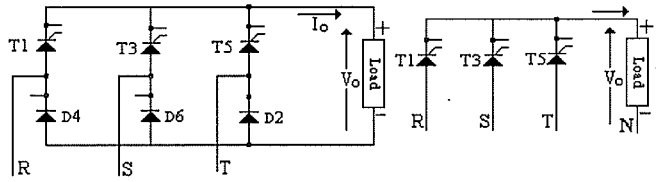
آزمایش ششم

یکسوکننده قابل کنترل سه فاز ساده و پل نیم کنترل



• اهداف:

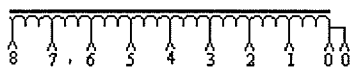
۱) بررسی مدار فرمان یکسوکننده سه فازه.

۲) بررسی مدار قدرت یکسوکننده سه فاز ساده (نیم موج)، با بارهی اهمی و اهمی- سلفی.

۳) بررسی مدار قدرت پل سه فاز نیم کنترل با بارهای اهمی و سلفی.

◄ وسایل و قطعات مورد نیاز برای آزمایش

عنوان	مشخصات	تعداد
اسیلوسکوپ	-	۱
مولتی متر	-	۱
ترانسفورماتور قدرت	220/110V,3A	۳
ترانسفورماتور فرمان	220/(2 * 9V) ,200mA	۳
برد مدار فرمان مبدل AC/DC	3 Phase PWM	۱
برد جداکننده فرمان از قدرت	TP&Driver	۱
ولوم	100K,	۱
پتانسیومتر	50K	۱
تریستور	BT151	۳
دیود	PBY275	۳
لامپ	220V/100W	۲
سلف متغیر	-	۱
مقاومت	1Ohm/5W	۲



مقادیر سلف متغیر در تمام فاصله ها

r=2.7Ω و L=80mh

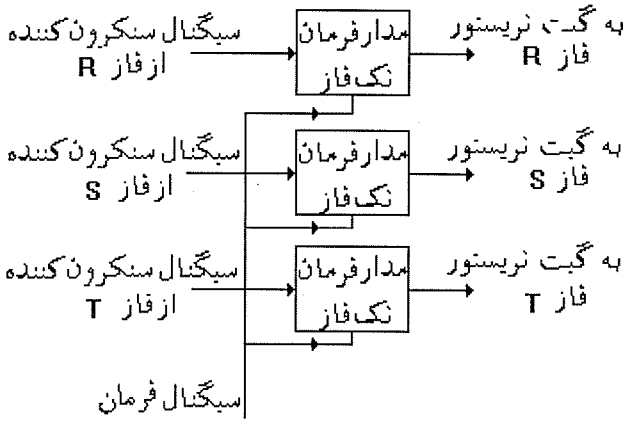
◄آزمایش (۶-۱)

مدار فرمان یکسوکننده سه فازه ساده (نیم موج)

• تئوری:

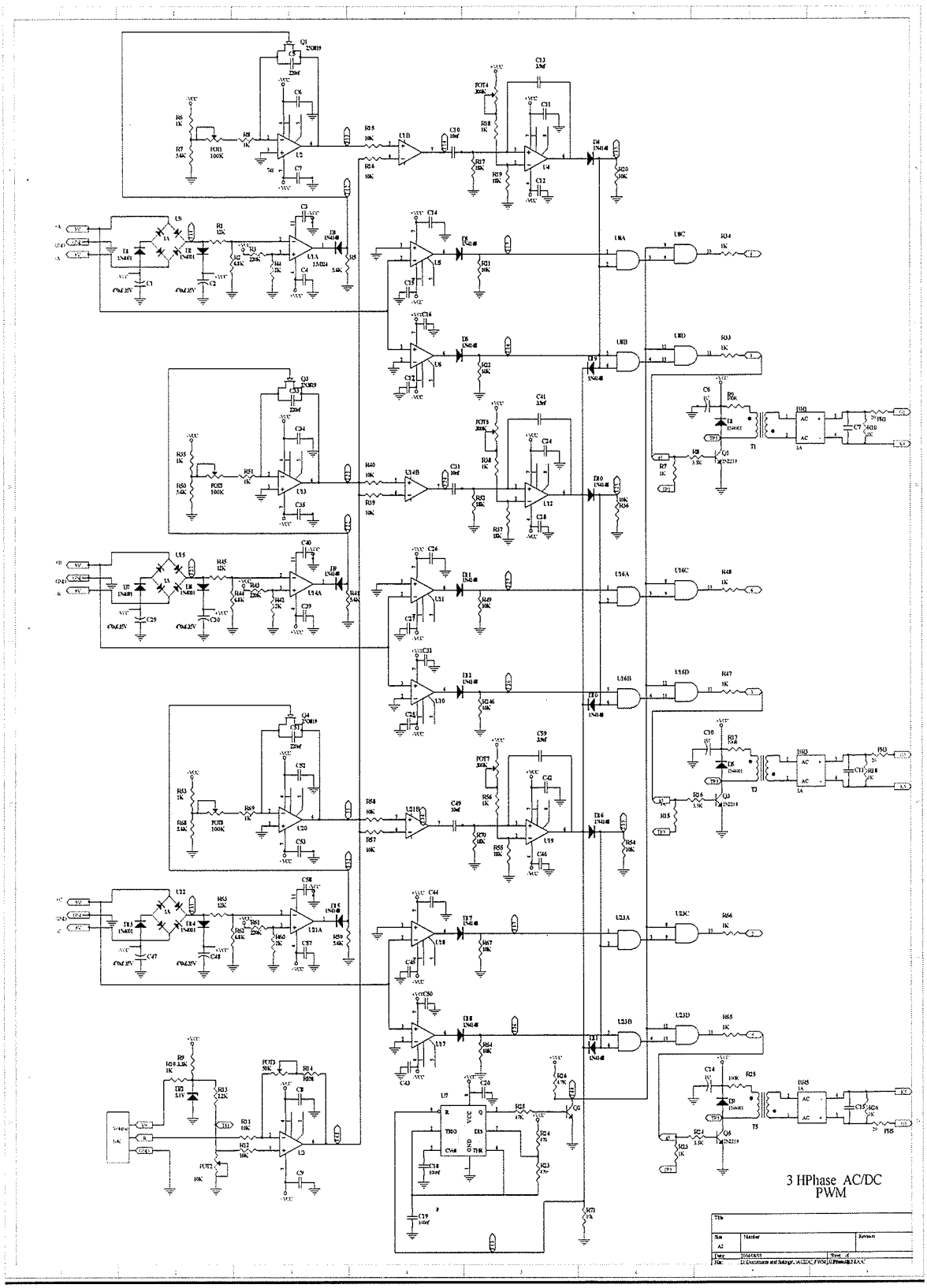
به طور کلی مدار فرمانهای یکسوکننده‌های n فازه، از n مدار فرمان تکفاز تشکیل می شوند بطوریکه سیگنال سنکرون کننده هر یک از مدار فرمانها، بطور جداگانه از هر یک از n فازها و سیگنال فرمان (تغییر دهنده زاویه آتش) آنها مشترکاً از یک منبع تأمین می‌شوند. خروجی های هر یک از این مدار فرمانهای تکفاز، بطور مجزا به گیت های تریستورهای مربوطه وصل می‌شوند، باید توجه شود، نحوه ارتباط تریستورها با مدار فرمان ها باید بشکلی باشد، که هر تریستور کنترل کننده قدرت فازی است، که آن فاز جهت سنکرون کردن آن مدار فرمان مربوطه استفاده شده است.

بطور نمونه شکل بلوکی یک مدار فرمان سه فازه که از سه مدار فرمان تکفاز تشکیل شده است، در شکل (۶-۱) ارائه شده است.



شکل (۶-۱)

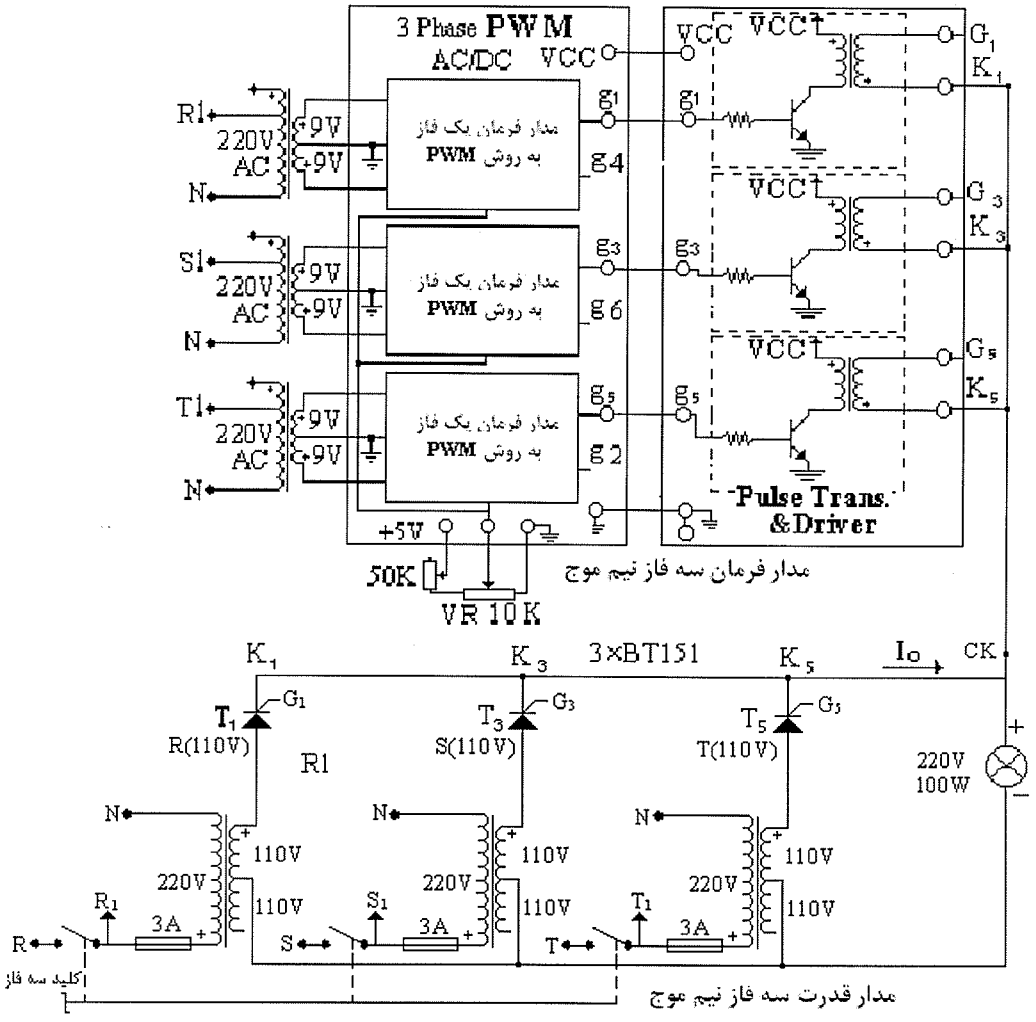
با هر مدار فرمان تکفاز ، براحتی می توان بر اساس ایده فوق، مدار فرمان n فازه طراحی کرد. شمای مدار فرمان استفاده شده در این بخش از آزمایش در شکل (۶-۲) ارائه شده است. این مدار فرمان که یک مدار فرمان سه فازه می باشد که از سه مدار فرمان تکفاز ارائه شده در آزمایش دوم (PWM)، تشکیل شده است.



شکل (۶-۲)

• عملی:

مدار شکل (۶-۳)، شامل مدارهای قدرت و فرمان یکسو کننده سه فازه است. این مدارها **را بدون اینکه سرهای G1 , G3 , G5 از مدار فرمان را به گیت‌های تریستورهای T5 , T3 , T1 از مدار قدرت وصل کنید** آماده کنید. پس از این آماده سازی، مراحل خواسته شده را اجرا کنید.



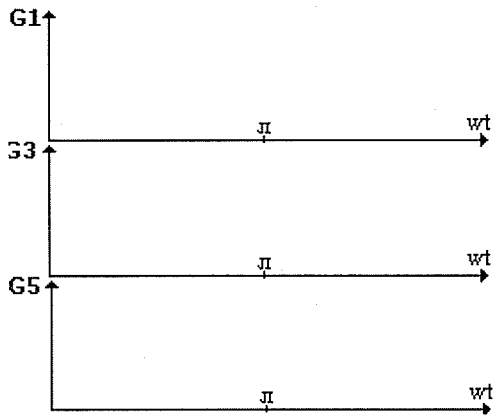
شکل (۶-۳)

• مراحل اجرای آزمایش:

الف) مقاومت متغیر 50K سری شده با مقاومت VR را اتصال کوتاه کرده، سپس کلید سه فاز را وصل کنید. در این شرایط زمین اسیلوسکوپ را به نقطه کاتد مشترک (CK) وصل کرده، سپس با دو کانال اسیلوسکوپ به ترتیب شکل موجهای ولتاژG1 (از خروجی مدار فرمان) را بهمراه ولتاژ آند تریستور T1 ، G3 (از خروجی مدار فرمان) را بهمراه ولتاژ آند تریستور T3 و G5 (از خروجی مدار فرمان) را بهمراه ولتاژ آند تریستور T5 را بطور جدا گانه مشاهده کنید.

در صورتی که مدار درست آماده شده باشد، باید با تغییر مقاومت VR سیگنالهای G1 , G3 , G5 (از خروجی مدار فرمان) به ترتیب در نیم موج های مثبت ولتاژهای آند تریستورT1 ، آند تریستورT3 ، و آند تریستورT5 ، از صفر تا ۱۸۰ درجه شیفت فازی پیدا کنند. در صورت عدم وجود این هماهنگی، با جابجا کردن صحیح فاز های ثانویه ترانسفورماتور های مدار قدرت، این هماهنگی را ایجاد کنید.

ب) بدون توجه به موقعیت مقاومت متغیر VR شکل موجهای ولتاژهای G1 , G3 , G5 (از خروجی مدار فرمان) را نسبت به هم مشاهده، در زیر رسم کنید.



† سئوال:

اختلاف فاز سه شکل موج G1 , G2 , G3 نسبت به یکدیگر چقدر است؟ وچرا؟

☼ تذکر:

در پایان این بخش از آزمایش ابتدا کلید سه فاز را قطع کنید، سپس برای بررسی بخش قدرت بر طبق مطالب آمده در بخش بعدی، مدار را کامل کنید..

◄آزمایش (۶-۲)

مدار قدرت یکسوکننده سه فاز ساده (نیم موج)

الف) خروجی‌های G1 , G3 , G5 از مدار فرمان را به ترتیب به گیت‌های تریستورهای T1 , T3 , T5 وصل کرده، سپس کلید سه فاز را وصل کنید. در این شرایط در حالی که ولتاژ دو سر بار اهمی (لامپ) را توسط اسیلوسکوپ مشاهده می‌کنید، زاویه آتش تریستورها را با تغییر مقاومت VR از ۱۸۰ درجه به تدریج کاهش داده تا نور لامپ به تدریج افزایش یابد (**در این شرایط، در صورتیکه مدار درست آماده شده باشد، باید شکل موج ولتاژ بار، در هر فاصله زمانی 20ms ، دارای سه شکل موج مشابه هم باشند، بطوریکه هر یک از این شکل موجها، متعلق به بخشی از نیم موجهای مثبت فاز های R، S، و T بوده، و با تغییر مقاومت VR، زاویه آتش هر یک آنها از ۳۰ تا ۱۸۰ قابل تغییر می باشند**) با این کاهش در یک نقطه‌ای نور لامپ ماکزیمم می‌شود (اگر زاویه آتش تریستورها کمتر از این زاویه شود، افزایش نور لامپ مختل می‌شود.) مقدار زاویه آتش تریستورها، که در آن زاویه نور لامپ ماکزیمم می‌شود را پس از اندازه گیری توسط اسیلوسکوپ یادداشت کرده و آن را **زاویه کموتاسیون طبیعی** بنامید. زاویه کموتاسین طبیعی را می توان با یکی از دو روش زیر تعیین کرد.

۱- با مشاهده همزمان ولتاژ بار و ولتاژ یکی از فاز های ورود (۱۱۰ولت) می توان این زاویه را اندازه‌گیری کرد.

۲- با اندازه‌گیری دامنه های ولتاژ پیک بار و ولتاژ لحظه ای بار در زاویه کموتاسیون طبیعی و باکمک رابطه $\alpha_c = ArcSin\, V/V_m$ این زاویه را بدست آورد.

به صورت تئوری، زاویه کموتاسیون طبیعی در n فازه‌ها، به وسیله رابطه $\alpha_C = \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{n}$ قابل محاسبه است. صحت زاویه کموتاسیون اندازه‌گیری شده به صورت عملی را توسط این رابطه بررسی کنید. (n تعداد فازها و در این آزمایش عدد ۳ است.)

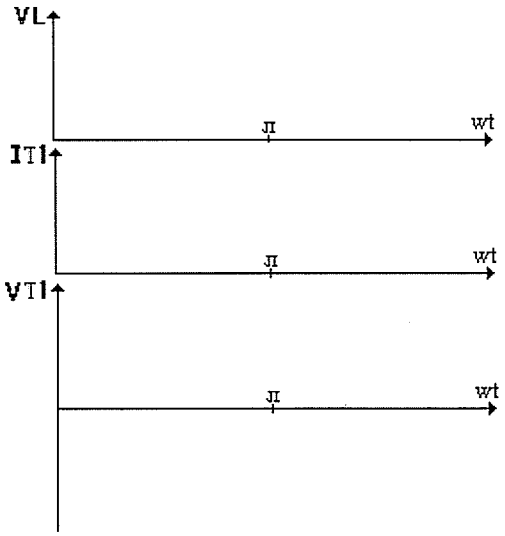
☼ یاددآوری:

هر گاه بجای سه عدد تریستور موجود در مدار قدرت، سه عدد دیود قرار داده شود، در این شرایط شکل موج ولتاژ بار مانند شکل موج ولتاژ بار در حالتی خواهد شد که زاویه آتش تریستورها در زاویه کموتاسیون طبیعی قرار گیرد.

ب) در حالی که شکل موج ولتاژ بار (لامپ 100W) را مشاهده می‌کنید، مقاومت متغیر 50K سری شده با مقاومت VR را طوری تنظیم کنید تا با تغییر تمام محدوده VR زاویه آتش تریستورها از زاویه کموتاسیون طبیعی کوچکتر نشود، پس از این تنظیم تا پایان آزمایش مقدار این مقاومت (50K) را تغییر ندهید.

† **سئوال:** چرا در این یکسوکننده زوایای آتش تریستور ها، نبایدکمتر از کموتاسیون شود؟

ج) شکل موجهای ولتاژ بار، ولتاژ و جریان تریستور T1 را به ازاء زاویه آتش ۶۰ درجه **نسبت به نقطه کموتاسیون طبیعی**، پس از مشاهده در صفحه بعد رسم کرده، ارتباط قسمت‌های مختلف شکل موجهای ولتاژ بار و تریستور را با ولتاژ فازهای R , S , T روی شکل موجها مشخص کنید.



د) مقدار ولتاژ متوسط بار را توسط ولتمتر (در رنج DC) به ازای زاویه آتش ۳۰ درجه نسبت به نقطه کموتاسیون طبیعی اندازه‌گیری کرده و مقدار به دست آمده را با کمیت نظیرش که از طریق تئوری به دست می‌آید، مقایسه کنید.

	عملی	تئوری
ولتاژ متوسط		

☼ یادآوری:

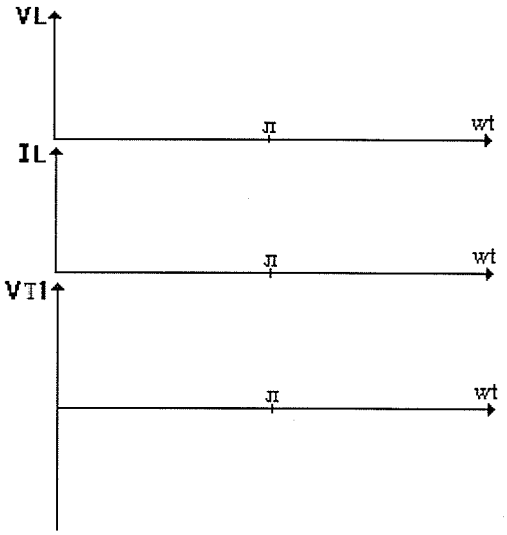
روابط زیر مربوط به محاسبه ولتاژ متوسط بار در یکسوساز سه فاز ساده قابل کنترل هستند . رابطه (۱) برای جریان بار پیوسته ، رابطه (۲) برای جریان بار اهمی ناپیوسته ، αزاویه آتش از مبدا شکل موج سینوسی و α_c زاویه آتش از نقطه کموتاسیون طبیعی می باشد.

$$V_{av} = \frac{3}{\pi} V_m \sin(\frac{\pi}{3}) \cos\alpha_C \qquad (۱)$$

$$V_{av} = \frac{3}{2\pi} V_m (Cos\alpha + 1) \qquad (۲)$$

$$\alpha = \alpha_C + \frac{\pi}{6}$$

ه) مقدار 160mH از سلف متغیر را با بار اهمی (لامپ 00W۱) سری کرده، شکل موجهای ولتاژ و جریان بار و همچنین ولتاژ تریستور T1 را به ازای زاویه آتش ۹۰ درجه نسبت به نقطه کموتاسیون طبیعی پس از مشاهده در زیر رسم کنید.



و) مقدار ولتاژ متوسط بار را به ازای زاویه آتش ۹۰ درجه نسبت به کموتاسیون طبیعی توسط ولتمتر (در رنج DC) اندازه‌گیری کنید. مقدار نظیراین ولتاژ را از راه تئوری محاسبه کرده ، نتایج حاصله را در گزارش کار خود منعکس کنید.

	عملی	تئوری
ولتاژ متوسط		

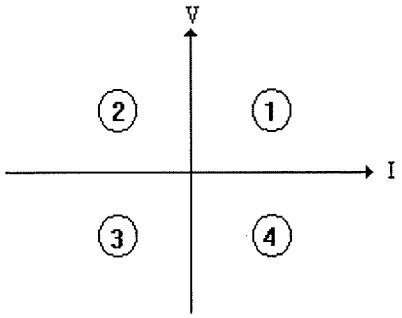
☼یاد آوری:

رابطه زیر مربوط به محاسبه ولتاژ متوسط بار با جریان ناپیوسته در یکسوساز سه فاز ساده قابل کنترل و α زاویه آتش از مبدا و β زاویه خاموشی است. هر گاه در شرایط بار سلفی –اهمی جریان بار پیوسته باشد، برای محاسبه ولتاژ بار، از رابطه (۱) بند (د) استفاده می شود.

$$V_{ave} = \frac{3}{2\pi} V_m (Cos\alpha - Cos\beta)$$

† **سئوال(۱):** در این یکسوکننده هر تریستور دریک پریود حد اکثر چند درجه می توانند هدایت کنند؟

† **سئوال(۲):** با توجه به شکل موجهای ولتاژ و جریان بار، این مبدل در کدام یک از چهار ناحیه زیر می‌تواند عمل کند؟



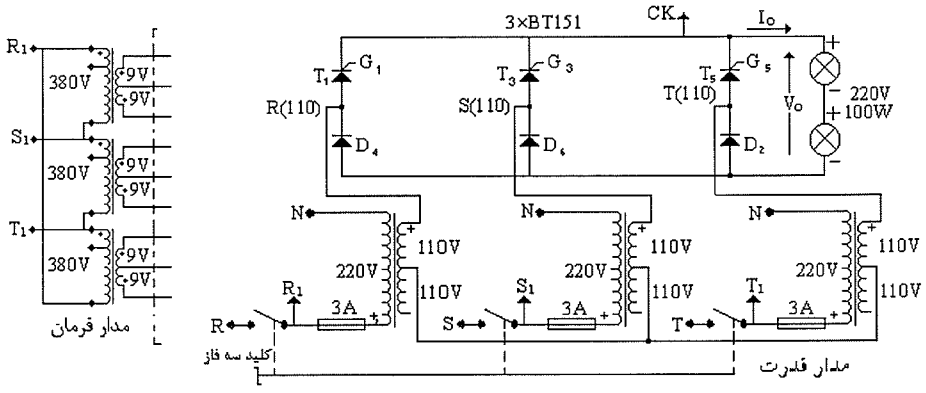
☼ **تذکر:** در پایان این بخش از آزمایش کلید سه فاز را قطع کرده، سپس برای بررسی بخش بعدی، مدار قدرت را بر طبق مطالب آمده در آن بخش آماده کنید.

◄ آزمایش (۶-۳)

مدار قدرت یکسوکننده پل سه فاز نیم کنترل

در این بخش از آزمایش بر طبق شکل (۶-۴)، مدار قدرت یکسوکننده سه فاز نیم موج آزمایش قبل را به پل یکسوکننده نیم کنترل سه فاز، و سربندی اولیه ترانسفورمر مدار فرمان را از حالت ستاره به مثلث تبدیل کرده، مقاومت 50K سری شده با مقاومتVR مدار فرمان را اتصال کوتاه کنید. پس از این تغییرات، مراحل خواسته شده را اجرا کنید.

توجه کنید، در این مدار **سربندی اولیه ترانسفورمرهای مدار فرمان، به صورت مثلث** بسته شده است و با توجه به سطوح ولتاژ ها، (برای اولیه ترانسفورماتورهای مدار فرمان) لازم است حتما از دو سر کناری اولیه ترانسفرمرها، استفاده شود. در غیر این صورت این ترانسفورمرها **تخریب** خواهند شد.



شکل (۶-۴)

●مراحل اجرای آزمایش:

الف) کلید سه فاز را وصل کرده، در حالی که ولتاژ بار اهمی (دو لامپ سری شده) را مشاهده می‌کنید، مقاومت VR را تغییر داده تا زاویه آتش در تمام محدوده ممکن خود تغییر کند. در صورتیکه مدار درست آماده شده باشد، باید زوایای آتش تریستورها از زاویای کموتاسیون طبیعی به اندازه ۱۸۰ درجه جا بجا شوند. درستی عملکرد مدار را بررسی کنید.
اگر عملکرد مدار درست نبود، جای فاز های R وT را در مدار های قدرت و فرمان (در اولیه ترانسفورماتورهای قدرت وفرمان)جابجا کنید. مجددا صحت کار مدار را بررسی کنید.

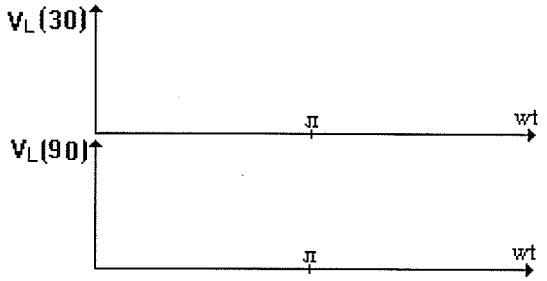
† **سئوال(۱):** در کدام یک از دو حالت فوق مدار درست عمل می کند؟ چرا؟

† **سئوال(۲):** با بررسی شکل موج ولتاژ بار این یکسوکننده، تعیین کنید مقدار زاویه کموتاسیون طبیعی و ماکزیمم دامنه ولتاژ بار این یکسوکننده چقدر است؟

† **سئوال(۳):** بررسی کنید، تریستورهای T1، T3 وT5 با کدام یکی از دیودها هم زمان هدایت می‌کنند؟

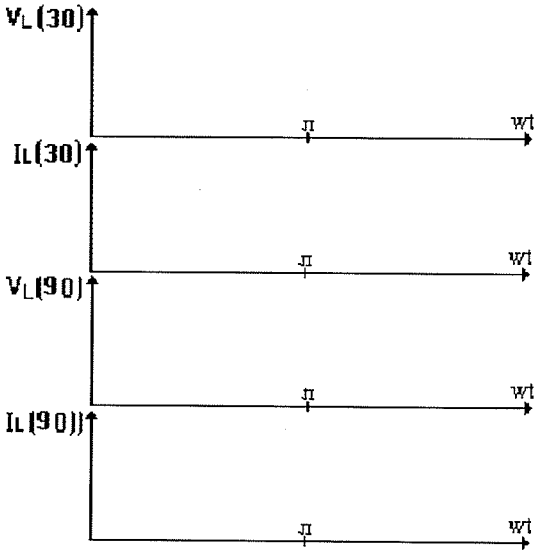
† **سئوال(۴):** چرا در این بخش از آزمایش، سربندی اولیه ترانسفورماتورهای مدار فرمان، حالت مثلث انتخاب شده است؟

ب) شکل موج ولتاژ دو سر بار (لامپها) را به ازای زاویه‌های آتش ۳۰ و ۹۰ درجه نسبت به زاویه کموتاسیون طبیعی در زیر رسم کرده و ولتاژ متوسط هر یک از حالتها را توسط مولتی‌متر اندازه‌گیری و در جدول مربوطه یادداشت کنید.



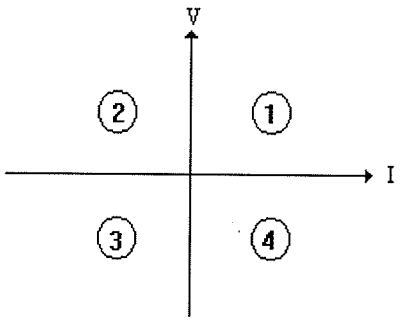
	تئوری	عملی	
۳۰ درجه از کموتاسیون طبیعی			ولتاژ متوسط
۹۰ درجه از کموتاسیون طبیعی			

ج) به اندازه 160mH از سلف متغیر را با بار اهمی (لامپها) سری کنید در این حالت شکل موجهای جریان و ولتاژ بار را به ازای زاویه آتش ۳۰ و ۹۰ درجه نسبت به کموتاسیون طبیعی مشاهده کرده، در زیر رسم کنید.



† سئوال(۱):

با توجه به شکل موج های ولتاژ بار، این مبدل در کدام یک از چهار ناحیه زیر عمل می‌کند؟



† سئوال(۲):

هر گاه بار این نوع مبدل سلفی باشد معمولاً یک دیود هرزگرد در دو سر بار قرار می‌دهند، با توجه به شکل موجهای بند (ج) علت آن چیست؟