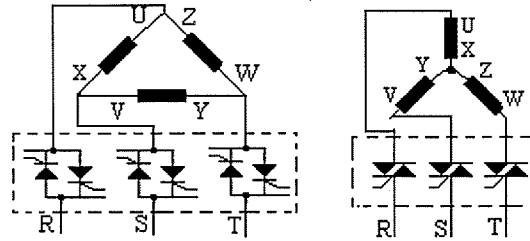


آزمایش یازدهم

کنترل قدرت بارهای سه فاز با مبدل AC به AC



• اهداف:

- ۱) بررسی کنترل قدرت بارهای سه فاز به وسیله سه عدد تریاک (Triac).
- ۲) بررسی کنترل قدرت بارهای سه فاز به وسیله شش عدد تریستور (SCR).
- ۳) راه اندازی نرم موتور سه فاز آسنکرون با هر دو طرح ۱ و ۲.

◀ وسایل و قطعات مورد نیاز برای آزمایش

تعداد	مشخصات	عنوان
۱	-	اسیلوسکوپ
۱	-	مولتی متر
۳	220V/110V	ترانسفورماتور
۳	220/2×9V	ترانسفورماتور
۱	بر اساس شیفت افقی	برد مدار فرمان سه فاز
۱	3 Phase PWM	برد مدار فرمان مبدل
۱	Driver & TP	برد جدا کننده فرمان از قدرت
۱	50K , 10K	جعبه ولوم
۳	BT138	تریاک (Triac)
۶	BT151	تریستور (SCR)
۳	220V/100W	لامپ با سرپیچ
۱	سه فاز	موتور آسنکرون
۲	1 Ohm/5W	مقاومت

◀ کنترل قدرت بارهای سه فازه

• تئوری:

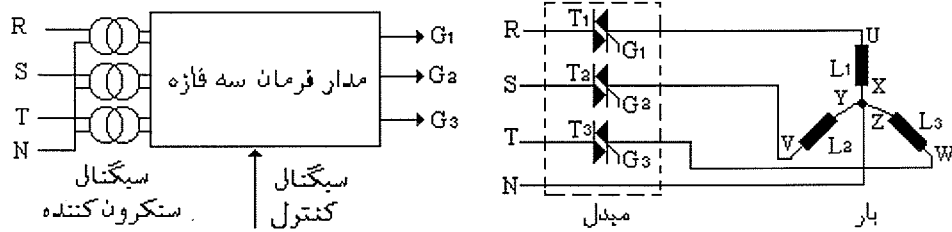
جهت کنترل قدرت سه فازه توسط مبدل‌های AC/AC، می‌توان ولتاژهای فاز یا ولتاژهای خط را کنترل کرد. طراحی مدار فرمان برای کنترل ولتاژ فاز بار، ساده‌تر از کنترل ولتاژ خط است، ولی در مدار قدرت، تعداد رشته سیم‌هائی که برای ارتباط بار به مبدل در حالت کنترل ولتاژ فاز استفاده می‌شود، بیشتر از حالت کنترل ولتاژ خط است. مشاهده شکل‌های (۱۱-۱) به درک بهتر این مطالب کمک میکند.

در این نوع مبدلها، برای کنترل هر فاز، در کاربرد های قدرت پایین، از یک عدد تریاک و در کاربرد های قدرت بالا، از دو عدد SCR (که به صورت موازی و معکوس هم بسته می‌شوند) استفاده می‌شود.

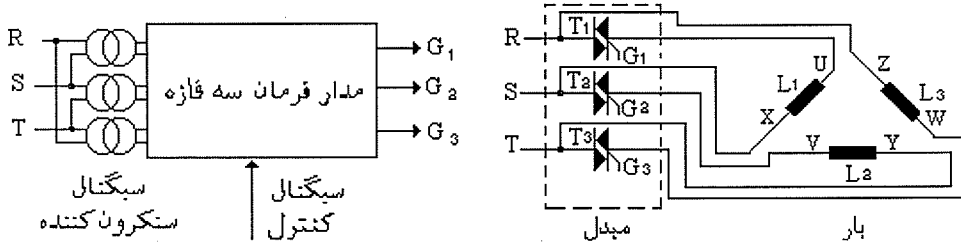
در بخش اول این آزمایش، به کمک سه عدد تریاک ولتاژ فاز بار کنترل می‌شود. سربندی بار این نوع مبدل، می‌تواند ستاره و یا مثلث (مدارهای قدرت شکل های (۱۱-الف) و (۱۱-ب)) باشد. برای این که بتوان ولتاژ هر فاز بار را بطور مستقل کنترل کرد، در سر بندی ستاره، علاوه بر ارتباط سه سر فاز های بار به (تریاک یا تریستورهای هر فاز) مبدل، مرکز ستاره بار نیز به صفر فازهای منبع تغذیه وصل می‌شود. یعنی در این طرح برای ارتباط بار به مبدل از چهار رشته سیم استفاده می‌شود. همچنین، در سر بندی مثلث، سه سر فاز های بار به (تریاک یا تریستورهای هر فاز) مبدل و سه سر دیگر فاز های بار (ته بار) مستقیماً به سه فاز منبع تغذیه وصل می‌شوند. یعنی در این طرح برای ارتباط بار به مبدل از شش رشته سیم استفاده می‌شود. برای کنترل ولتاژ فازهای بار، می‌توان بجای سه تریاک از شش عدد تریستور استفاده کرد.

در بخش دوم این آزمایش، به کمک شش عدد تریستور ولتاژ خط بار کنترل می‌شود. سر بندی بار برای این نوع مبدل می‌تواند ستاره یا مثلث باشد (مدارهای قدرت شکل ۱۱-ج و ۱۱-د). در این طرح برای ارتباط بار با سر بندی ستاره یا مثلث همواره از سه رشته سیم استفاده می‌شود. برای کنترل ولتاژ فازهای خط بار، می‌توان بجای شش تریستور از سه عدد تریاک استفاده کرد.

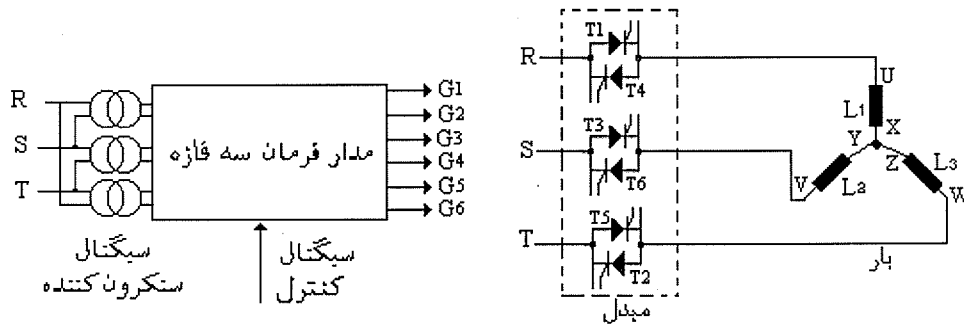
در مدارهای کنترل قدرت AC، لازم است سیگنال (گیت تولید شده در) مدار فرمان با سیگنال قدرت تحت کنترل سنکرون باشد. در مدار های سه فازه، برای ایجاد سیگنالهای سنکرون کننده درحالت کنترل ولتاژ فاز تغذیه، (مدار شکل (۱۱-الف))، از ولتاژهای فاز و در حالت کنترل ولتاژ های خط (مدارهای شکل‌های ۱۱-ب، ج، د)، از ولتاژ خط استفاده می‌شود. به همین منظور در شکل های مدار فرمان های (۱۱-۱)، برای ایجاد سیگنالهای سنکرون کننده، درحالت کنترل ولتاژ فاز، سر بندی اولیه ترانسفرماتور مدار فرمان ستاره و درحالت کنترل ولتاژ خط، مثلث انتخاب شده اند.



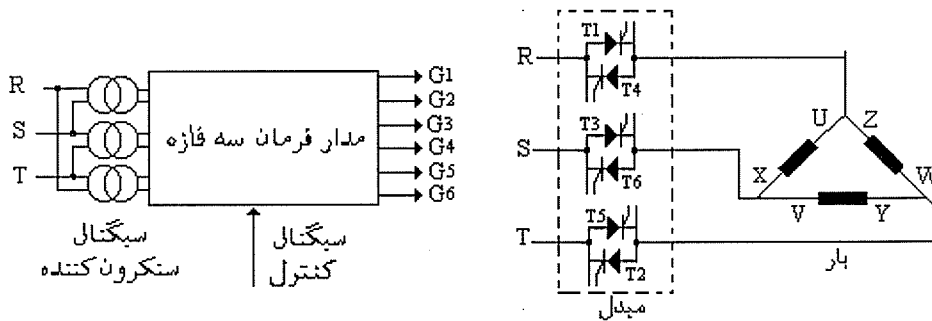
شکل (۱۱-الف) کنترل ولتاژ فاز، سربندی بار ستاره، ارتباط بار با مبدل چهار سیمه و سیگنالهای سنکرون کننده ولتاژ فاز می باشند (سر بندی اولیه ترانس های مدار فرمان به صورت ستاره)



شکل (۱۱-ب) کنترل ولتاژ خط، سربندی بار مثلث، ارتباط بار با مبدل شش سیمه و سیگنالهای سنکرون کننده ولتاژ خط می باشند (سر بندی اولیه ترانس های مدار فرمان به صورت مثلث)



شکل (۱۱-ج) کنترل ولتاژ خط، سربندی بار ستاره، ارتباط بار با مبدل سه سیمه و سیگنالهای سنکرون کننده ولتاژ خط می باشند (سر بندی اولیه ترانس های مدار فرمان به صورت مثلث)



شکل (۱۱-د) کنترل ولتاژ خط، سربندی بار مثلث، ارتباط بار با مبدل سه سیمه و سیگنالهای سنکرون کننده ولتاژ خط می باشند (سر بندی اولیه ترانس های مدار فرمان به صورت مثلث)

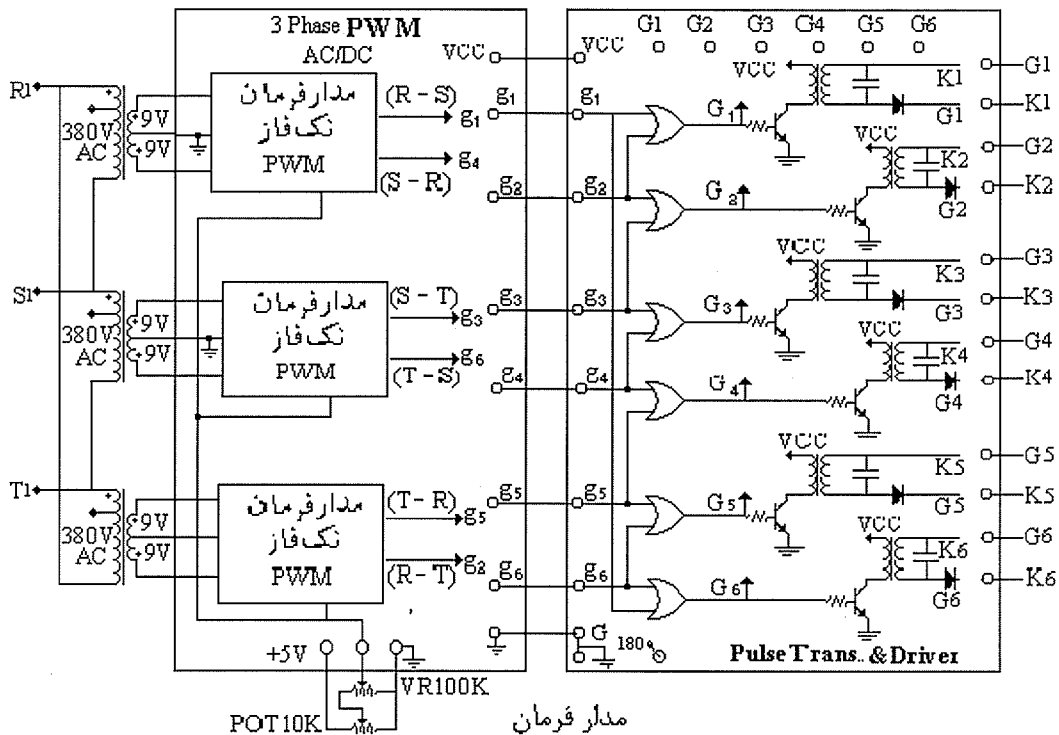
◀ آزمایش (۱-۱۱):

کنترل قدرت بارهای مختلف سه فازه با سه عدد تریاک

● مقدمه

مدار فرمان سه فاز این بخش از آزمایش در شکل بلوکی (۲-۱۱) ارائه شده است. نحوه عملکرد این مدار فرمان در آزمایشهای دو و شش بررسی شده است. در این بخش از آزمایش از سیگنالهای خروجی های G1-K1، G3-K3 و G5-K5 این مدار فرمان استفاده می شود. بطوریکه در اینجا این سیگنالها، بترتیب از OR شدن سیگنالهای g1 با g4، g3 با g5 و g2 با g6 (از خروجی برد PWM حاصل می شود. یاد آوری میشود، هر کدام از دو سیگنالهایی که با هم OR می شوند (مثل g1 و g4) دارای 180 درجه اختلاف فاز، و سیگنالهای دو خروجی متوالی از برد درایور (مثلاً G1-K1 با G3-K3)، با هم دارای اختلاف فاز 120 درجه می باشند. به این ترتیب این خروجی ها (G1-K1، G3-K3 و G5-K5) می توانند براحتی برای آتش کردن هر سه تریاک از مدار قدرت (که در مسیر سه فاز قرار میگیرند) در هر دو نیم موج، استفاده شوند.

برای بررسی مبدل AC/AC با سه عدد تریاک، مدار فرمان سه فاز شکل (۲-۱۱) را آماده کرده سپس مراحل اجرای آزمایش را دنبال کنید.

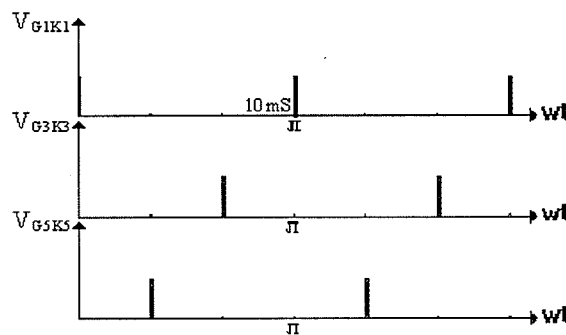


شکل (۲-۱۱)

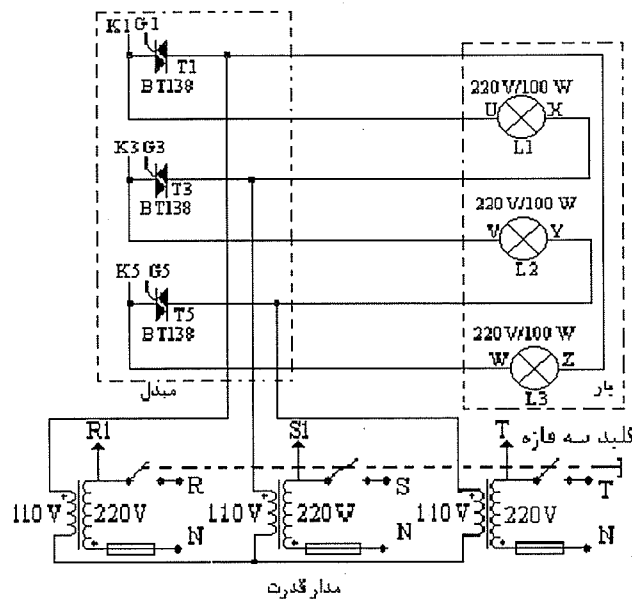
توجه کنید، در این مدار سربندی اولیه ترانسفورماتورهای مدار فرمان به صورت مثلث بسته شده است و با توجه به سطوح ولتاژها برای اولیه ترانسفورماتورهای مدار فرمان، لازم است از دو سر کناری اولیه ترانسفرمرها استفاده شود. در غیر این صورت این ترانسها تخریب خواهند شد.

• مراحل اجرای آزمایش:

الف) کلید سه فاز تغذیه مدار فرمان را وصل کنید. آنگاه پتانسیومتر 10K را تغییر داده تا ولتاژ سر وسط آن ماکزیمم شود و مقاومت متغییر 100K را بطور تقریبی در حد وسط قرار دهید. کلید انتخاب حالت (روی برد Driver را) در حالت 180 قرار دهید. بر اساس آنچه در مقدمه این بخش از آزمایش ذکر شد. شکل موجهای خروجی های این مدار فرمان باید به شکلهای زیر باشند. در این حالت درستی این شکل موجها را بررسی کنید.

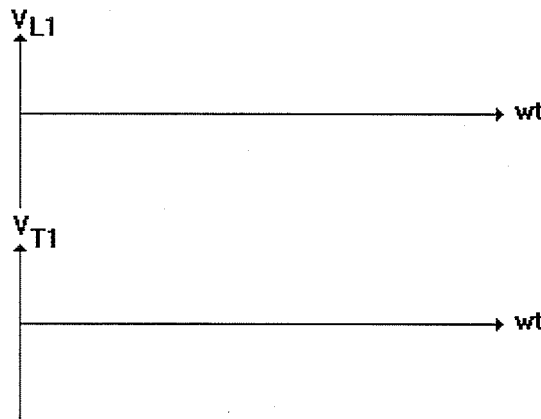


ب) پس از تأیید درستی مدار فرمان کلید سه فاز را قطع کرده، آنگاه مدار قدرت شکل (۱۱-۳) را آماده و به مدار فرمان ارتباط دهید. پس از این کار کلید سه فاز را روشن کنید.



شکل (۱۱-۳)

ج) در این وضعیت، در صورتیکه مدار بطور صحیح آماده شده باشد، با تغییر مقاومت متغیر $100K$ ، نور هر سه لامپ موجود در مدار بطور مشابه تغییر می‌نماید. این کار را انجام داده تا مطمئن شوید که مدار درست عمل می‌کند. پس از این اطمینان از درستی مدار، شکل موجهای ولتاژ لامپ $L1$ و تریاک $T1$ را بازای زاویه آتش 90° درجه توسط اسیلوسکوپ مشاهده کرده، در زیر رسم کنید.

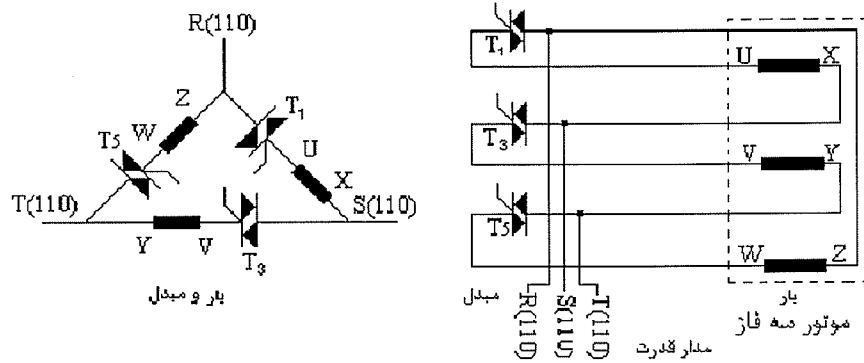


† **سؤال (۱):** در خارج از آزمایشگاه، شکل موجهای ولتاژ دو تریاک و دو لامپ دیگر را با توجه به اطلاعاتی که از سه فاز دارید، نسبت به شکل موجهای بند (ب) تعیین کرده، در گزارش کار خود منعکس کنید.

† **سؤال (۲):** اگر مقاومت هر یک از لامپها در شرایط بند (ب) برابر $IK\Omega$ باشد، توان دریافتی توسط لامپها در حالت بند (ج) چه قدر است؟

☀ راهنمایی راه اندازی موتور:

برای راه اندازی موتور سه فازه توسط مبدل AC/AC ابتدا مقاومت متغیرهای $100K$ را در جهت افزایش جریان بار (لامپها) تا انتها بچرخانید. سپس مقاومت متغیر $10K$ را در جهت کاهش جریان بار تا انتها بچرخانید. (در این حالت باید نور لامپ خاموش شده باشد) پس از این تنظیم، کلید سه فاز مدار را خاموش کنید. در این شرایط موتور سه فاز $1.1 KW$ را بر طبق شکل (۱۱-۴)، بجای لامپها به مدار وصل کنید. در این حالت موتور با سربندی مثلث تغذیه خواهد شد. توجه کنید در این شرایط هر دسته از سیم پیچ های موتور بجای یک لامپ در مدار قرار می‌گیرند. دقت کنید، سر و ته هر یک از سیم پیچ ها جابجا وصل نشوند. (یعنی نقاطی از مدار که با حروف مشخص شده اند، با حروف روی موتور کاملاً مطابقت داشته باشند).



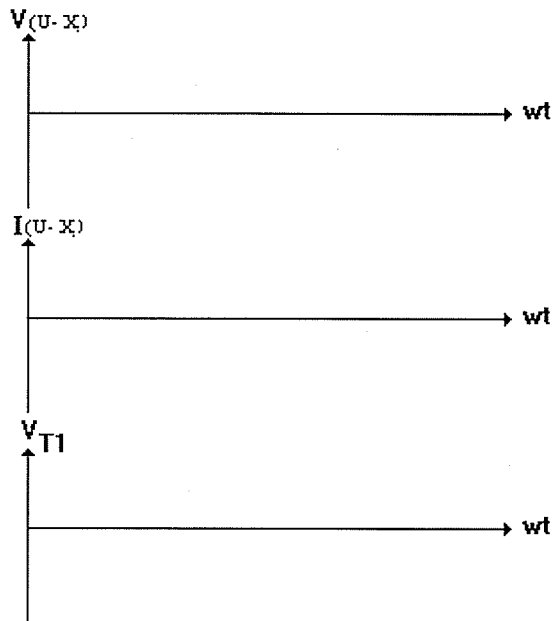
شکل (۱۱-۴)

د) پس از تغییر بار، کلید سه فاز را روشن کرده، درحالی که شکل موج ولتاژ یکی از سیم پیچ های موتور را توسط اسیلوسکوپ مشاهده می کنید، با تغییر تدریجی مقاومت متغیر 10K ولتاژ موتور را بتدریج تغییر داده تا موتور به آرامی راه اندازی شود. سپس تغییر مقاومت 10K را در جهت راه اندازی موتور ادامه داده تا شکل موجی که در حال مشاهده هستید، تمام موج شود. در این حالت هر سه فاز تمام موج هدایت خواهند کرد. پس از این تنظیم (یعنی تنظیم کمترین مقدار ممکن برای زاویه آتش تریاک ها) دیگر مقاومت 10K را هرگز تغییر ندهید، چون با افزایش آن در جهت راه اندازی، سبب DC شدن جریان موتور و در نهایت باعث تخریب موتور خواهد شد. توجه کنید از این مرحله به بعد، برای تنظیم زاویه آتش مورد نیاز دیگر، باید از مقاومت متغیر 100K استفاده شود.

تذکر مهم:

اگر لازم شود در حین آزمایش، کلید سه فاز خاموش و مجدداً روشن شود. باید قبل از خاموش کردن کلید در ابتدا ولوم 100K در جهت کاهش جریان موتور تا انتها چرخانده شده و بعد کلید خاموش شود. همچنین پس از روشن کردن مجدد کلید، لازم است بوسیله ولوم 100K موتور مجدد راه اندازی شده و زاویه آتش تریاک ها مجدداً تنظیم شوند.

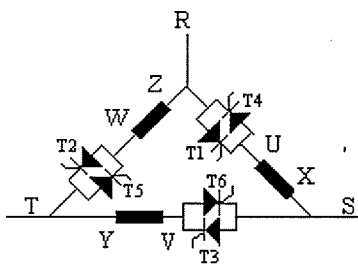
ه) شکل موجهای جریان و ولتاژ سیم پیچ (U-X) از موتور، ولتاژ تریاک T1 را بازای زاویه آتش ۱۲۰ درجه، توسط اسیلوسکوپ مشاهده، سپس در صفحه بعد رسم کنید.



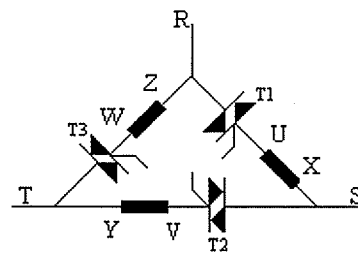
† **سؤال (۱):** در خارج از آزمایشگاه، شکل موجهای ولتاژ و جریان مربوط به دو سیم پیچ دیگر از موتور و همچنین دو تریاک دیگر را نسبت به شکل موجهای بند (د) رسم کرده و همه آنها را در گزارش کار خود منعکس کنید.

† **سؤال (۲):** اگر بخواهیم از روی شکل موجهای تعیین شده در بند (د) توان دریافتی توسط موتور را تعیین کنیم، روابط لازم برای این عملیات را در گزارش کار خود منعکس کنید.

☼ **تبصره:** کار طرح شکل (۱۱-۵ب) همانند طرح شکل (۱۱-۵الف) است با این تفاوت که بجای هر تریاک دو عدد تریستور (که بصورت موازی و معکوس یکدیگر، بهم وصل شده اند) جایگزین شده است برای راه اندازی این طرح، براحتی میتوان از مدار فرمان آزمایش شش استفاده کرد.



شکل (۱۱-۵ب)



شکل (۱۱-۵الف)

در پایان این بخش از آزمایش، کلید سه فاز را قطع کرده و فقط بخش مدار قدرت را باز کنید.

◀ آزمایش (۱۱-۲):

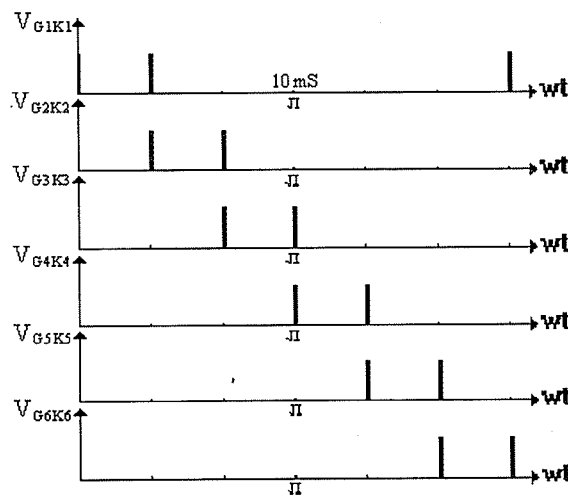
کنترل قدرت بارهای مختلف سه فازه با شش عدد SCR

● مقدمه

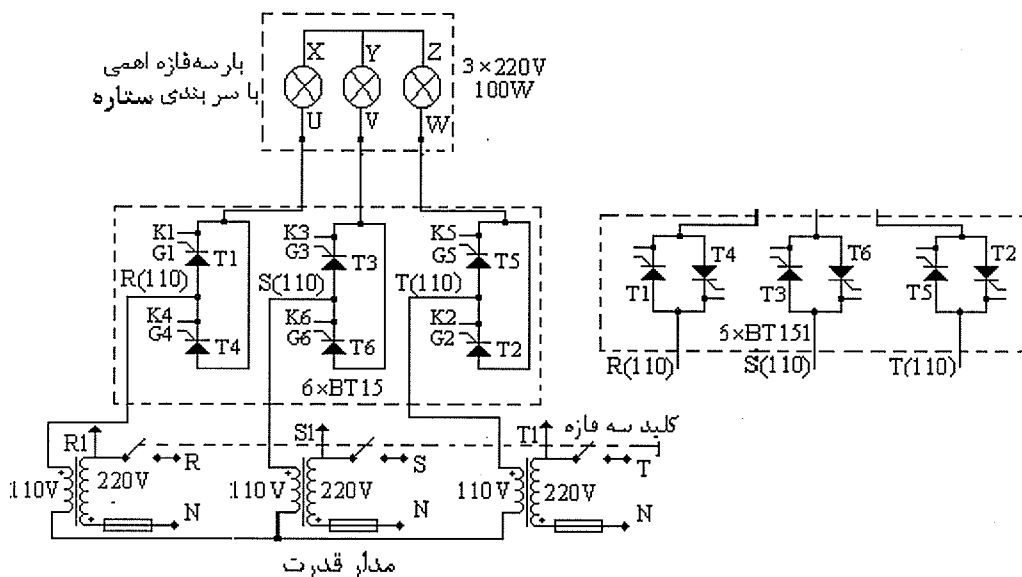
در این بخش از آزمایش، برای فرمان دادن گیت های تریستورها در مبدل AC/AC با شش تریستور، از مدار فرمان آزمایش قبل استفاده می شود با این تفاوت که در اینجا از تمام شش سیگنالهای خروجی مدار فرمان (G1-K1, G2-K2, G3-K3, G4-K4, G5-K5, G6-K6) استفاده می شود. بطوریکه این سیگنال ها به ترتیب از OR شدن دو به دو سیگنالهای g1 با g2, g2 با g3, g3 با g4, g4 با g5, g5 با g6, g6 با g1، پدید می آیند. یاد آوری می شود، هر کدام از دو سیگنالهایی که با هم OR می شوند (مثل g1 و g2) دارای 60 درجه اختلاف فاز و همچنین سیگنالهای دو خروجی متوالی از برد درایور (مثلا G1-K1 با G2-K2)، دارای اختلاف فاز 60 درجه می باشند. به این ترتیب این خروجی ها می توانند براحتی برای آتش کردن هر شش تریستور از مدار قدرت (که دو به دو در مسیر هر یک از فازهای سه فازه قرار میگیرند) در هر دو نیم موج هر فاز، استفاده شوند. کلید انتخاب حالت روی برد درایور مدار فرمان آزمایش قبل را از حالت 180 به حالت 60 برده و کلید سه فاز آنرا روشن کنید. پس از این اعمال مراحل اجرای این بخش از آزمایش را دنبال کنید.

توجه کنید چون در این بخش آزمایش برای کنترل قدرت بار ولتاژ خط کنترل می شود، در این مدار، هم جهت سنکرون کردن سیگنال فرمان با قدرت، اولیه ترانسفورماتور مدار فرمان بشکل مثلث سر بندی شده است.

الف) بر اساس آنچه در مقدمه ذکر شد، در این حالت شکل موج های خروجی های مدار فرمان این بخش از آزمایش باید نظیر شکل موجهای زیر باشد. لطفاً با مشاهده این شکل موج ها درستی کار مدار فرمان را بررسی کنید.



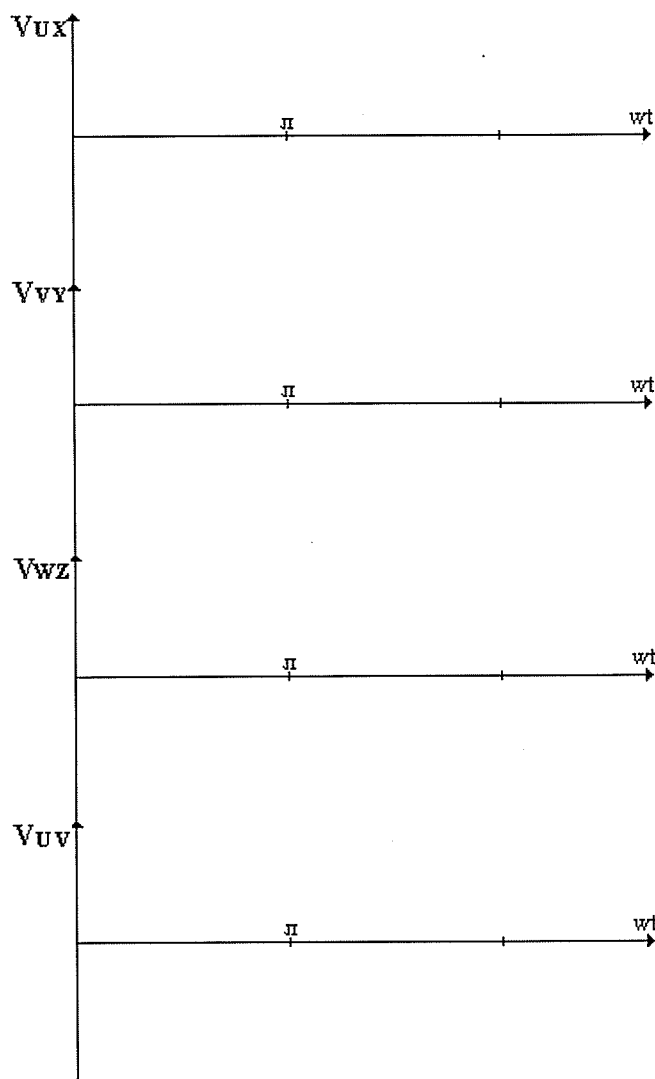
ب) پس از تأیید درستی مدار فرمان کلید سه فاز را قطع کرده، مدار قدرت شکل (۱۱-۶) را آماده و خروجی های مدار فرمان را به تریستورهای مدار قدرت وصل کنید. پس از این آماده سازی کلید سه فاز را روشن کرده و مقاومت متغیر 10K را در جهت افزایش جریان بار تا انتها بچرخانید. حال در این وضعیت در صورتی که مدار بطور صحیح آماده شده باشد، با تغییر مقاومت متغیر 100K نور هر سه لامپ موجود در مدار قدرت بطور مشابه تغییر می نمایند. لطفاً این کار را انجام داده تا مطمئن شوید که مدار درست عمل می کند.



شکل (۱۱-۶)

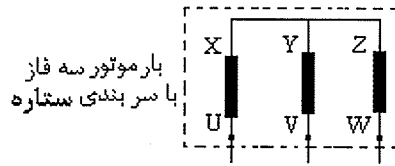
ج) با تغییر مقدار مقاومت 100k، تغییرات شکل موج ولتاژ یکی از لامپ ها را توسط اسیلوسکوپ مشاهده کرده، این شکل موج باید کاملاً متقارن باشد.

در صورت محقق بودن این حالت، ولتاژ بار را طوری تنظیم کنید که پیک مثبت یا منفی ولتاژ خط (بین دو فاز) آن 150V شود. در این شرایط، شکل موجهای ولتاژ هر سه لامپ و ولتاژ یکی از خطوط را در صفحه بعد رسم کنید.



☀ راهنمایی راه اندازی موتور:

برای راه اندازی موتور سه فازه توسط مبدل AC/AC ابتدا ولوم 100k را در جهت افزایش جریان بار تا انتها بچرخانید، آنگاه پتانسیومتر 10K را در جهت کاهش جریان بار (لامپها) تا انتها چرخانده، تا جریان بارها صفر شوند. پس از این کار، کلید سه فاز مدار را خاموش کنید. در این شرایط موتور سه فاز 1.1 KW را بر طبق شکل (۷-۱۱)، بجای لامپها به مدار وصل کنید. در این حالت موتور با سربندی ستاره تغذیه خواهد شد. توجه کنید در این شرایط، هر دسته از سیم پیچ های موتور بجای یک لامپ در مدار قرار می گیرند. دقت کنید، سر و ته هر یک از سیم پیچ ها جابجا وصل نشوند.



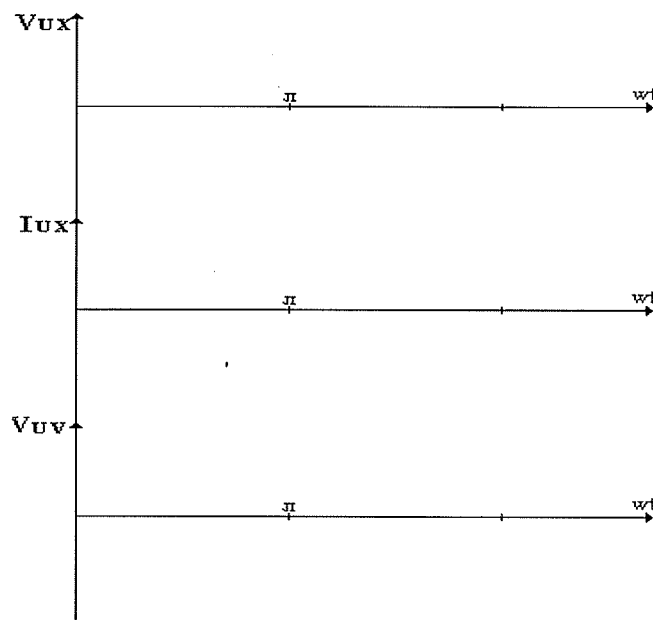
شکل (۷-۱۱)

د) پس از تغییر بار، کلید اصلی سه فاز را روشن کرده، درحالی که شکل موج ولتاژ یکی از سیم پیچ های موتور را توسط اسیلوسکوپ مشاهده می کنید، با تغییر تدریجی مقاومت متغیر 10K ولتاژ موتور را بتدریج افزایش داده تا موتور به آرامی راه اندازی شود. این تغییر را به آرامی ادامه داده تا ولتاژ در حال مشاهده سینوسی کامل شود. پس از این تنظیم دیگر به مقاومت 10K دست نزنید و برای کاهش و افزایش مجدد ولتاژ موتور از ولوم 100K موجود در مدار استفاده کنید.

تذکر مهم:

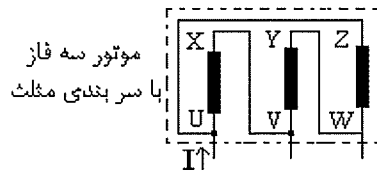
اگر در حین آزمایش لازم شود، کلید سه فاز خاموش و مجدداً روشن شود، باید در ابتدا توسط ولوم 100K جریان موتور صفر شده، سپس عمل خاموش و روشن کردن کلید انجام شود. توجه کنید پس از روشن کردن مجدد کلید سه فاز، لازم است بوسیله ولوم 100K، موتور راه اندازی شده و زاویه آتش تریستورها مجدداً تنظیم شوند.

ه) در شرایطی که موتور راه اندازی شده است پیک(مثبت و یا منفی) ولتاژ خطها را ۱۵۰ ولت تنظیم کرده سپس شکل موجهای ولتاژ و جریان یکی از فازها و ولتاژ یکی از خطها را در زیر رسم کنید.

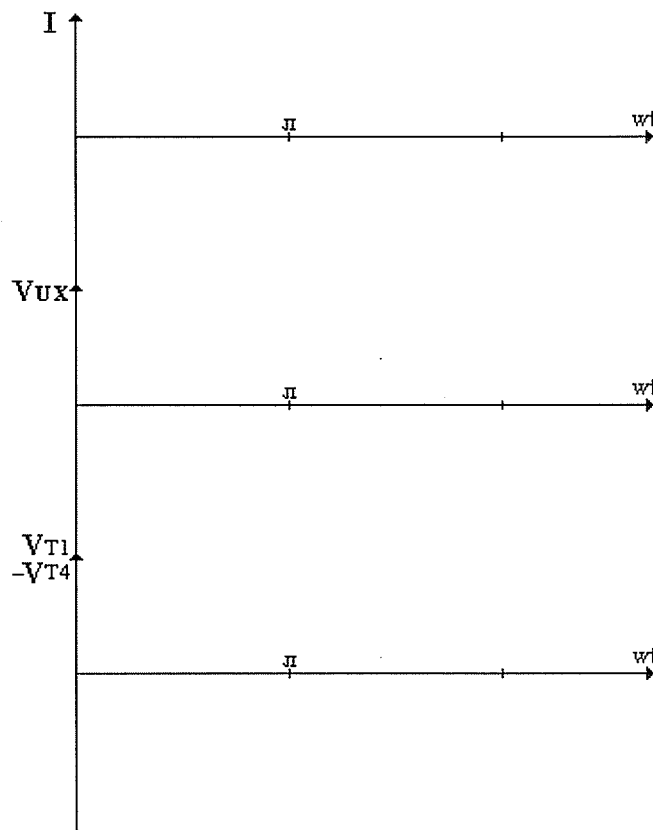


آزمایش افتخاری

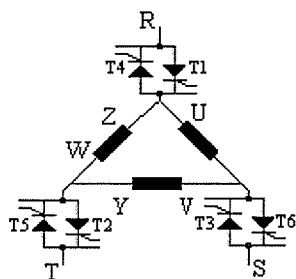
و) بر طبق راهنمایی راه اندازی موتور و بند های (د و ه)، سربندی موتور را بر طبق شکل (۸-۱۱) از ستاره به مثلت تبدیل کرده، سپس شکل موجهای جریان یکی از فازها، ولتاژ یکی از سیم پیچها و ولتاژ یک جفت تریستور (T1 و T2) را بازای ولتاژ پیک (مثبت یا منفی) 150V برای بار، در زیر رسم کنید.



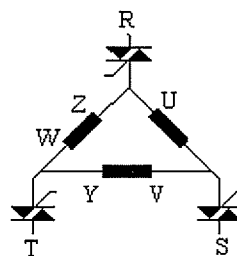
شکل (۸-۱۱)



☞ **تبصره:** کار طرح شکل (۸-۱۱ الف) همانند کار طرح شکل (۸-۱۱ ب) است، با این تفاوت که در شکل الف، بجای هر دو عدد تریستور شکل ب (که بصورت موازی و معکوس یکدیگر، بهم وصل شده اند) یک تریاک جایگزین شده است. برای راه اندازی این طرح براحتی میتوان از مدار فرمان همین آزمایش، با یک تغییر کوچک استفاده کرد.



شکل (۱۱-۹ب)



شکل (۱۱-۹الف)

† سؤال (۱):

با توجه به نتایج بدست آمده در بندهای مختلف این آزمایش، کار مدار قدرت شکل (۱۱-۹) را تحلیل کنید.

† سؤال (۲):

طرح های شکل های (۱۱-۵) و (۱۱-۹) دو نمونه از مدار (قدرت)، برای کنترل قدرت بار AC سه فاز با سربندی مثلث است. مزایا و معایب هر یک از این دو طرح را نسبت به هم بیان کنید.

† سؤال (۳):

چند کاربرد از کاربرد های صنعتی مبدل های AC/AC (با تریاک یا تریستور) تک فاز و سه فاز که از آزمایش هشتم تا این آزمایش بررسی کرده اید را نام ببرید؟