسط ولتاژ و جریان را با مولتی‌متر اندازه بگیرید .
۶. در حالت بار مختلط و زاویه آتش ۱۸^{o} 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.



شکل ۶-۳: یکسوکننده نیم موج سه فاز

۷. در حالت قبلی زاویه خاموش شدن تریستور را اندازه بگیرید.

۸. برای بار مختلط، برای زوایای آتش 0^o،30^o،72^o،108^o،144^oو180^o متوسط ولتاژ خروجی را اندازه بگیرید. شکل موج ولتاژ خروجی را بر حسب زاویه آتش رسم کنید.

α_f	۰°	۳۶°	۷۲°	۱۰۸°	۱۴۴°	۱۸۰°
مؤثر ولتاژ خروجی						
توان اکتیو بار						

پرسش:

۱. نتایج آزمایش را با موارد محاسبه شده مقایسه نمائید .

۲. از نظر ترانسفورماتور، ورودی این مدار چه ایرادی دارد ؟

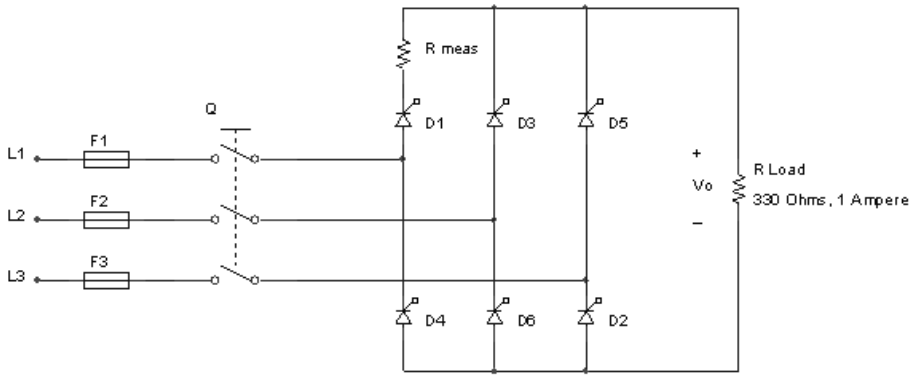
۳. نقطه کموتاسیون اندازه‌گیری شده در حین آزمایش را با مقدار محاسبه شده ، مقایسه در صورت وجود اختلاف آن را تحلیل نمایید .

۴. در چه محدوده‌ای از زاویه آتش ، شکل موج ولتاژ برای بار اهمی خالص و بار مختلط یکسان است ؟

۵. در مورد شرایط تغییر از حالت جریان پیوسته (CCM) به جریان گسسته (DCM) توضیح دهید .

آزمایش ۶-۲ : پل یکسوکننده سه فاز با بار مقاومتی

۱. پل یکسوکننده کنترل شونده شکل ۶-۲ را بر روی برد IE302 ببندید . بار را نیز ۱۰۰۰ اهم برگزینید .



شکل ۶-۲: پل یکسوکننده سه فاز تمام کنترل شونده

۲. جهت اعمال پالس های فرمان از برد IE101 استفاده نمائید . به منظور سنکرون سازی پالس‌های فرمان می بایست سه فاز برق ورودی از برد تغذیه (شماره IE300۰) به برد فرمان متصل گردد. برد IE303 مولد پالس های فرمان سه فاز می باشد. از خروجی های α ، $\alpha-120$ و $\alpha+120$ به تریستورهای بالایی و پالسه‌ای با ۱۸۰ درجه اختلاف را به تریستورهای پایینی اعمال نمائید. برای همه پالس ها از ترانس پالس به عنوان واسط مدار فرمان و قدرت استفاده نمائید . خروجی ترانس پالس‌ها می بایست به گیت و کاتد تریستورها اعمال شود .

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 ^{o}۱۸ 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 ^{o}۱۸ 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. در حالت قبلی زاویه خاموش شدن تریستور را اندازه بگیرید .

۷. برای بار مختلط، برای زوایای آتش ^{o}۰ ،^{o}۳۶ ،^{o}۷۲ ،^{o}۱۰۸ ،^{o}۱۴۴ و^{o}۱۸۰ متوسط ولتاژ خروجی را اندازه بگیرید .

α_f	۰^{o}	۳۶^{o}	۷۲^{o}	۱۰۸^{o}	۱۴۴^{o}	۱۸۰^{o}
مؤثر ولتاژ خروجی						
توان اکتیو بار						

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

۹. مراحل ۲ و ۳ و ۷ را برای بار موتوری (DC) رسم نمایید .

۱۰. نتایج آزمایش را با موارد محاسبه شده مقایسه کنید و در صورت اختلاف علت را توضیح دهید .

آزمایش شماره ۷ : مبدل‌های AC/AC تک‌فاز

۷-۱ مقدمه

در این آزمایش برشگرهای AC تکفاز مورد بررسی قرار می‌گیرند . این برشگرها جهت کنترل توان بارهای AC کاربرد دارند . با تغییر زاویه آتش ولتاژ موثر دو سر بار کنترل می گردد .

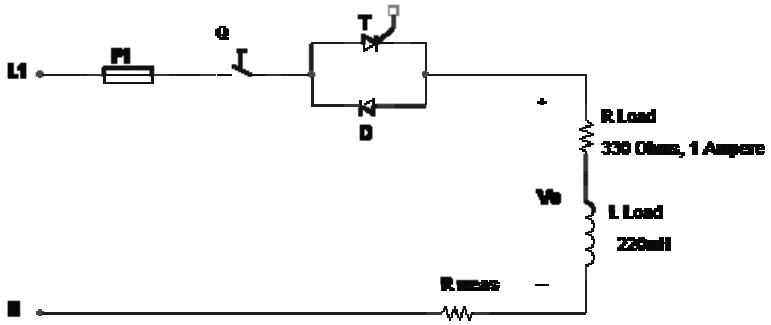
۷-۲ شرح آزمایش

هدف آزمایش : در این آزمایش نحوه کارکرد برشگرهای AC تک‌فاز بررسی می‌گردد .

آزمایش ۷-۱ : برشگر AC تک‌فاز نیمه کنترل شده

۱. مدار شکل ۷-۱ یک برشگر AC تک‌فاز نیمه کنترل شده را نشان می‌دهد ، جهت پیاده سازی آن از برد IE302 استفاده نمائید .

۲. پالس فرمان را از مدار مولد پالس(IE101) به وسیله ترانس پالس به گیت-کاتد تریستور اعمال نمائید .



شکل ۷-۱ برشگر تکفاز نیمه کنترل شونده

۳. در حالت بار اهمی خالص رابطه مؤثر ولتاژ خروجی را بر حسب زاویه آتش نوشته و رسم کنید .

۴. در بار اهمی خالص و زاویه آتش 90^{o} ، شکل موج ولتاژ بار را رسم کنید . با کمک این ولتاژ ، جریان مؤثر دیود و تریستور را به‌دست آورید .

۵. مقادیر نامی جریان و ولتاژ لازم جهت دیود و تریستور را به دست آورید . محدوده تغییرات زاویه آتش را بدست آورید .

۶. برای بار اهمی خالص ، برای زوایای آتش ^{o}۰ ،^{o}۳۶ ،^{o}۷۲ ،^{o}۱۰۸ ،^{o}۱۴۴ و^{o}۱۸۰ مؤثر ولتاژ خروجی و توان اکتیو بار را اندازه بگیرید .

α_f	۰^{o}	۳۶^{o}	۷۲^{o}	۱۰۸^{o}	۱۴۴^{o}	۱۸۰^{o}
مؤثر ولتاژ خروجی						
توان اکتیو بار						

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

۸. در حالت بار اهمی خالص و زاویه آتش ^{o}۹۰، شکل موج ولتاژ بار را روی اسیلوسکوپ مشاهده و رسم کنید .

۹. جریان مؤثر دیود و تریستور و بار را اندازه بگیرید .

۱۰. سلف را در مدار قرار دهید و اثر آن را روی شکل موج ولتاژ بار بررسی کنید .

۱۱. نتایج آزمایش را با موارد محاسبه شده مقایسه کنید و در صورت اختلاف علت را توضیح دهید .

۱۲. آیا رابطه‌ای میان جریان مؤثر دیود و تریستور و بار وجود دارد ؟

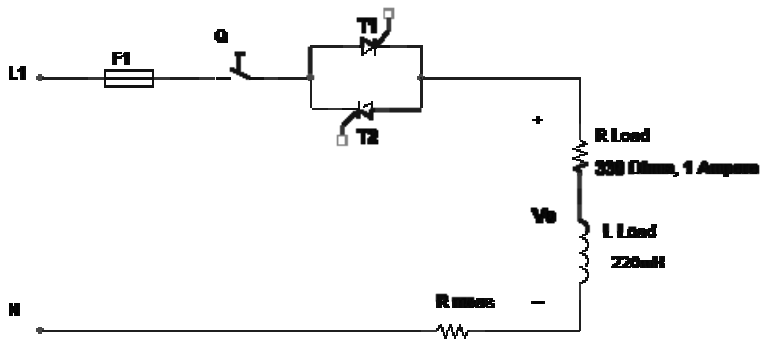
آزمایش ۷-۲ : مبدل‌های AC/AC تک‌فاز تمام کنترل شده

۱. مدار شکل ۷-۲ یک مبدل AC/AC تک‌فاز تمام کنترل شده را نشان می‌دهد . آن را بر روی برد IE302 پیاده سازی نمائید .

۲. پالس های فرمان را از دو خروجی با اختلاف فاز ۱۸۰ درجه که سنکرون با فاز ورودی می باشد ، انتخاب کنید و مشابه آزمایش ۷-۱ به تریستورها اعمال نمائید .

۳. در حالت بار اهمی خالص رابطه مؤثر ولتاژ خروجی را بر حسب زاویه آتش نوشته و رسم کنید .

۴. در بار اهمی خالص و زاویه آتش ^{o}۹۰ ، شکل موج ولتاژ بار را رسم کنید . با کمک این ولتاژ ، جریان مؤثر دیود و تریستور را به‌دست آورید .



شکل ۷-۲ برشگر تکفاز تمام کنترل شونده

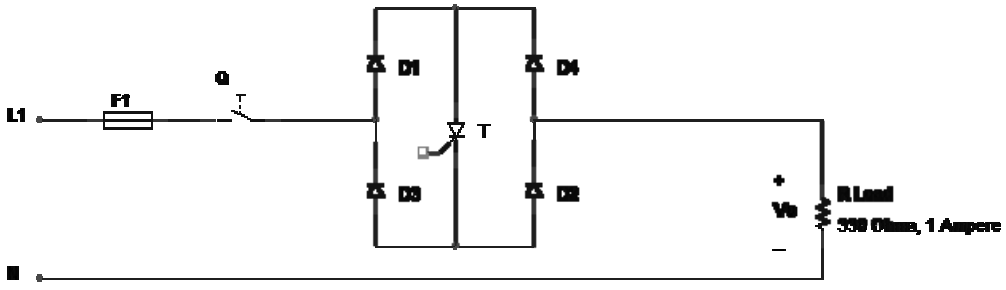
۵. مقادیر نامی جریان و ولتاژ لازم جهت دیود و تریستور را به دست آورید .
۶. برای بار اهمی خالص ، برای زوایای آتش ۰°، ۳۶°، ۷۲°، ۱۰۸°، ۱۴۴° و ۱۸۰° ولتاژ خروجی موثر و توان اکتیو بار را اندازه بگیرید .

α_f	۰°	۳۶°	۷۲°	۱۰۸°	۱۴۴°	۱۸۰°
مؤثر ولتاژ خروجی						
توان اکتیو بار						

۷. شکل موج ولتاژ خروجی را بر حسب زاویه آتش رسم کنید .
۸. در حالت بار اهمی خالص و زاویه آتش ۹۰° ، شکل موج ولتاژ بار را روی اسیلوسکوپ مشاهده و رسم کنید.
۹. جریان مؤثر تریستورها و بار را اندازه بگیرید .
۱۰. در حالتی‌که سلف در مدار نیست ، زاویه آتش را روی ۹۰° تنظیم کنید و سپس سلف را وارد مدار کنید . شکل موج ولتاژ دو سر بار و جریان مدار را رسم کنید . حال در این حالت زاویه هدایت تریستورها را اندازه بگیرید .
۱۱. نتایج آزمایش را با موارد محاسبه شده مقایسه کنید و در صورت اختلاف علت را توضیح دهید .
۱۲. نمودارهای ولتاژ خروجی و توان اکتیو بار بر حسب زاویه آتش را رسم نمایید .

پرسش:

۱. آیا رابطه‌ای میان جریان مؤثر تریستورها و بار وجود دارد ؟
۲. مدار مبدل شکل ۷-۳ را بررسی کرده و عملکرد آن‌را شرح دهید .
۳. شکل موج ولتاژ و جریان بار در این مبدل را رسم نمایید .
۴. عملکرد مدار فوق را با مدار قسمت "ب" مقایسه کنید، این مقایسه می‌بایست شامل مسائل فنی و مهندسی و نیز اقتصادی باشد .
۵. مدار کنترل هر کدام را توضیح و تفاوت آن‌ها را بیان دارید .



شکل ۷-۳ مبدل مورد سوال در پرسش ها

آزمایش شماره ۸: کنترل ولتاژ AC سه فاز

۸-۱ مقدمه

توان ورودی به بار با اتصال ستاره یا مثلث را می‌توان با مدار تمام کنترل شونده و نیمه کنترل شونده کنترل کرد . مدار تمام کنترل شونده شامل ۶ تریستور یا ۳ تریاک می‌باشد ولی مدار نیمه کنترل شونده برای برگشت جریان از دیود استفاده می‌کند . نکته قابل ذکر این است که در مدار تمام کنترل شونده لازم است ۲ تریستور همزمان هدایت کند . جهت راه اندازی نرم موتورهای القایی یا کنترل دور ارزان قیمت موتورهای القایی سه فاز از این مدارات استفاده می‌گردد . هیترهای صنعتی نیز نمونه ای دیگر از کاربردهای این مدارات می باشند .

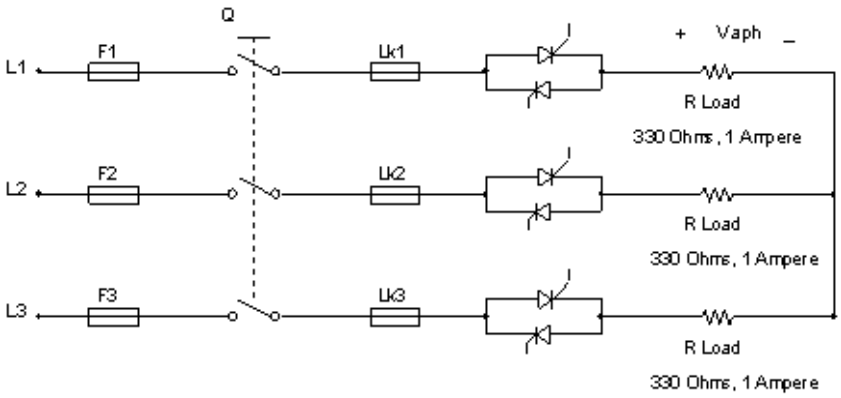
۸-۲ شرح آزمایش

هدف آزمایش : در این آزمایش نحوه کنترل ولتاژ AC سه فاز بررسی می‌گردد .

آزمایش ۸-۱ : مبدل AC به AC سه فاز تمام کنترل شونده با اتصال ستاره و با سیم نول

۱.مدار شکل ۸-۱ را بر روی برد IE302 ببندید .

۲.پالس های فرمان تریستورها را اعمال نمائید . جهت راهنمایی به آزمایش ۶-۲ مراجعه نمائید .

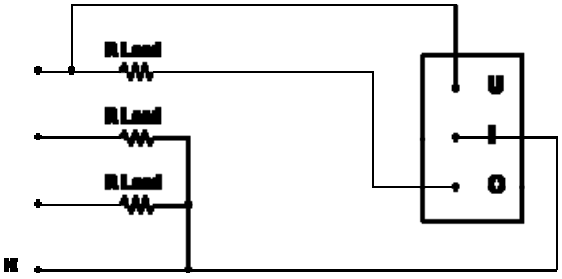


شکل ۸-۱: مدار کنترل ولتاژ ac سه فاز تمام کنترل شونده

۳.برای زوایای آتش 0^o ،36^o ،72^o ،108^o ،144^o و180^o مؤثر ولتاژ خروجی و توان اکتیو بار را اندازه بگیرید .

α_f	۰°	۳۶°	۷۲°	۱۰۸°	۱۴۴°	۱۸۰°
مؤثر ولتاژ خروجی						
توان اکتیو بار						

راهنمایی: اتصال وات‌متر برای اندازه‌گیری توان یک فاز مانند شکل ۸-۲ است .



شکل ۸-۴: طریقه اتصال وات متر

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

۵.نتایج آزمایش را با موارد محاسبه شده در قسمت آماده‌سازی آزمایش مقایسه کنید و در صورت اختلاف علت را توضیح دهید .

۶.نمودارهای ولتاژ خروجی و توان اکتیو بار بر حسب زاویه آتش را رسم نمایید .

پرسش :

۱.تفاوت مبدل‌های نیم‌کنترل‌شونده و تمام کنترل‌شونده را بیان کنید و در مورد شکل موج خروجی هر یک توضیح دهید .

۲.وجود سیم نول در این مدار ، چه کمکی در تحلیل به شما می‌کند ؟

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 بدست آورده ، با فرکانس جریان/ولتاژ هر فاز مقایسه و تحلیل نمایید .

آزمایش ۸-۲ : کنترل ولتاژ ac سه فاز نیمه کنترل شونده با اتصال ستاره و با سیم نول

۱.مدار شکل ۸-۳ را بر روی برد IE302 ببندید .

۲. مدار فرمان گیت را مشابه آزمایش ۶-۱ ببندید .

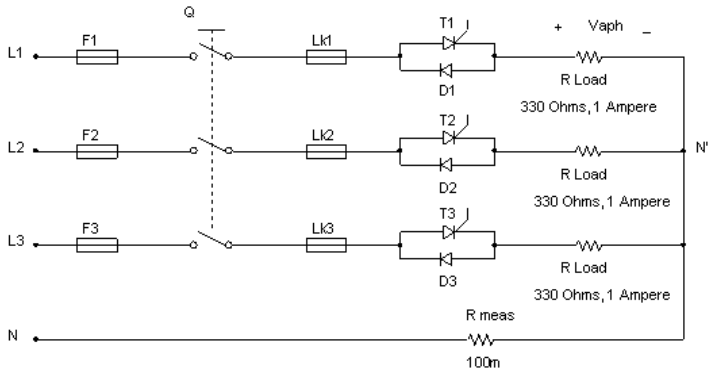
۳. برای زوایای آتش 0^o ،36^o ،72^o ،108^o ،144^o و180^o مؤثر ولتاژ خروجی و توان اکتیو بار را اندازه بگیرید.

α_f	۰°	۳۶°	۷۲°	۱۰۸°	۱۴۴°	۱۸۰°
مؤثر ولتاژ خروجی						
توان اکتیو بار						

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

۵. نتایج آزمایش را با موارد محاسبه شده در قسمت آماده‌سازی آزمایش مقایسه کنید و در صورت اختلاف علت را توضیح دهید .

۶. نمودارهای ولتاژ خروجی و توان اکتیو بار بر حسب زاویه آتش را رسم نمایید .



شکل ۸-۳: مدار کنترل ولتاژ ac سه فاز نیمه کنترل شونده

پرسش :

۱. تفاوت مبدل‌های نیم‌کنترل‌شونده و تمام کنترل‌شونده را بیان کنید و در مورد شکل موج خروجی هر یک توضیح دهید .

۲. وجود سیم نول در این مدار، چه کمکی در تحلیل به شما می‌کند؟

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 بدست آورده ، با فرکانس جریان/ولتاژ هر فاز مقایسه و تحلیل نمایید .

آزمایش ۸-۳ : مبدل‌های AC/AC سه‌فاز نیمه کنترل شده با اتصال ستاره و بدون سیم نول

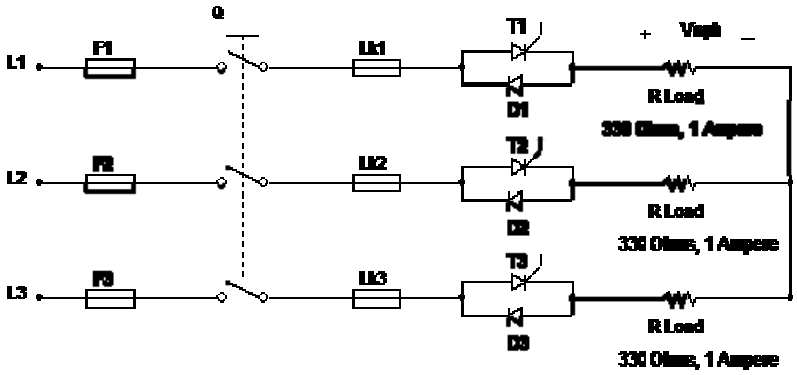
۱. مدار شکل ۸-۴ یک مبدل AC/AC سه‌فاز نیمه کنترل شده با اتصال ستاره و بدون سیم نول را نشان می‌دهد. این آرایش را بر روی برد مدار قدرت IE302 پیاده سازی نمائید.

۲. مدار فرمان گیت نیز مشابه آزمایش ۸-۲ می باشد.

۳. برای زوایای آتش 0^o ،30^o ،72^o ،108^o ،144^o و180^o مؤثر ولتاژ خروجی و توان اکتیو بار را اندازه بگیرید .

α_f	۰°	۳۶°	۷۲°	۱۰۸°	۱۴۴°	۱۸۰°
مؤثر ولتاژ خروجی						
توان اکتیو بار						

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



شکل۸- ۴: مدار کنترل ولتاژ AC سه فاز نیمه کنترل شده با اتصال ستاره و بدون سیم نول

۵. نمودارهای ولتاژ خروجی و توان اکتیو بار بر حسب زاویه آتش را رسم نمایید .

پرسش :

۱. تفاوت مبدل‌های نیم‌کنترل‌شونده و تمام کنترل‌شونده را بیان کرده و در مورد شکل موج خروجی هر یک توضیح دهید .

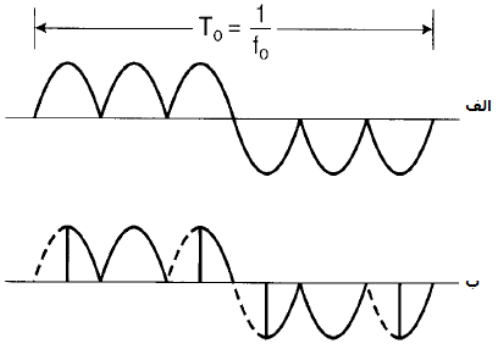
۲. با توجه به عدم وجود سیم نول در این قسمت، نتایج را با قسمت "الف" مقایسه و اختلاف های موجود را تحلیل نمایید .

۳. در مورد شکل موج ولتاژ خروجی و مدهای مختلف آن بر حسب محدوده زاویه آتش بحث نمایید .

آزمایش شماره ۹ : مبدل دوره تناوب (Cyclo-Converter) تکفاز

۹-۱ مقدمه

در مبدل های دوره تناوب ، فرکانس و دامنه خروجی کنترل می‌گردد . در انواع تکفاز فرکانس خروجی کسری صحیح از فرکانس ورودی می باشد و تنها فرکانس کاهش می یابد . اما در انواع سه فاز امکان افزایش فرکانس نیز وجود دارد . سادگی و ارزانی این روش کنترل فرکانس باعث کاربرد آن در کنترل دور موتورهای القایی بزرگ شده است . ایده عملکردی این مبدل ها در شکل ۹-۱ نشان داده شده است .



شکل ۹-۱ ایده عملکردی مبدل دوره تناوب الف) تنها تغییر فرکانس، ب) تغییر توام دامنه وفرکانس

۹-۲ شرح آزمایش

هدف آزمایش : در این آزمایش نحوه کارکرد مدارهای مبدل دوره تناوب بررسی می‌گردد .

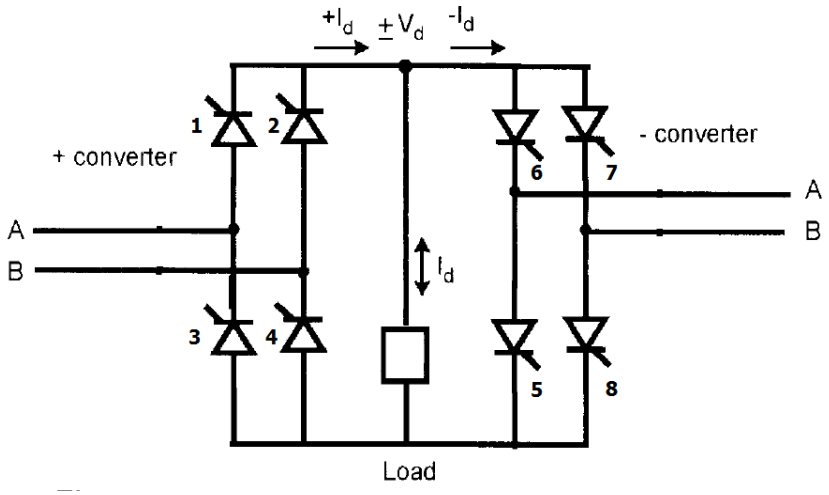
آزمایش ۹-۱ : مبدل دوره تناوب

۱. آرایش مبدل دوره تناوب تکفاز در شکل ۹-۲ نشان داده شده است . جهت پیاده سازی آن از برد IE402 استفاده کنید . هنگام بستن مدار به پلاریته AC ورودی و محل های اتصال آن دقت کنید . بار را یک کیلو اهم در نظر بگیرید و منبع ورودی را ۱۲ ولت انتخاب کنید .

۲. جهت اعمال پالس ها به این مدار از مدار مولد پالس های فرمان مبدل دوره تناوب یعنی برد IE401 استفاده می شود . این برد پالس هایی سنکرون با برق ورودی ایجاد می نماید . در شکل ۹-۳ این مولد نشان داده شده است . پالس های با اندیس p به

مبدل+ و پالس های با اندیس n به مبدل – اعمال می گردد . پالس های فرمان ۱ و ۴ مثل همدیگر می‌باشد . این وضعیت برای ۲و ۳، ۵ و ۸ ، و همچنین ۷و۵ برقرار است. در این مدار نیز پالس های خروجی مدار مولد به وسیله ترانس پالس به مبدل اعمال می‌شوند .

۳. پالس های فرمان را به طور همزمان با منبع ورودی بر روی اسکوپ مشاهده نموده و نتیجه گیری نمائید .



شکل ۹-۲ مبدل دوره تناوب تکفاز

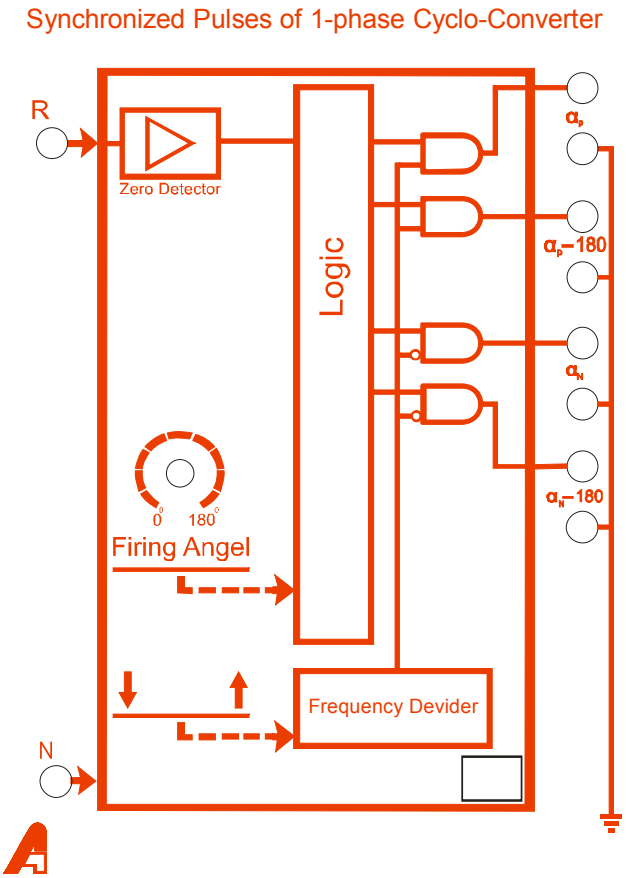
۴. زاویه آتش را بر روی صفر قرار داده و فرکانس ولتاژ خروجی را بر روی ۲۵ تنظیم نمائید . در این شرایط شکل موج ولتاژ و جریان بار را ثبت کنید .

۵. در این شرایط زاویه آتش را تغییر داده و بر روی ۹۰ درجه تنظیم کنید . مقدار موثر ولتاژ خروجی را در این شرایط محاسبه و با عملی مقایسه کنید .

۶. بار را با لامپ رشته ای تغییر دهید و اثر تغییر فرکانس و زاویه آتش را مشاهده نمائید .

۷. شرایطی برای لامپ به وجود آورید که چشمک زدن لامپ به سادگی دیده شود . در این شرایط شکل موج جریان بار و یکی از تریستورها را رسم نمائید .

۸. بار را به اهمی- سلفی تغییر دهید در این شرایط شکل موج های ولتاژ و جریان را برای زاویه آتش ۹۰ درجه و فرکانس ۱۰ هرتز ثبت نمائید .



شکل ۹-۳ برد مولد پالس های سنکرون برای مبدل دور ه تناوب تکفاز

پرسش :

۱. اگر هدف تغذیه یک موتور القایی سه فاز با این مدار باشد. چه پیشنهادی جهت استفاده از این مدار ارائه می نمائید.

۲. چگونه در نوع سه فاز فرکانس علاوه بر کاهش افزایش نیز می یابد .

۳. اگر پلاریته AC ورودی در هنگام اتصال به برد قدرت عکس شود چه اتفاقی روی می دهد . علت را توضیح دهید .

آزمایش شماره ۱۰: ترانزیستور قدرت- MOSFET – IGBT – اپتوکوپلر

۱۰-۱ مقدمه

در تمام آزمایش‌های قبل تاکید بر مدارات الکترونیک صنعتی مبتنی بر تریستور بود . الکترونیک صنعتی مدرن با رشد کلیدهای نیمه هادی جدید از جمله ترانزیستور قدرت ، MOSFET قدرت و IGBT متحول شده است و امروزه در بسیاری از کاربردها این کلیدهای نیمه هادی جایگزین تریستور شده اند . منابع تغذیه سوئیچینگ و اینورترها دو دسته بزرگ از کاربرد کلیدهای نیمه هادی جدید می باشند . سرعت کلیدزنی به مراتب بالاتر این کلیدهای جدید مزیت عمده آنها می باشد . این کلیدهای نیمه هادی در مقایسه با تریستور تمام کنترل شونده می باشند . در این آزمایش با منحنی مشخصه و ویژگی های این کلیدهای نیمه هادی آشنا می‌شوید. اپتوکوپلر نیز به عنوان المانی پر کاربرد در طبقه درایو این کلیدها بررسی شده است .

۱۰-۲ شرح آزمایش

هدف آزمایش : در این آزمایش نحوه کارکرد المان‌های فوق بررسی می‌شود .

آزمایش ۱۰-۱ : اندازه‌گیری پارامترهای ترانزیستور قدرت

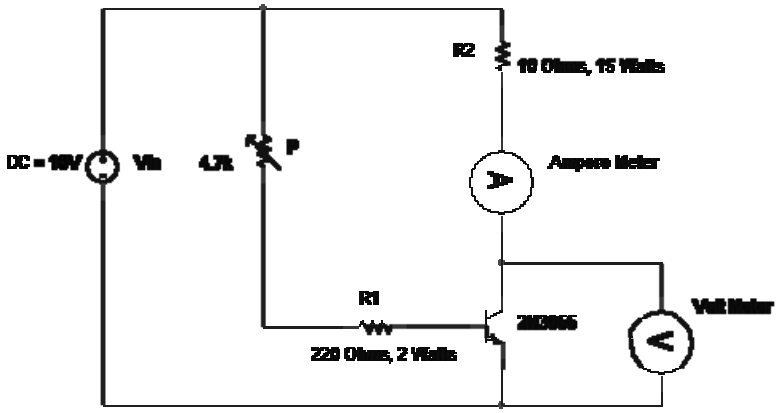
۱. مدار شکل ۱۰-۱ را جهت اندازه‌گیری پارامترهای ترانزیستورقدرت پیاده سازی نمائید .

۲. با توجه به برگه مشخصات ترانزیستور، مقدار حداکثر منبع ولتاژ V_{in} را بیابید.

۳. با توجه به برگه مشخصات ترانزیستور ، مقدار حداقل مقاومت R_2 را بیابید .

۴. مقادیر مقاومت R_1 و پتانسیومتر P را طوری محاسبه کنید که با توجه به مسائل حفاظتی ترانزیستور حتماً اشباع شود .

۵. پتانسیومتر P را از صفر تا حداکثر تغییر دهید . مقادیر جریان کلکتور و جریان بیس و ولتاژ کلکتور – امیتر را اندازه بگیرید .
(ممکن است مقادیر P و R_1 نیاز به تغییر داشته باشند.)



شکل ۱۰-۱ مدار مورد نیاز جهت اندازه گیری پارامترهای ترانزیستور قدرت

۶. آیا در هیچ یک از نقاط به دست آمده ، ترانزیستور اشباع می‌باشد ؟

۷. برای ولتاژ بیس – امیتر، چه ولتاژی را به عنوان پیش‌فرض پیشنهاد می‌کنید؟

۸. مقادیر به دست آمده از آزمایش را با اطلاعات برگه مشخصات ترانزیستور مقایسه کرده ، و علت اختلاف را شرح دهید .

پرسش:

۱. برای ترانزیستور مورد آزمایش، β حدوداً چند است ؟

آزمایش ۱۰-۲ : اندازه‌گیری پارامترهای MOSFET قدرت

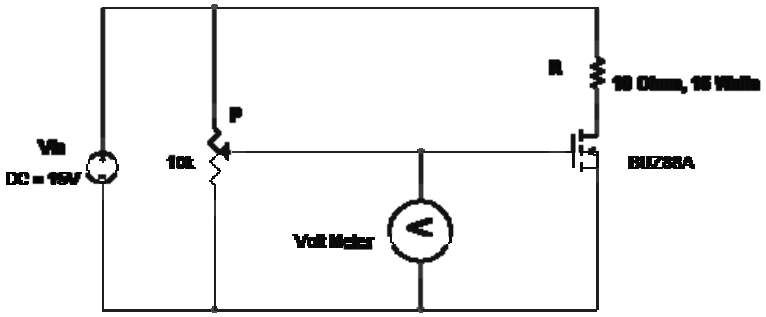
۱. مدار شکل ۱۰-۲ ، جهت اندازه‌گیری پارامترهای *Power MOSFET* پیشنهاد شده است. آنرا پیاد ه سازی نمائید .

۲. با توجه به برگه مشخصات ترانزیستور، مقدار حداکثر منبع ولتاژ V_{in} را بیابید .

۳. با توجه به برگه مشخصات ترانزیستور ، مقدار حداقل مقاومت R را بیابید .

۴. پتانسیومتر P را تغییر دهید ، با این کار شما ولتاژ گیت-سورس را از صفر تا حداکثر تغییر می‌دهید . سپس مراحل زیر را انجام دهید .

۵. مقادیر ولتاژ گیت- سورس و درین-سورس را اندازه بگیرید .



شکل ۱۰-۲ مدار پیشنهادی جهت اندازه گیری پارامترهای ماسفت قدرت

۶. به ازای چه مقداری از ولتاژ گیت- سورس ، MOSFET کاملاً خاموش است ؟

۷. به ازای چه مقداری از ولتاژ گیت- سورس ، MOSFET کاملاً روشن است؟

۸. وقتی MOSFET کاملاً روشن است ، مقاومت بین درین و سورس چه مقداری است؟ محاسبات مربوطه را ذکر کنید .

۹. مقادیر به دست آمده از آزمایش را با اطلاعات برگه مشخصات Power MOSFET مقایسه کرده ، و علت اختلاف را شرح دهید .

آزمایش ۱۰-۳ : اندازه‌گیری پارامترهای IGBT

۱. مدار شکل ۱۰-۳ را جهت اندازه‌گیری پارامترهای IGBT پیاده سازی نمائید .

۲. با توجه به برگه مشخصات IGBT ، مقدار حداکثر منبع ولتاژ V_{in} را بیابید .

۳. با توجه به برگه مشخصات IGBT ، مقدار حداقل مقاومت R را بیابید .

۴. با تغییر پتانسیومتر P ولتاژ گیت-امیتر را از صفر تا حداکثر تغییر دهید . در این شرایط بندهای زیر را انجام دهید .

۵. مقادیر ولتاژ گیت-امیتر و کلکتور-امیتر را اندازه بگیرید .

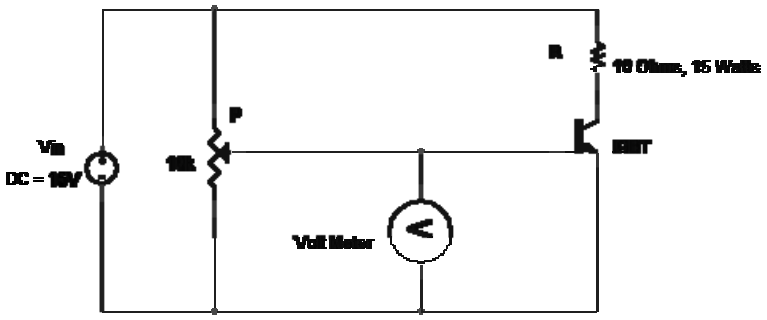
۶. به ازای چه مقداری از ولتاژ گیت ، IGBT کاملاً خاموش است؟

۷. به ازای چه مقداری از ولتاژ گیت، IGBT کاملاً روشن است؟

۸. مقادیر به‌دست آمده از آزمایش را با اطلاعات برگه مشخصات IGBT مقایسه کرده و علت اختلاف را شرح دهید .

پرسش:

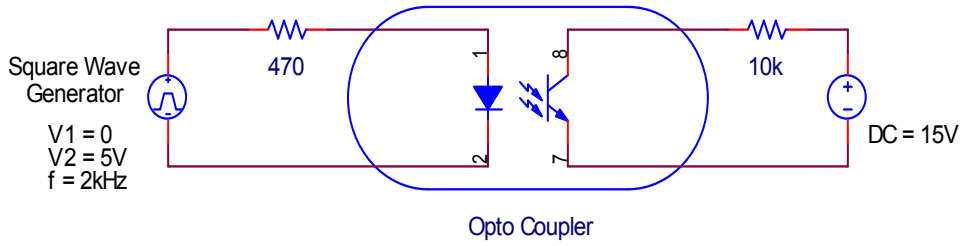
۱. V_{CE} حالت اشباع چقدر است؟



شکل ۱۰-۳ مدار پیشنهادی جهت اندازه گیری پارامترهای IGBT

آزمایش ۱۰-۴ : مشاهده رفتار اپتوکوپلر

۱. مدار شکل ۱۰-۴ را جهت بررسی رفتار اپتوکوپلر ببندید.



شکل ۱۰-۴ مدار پیشنهادی جهت بررسی رفتار اپتوکوپلر

۲. از روی برگه مشخصات اپتوکوپلر، مقادیر t_r, t_f را به‌دست آورید .

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

۴. افت ولتاژ روی دیود فرستنده در حالت روشن چه‌قدر است ؟

۵. V_{CE} اشباع (با فرض اشباع بودن) چه‌قدر است ؟

پرسش:

۱. با توجه به شکل موج‌ها ، این المان تا چه فرکانسی قابل استفاده است ؟

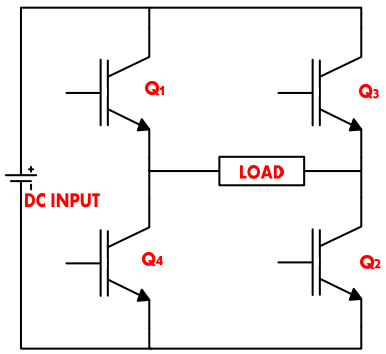
۲. مزیت استفاده از اپتوکوپلر چیست ؟ این المان به کدامیک از المان‌های قدرت شبیه است؟

آزمایش شماره ۱۱: اینورتر تکفاز و نحوه تولید SPWM

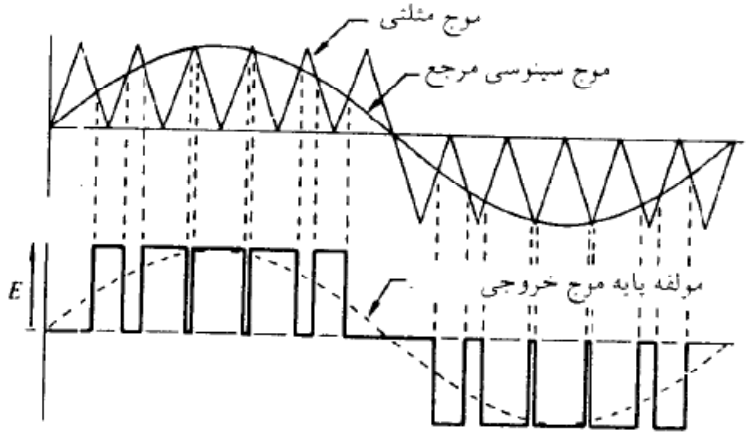
۱۱-۱ مقدمه

این مبدل‌ها با عنوان اینورترها ذکر می‌شوند . ولتاژ خروجی AC می‌تواند در یک فرکانس ثابت یا متغیر باشد . در صورتیکه در این مبدل‌ها ولتاژ ورودی تغییر نموده و ضریب بهره ثابت بماند ولتاژ خروجی متغیر حاصل می‌گردد . اینورترها به دو دسته کلی اینورترهای تک‌فاز و اینورترهای سه‌فاز تقسیم می‌شوند و اگر ولتاژ ورودی ثابت بماند به این اینورترها ، اینورتر منبع ولتاژ و اگر چنانچه جریان ورودی ثابت نگه داشته شود به آن اینورتر منبع جریان گفته می‌شود . در شکل ۱۱-۱ اینورتر ولتاژ تکفاز نشان داده شده است.

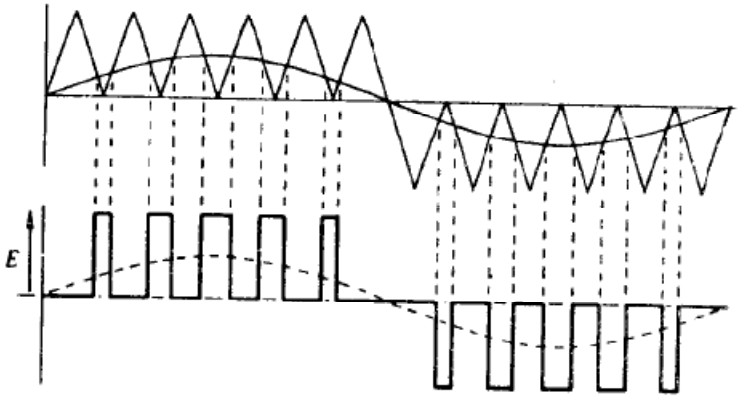
اگر ولتاژ ورودی ثابت بماند با تغییر ضریب بهره اینورتر که معمولاً با روش کنترل مدولاسیون پهنای پالس انجام می‌گیرد ، ولتاژ خروجی متغیری خواهیم داشت . در شکل ۱۱-۲ روش ساخت پالس‌های فرمان برای اینورتر تکفاز نشان داده شده است. با قطع دادن دندانه‌ارهای با سینوسی پالس‌های مربوطه حاصل شده است. اگر دامنه سینوسی از دندانه اره‌ای بیشتر باشد کیفیت ولتاژ خروجی اینورتر چه تغییری می‌کند؟



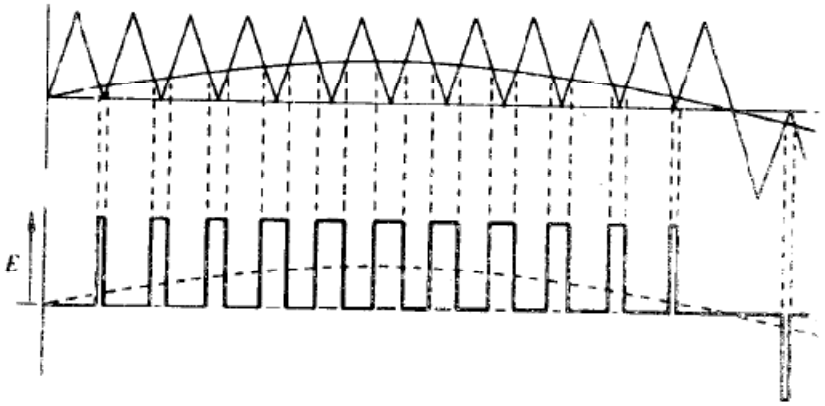
شکل ۱۱-۱ مدار اینورتر تکفاز



(الف) در ماکزیمم ولتاژ خروجی

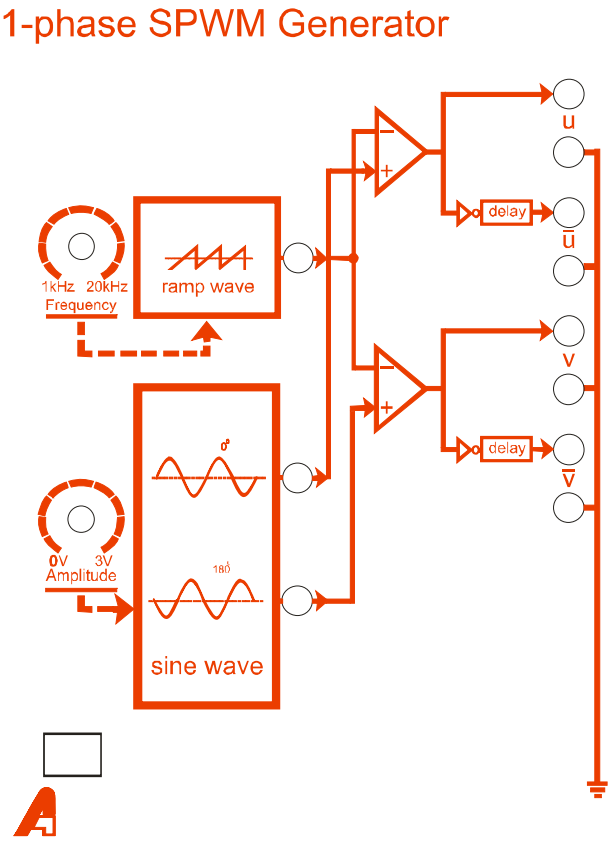


(ب) در نصف ماکزیمم ولتاژ خروجی



(پ) در نصف ولتاژ و نصف فرکانس

شکل ۱۱-۲ ساخت پالس‌های فرمان اینورتر تکفاز با موج دندانه‌اره‌ای یکطرفه



شکل ۱۱-۳ برد مولد **SPWM** تکفاز

۱۱-۲ شرح آزمایش

هدف آزمایش : در این آزمایش اینورتر تکفاز به همراه پالس‌های فرمان مربوطه بررسی می‌گردند.

آزمایش ۱۱-۱ : تولید SPWM

۱. برد شماره **IE304** جهت ایجاد **SPWM** تکفاز مورد استفاده می گیرد . با مقایسه سینوسی مرجع با دندانه اره ای پالس های خروجی فراهم می گردد . در شکل ۱۱-۳ این برد نشان داده شده است . علت استفاده از دندانه اره ای را ذکر نمائید.

۲. دامنه موج دندانه اره ای ثابت بوده و با تغییر دامنه شکل موج سینوسی ضریب مدولاسیون تغییر می کند. اگر دامنه دندانه اره ای پنج باشد به ازای چه دانه ای از شکل موج سینوسی اندیس مدولاسیون ۰.۸ می شود .

۳. به منظور جلوگیری از روشن شدن همزمان ترانزیستورهای واقع در یک شاخه می بایست پالس های فرمان اعمالی به یک شاخه **not** همدیگر بوده و زمان مرده بین آنها وجود داشته باشد . اهمیت زمان مرده را شرح دهید .

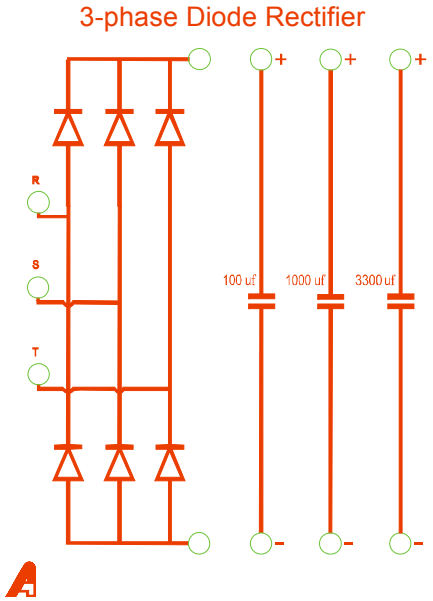
۴. شکل موج سینوسی و دندانه اره ای را به طور همزمان بر روی اسکوپ مشاهده نمائید .

۵. شکل موج دو کانال خروجی را به طور همزمان بر روی اسکوپ مشاهده نمائید . در این شرایط زمان مرده را بررسی نمائید .

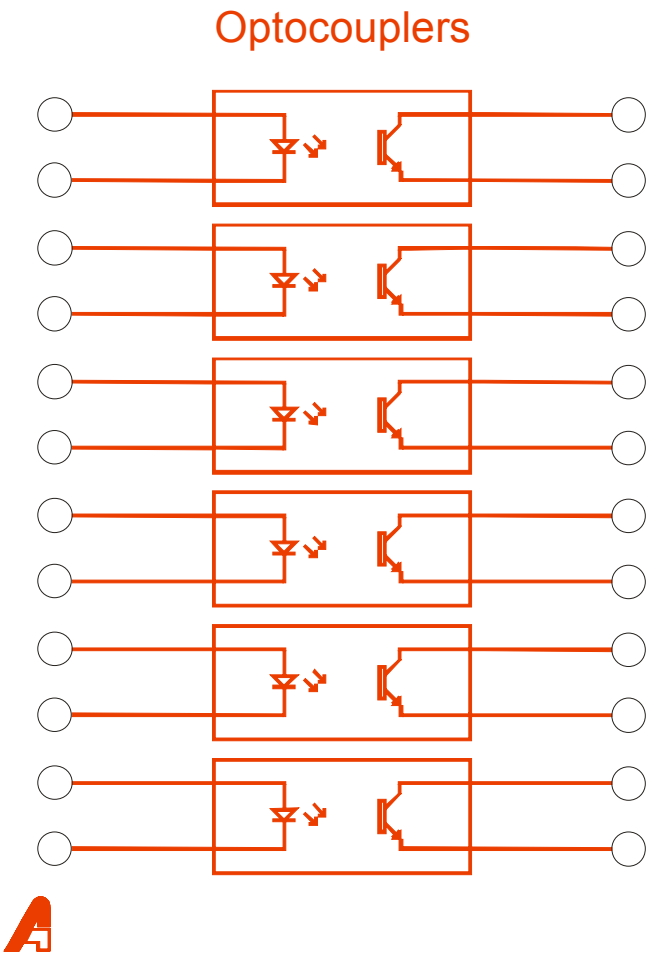
۶. در شکل موج های بند ۵ ، با تغییر فرکانس دندانه اره ای و ولتاژ مرجع سینوسی تغییرات شکل موج ها را بررسی نمائید .

آزمایش ۱۱-۲ : اینورتر تکفاز

۱. مدار قدرت مورد نظر در شکل ۱۱-۱ نشان داده شده است. این مدار را به کمک برد **IE302** پیاده سازی نمائید. بار را یک کیلواهم در نظر بگیرید. جهت فراهم کردن **dc** ورودی از برد **IE301** استفاده نمائید. این برد در شکل ۱۱-۴ نشان داده شد است. برای این برد تغذیه **ac** ورودی را ۱۲ ولت در نظر بگیرید (برد **IE301** شامل سه ترانس سه فاز می باشد .) خازن را نیز با سعی و خطا مقداری انتخاب کنید که ریپل باس **dc** کمتر از ۱۰ درصد گردد .



شکل ۱۱-۴ برد یکسوساز شش پالسه همراه با خازن فیلتر



شکل ۱۱-۵ برد ایزوله کننده شامل تعدادی اپتوکوپلر

۲. پالس های ایجاد شده می بایست از طریق اپتوکوپلرها به ترانزیستورها اعمال شوند . علت استفاده از اپتوکوپلر را شرح دهید . اپتو کوپلرها و برد مربوطه در شکل ۱۱-۵ نشان داده شده است .

۳. شکل موج ولتاژ و جریان بار را مشاهده و رسم نمائید .

۴. شکل موج جریان و ولتاژ یکی از ترانزیستورها را مشاده و رسم نمائید .

۵. شکل موج ولتاژ کلکتر-امیتر ، دو ترانزیستور واقع در یک شاخه را به طور همزمان مشاهده نمائید.

۶. شکل موج جریان ، دو ترانزیستور واقع در یک شاخه را به طور همزمان مشاهده نمائید و بر روی آن بحث نمائید .

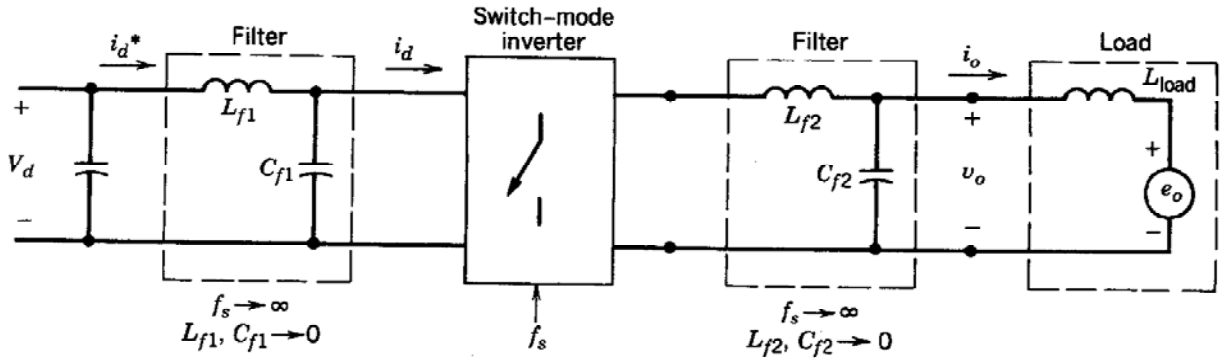
آزمایش شماره ۱۲ : اینورتر تکفاز و فیلترهای ورودی و خروجی اینورتر

۱-۱۲ مقدمه

ولتاژ خروجی اینورتر ایده‌آل بایستی شکل موج سینوسی باشد البته در عمل ایده آل نبوده و دارای هارمونیک است . در کاربردهای قدرت کم و متوسط ولتاژخروجی با شکل موج مربعی یا شبه مربعی کفایت می کند ، اما در کاربرد های قدرت بالا شکل موج با اعوجاج کمتر مورد نیاز است .در این مدارات زمانیکه تعداد پالس ها در هر سیکل افزایش می یابد ، منجر به افزایش هارمونیک های مرتبه بالا می گردد . این هارمونیک ها راحت تر از هارمونیک های مرتبه پایین ، توسط فیلترها ی ورودی و خروجی اینورترحذف می گردند . در نتیجه خروجی به فرکانس مورد نظر نزدیک تر خواهد شد . مقادیر سلف و خازن فیلتر با توجه به رابطه (۱۲-۱) می‌تواند محاسبه گردد .

$$F= \frac{1}{2\pi\sqrt{lc}} \qquad (۱-۱۲)$$

در شکل ۱۲-۱ نحوه قرارگیری فیلترهای ورودی و خروجی نشان داده شده است. فیلترهای ورودی DC و فیلترهای خروجی از نوع AC می‌باشند.



شکل ۱۲-۱ نحوه قرارگیری فیلترهای ورودی و خروجی اینورتر

۲-۱۲ شرح آزمایش

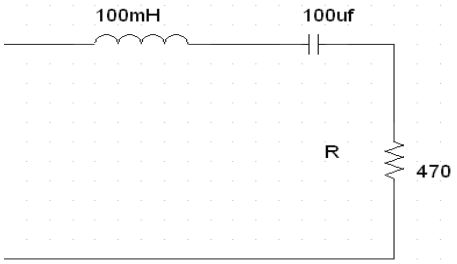
هدف آزمایش: بررسی تاثیر فیلترهای ورودی و خروجی بر شکل موج های جریان و ولتاژ .

آزمایش ۱۲-۱ : فیلتر ورودی اینورتر

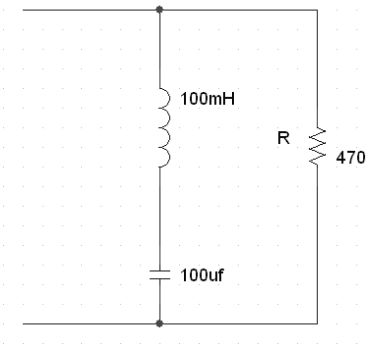
۱. مشابه آزمایش قبل اینورتر تک فاز را پیاده سازی کنید .از برد شماره **IE304** جهت ایجاد **SPWM** تکفاز ، و مدار قدرت مورد نظر را به کمک برد **IE302** و جهت فراهم کردن **dc** ورودی از برد **IE306** استفاده نمائید . برای این برد تغذیه **ac** ورودی را ۱۲ ولت در نظر بگیرید (برد **IE300** شامل سه ترانس سه فاز می باشد .) خازن را نیز با سعی و خطا مقداری انتخاب کنید که ریپل **dc** کمتر از ۱۰ درصد گردد.
۲. شکل موج های ولتاژ و جریان ورودی را رسم نمایید .
۳. از بلوک های **IE306** ، **IE307** و **IE308** جهت ایجاد فیلتر در ورودی مدار استفاده کنید . با توجه به مقادیر سلف در دسترس ابتدا تنها یک عدد سلف به صورت سری در ورودی اینورتر قرار دهید. شکل موج‌های جریان و ولتاژ ورودی را مشاهده و ثبت نمائید.
۴. اثر تغییر مقادیر سلف بر شکل موج جریان ورودی را تحقیق نمائید.
۵. علت استفاده از فیلتر را بیان نمایید .

آزمایش ۱۲-۲ : فیلترخروجی اینورتر

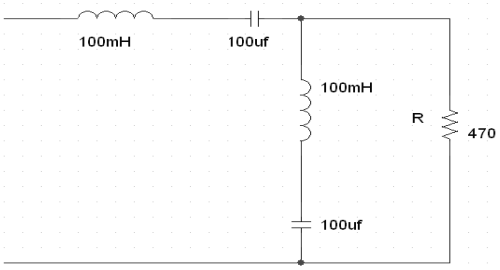
۱. مشابه آزمایش قبل اینورتر تک فاز را پیاده سازی نمایید .
۲. شکل موج خروجی را با بار مقاومتی ۴۷۰ اهم مشاهده نمایید . و علت ایده آل نبودن آن را توضیح دهید .
۳. بار را با یک سلف و خازن با مقادیر ($L=100mH, C=100\mu f$) سری نموده و شکل موج ولتاژ و جریان خروجی را مشاهده نمایید. جهت راهنمایی از شکل ۱۲-۲-الف استفاده کنید.
۴. در این مرحله از یک سلف سری و خازن موازی با بار با مقادیر ($L=100mH, C=100\mu f$) استفاده و مرحله قبل را تکرار نمایید. جهت راهنمایی از شکل ۱۲-۲-ب استفاده کنید.
۵. مرحله قبل را برای شکل ۱۲-۲-ج تکرار کنید.
۶. بهترین وضعیت ولتاژ خروجی مربوط به کدام مرحله است ؟
۷. بهترین وضعیت جریان خروجی مربوط به کدام مرحله است ؟
۸. علت استفاده از فیلتر را در خروجی اینورتر بیان کنید .



شکل (۱۲-۲-الف)



شکل (۱۲-۲-ب)



شکل (۱۲-۲-ج)

آزمایش شماره ۱۳: اینورتر سه فاز

۱-۱۳ مقدمه

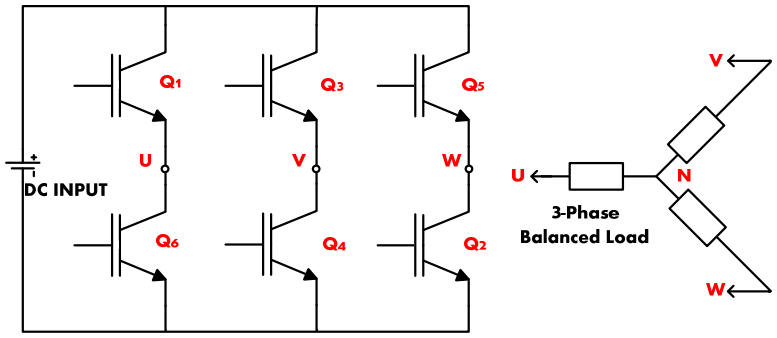
اینورترها از جمله مبدل های **dc–ac** می باشند که به طور وسیعی در کاربردهای صنعتی استفاده می گردد . (محرک های سرعت متغیر موتورهای **ac** ، منابع تغذیه بی وقفه و . . .) . در اینورترهای سه فاز، خروجی دارای ولتاژ متناوبی با اختلاف فازهای ۰° ، ۱۲۰° و ۲۴۰° می باشد .

۲-۱۳ شرح آزمایش

هدف آزمایش : در این آزمایش نحوه عملکرد و پالس دهی اینورتر سه فاز بررسی میشود .

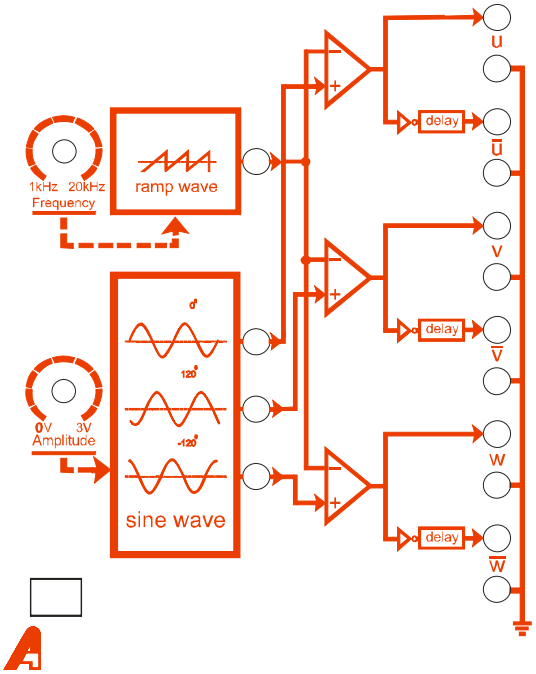
آزمایش ۱۳-۱ : اینورتر سه فاز

۱.مدار شکل ۱۳-۱ را بر روی برد IE302 پیاده سازی نمائید . مشابه آزمایش ۱۱-۲ مقادیر بار و منبع ورودی را تنظیم نمائید .



شکل۱۳-۱: اینورتر سه فاز

۲.جهت اعمال پالس های فرمان از برد IE303 استفاده نمائید . این برد مشابه IE304 بوده با این تفاوت که SPWM سه فاز را فراهم می نماید . در شکل ۱۳-۲ این برد نشان داده شده است . مشابه ۱۱-۲ از اپتوکوپلرها جهت اعمال پالس ها استفاده نمائید.



شکل ۱۳-۲ برد مولد SPWM سه فاز

۳.ولتاژهای ورودی و خروجی مدار فرمان را رسم نمایید .

۴.جریان بار و جریان ورودی را رسم نمایید .

۵.ولتاژ خروجی UN و VN و WN و UV را رسم نمایید .

۶.با تغییر بار مراحل ۳ و ۴ را تکرار نمایید .

۷.با تغییر آرایش بار از ستاره به مثلث مراحل ۳ و ۴ را تکرار نمایید.

آزمایش شماره ۱۴: کنترل دور موتور القایی به روش V/F

۱-۱۴ مقدمه

روش تثبیت نسبت ولتاژ به فرکانس(یا کنترل V/ F ثابت) ، ساده ترین روش کنترل موتورهای AC میباشد. اینک این روش، بطور گسترده در کاربردهای صنعتی مورد استفاده قرار میگیرد. این نوع کنترلرها از نوع اسکالر بوده و بصورت حلقه باز با پایداری خوب عمل میکنند. مزیت این روش سادگی سیستمهای کنترلی آن است. در مقابل ، این نوع کنترلرها برای کاربردها با پاسخ سریع مناسب نمی باشند.

مدارات کنترل کننده دور موتور برای تنظیم دور الکتروموتورهای AC (موتورهای سه فاز) استفاده میگردد. این مدارات قادرند دور موتور را از صفر تا چندین برابر دور نامی موتور و بطور پیوسته تغییر دهند.

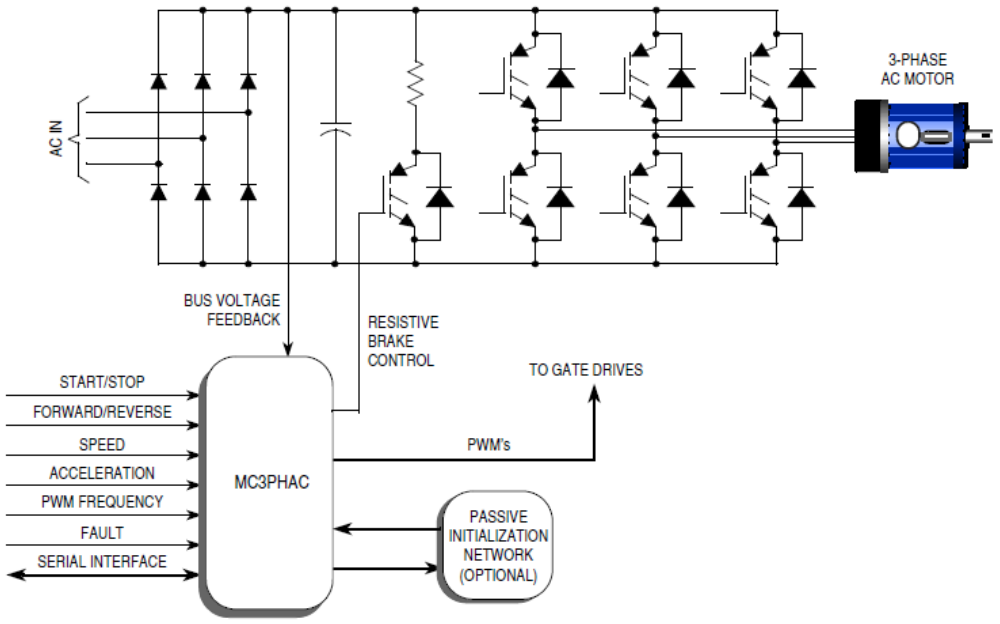
سرعت یک موتور القائی توسط سرعت سنکرون ولغزش رتور تعیین می گردد . با توجه به رابطه دور موتور آسنکرون (رابطه ۱۴-۱) میتوان با تغییر فرکانس، سرعت سنکرون را تغییر ، و دور موتور را کنترل نمود . به منظور ایجاد ولتاژ و فرکانس متغییر از اینورتر های ولتاژاستفاده می کنند .در اینورترهای ولتاژ ، متغییر تحت کنترل همان ولتاژ و فرکانس اعمالی به استاتور است .

$$Nr=[60f/p\ ]$$ (رابطه ۱۴-۱)

در بلوک IE.303 از آی سی MC3PHAC به عنوان مدار فرمان اینورتر استفاده شده است . این آی سی دارای قابلیت هایی است که آن را برای کنترل دور موتور مناسب گردانیده است .از جمله امکانات این آی سی عبارتند از :

- Open loop volts/Hertz speed control
- Forward or reverse rotation
- Start/stop motion
- System fault input
- Low-speed voltage boost
- Internal power-on reset (POR)

نمایی از اتصال ای آی سی به اینورتر در شکل (۱۴-۱) آمده است .



شکل (۱۴-۱) : اتصال آی سی به اینورتر

۱۴-۲ شرح آزمایش

هدف آزمایش : استفاده از اینورتر های سه فاز در کنترل دور موتور القایی

آزمایش ۱۴-۱ :تاثیر تغییر فرکانس اینورتر بر دور موتور

۱. مشابه آزمایش شماره ۱۳ مدار اینورتر سه فاز را پیاده سازی نمایید . جهت فرمان دادن به گیت ها از بلوک **IE.303** **استفاده کنید** . موتور را به صورت ستاره به اینورتر وصل نمایید .

۲. تاثیر تغییر ولوم **SPEED** را بر سرعت موتور مشاهده نمایید . با مراجعه به دیتا شیت آی سی نحوه عملکرد این ولوم را نشریح نمایید .

۳. ولوم **SPEED** را در حالت ماکزیمم قرار داده و با تغییر ولوم **ACCELERATION** نحوه عملکرد موتور را مشاهده نمایید . کاربرد آن را توضیح دهید .

۴. با هر بار فشردن کلید **FOR /REV** ولتاژ یکی از فازها را مشاهده و تاثیر آن را بر دور موتور بیان نمایید.

مراجع

پیوست ها

پیوست ۱ المان های مکمل مورد استفاده در الکترونیک صنعتی

پیوست۲ دیتاشیت المان های مورد استفاده در آزمایش ها