دانشگاه کاشان

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

آزمایشگاه الکترونیک صنعتی

گروه مهندسی برق قدرت

ویرایش اول – مهرماه ۱۳۹۶

فهرست

مقدمه ۶

الف) پیش گزارش ۶

ب) گزارش و پرسش های متن ۶

پ) حفاظت و مسائل مربوطه ۷

ت) معرفی اجمالی اجزای دستگاه آموزنده الکترونیک صنعتی ۹

ت-۱ بلوکهای اتصالات ۹

- **بلوک اتصالات پل سه فاز (I.E405): ۹**
- **بلوک دیمر (I.E-D): ۱۰**

ت-۲ بلوکهای تغذیه ورودی و بار خروجی ۱۰

- **بلوک منبع ولتاژ سه فاز AC (I.E400): ۱۰**
- **بلوک یکسوسازی دیودی سه فاز (I.E-406) : ۱۱**
- **بلوک خازن AC (I.E-402) : ۱۱**
- **بلوک سلف (I.E-403): ۱۲**
- **بلوک مقاومت (I.E-404): ۱۲**

ت-۳ بلوکهای مولد پالس فرمان ۱۲

- **بلوک تولیدکننده پالسهای سه فاز سنکرون (I.E-103): ۱۲**
- **بلوک تولیدکننده موجهای SPWM سه فاز (I.E-303) : ۱۳**
- **بلوک تولیدکننده موجهای SPWM تکفاز (I.E-300): ۱۳**

ت-۴ بلوکهای ایزولاسیون و درایو ۱۳

- **بلوک ترانسفورماتور پالس (I.E-102): ۱۴**
- **بلوک کوپل کننده نوری (I.E-401): ۱۴**

۱) اندازه گیری پارامترهای دیود قدرت، تریستور و ترایاک ۱۵

۱- ۱ مقدمه ۱۵

۱- ۲ شرح آزمایش ۱۷

۱-۲-۱ تعیین منحنی مشخصه ولتاژ - جریان دیود قدرت ۱۷

۲-۲-۱ تعیین منحنی مشخصه ولتاژ- جریان برای تریستور و اندازهگیری ولتاژ گیت – کاتد ..۱۹
۲-۲-۳ تعیین I_{GT} (حداقل جریان تحریک گیت) : ۲۰
۲-۲-۴ مشاهده چهار ناحیه عملکرد ترایاک ۲۰
۲-۲-۵ اندازهگیری ولتاژ دو سر ترایاک ۲۲
۲) مبدلهای AC به DC تکفاز دیودی ۲۳
۲-۱ مقدمه ۲۳
۲-۲ شرح آزمایش ۲۳
۲-۲-۱ یکسوکننده تک فاز نیم موج با بار اهمی ۲۳
۲-۲-۲ یکسوکننده تکفاز نیم موج بار اهمی-سلفی ۲۴
۲-۲-۳ یکسوکننده تک فاز بار نیم موج اهمی- سلفی با دیود هرزگرد ۲۵
۲-۲-۴ پل یکسوکننده تک فاز با بار مقاومتی، مقاومتی-سلفی و موتور DC ۲۶
۳) دیمر و کنترل ولتاژ AC تکفاز با ترایاک ۲۸
۳-۱ مقدمه ۲۸
۳-۲ شرح آزمایش.....۲۸
۳-۲-۱ دیمر ۲۸
۳-۲-۲ کنترل ولتاژ AC تک فاز با ترایاک ۲۹
۴) مبدلهای AC به DC تک فاز تریستوری ۳۲
۴-۱ مقدمه ۳۲
۴-۲ شرح آزمایش ۳۲
۴-۲-۱ یکسوکننده تک فاز نیم موج تمام کنترل شونده با دیود هرزگرد ۳۲
۴-۲-۲ یکسوساز تکفاز نیمه کنترل شونده تمام موج ۳۴
۴-۲-۳ پل یکسوساز تک فاز تمام کنترل شونده با بار مقاومتی ۳۵
۵) مبدلهای AC بهDC سه فاز دیودی.....۳۷
۵-۱ مقدمه ۳۷
۵-۲ شرح آزمایش.....۳۸
۵-۲-۱ یکسوکننده سهفاز نیم موج (سه پالسه) ۳۸
۵-۲-۲ یکسوکننده پل سه فاز (شش پالسه) ۴۰

۶) مبدلهای AC به DC سه فاز تمام کنترلشونده ۴۲

۱-۶ مقدمه ۴۲

۲-۶ شرح آزمایش ۴۲

۱-۲-۶ یکسوکننده سهفاز نیم موج بدون دیود هرزگرد ۴۲

۲-۲-۶ پل یکسوکننده سه فاز با بار مقاومتی ۴۴

۷) مبدلهای AC/AC تکفاز ۴۶

۱-۷ مقدمه ۴۶

۲-۷ شرح آزمایش ۴۶

۱-۲-۷ برشگر AC تکفاز نیمه کنترل شده ۴۶

۲-۲-۷ مبدلهای AC/AC تکفاز تمام کنترل شده ۴۸

۸) کنترل ولتاژ AC سه فاز ۵۰

۱-۸ مقدمه ۵۰

۲-۸ شرح آزمایش ۵۰

۱-۲-۸ مبدل AC به AC سه فاز تمام کنترل شونده با اتصال ستاره و با سیم نول ۵۰

۲-۲-۸ کنترل ولتاژ ac سه فاز نیمه کنترل شونده با اتصال ستاره و با سیم نول ۵۱

۳-۲-۸ مبدلهای AC/AC سهفاز نیمه کنترل شده با اتصال ستاره و بدون سیم نول ۵۳

۹) ترانزیستور قدرت- MOSFET – اپتوکوپلر ۵۵

۱-۹ مقدمه ۵۵

۲-۹ شرح آزمایش ۵۵

۱-۲-۹ اندازهگیری پارامترهای ترانزیستور قدرت ۵۵

۲-۲-۹ اندازهگیری پارامترهای MOSFET قدرت ۵۶

۳-۲-۹ مشاهده رفتار اپتوکوپلر ۵۷

۱۰) اینورتر تکفاز و نحوه تولید SPWM ۵۹

۱-۱۰ مقدمه ۵۹

۲-۱۰ شرح آزمایش ۶۱

۱-۲-۱۰ تولید SPWM ۶۱

۲-۲-۱۰ اینورتر تکفاز ۶۲

۱۱) اینورتر تکفاز و فیلترهای ورودی و خروجی اینورتر ۶۵

۱-۱۱ مقدمه ۶۵

۲-۱۱ شرح آزمایش ۶۶

۱-۲-۱۱ فیلتر ورودی اینورتر ۶۶

۲-۲-۱۱ فیلترخروجی اینورتر ۶۶

۱۲) اینورتر سه فاز ۶۸

۱-۱۲ مقدمه ۶۸

۲-۱۲ شرح آزمایش ۶۸

۱-۲-۱۲ اینورتر سه فاز ۶۸

۱۳) کنترل دور موتور القایی به روش V/F ۷۰

۱-۱۳ مقدمه ۷۰

۲-۱۳ شرح آزمایش ۷۱

۱-۲-۱۳ تاثیر تغییر فرکانس اینورتر بر دور موتور ۷۱

۱۴) مبدل های DC-DC غیر ایزوله با دو عنصر ذخیره انرژی ۷۲

۱-۱۴ مقدمه ۷۲

۲-۱۴ شرح آزمایش ۷۳

۱-۲-۱۴ بررسی مبدل باک ۷۳

۲-۲-۱۴ بررسی مبدل بوست ۷۴

۳-۲-۱۴ بررسی مبدل باک-بوست ۷۵

مقدمه

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 ها در زمان قطع و وصل امکان پذیر می باشد.

⚠ مسائل مربوط به مدارات الکترونیک قدرت:

- 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:

- 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 .

⚠ اقدام‌های احتیاطی در زمان های کار کردن با مدار:

- تنها از منابع تغذیه ایزوله استفاده کنید.

⚠ اقدام‌های احتیاطی در هنگام کار با دستگاه‌های اندازه‌گیری:

- 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 .

⚠ اقدام‌های احتیاطی قبل از برقدار کردن مدار:

- 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:

- 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:

- 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 .

رعایت موارد زیر باعث کاهش احتمال بروز خطر می‌گردد:

- 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 ، ولتاز 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

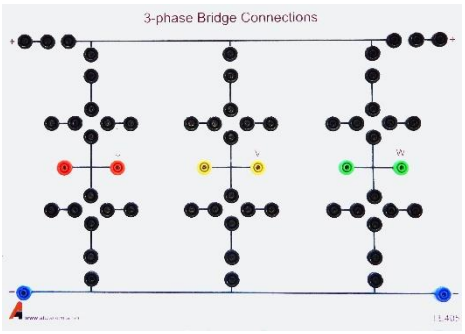
در این بخش بلوک‌های دستگاه آموزنده الکترونیک صنعتی معرفی می‌گردند. این بلوک‌ها به چند دسته طبقه بندی می‌شوند که عبارتند از:

ت-۱ بلوک‌های اتصالات

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

- **بلوک اتصالات پل سه فاز[1] (I.E405):**

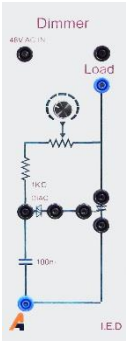
جهت پیاده‌سازی مدار قدرت یکسوسازهای تکفاز و سه‌فاز، برشگرهای AC تکفاز و سه‌فاز و اینورتر پل تکفاز و سه‌فاز با قابلیت اندازه‌گیری و مشاهده شکل‌موج ولتاژ و جریان سوئیچ‌ها، بار و تغذیه.



شکل ۰-۱. بلوک اتصالات پل سه فاز

[1] 3 phase bridge connections

- **بلوک دیمر[2] (I.E-D):**

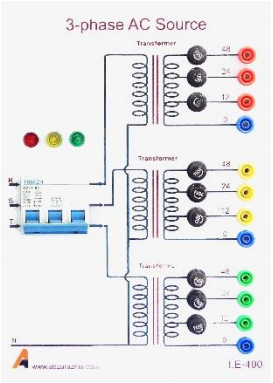


جهت پیاده‌سازی مدار قدرت و فرمان دیمر با قابلیت اندازه‌گیری و مشاهده شکل-موج ولتاژ و جریان سوئیچ‌ها، بار و تغذیه.

شکل ۰-۲. بلوک دیمر

ت-۲ بلوک‌های تغذیه ورودی و بار خروجی

- **بلوک منبع ولتاژ سه فاز AC[3] (I.E400):**



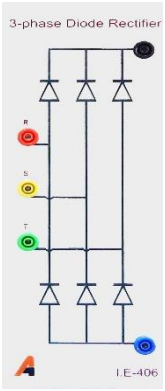
سه عدد ترانس سه‌فاز با سطوح ولتاژ خروجی ۴۸، ۲۴، ۱۲ ولت به همراه کلید قطع و وصل مینیاتوری و فیوزهای شیشه‌ای.

شکل ۰-۳. بلوک منبع ولتاژ سه فاز AC

[2] Dimmer
[3] 3-phase AC Sourse

- **بلوک یکسوسازی دیودی سه فاز[4] (I.E-406) :**

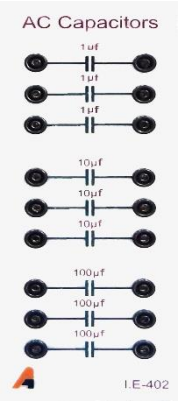
یکسوساز پل سه فاز، دارای خازن صافی جهت حذف ریپل خروجی.



شکل ۰-۴ بلوک یکسوسازی دیودی سه فاز

- **بلوک خازن AC[5] (I.E-402) :**

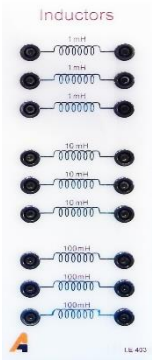
بار های خازنی جهت فیلترینگ شکل موج خروجی اینورتر در سه رنج مختلف.



شکل ۰-۵. بلوک خازن AC

[4] 3-phase diode rectifier
[5] AC Capacitors

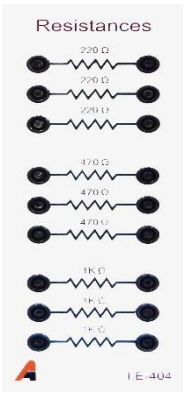
- **بلوک سلف[6] (I.E-403):**



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

شکل ۰-۶. بلوک سلف

- **بلوک مقاومت[7] (I.E-404):**



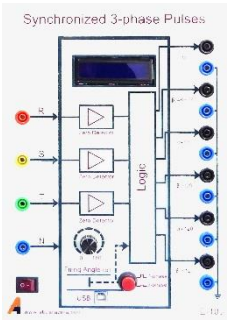
بارهای مقاومتی در سه اندازه مختلف.

شکل ۰-۷. بلوک مقاومت

ت-۳ بلوک‌های مولد پالس فرمان

فرمان مناسب جهت آرایش‌های مختلف را فراهم می‌نماید و شامل بخش‌های زیر است:

- **بلوک تولیدکننده پالس‌های سه فاز سنکرون[8] (I.E-103):**



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

[6] Inductors
[7] Resistances
[8] Synchronized 3-phase pulse

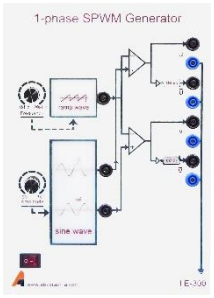
شکل ۰-۸. بلوک تولیدکننده پالس‌های سه فاز سنکرون

- **بلوک تولیدکننده موج‌های SPWM سه فاز[9] (I.E-303) :**

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

شکل ۰-۹. بلوک تولیدکننده موج‌های SPWM سه فاز

- **بلوک تولیدکننده موج‌های SPWM تکفاز[10] (I.E-300):**



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

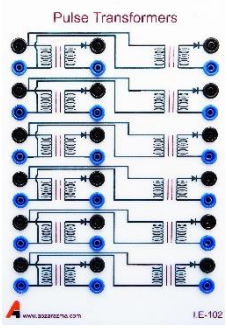
شکل ۰-۱۰. بلوک تولیدکننده موج‌های SPWM تک‌فاز

ت-۴ بلوک‌های ایزولاسیون و درایو

بین بلوک مولد پالس فرمان و بلوک اتصالات قرار می‌گیرند و شامل قسمت‌های زیر است:

[9] 3 phase SPWM Generation
[10] 1-phase SPWM Generation

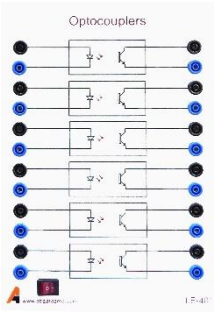
- **بلوک ترانسفورماتور پالس[11] (I.E-102):**



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

شکل ۰-۱۱. بلوک ترانسفورماتور پالس

- **بلوک کوپل کننده نوری[12] (I.E-401):**



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

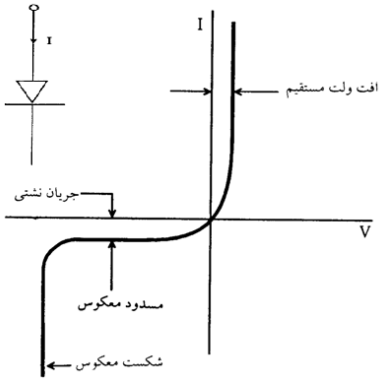
شکل ۰-۱۲. بلوک کوپل کننده نوری

[11] Pulses transformes
[12] optocoplers

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.



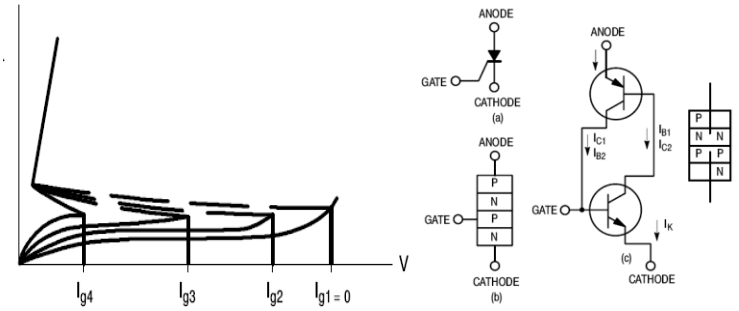
شکل ۱-۱ منحنی ولتاژ- جریان دیود قدرت

از معروف ترین قطعات مورد استفاده در الکترونیک قدرت تریستور یا SCR[۱۳] 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[۱۴]) برای روشن شدن تریستور توجه شود . همچنین باید توجه گردد چنان چه جریان *تریستور از مقدار مینیمم‌ی*(I_H[۱۵]) کمتر

15 Silicon Controlled Rectifier
16 Latch Current
17 Hold Current

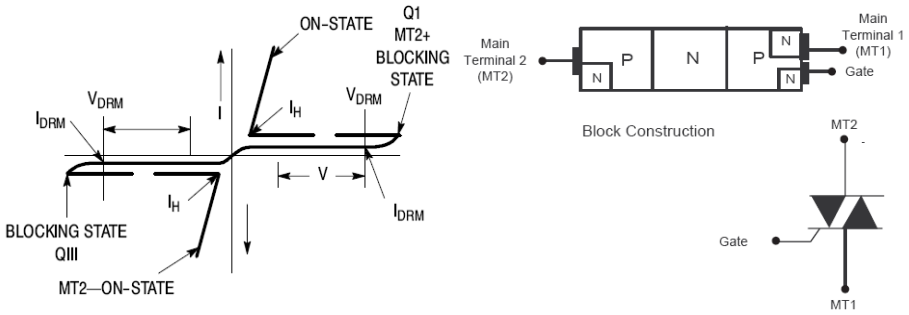
شود تریستور در آستانه خاموشی قرار می‌گیرد . در شکل ۱-۲ نماد مداری و منحنی مشخصه آن نشان داده شده است.

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 .

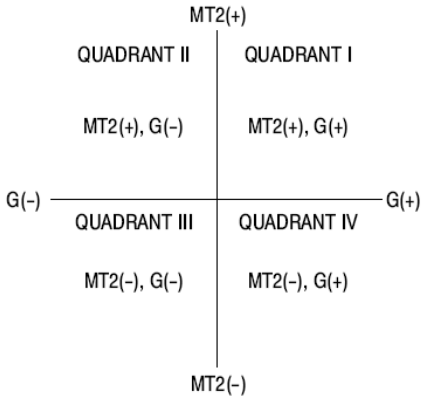


شکل ۱-۲ نماد مداری و منحنی ولتاژ- جریان تریستور

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 جریان‌ها 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 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 ترایاک



شکل ۱-۴ نمایش نواحی کاری ترایاک

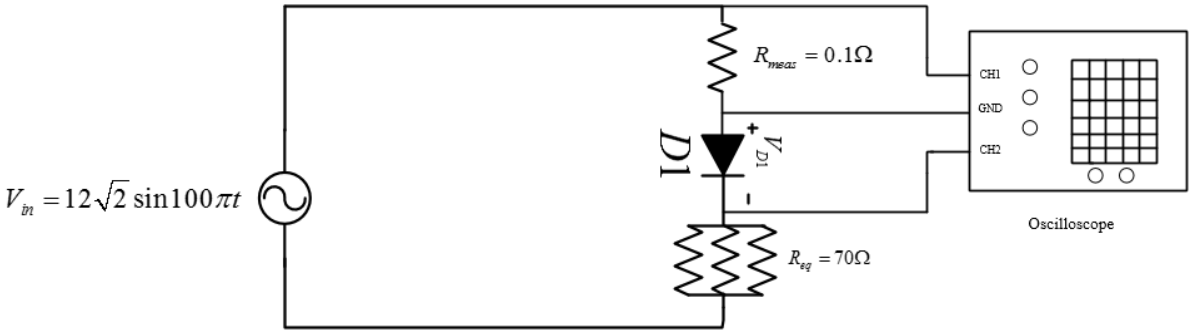
۱-۲ شرح آزمایش

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

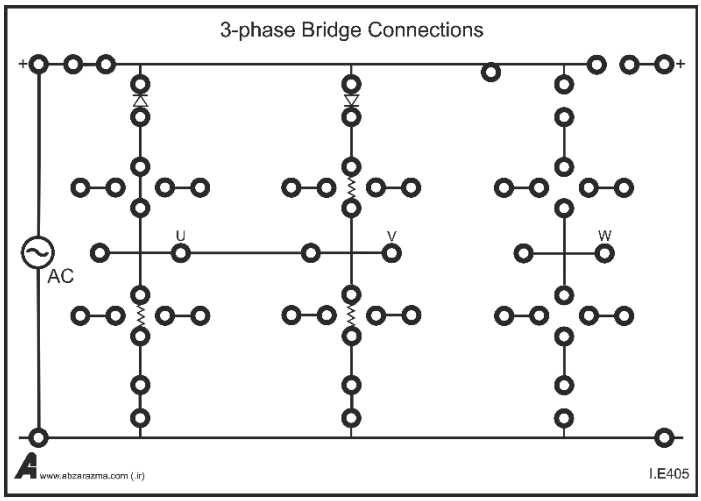
نکته: برای انجام این آزمایش به یک پتانسیومتر آزمایشگاهی نیاز دارید.

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

مدار شکل ۱-۵-الف را روی برد IE405 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 ۱-۶ – ب ساختار پیشنهادی جهت پیاده سازی مدار

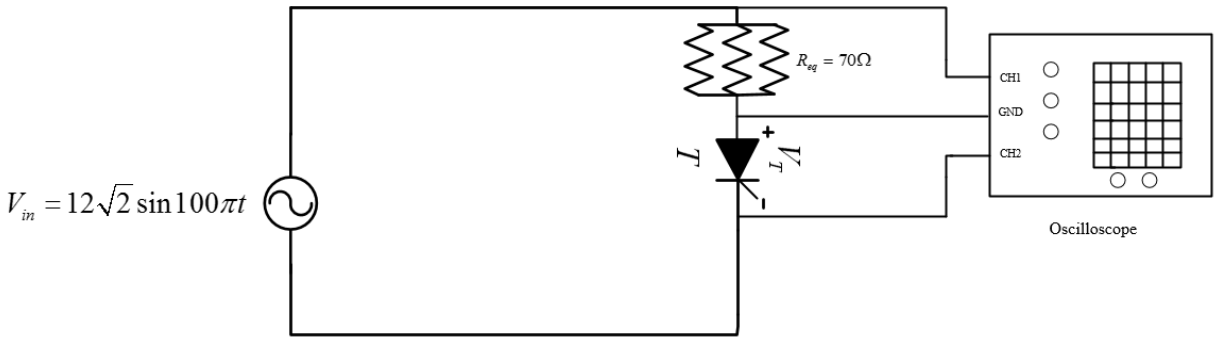
۱. زمین را به سر مشترک دیود قدرت و مقاومت R_{meas} متصل نمائید . کانال یک را به سر مقاومت اندازه گیر جریان(R_{meas})و کانال دو را به سر دیود متصل نمائید.

۲. نوع نمایش کانال یک را در حالت معکوس قرار دهید

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

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

۱. مدار شکل ۱-۷ را بر روی برد IE405 ببندید



شکل ۱-۷ مدار جهت تعیین منحنی مشخصه تریستور

۲. زمین را به سر مشترک تریستور و مقاومت متصل نمائید . کانال یک را به سر مقاومت و کانال دو را به سر تریستور متصل نمائید.

۳. نوع نمایش کانال ۲ را در حالت معکوس قرار دهید

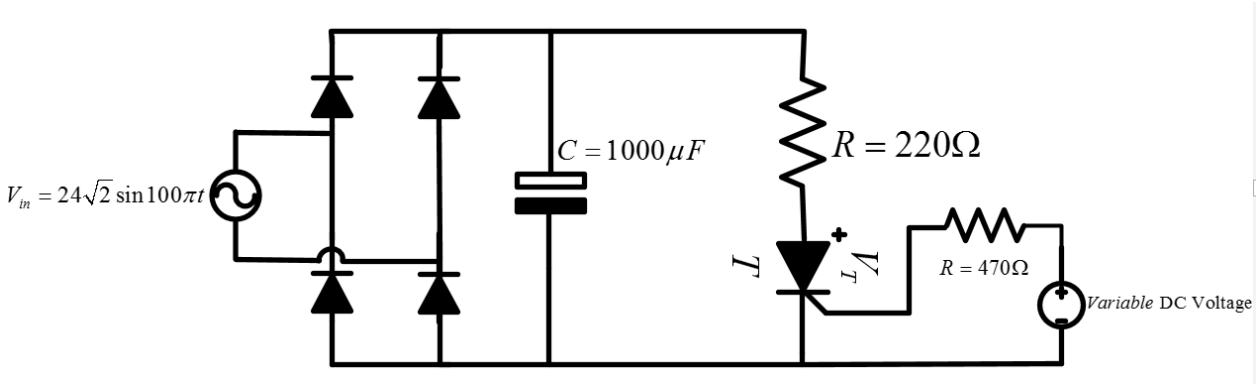
۴. در مدتی که تریستور روشن می‌باشد ، با استفاده از حالت x-y اسکوپ مشخصه تریستور را مشاهده و رسم کنید

۵. 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 .

به دلیل نویز پذیری بالای مقاومت‌های کوچک در این آزمایش از قرار دادن مقاومت R_{meas} صرف نظر می‌کنیم.

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

۱. مدار شکل ۱-۸را بر روی برد IE405 ببندید .



شکل ۱-۸ مدار جهت تعیین IGT

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

۳. با توجه آزمایش حداقل مقدار ولتاژ اعمال شده به گیت به منظور روشن شدن تریستور را یادداشت کنید.

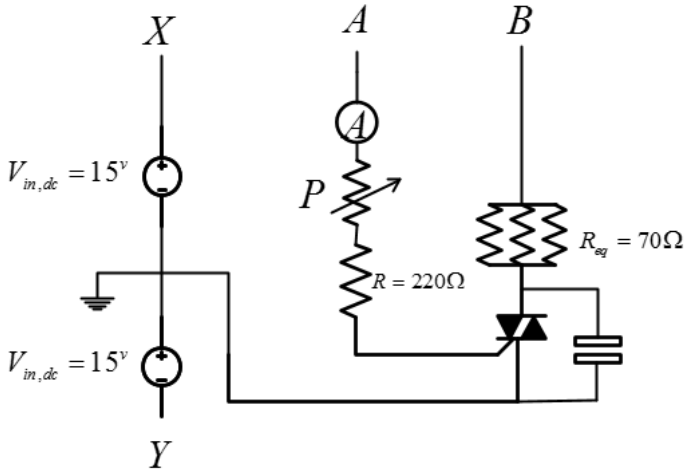
۴.با توجه به بند ۳ حداقل جریان لازم برای روشن شدن را بدست آورید

پرسش:

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

۴-۲-۱ مشاهده چهار ناحیه عملکرد ترایاک

۱. مدار شکل ۱-۹ را بر روی برد IE405 جهت تعیین چهار ناحیه عملکرد ترایاک ببندید .



شکل ۱-۹ مدار جهت تعیین نواحی عملکرد ترایاک

۲. با توجه به برگه مشخصات ترایاک مورد آزمایش ، حداکثر منابع ولتاژ V_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؟

پرسش:

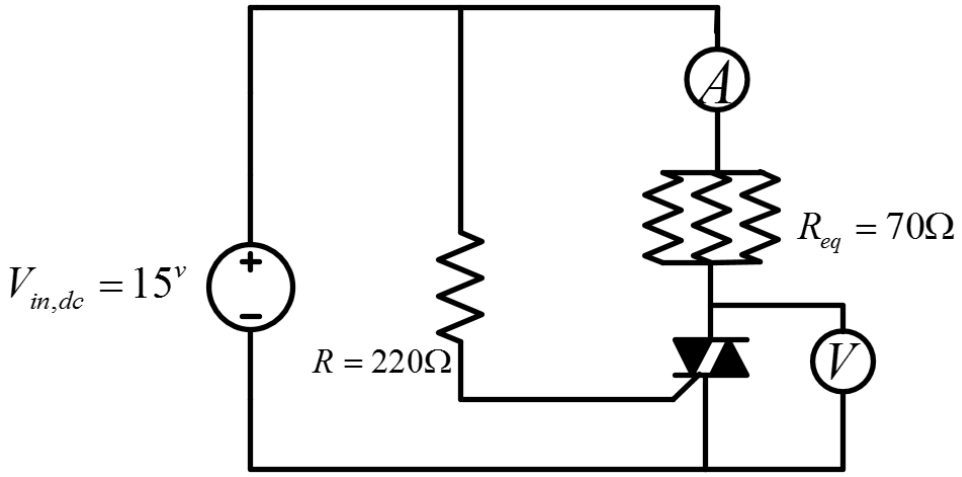
۱ . ترایاک را از لحاظ فرکانس کاری و جریان نامی با تریستور مقایسه کنید ؟

۵-۲-۱ اندازه‌گیری ولتاژ دو سر ترایاک

۱- مدار شکل ۱-۱۰ را بر روی برد IE405 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

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 :

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

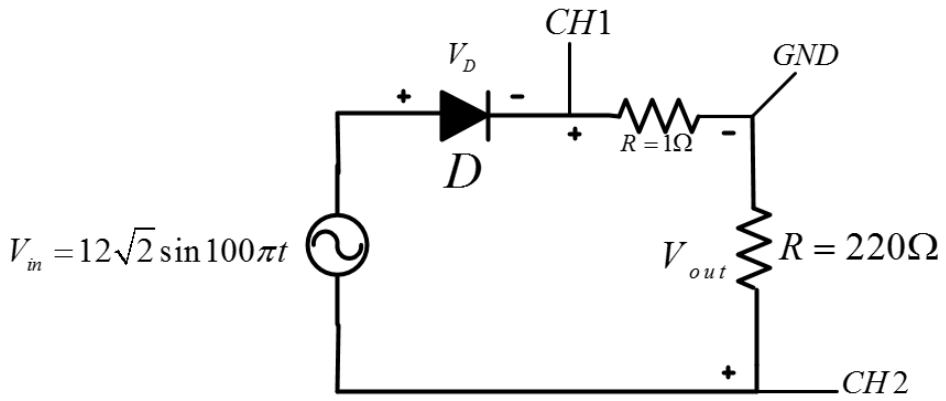
$$V_{dc} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} V_{line(rms)} \qquad (۲-۲)$$

۲-۲ شرح آزمایش

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

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

۱. مدار شکل ۲-۱ را بر روی برد اتصالات قدرت (IE405) ببندید . مقاومت را ۲۲۰ اهم و مقدار موثرمنبع ولتاژ ورودی را ۱۲ولت انتخاب کنید



شکل ۲-۱ یکسوکننده تک فاز نیم موج

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

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 .

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

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

۱. مدار شکل ۲-۱ را با بار اهمی- سلفی بر روی برد IE406 ببندید . مقاومت ۲۲۰ اهم ، سلف ۱۰۰ 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 .

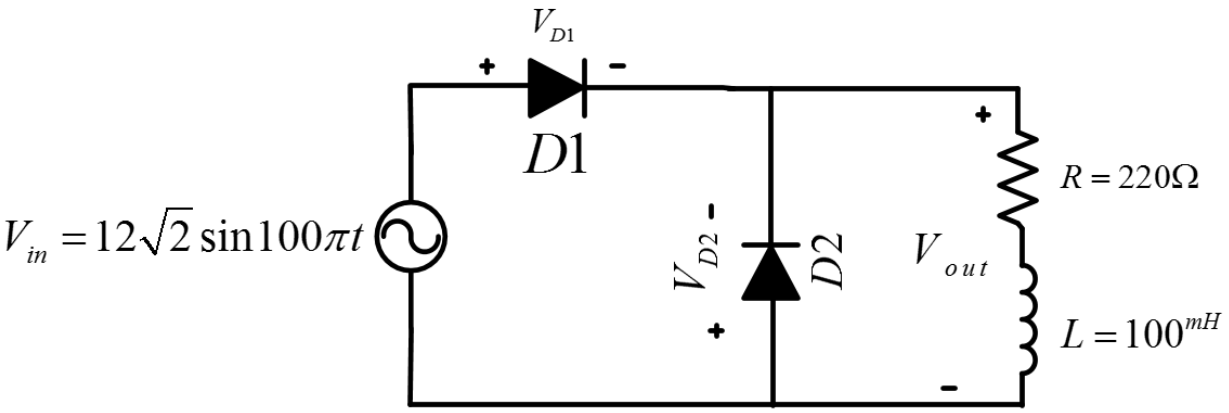
۴. جدول زیر را تکمیل نمائید .

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

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

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

مدار شکل ۲-۲ را بر روی برد IE405 ببندید . از مقادیر آزمایش ۲-۲-۲ استفاده کنید .



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

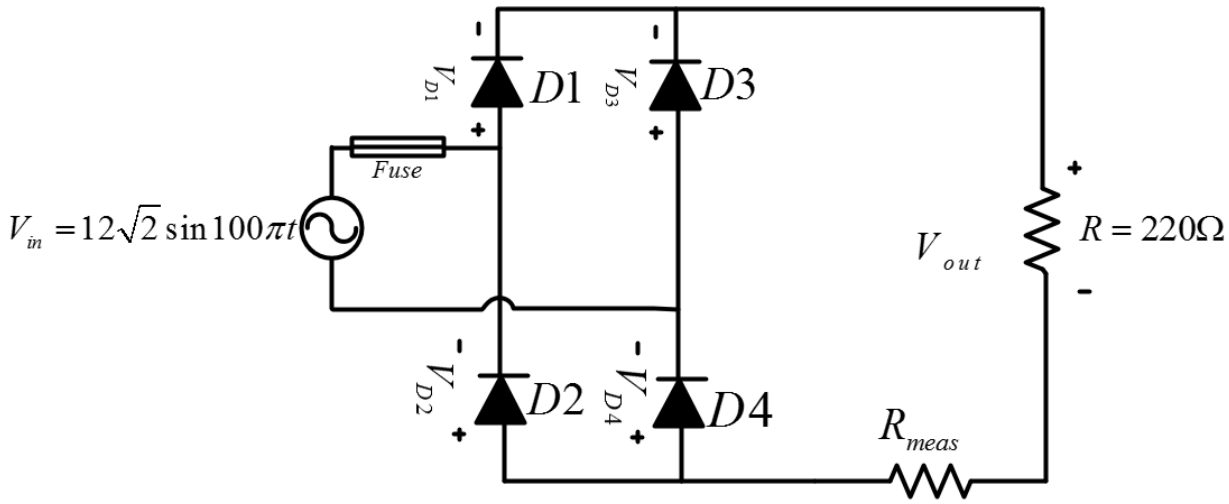
۱. با اتصال دیود هرز گرد ولتاژ ورودی و خروجی را مشاهده کنید . در این حالت زاویه β چه تغییری کرده است؟

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

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

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

۱. مدار پل یکسوساز (شکل ۲-۳) را بر روی برد IE405 ببندید . از مقادیر آزمایش ۲-۲-۲ استفاده کنید .



شکل ۲-۳ پل یکسوکننده تک فاز

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 . زاویه هدایت آن را مشخص کنید

$$\frac{Ton}{T} = \frac{x}{360} \longrightarrow x = \frac{360 \times Ton}{T} \ (^\circ)$$

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

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

۶. مراحل بالا را با بار مقاومتی- سلفی آزمایش کنید و تغییرات را بررسی نمایید . مقادیر متوسط و مؤثر ولتاژ خروجی را به کمک مولتی متر اندازه بگیرید .

۷. با سری کردن مقاومت R_{meas} شکل موج جریان یکی از دیودها را مشاهده و رسم نمائید . زاویه هدایت آن را مشخص کنید.

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

۹. ورودی مدار را به ۲۴ ولت موثر تغییر داده و مراحل ۲ تا ۸ را با بار موتوری(RLE) آزمایش کنید و تغییرات را بررسی نمایید .

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 تریاک 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 .

۳-۲-۱ دیمر

شکل ۳-۱ مدار دیمر می باشد که بر روی برد IE.D پیاده سازی گردیده است . بار را مقاومت ۱۰۰۰ اهم برگزینید .

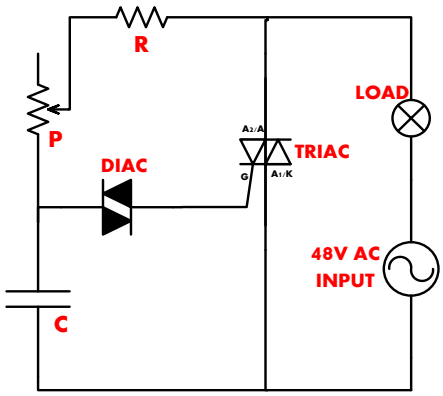
۱. تغییرات ولتاژ دو سر بار و ولتاژ GK را به طور جداگانه بر روی اسکوپ با تغییر پتانسیومتر آزمایشگاهی بررسی کنید .

۲. شکل موج ولتاژ خازن و گیت را بر روی اسکوپ مشاهده کنید .

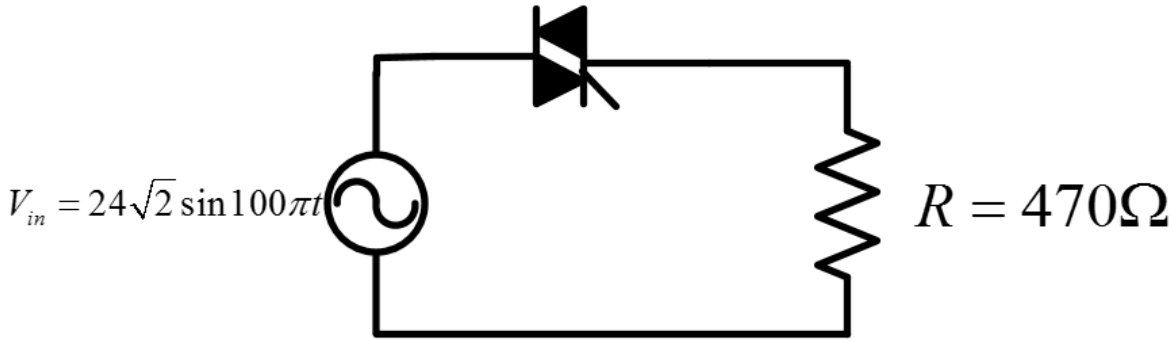
۳. دلیل استفاده از دیاک و خازن را بیان کنید .

۴. در ادامه بار را با لامپ رشته ای جایگزین کنید و رفتار دیمر را با تغییر پتانسیومتر آزمایشگاهی مشاهده نمائید .

۵. با مشاهده رفتار دیمر ، 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

۳-۲-۲کنترل ولتاژ AC تک فاز با ترایاک

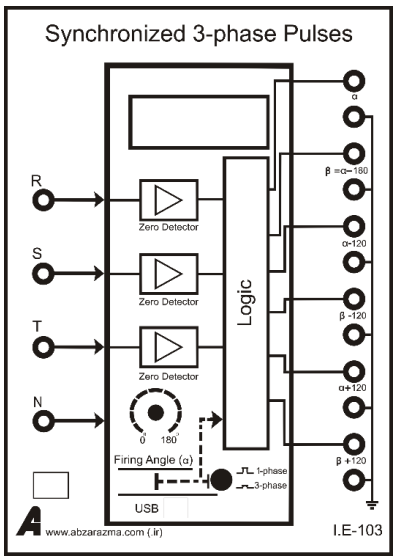
توضیحات :

مدار شکل ۳-۲ را بر روی برد IE405 پیاده سازی کنید .

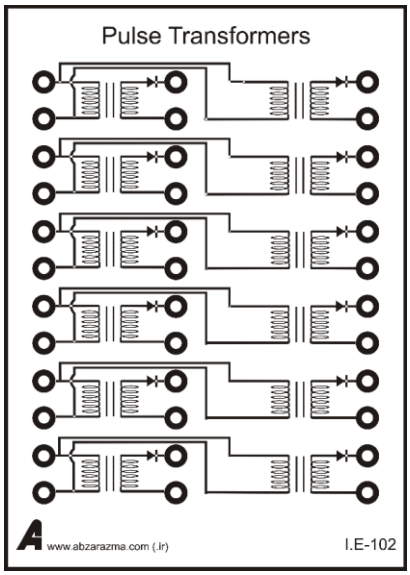
برای اعمال پالس به گیت از برد IE103 که مولد پالس های فرمان گیت می‌باشد استفاده کنید . در شکل ۳-۳ برد IE103 نشان داده شده است . پالس های فرمان اعمالی به ترایاک می بایست با تغذیه AC ورودی سنکرون باشند . برای سنکرون شدن نمونه برق AC ورودی را به برد IE103 متصل نمائید . خروجی این برد را به ترانس پالس اعمال و در نهایت خروجی ترانس پالس را به گیت و MT2 ترایاک اعمال کنید . در شکل ۳-۴ برد ترانس پالس‌ها نشان داده شده است.

به ازای بار مقاومتی ۴۷۰ اهم و ولتاژ ورودی ۲۴ ولت و برای زوایای آتش ۱۴۴º، ۱۰۸º، ۷۲º، ۳۶º، ۰º و ۱۸۰º مؤثر ولتاژ خروجی و توان اکتیو بار را اندازه بگیرید .

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



شکل ۳-۳ برد مولد پالس آتش تریستور



شکل ۳-۴ برد ترانس پالس‌ها

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

۲. در حالت بار اهمی خالص و زاویه آتش 90^{o} ، شکل موج ولتاژ بار را روی اسیلوسکوپ مشاهده و رسم کنید .

۳. جریان مؤثر ترياک و بار را اندازه بگیرید .

۴. در حالتی‌که سلف در مدار نیست ، زاویه آتش را روی 90^{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 ترياک را اندازه بگیرید .

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

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

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

پرسش

۱. رابطه‌ای میان جریان مؤثر ترياک 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 .

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 می کند .

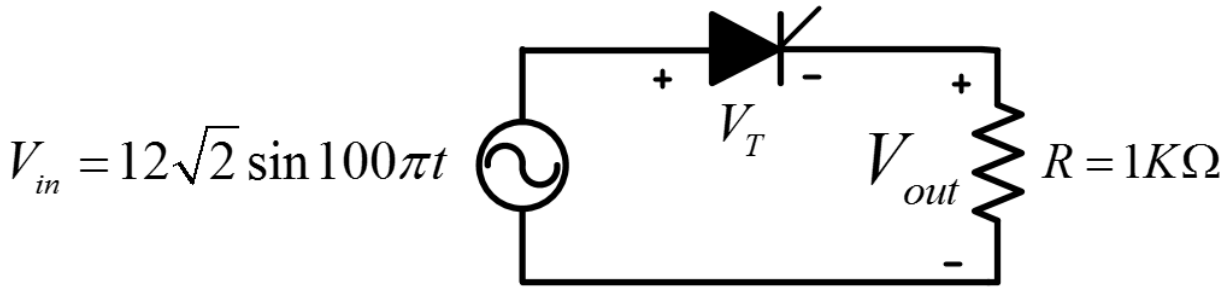
۴-۲ شرح آزمایش

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

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

توضیحات :

۱. مدار یکسوساز تکفاز نیم موج شکل ۴-۱ را بر روی برد IE405 ببندید . بار را ۱۰۰۰ اهم و ولتاژ ورودی را ۱۲ ولت در نظر بگیرید . جهت اعمال پالس‌های آتش از راهنمایی های آزمایش ۳-۲-۲ کمک بگیرید . خروجی ترانس پالس ها می بایست به گیت و کاتد تریستور اعمال شود .



شکل ۴-۱ 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 ۱۰۰ درجه تنظیم کنید و شکل موج‌های ولتاژ ورودی و خروجی را مشاهده و رسم کنید . مبدل در چه مد کاری است ؟

ب. زاویه آتش را روی ۵۰ درجه تنظیم کنید و شکل موج‌های ولتاژ و جریان خروجی را مشاهده و رسم کنید . مبدل در چه مد کاری است؟

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

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

$\alpha = 50°$, $x = 180° - 50° = 130°$ (ms) $\frac{Ton}{10ms} = \frac{150}{360}$

$\alpha = 100°$, $x = 180° - 100° = 80°$

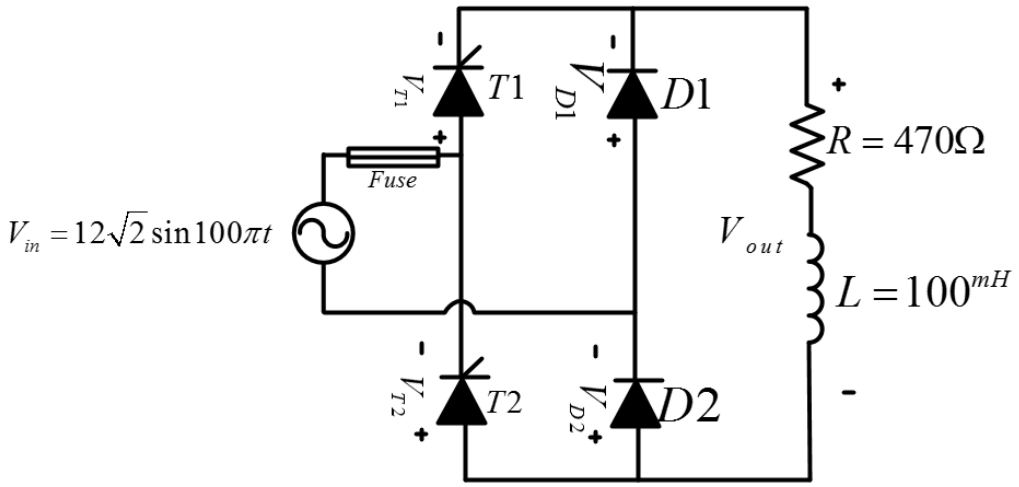
$Ton = \frac{10ms \times 80}{180} = 1.66$ (ms) $\frac{Ton}{20ms} = \frac{80}{360}$

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

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

۴-۱-۲ 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 IE405 استفاده کنید . بار را نیز ۴۷۰ اهم و ۱۰۰ 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 IE103 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 ۱۲۰ 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 ۵۰ درجه تنظیم کنید و شکل موج‌های ولتاژ و جریان خروجی را مشاهده و رسم کنید . مبدل در چه مد کاری است؟

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

۷. 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.

$$\alpha = 120° \quad , \quad x = 180° - 120° = 60°$$

$$\frac{\mathbf{Ton}}{\mathbf{20ms}} = \frac{\mathbf{60}}{\mathbf{360}} \qquad \mathbf{Ton} = \frac{20^{msec} \times 60^{\circ}}{360^{\circ}} = \mathbf{3.33\ (ms)}$$

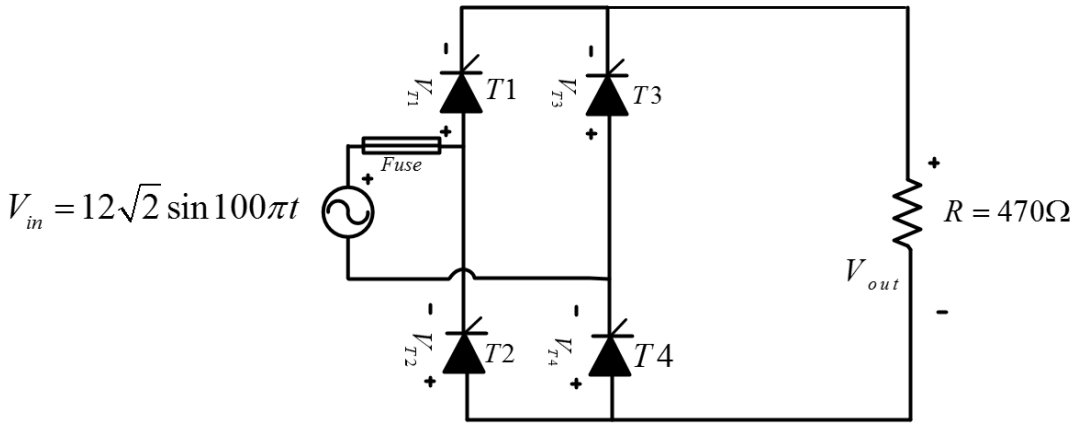
۸. مقدار ریپل ولتاژ خروجی را درشرایط بالا اندازه گیری نمایید.

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

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

۳-۱-۴ 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 IE405 پیاده سازی نمائید . از المان‌های آزمایش ۴-۲-۲ 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 .



شکل ۴-۳ پل یکسوکننده تک فاز تمام کنترل شونده

۲. پس از بستن مدار ،زاویه آتش را در مقادیر زیر تنظیم و به انجام آزمایش بپردازید. زاویه آتش را روی ۱۲۰ 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 ۵۰ 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.

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.

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 :

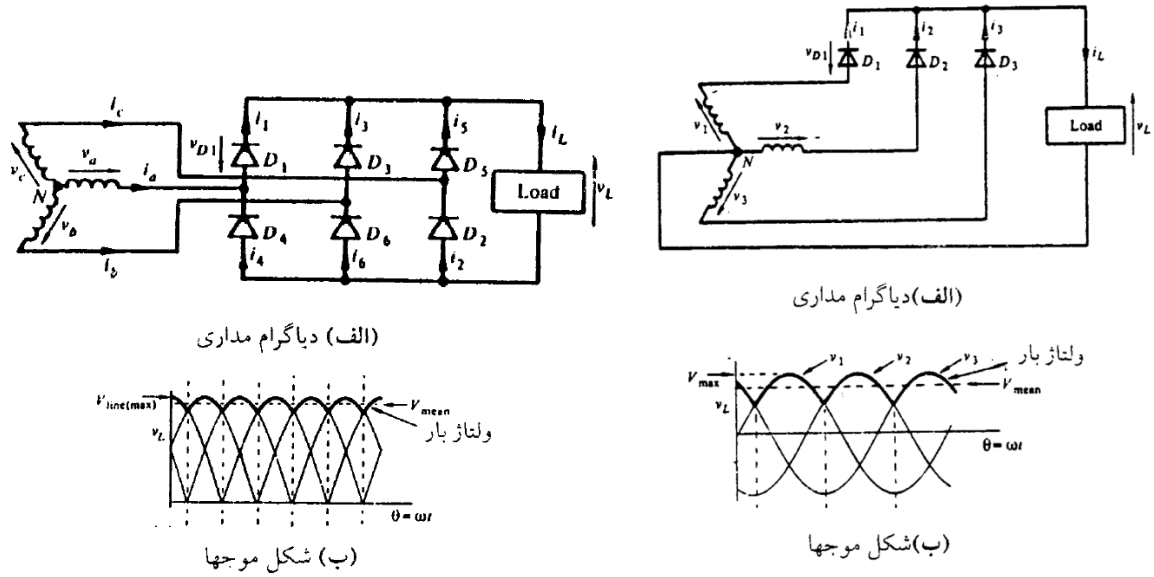
$$V_{dc} = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} V_{line(rms)} \qquad (۵-۱)$$

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

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[۱۶] 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 .

[۱۶] Rectifiers



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

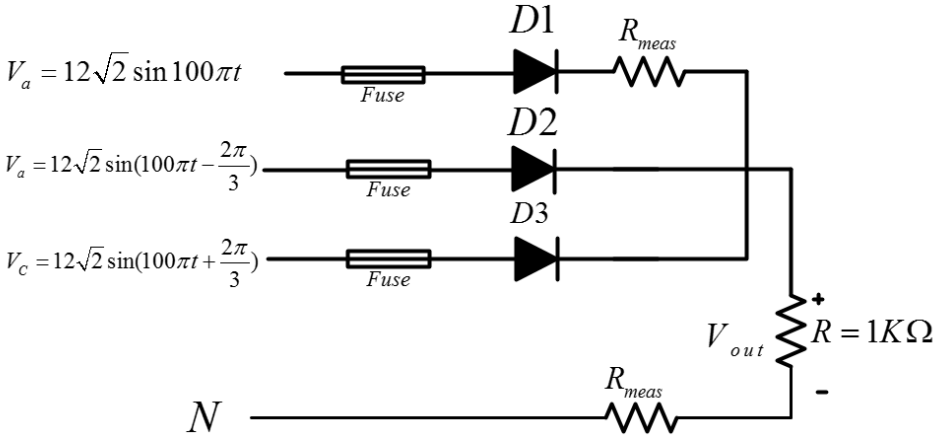
در ادامه به بررسی عملکرد یکسوسازهای غیر کنترل شونده و کنترل شونده سه فاز پرداخته شده است .

۵-۲ شرح آزمایش

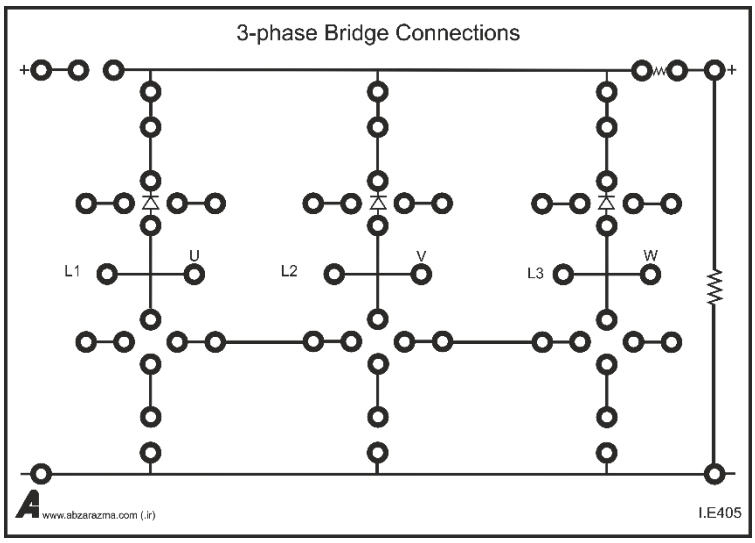
هدف آزمایش : در این آزمایش نحوه کارکرد یکسوسازهای سه‌فاز دیودی بررسی می‌گردد .

۵-۲-۱ یکسوکننده سه‌فاز نیم موج (سه پالسه)

مدار شکل ۵-۲ را جهت بررسی یکسوساز سه پالسه سه فاز بر روی برد IE405 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 .



شکل ۵-۲ یکسوکننده سه فاز نیم موج



شکل ۵-۳ پیاده سازی یکسوساز نیم موج سه فاز بر روی برد IE405

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

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

۳. برای این مدار فاکتور ریپل را حساب کنید .

۴. 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 .

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

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

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

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

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

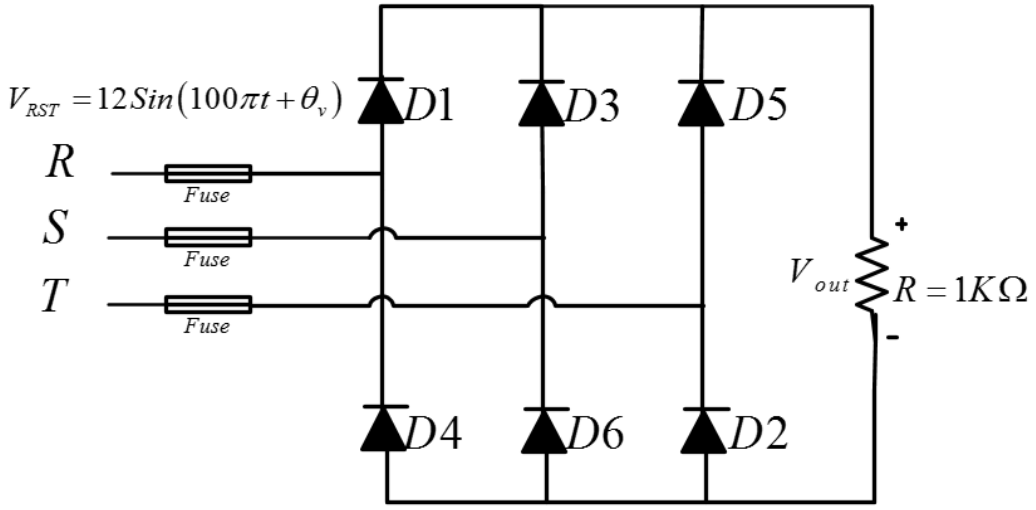
۱۰. به منظور بررسی تاثیر اندوکتانس منبع و فیلتر ورودی ، سه سلف با مقادیر ۱۰ میلی هانری با منبع تغذیه سه فاز سری نمائید .

۱۱.در این مرحله مقدار سلف فیلتر ورودی را تغییر داده و اثر آن را به طور کیفی بر روی جریان ورودی بررسی کنید

۵-۲-۲ یکسوکننده پل سه فاز (شش پالسه)

توضیحات :

۱. پل یکسوکننده سه فاز شکل ۵-۴ را بر روی برد IE405 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.

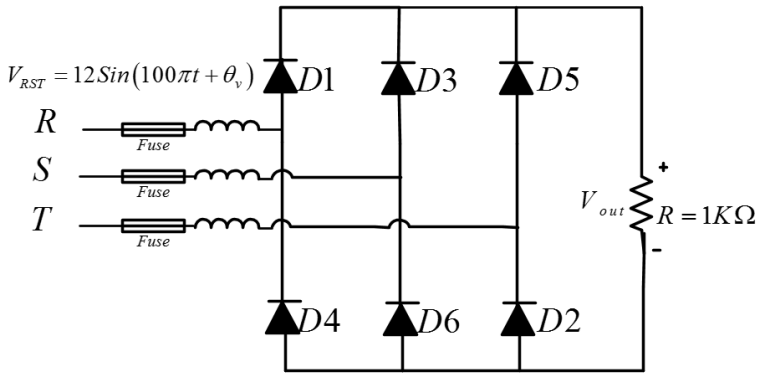
۶. جریان متوسط بار و جریان متوسط و مؤثر دیود D_1 را به دست آورید.

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

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

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

۱۰. جهت تحقیق تاثیر اندوکتانس منبع و فیلتر ورودی شکل ۵-۵ را بر روی برد ببندید. مقدار سلف سری را ۱۰ میلی هانری انتخاب کنید 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.

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 .

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

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

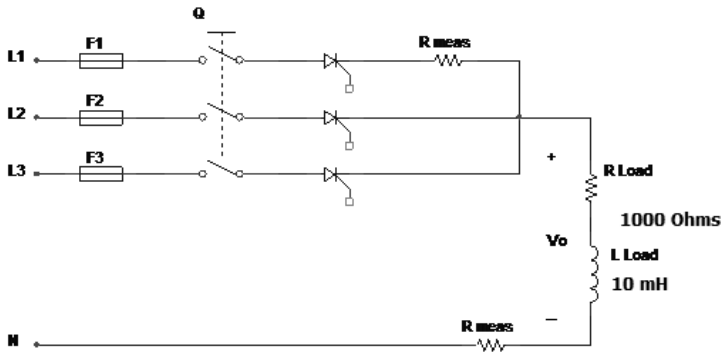
۶-۲ شرح آزمایش

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

۶-۲-۱ یکسوکننده سه‌فاز نیم موج بدون دیود هرزگرد

توضیحات:

۱. شکل ۶-۱ را بر روی برد IE405 ببندید .



شکل ۶-۱ یکسوکننده نیم موج سه فاز

۲. جهت اعمال پالس های فرمان از برد IE103 استفاده نمائید . به منظور سنکرون سازی پالس‌های فرمان می بایست سه فاز برق ورودی از برد تغذیه(شماره IE400) به برد فرمان متصل گردد. برد IE103 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 .

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 ۱۸º 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 ۱۸º 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 ۱۴۴º،۱۰۸º،۷۲º،۳۶º،۰ºو۱۸۰º متوسط ولتاژ خروجی را اندازه بگیرید.

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

α_f	۰º	۳۶º	۷۲º	۱۰۸º	۱۴۴º	۱۸۰º
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 .

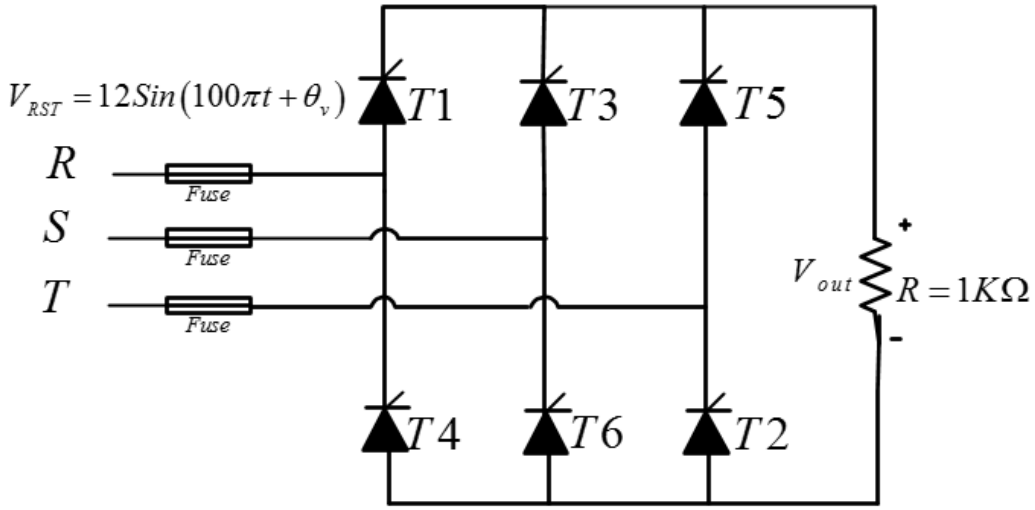
۴. در چه محدوده‌ای از زاویه آتش ، شکل موج ولتاژ برای بار اهمی خالص و بار مختلط یکسان است ؟

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

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

توضیحات :

پل یکسوکننده کنترل شونده شکل ۶-۲ را بر روی برد IE405 ببندید . بار را نیز ۱۰۰۰ اهم برگزینید .



شکل ۶-۲ پل یکسوکننده سه فاز تمام کنترل شونده

۱. جهت اعمال پالس های فرمان از برد IE103 استفاده نمائید . به منظور سنکرون سازی پالس‌های فرمان می بایست سه فاز برق ورودی از برد تغذیه (شماره IE400) 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 پالس های 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

۲. در حالت بار اهمی خالص و زاویه آتش صفر درجه شکل موج ولتاژ بار را روی اسیلوسکوپ مشاهده و رسم کنید .

۳. در حالت بار اهمی خالص و زاویه آتش ۱۸º شکل موج ولتاژ بار را روی اسیلوسکوپ مشاهده و رسم کنید . در این حالت متوسط ولتاژ و جریان را با مولتی‌متر اندازه بگیرید .

۴. در حالت بار مختلط و به ازای سلف ۱۰ میلی هانری و زاویه آتش ۱۸º 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 .

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

۶. برای بار مختلط، برای زوایای آتش ۰º ،۳۶º ،۷۲º ،۱۰۸º ،۱۴۴º و۱۸۰º متوسط ولتاژ خروجی را اندازه بگیرید .

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

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

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

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

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

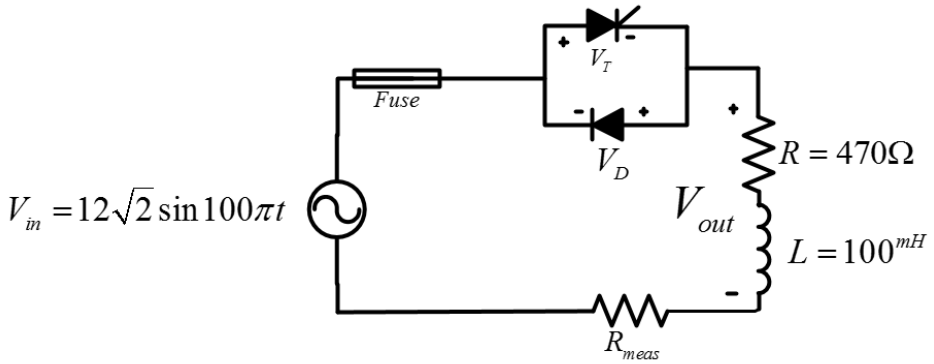
هدف آزمایش : در این آزمایش نحوه کارکرد برشگرهای AC تک‌فاز بررسی می‌گردد .

۷-۲-۱ برشگر AC تک‌فاز نیمه کنترل شده

توضیحات :

۱. مدار شکل ۷-۱ یک برشگر AC تک‌فاز نیمه کنترل شده را نشان می‌دهد ، جهت پیاده سازی آن از برد IE405 استفاده نمائید .

۲. پالس فرمان را از مدار مولد پالس(IE103) 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 ۹۰º ، 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 ۰º ،۳۶º ،۷۲º ،۱۰۸º ،۱۴۴º و۱۸۰º مؤثر ولتاژ خروجی و توان اکتیو بار را اندازه بگیرید .

α_f	۰º	۳۶º	۷۲º	۱۰۸º	۱۴۴º	۱۸۰º
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 ۹۰º، شکل موج ولتاژ بار را روی اسیلوسکوپ مشاهده و رسم کنید

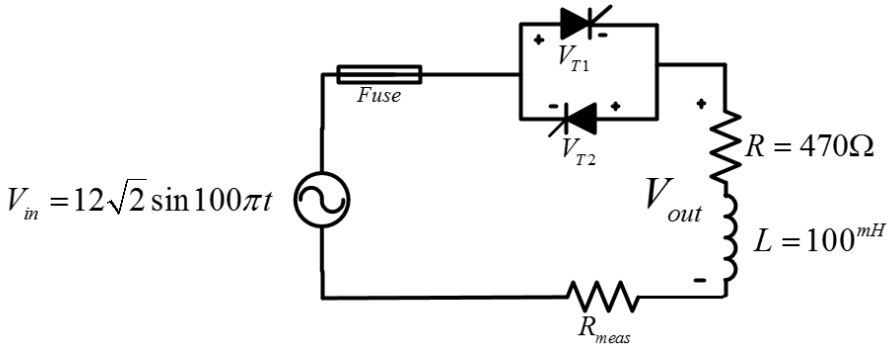
۹. جریان مؤثر دیود و تریستور و بار را اندازه بگیرید .

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 ؟

۷-۲-۲مبدل‌های 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 IE405 پیاده سازی نمائید .



شکل ۷-۲ برشگر تکفاز تمام کنترل شونده

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 ۷-۲-۱ 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 ۹۰º ، 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 .

۶. برای بار اهمی خالص ، برای زوایای آتش ۰º ،۳۶º ،۷۲º ،۱۰۸º ،۱۴۴º و۱۸۰º ولتاژ خروجی موثر و توان اکتیو بار را اندازه بگیرید .

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

۱۰. در حالتی‌که سلف در مدار نیست ، زاویه آتش را روی 90^{o} 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 .

پرسش:

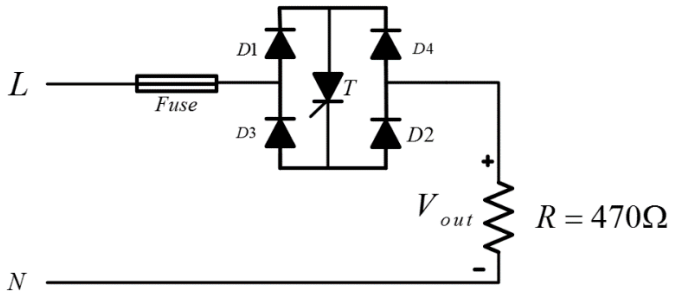
۱۰.آیا رابطه‌ای میان جریان مؤثر تریستورها و بار وجود دارد ؟

۱۱.مدار مبدل شکل ۷-۳ را بررسی کرده و عملکرد آن‌را شرح دهید .

۱۲.شکل موج ولتاژ و جریان بار در این مبدل را رسم نمایید .

۱۳.عملکرد مدار فوق را با مدار شکل ۷-۳ مقایسه کنید، این مقایسه می‌بایست شامل مسائل فنی و مهندسی و نیز اقتصادی باشد .

۱۴.مدار کنترل هر کدام را توضیح و تفاوت آن‌ها را بیان دارید .



شکل ۷-۳ مبدل مورد سوال در پرسش ها

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 .

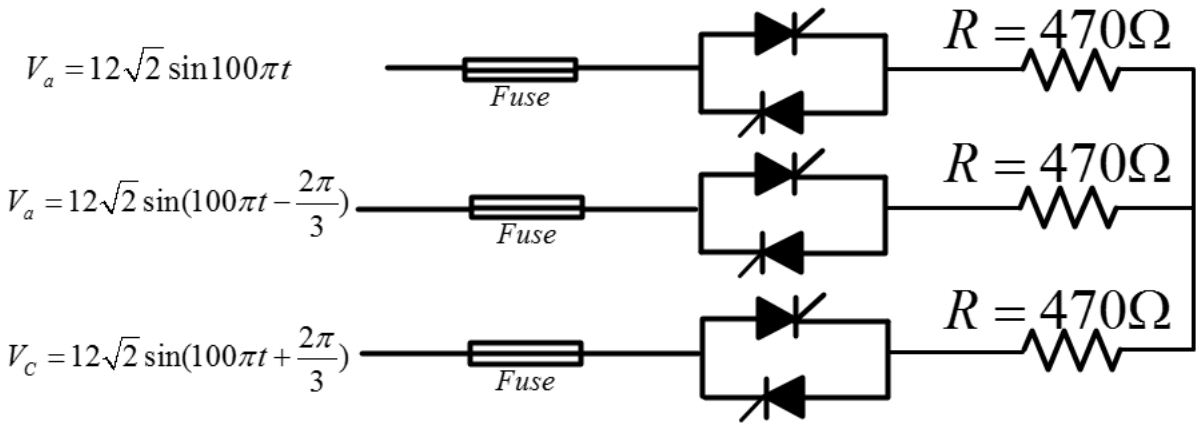
۸-۲ شرح آزمایش

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

۸-۲-۱ مبدل AC به AC سه فاز تمام کنترل شونده با اتصال ستاره و با سیم نول

مدار شکل ۸-۱ را بر روی برد IE405 ببندید .

۱. پالس های فرمان تریستورها را اعمال نمائید .



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

۲. برای زوایای آتش ۰º ،۳۶º ،۷۲º ،۱۰۸º ،۱۴۴º و ۱۸۰º مؤثر ولتاژ خروجی و توان اکتیو بار را اندازه بگیرید .

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

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

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

۵. نمودار توان اکتیو بار بر حسب زاویه آتش را رسم نمایید .

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

۱. مدار شکل ۸-۲ را بر روی برد IE405 ببندید .

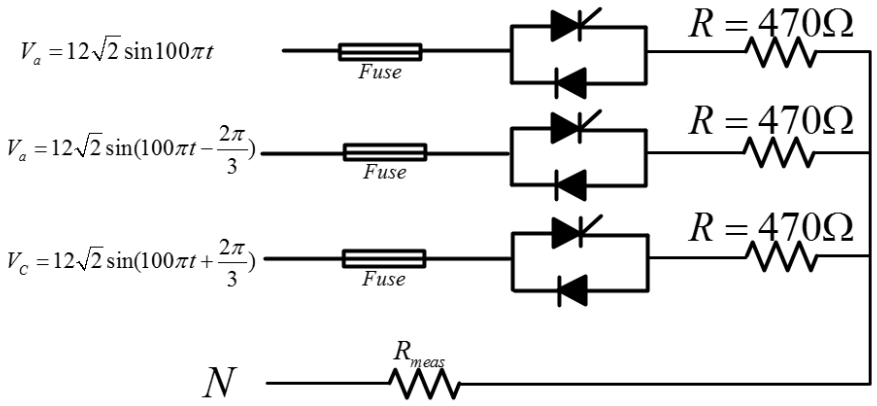
۲. مدار فرمان گیت را مشابه آزمایش۸-۲-۱ عمل کنید

۳. برای زوایای آتش ۰º ،۳۶º ،۷۲º ،۱۰۸º ،۱۴۴º و ۱۸۰º مؤثر ولتاژ خروجی و توان اکتیو بار را اندازه بگیرید و در جدول زیر یادداشت کنید

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

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

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



شکل ۸-۲ 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 .

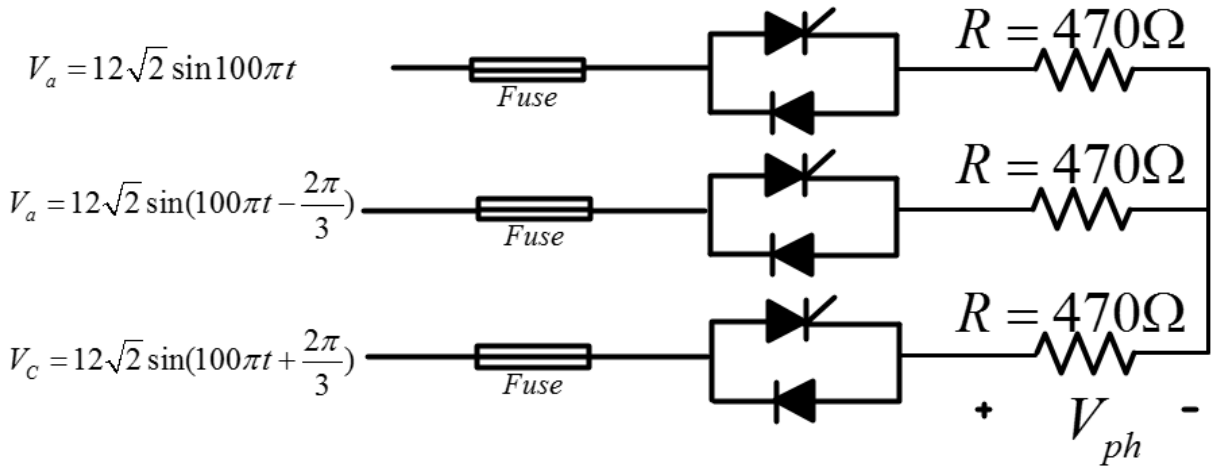
۸-۲-۳ مبدل‌های AC/AC سه‌فاز نیمه کنترل شده با اتصال ستاره و بدون سیم نول

۱. مدار شکل ۸-۳ 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 IE405 پیاده سازی نمائید.

۲. مدار فرمان گیت نیز مشابه آزمایش ۸-۲ -۱ می باشد.

۳. برای زوایای آتش ۰º، ۳۶º، ۷۲º، ۱۰۸º، ۱۴۴º و ۱۸۰º مؤثر ولتاژ خروجی و توان اکتیو بار را اندازه بگیرید .

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



شکل ۸-۳ مدار کنترل ولتاژ AC سه فاز نیمه کنترل شده با اتصال ستاره و بدون سیم نول

۴. 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 .

۹ ترانزیستور قدرت- MOSFET – اپتوکوپلر

۹-۱ 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 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 .

۹-۲ شرح آزمایش

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

۹-۲-۱ اندازه‌گیری پارامترهای ترانزیستور قدرت

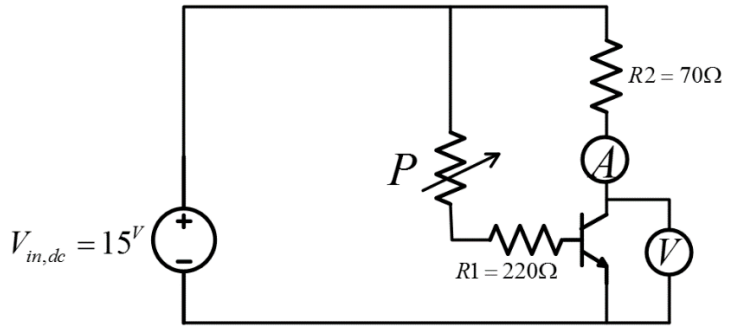
۱. مدار شکل ۹-۱ را جهت اندازه‌گیری پارامترهای ترانزیستورقدرت پیاده سازی نمائید .

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 آزمایشگاهی P را طوری محاسبه کنید که با توجه به مسائل حفاظتی ترانزیستور حتماً اشباع شود .

۵. پتانسیومتر آزمایشگاهی 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.)



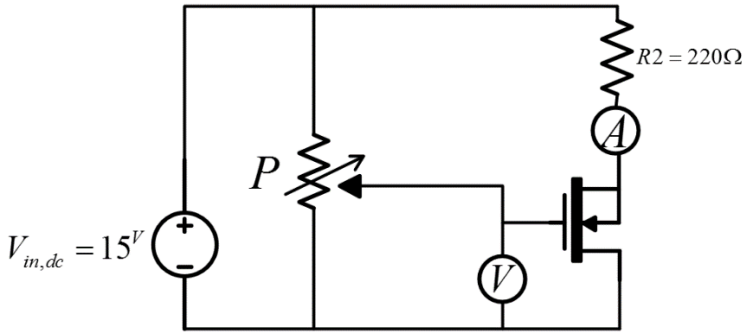
شکل ۹-۱ مدار مورد نیاز جهت اندازه گیری پارامترهای ترانزیستور قدرت

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:
برای ترانزیستور مورد آزمایش، β حدوداً چند است ؟

۹-۲-۲اندازه‌گیری پارامترهای MOSFET قدرت

۱. مدار شکل ۹-۲ ، 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 آزمایشگاهی 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 ۹-۲ مدار پیشنهادی جهت اندازه گیری پارامترهای ماسفت قدرت

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

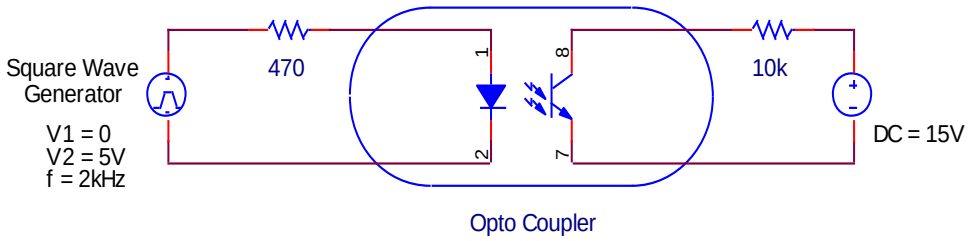
۷. به ازای چه مقداری از ولتاژ گیت- سورس ، MOSFET کاملاً روشن است؟

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 .

۹-۲-۳مشاهده رفتار اپتوکوپلر

۱. مدار شکل ۹-۴ را جهت بررسی رفتار اپتوکوپلر ببندید.



شکل ۹-۳ مدار پیشنهادی جهت بررسی رفتار اپتوکوپلر

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

۳. در صورت ایزوله بودن زمین اسیلوسکوپ ولتاژ آند-کاتد دیود را با کانال ۱ و ولتاژ کلکتور-امیتر را با کانال ۲ به صورت هم‌زمان مشاهده کنید در غیر اینصورت موارد ذکر شده را به طور جداگانه مشاهده و رسم نمایید.

۴.شکل موج های رسم شده در بند "ب" را تحلیل و نحوه‌ی رفتار اپتو کوپلر را توضیح دهید؟

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

پرسش:

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

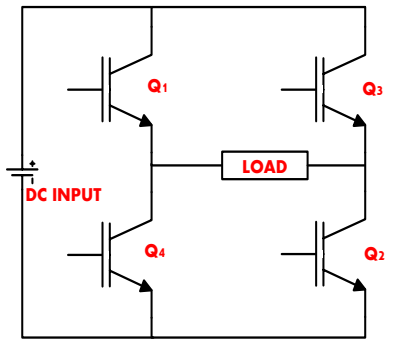
۲. مزیت استفاده از اپتوکوپلر چیست ؟ این المان به کدامیک از المان‌های قدرت شبیه است؟

۱۰ اینورتر تکفاز و نحوه تولید SPWM

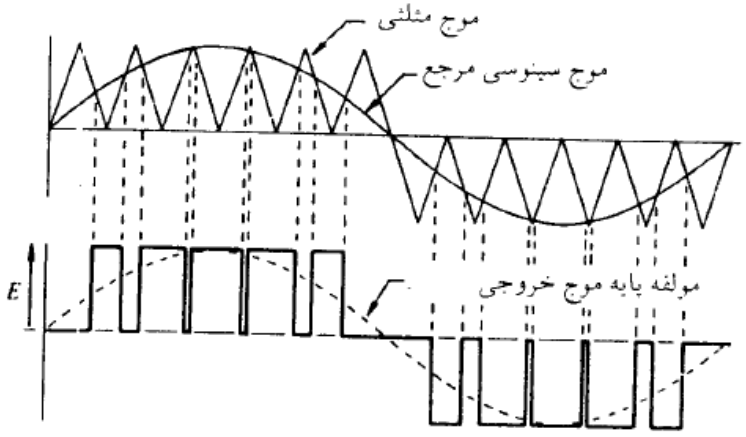
۱-۱۰ مقدمه

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 می-گردد . 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 ۱۰-۱ اینورتر ولتاژ تکفاز نشان داده شده است.

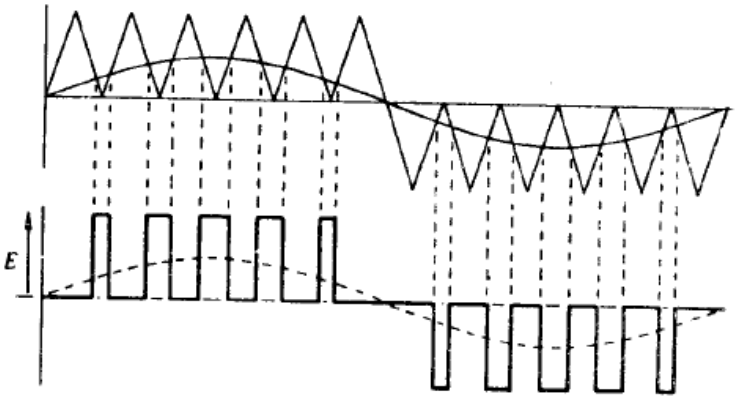
اگر ولتاژ ورودی ثابت بماند با تغییر ضریب بهره اینورتر که معمولاً با روش کنترل مدولاسیون پهنای پالس انجام می‌گیرد ، ولتاژ خروجی متغیری خواهیم داشت . در شکل ۱۰-۲ روش ساخت پالس‌های فرمان برای اینورتر تکفاز نشان داده شده است. با قطع دادن دندانه‌ارهای با سینوسی پالس‌های مربوطه حاصل شده است. اگر دامنه سینوسی از دندانه اره‌ای بیشتر باشد کیفیت ولتاژ خروجی اینورتر چه تغییری می‌کند؟



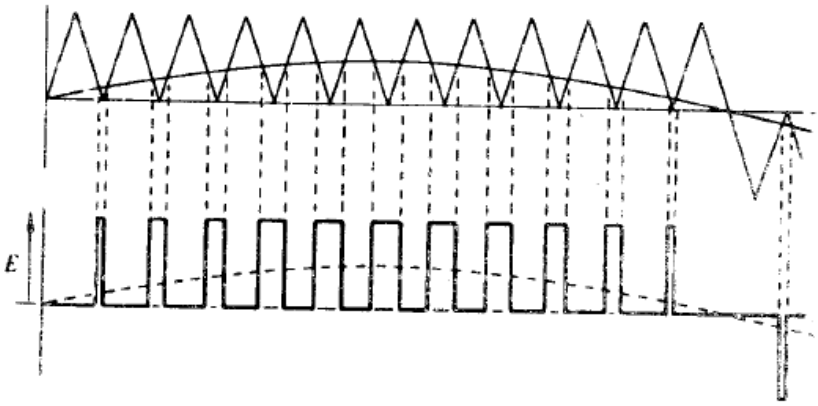
شکل ۱۰-۱ مدار اینورتر تکفاز



(الف) در ماکزیمم ولتاژ خروجی

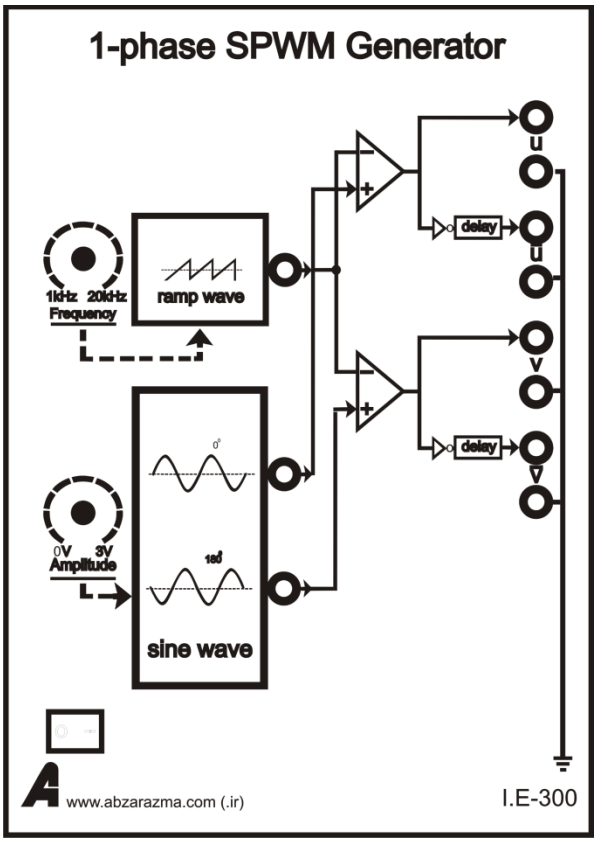


(ب) در نصف ماکزیمم ولتاژ خروجی



(پ) در نصف ولتاژ و نصف فرکانس

شکل ۰-۲ ساخت پالس‌های فرمان اینورتر تکفاز با موج دندانه‌اره‌ای یکطرفه



شکل ۰-۳ برد مولد SPWM تکفاز

۲-۱۰ شرح آزمایش

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

۱-۲-۱۰ تولید SPWM

۱. برد شماره IE300 جهت ایجاد SPWM تکفاز مورد استفاده می گیرد . با مقایسه سینوسی مرجع با دندانه اره ای پالس های خروجی فراهم می گردد . در شکل ۱۰-۳ 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 دامنه ای از شکل موج سینوسی اندیس مدولاسیون ۰,۶ 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 .

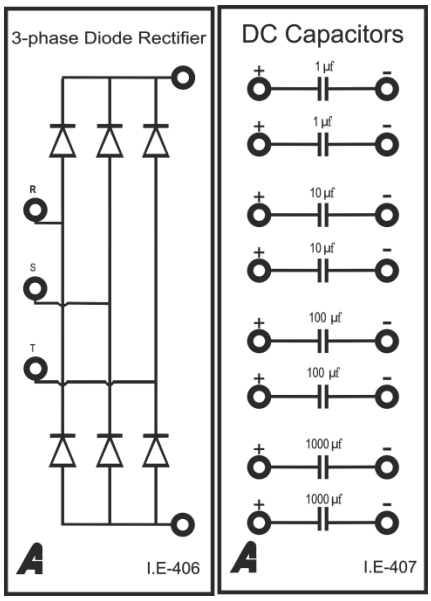
۴. شکل موج سینوسی و دندانه اره ای را به طور همزمان بر روی اسکوپ مشاهده نمائید .

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

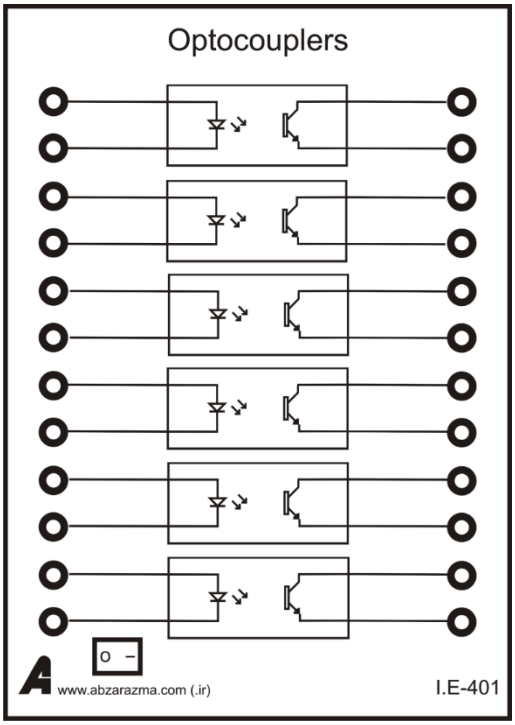
۶. در شکل موج های بند ۵ ، با تغییر فرکانس دندانه اره ای و ولتاژ مرجع سینوسی تغییرات شکل موج ها را بررسی نمائید .

۴-۳-۱۰ اینورتر تکفاز

۱. مدار قدرت مورد نظر در شکل ۱۰-۱ نشان داده شده است. این مدار را به کمک برد **IE405** پیاده سازی نمائید. بار را یک کیلواهم در نظر بگیرید. جهت فراهم کردن **dc** ورودی از برد **IE406** استفاده نمائید. این برد در شکل ۱۰-۴ نشان داده شد است. برای این برد تغذیه **ac** ورودی را ۱۲ ولت در نظر بگیرید (برد **IE406** 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 ۰-۴ برد یکسوساز شش پالسه همراه با خازن فیلتر



شکل ۰-۵ 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 ۱۰-۵ 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 مشاهده 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 .

۱۱ اینورتر تکفاز و فیلترهای ورودی و خروجی اینورتر

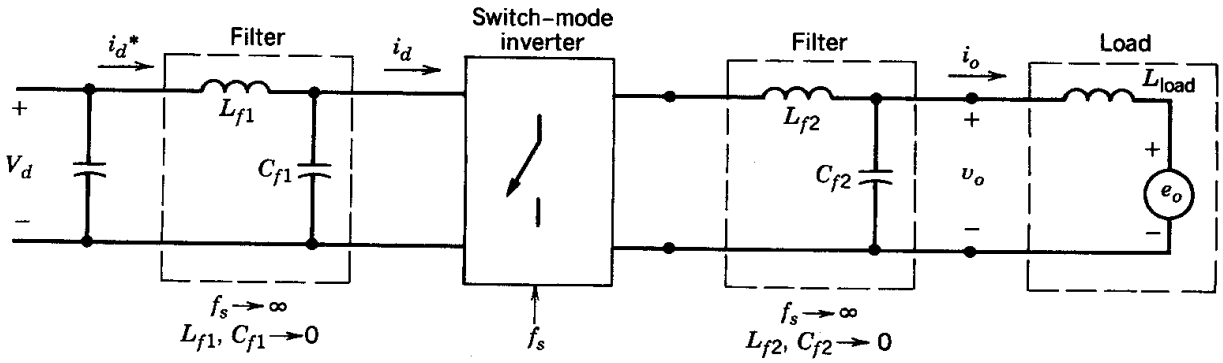
۱-۱۱ مقدمه

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 (۱-۱۱) می‌تواند محاسبه گردد .

(۱-۱۱)

$$F = \frac{1}{2\pi\sqrt{lc}}$$

در شکل ۱۱-۱ نحوه قرارگیری فیلترهای ورودی و خروجی نشان داده شده است. فیلترهای ورودی DC و فیلترهای خروجی از نوع AC می‌باشند.



شکل ۱۱-۱ نحوه قرارگیری فیلترهای ورودی و خروجی اینورتر

۱۱-۲ شرح آزمایش

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

۱۱-۲-۱فیلتر ورودی اینورتر

۱. مشابه آزمایش قبل اینورتر تک فاز را به ازای مقاومت بار ۷۰ اهم پیاده سازی کنید .از برد شماره **IE300** جهت ایجاد **SPWM** تکفاز ، و مدار قدرت مورد نظر را به کمک برد **IE405** و جهت فراهم کردن **dc** ورودی از برد **IE402** استفاده نمائید . برای این برد تغذیه **ac** ورودی را ۲۴ ولت در نظر بگیرید (برد **IE400** 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 ورودی و جریان ورودی را مشاهده نمایید .

۳. از بلوک های **IE402** ، **IE403** و **IE404** جهت ایجاد فیلتر در ورودی مدار استفاده کنید . با توجه به مقادیر سلف در دسترس ابتدا تنها یک عدد سلف ۱۰ میلی هانری 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 .

۱۱-۲-۲ فیلترخروجی اینورتر

۱. مشابه آزمایش قبل اینورتر تک فاز را پیاده سازی نمایید .

۲. شکل موج خروجی را با بار مقاومتی ۷۰ 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 ۱۱-۲-الف استفاده کنید.

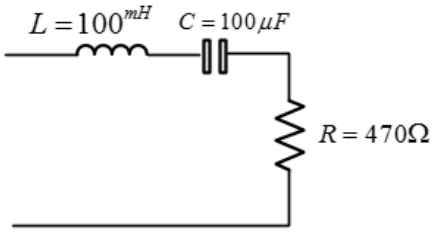
۴. در این مرحله از یک سلف سری و خازن موازی با بار با مقادیر ($L=10mH, C=100\mu f$) استفاده و مرحله قبل را تکرار نمایید. جهت راهنمایی از شکل ۱۲-۲-ب استفاده کنید.

۵. مرحله قبل را برای شکل ۱۱-۲-ج تکرار کنید.

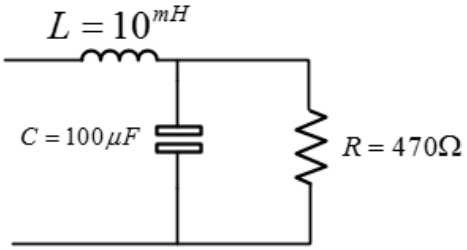
۶. بهترین وضعیت ولتاژ خروجی مربوط به کدام مرحله است ؟

۷. بهترین وضعیت جریان خروجی مربوط به کدام مرحله است ؟

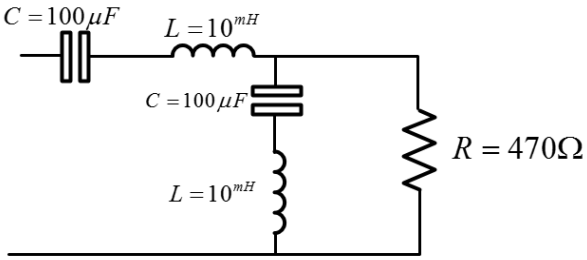
۸. علت استفاده از فیلتر را در خروجی اینورتر بیان کنید .



شکل ۱۱-۲ الف)



شکل ۱۱-۳ ب



شکل ۱۱-۴ ج)

۱۲ اینورتر سه فاز

۱۲-۱ مقدمه

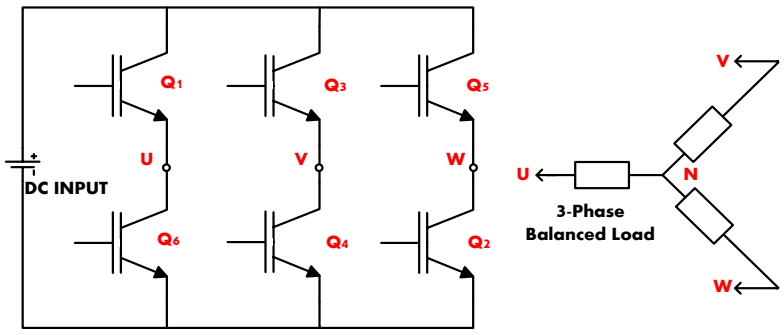
اینورترها از جمله مبدل های **dc–ac** می باشند که به طور وسیعی در کاربردهای صنعتی استفاده می گردد . (محرک های سرعت متغیر موتورهای **ac** ، منابع تغذیه بی وقفه و . . .) . در اینورترهای سه فاز، خروجی دارای ولتاژ متناوبی با اختلاف فازهای ۰° ، ۱۲۰° و ۲۴۰° می باشد .

۱۲-۲ شرح آزمایش

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

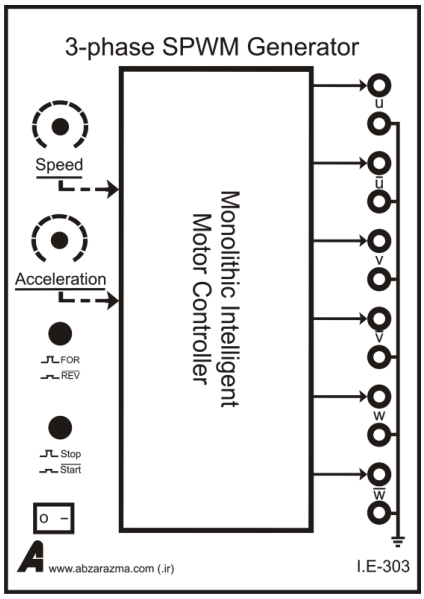
۱۲-۲-۱ اینورتر سه فاز

مدار شکل ۱۲-۱ را بر روی برد IE405 پیاده سازی نمائید . مشابه آزمایش ۱۰-۲ مقادیر بار و منبع ورودی را تنظیم نمائید .



شکل ۱۲-۱ اینورتر سه فاز

۱. جهت اعمال پالس های فرمان از برد IE303 استفاده نمائید . این برد مشابه IE300 بوده با این تفاوت که SPWM سه فاز را فراهم می نماید . در شکل ۱۲-۲ این برد نشان داده شده است . مشابه ۱۰-۲ از اپتوکوپلرها جهت اعمال پالس ها استفاده نمائید.



شکل ۱۲-۲ برد مولد SPWM سه فاز

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

۳. جریان بار و جریان ورودی را رسم نمایید .

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

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

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

۱۳ کنترل دور موتور القایی به روش V/F

۱-۱۳ 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 ۱۳-۱) 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 .

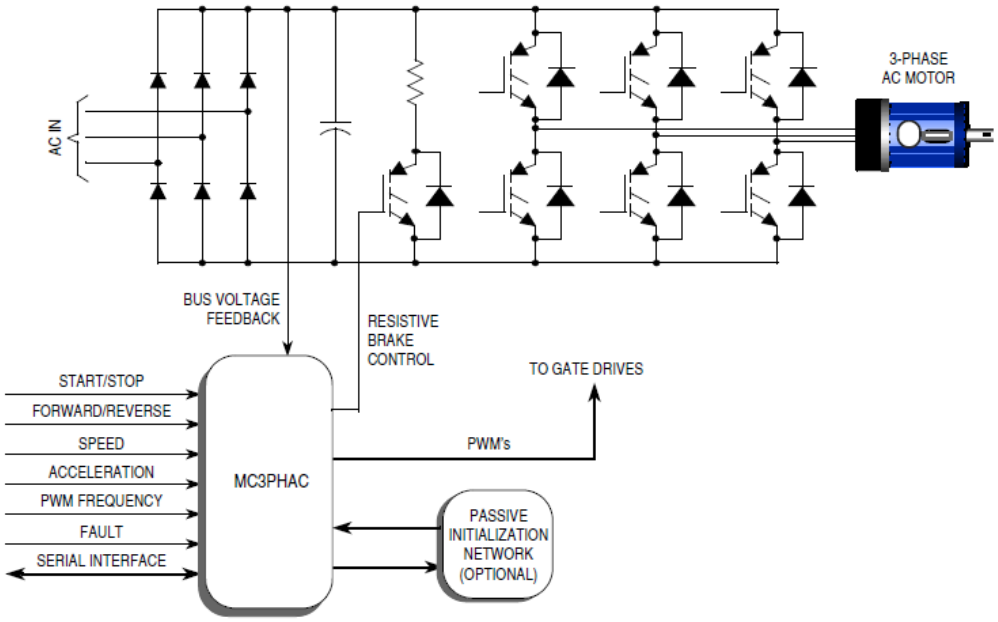
$n_r = \frac{60\,f}{P}$ که در این رابطه (رابطه ۱۳-۱)

P تعداد زوج قطب های موتور القایی می‌باشد

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 (۱-۱۳) آمده است .



شکل ۱۳-۱ اتصال آی سی به اینورتر

۱۳-۲ شرح آزمایش

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

۱۳-۲-۱ 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 .

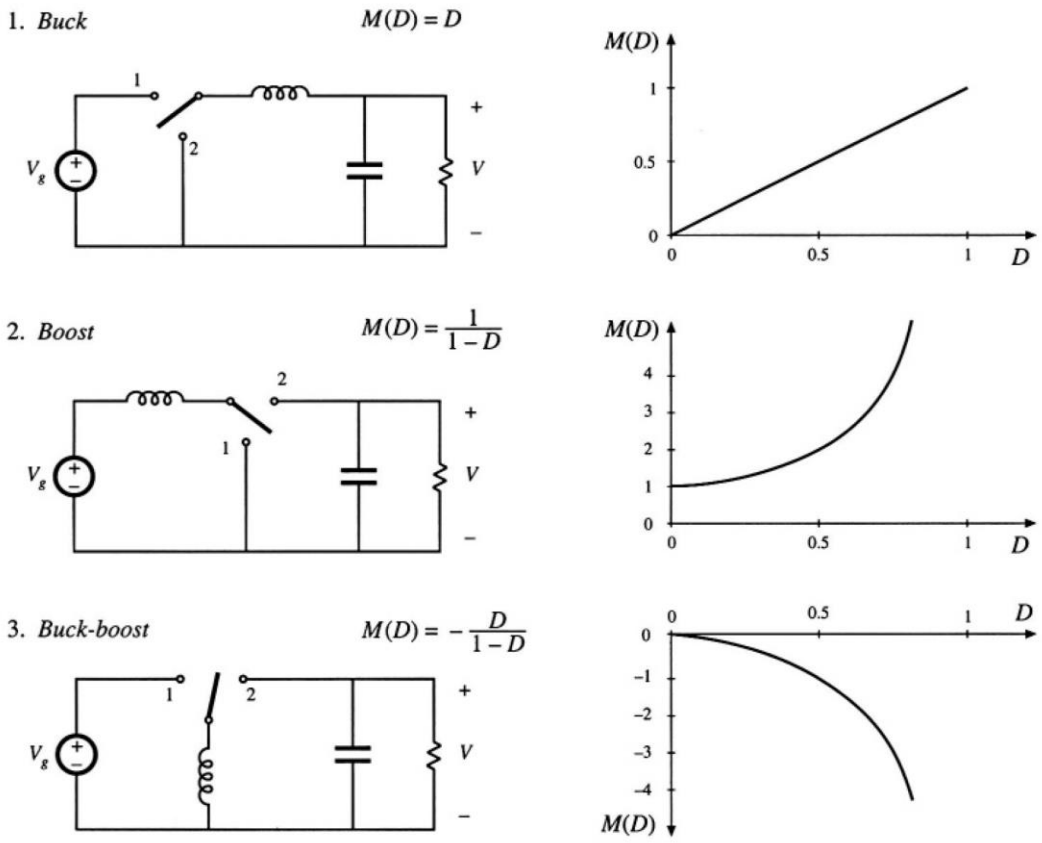
۳. ولوم SPEED را در حالت نصف مقدار ماکزیمم قرار داده و با تغییر ولوم ACCELERATION نحوه عملکرد موتور را مشاهده نمایید . کاربرد آن را توضیح دهید .

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

۱۴ مبدل های dc-dc غیر ایزوله با دو عنصر ذخیره انرژی

۱۴-۱ مقدمه

مبدل های dc-dc نقش قابل توجهی در الکترونیک صنعتی مدرن پیدا کرده اند. امروزه هسته وقلب مرکزی هر منبع تغذیه سوئیچینگ، یک مبدل dc-dc می باشد. این مبدل ها بر حسب ایزوله بودن ورودی از بار به دو دسته: ایزوله و غیر ایزوله دسته بندی می شوند. انواع ایزوله خارج از اهداف آموزشی درس الکترونیک صنعتی میباشد و به طور معمول در الکترونیک قدرت مورد بررسی قرار می گیرند. انواع غیر ایزوله مشتمل بر دسته کلی: کاهنده یا باک، افزاینده یا بوست و افزاینده-کاهنده یا باک-بوست می باشند. شماتیک این سه مبدل معروف در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل ۱۴-۱ آرایش مبدل های غیر ایزوله متداول دارای دو عنصر ذخیره انرژی به همراه نمودار نسبت تبدیل مبدل (M(D)) بر حسب دوره کاری (D): ۱) کاهنده، ۲) افزاینده و ۳) افزاینده-کاهنده

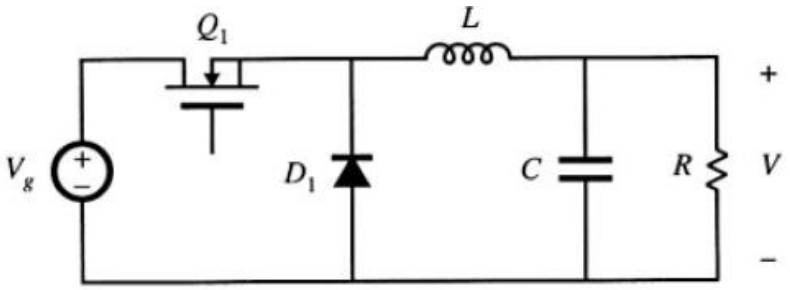
در شکل (۱-۱۴) نمودار و نسبت تبدیل سه مبدل رسم شده است. بردهای IE.201 و IE.202به ترتیب جهت مدار فرمان و مدار قدرت این مبدل ها مورد استفاده قرار می گیرند. لازم به ذکر است که فرمانهای تولید شده به وسیله مدار فرمان تولید کننده پالسهای PWM می بایست از طریق ماژول ایزوله کننده نوری (Optocoupler) به PMOS واقع در مدار قدرت متصل شوند.

۱۴-۲ شرح آزمایش

هدف آزمایش : آشنایی با مبدل های سوئیچینگ باک، بوست و باک-بوست

۱۴-۲-۱ بررسی مبدل باک

۱. ابتدا مدار قدرت مبدل باک را بر روی برد IE.405 پیاده سازی نمائید. جهت پیاده سازی از مبدل باک تحقق یافته به وسیله PMOS و دیود زیر استفاده نمائید. به منظور پیاده سازی مدار قدرت از بلوک IE202 استفاده می‌نماییم، همچنین برای اعمال ولتاژ ورودی می‌توان از بلوک‌های IE400 وIE406 استفاده نمود. به منظور کاهش ریپل ولتاژ یکسو شده از خازن ۱۰۰۰ میکرو فاراد مستفاده می‌نماییم. ظرفیت سلف و خازن خروجی به ترتیب عبارتند از: ۱۰ میلی هانری و ۱۰ میکرو فاراد و همچنین از دو مقاومت 220 اهم به صورت موازی به عنوان بار استفاده نمائید.



شکل ۱۴-۲ آرایش مبدل باک تحقق یافته به وسیله کلیدهای نیمه هادی قدرت

۲. در ادامه می بایست مدار فرمان مورد نیاز تنظیم و پیاده سازی گردد. به این منظور منبع تولید پالس PWM را بر روی فرکانس کاری ۲۰ کیلوهرتز تنظیم نمائید. جهت تنظیم دقیق از اسیلکوپ استفاده نمائید. همچنین عرض پالس را نیز بر روی ۲۵ درصد تنظیم نمائید.

۳. خروجی برد فرمان را از طریق یک جداساز نوری به پایه های گیت و سورس PMOS متصل نمائید.

۴. به ازای تغییرات دوره کاری فرمان PWM از ۲۵ درصد تا ۹۰ درصد تغییرات ولتاژ خروجی را ثبت نمائید. درستی رابطه نسبت تبدیل مبدل که در شکل ۱۴-۱ نشان داده شده است، تحقیق نمائید.

۵. با تغییر مقدار سلف تغییرات ولتاژ خروجی را به ازای دوره های کاری مختلف تحقیق نمائید.

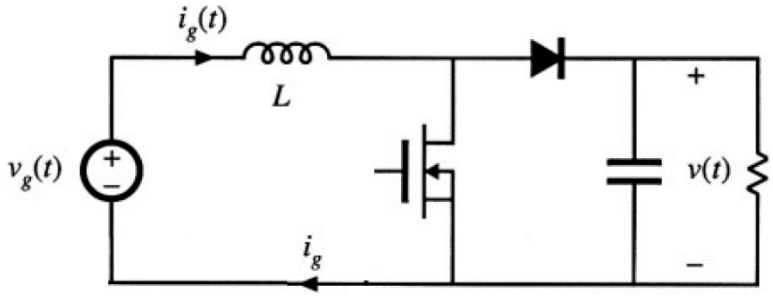
۶. شکل موج خروجی را بر روی اسکپ مشاده نمائید و اثر تغییر سلف و خازن فیلتر بر روی میزان ریپل خروجی بررسی نمائید.

۷. مرحله قبل را به ازای تغییر فرکانس تکرار نمائید.

۸. به ازای فرکانس کاری ۲۰ کیلوهرتز و دوره کاری ۶۰ درصد شکل موج های ولتاژ درین-سورس PMOS، آند-کاتد دیود و فرمان گیت-سورس PMOS را به صور ت همزمان رسم نمائید. از تحلیل این سه شکل موج نحوه عملکرد این منبع تغذیه سوئیچینگ مشخص می گردد.

۱۴-۲-۲ بررسی مبدل بوست

۱. مبدل بوست را مشابه مبدل باک بر روی مدار قدرت پیاده سازی نمائید. آرایش این مبدل به صورت شکل ۱۴-۳ می باشد. مقدار ولتاژ ورودی، ظرفیت سلف، ظرفیت خازن و مقاومت بار را به ترتیب: ۱۵ ولت، ۱۰ میلی هانری، ۱۰۰۰ میکرو فاراد و ۷۰ اهم برگزینید.



شکل ۱۴-۳ آرایش مبدل بوست تحقق یافته به وسیله کلیدهای نیمه هادی قدرت

۲. در این شرایط ولتاژ ورودی را بر روی ۱۵ ولت تنظیم نمائید. مقدار دوره کاری را به کمک سعی خطا در مقداری تنظیم نمائید که خروجی ۲۰ ولت گردد. مقدار دروه کاری را اسکپ اندازه گرفته و نتیجه را با مقدار تئوری مورد انتظار مقایسه نمائید.

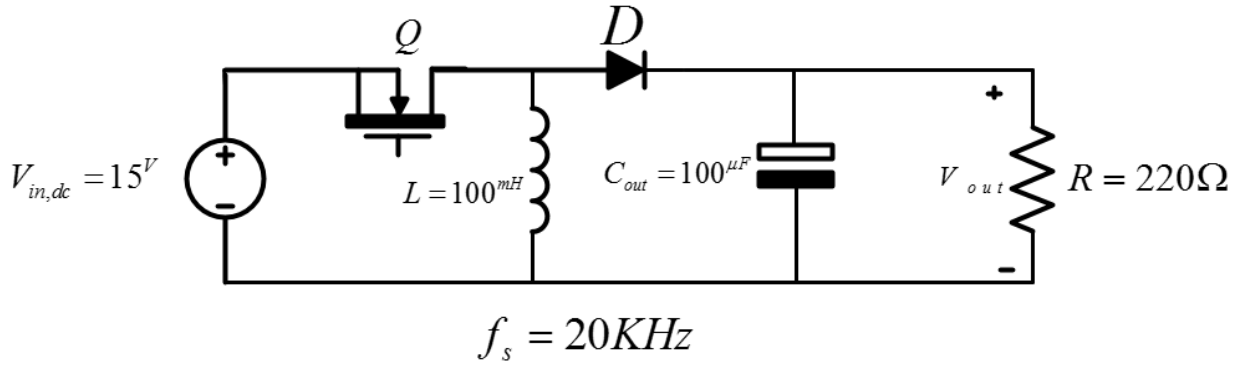
۳. مقدار بار را ۲۰ درصد کاهش و افزایش دهید و تغییرات ولتاژ خروجی را ثبت نمائید. رابطه تغییرات بار با تغییرات ولتاژ خروجی مستقیم است یا معکوس؟

۴. در شرایط ولتاژ ورودی ۱۵ ولت، بار ۷۰ اهم و دوره کاری کلید ۳۰ درصد، شکل موج جریان سلف را به کمک سری کردن یک مقاومت ۱ اهم با بار رسم نمائید. مقدار متوسط آن را با مقدار تئوری مورد انتظار مقایسه نمائید.

۱۴-۲-۳ بررسی مبدل باک-بوست

۱. در این بخش مبدل باک-بوست با مقادیر نشان داده شده در شکل و خازن ۱۰۰ میکرو فاراد مورد استفاده قرار می گیرد. مانند دو مرحله قبل مدار قدرت، ایزولاتور نوری و فرمان را برقرار سازید. فرکانس کلیدزنی را نیز ۲۰ کیلوهرتز تنظیم نمائید.

۲. با تغییر دوره کاری رابطه تئوری نسبت تبدیل مبدل را تحقیق نمائید.



شکل ۱۴-۴ آرایش مبدل باک-بوست تحقق یافته به وسیله کلیدهای نیمه هادی قدرت

۳. راندمان این مبدل را به ازای تغییرات بار خروجی بررسی نمایئد.