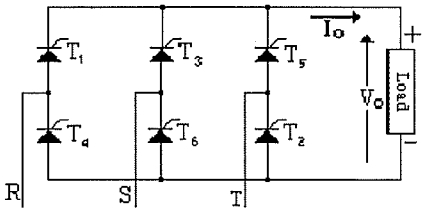
آزمایش هفتم

یکسوکننده پل سه فازه تمام کنترل



• اهداف:

۱) بررسی مدار فرمان پل یکسوکننده سه فازه

۲) بررسی عملکرد مدار قدرت پل سه فاز تمام کنترل.

۳) راه اندازی و کنترل سرعت (حلقه باز) موتور DC تحریک جداگانه.

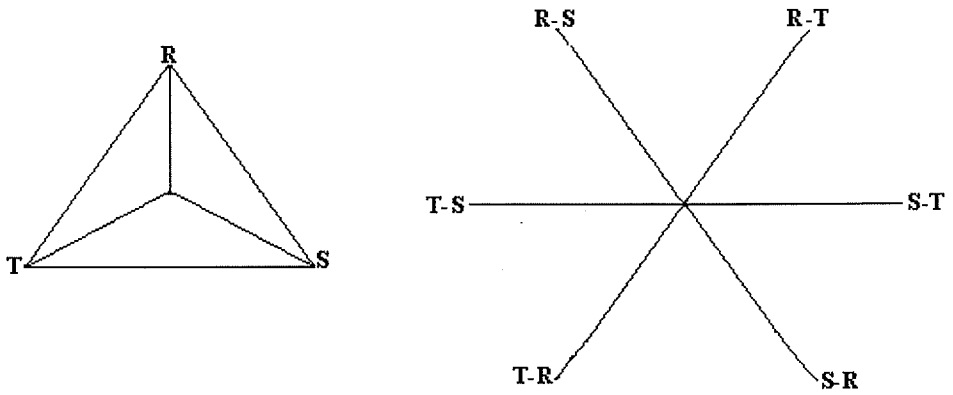
◄ وسایل و قطعات مورد نیاز برای آزمایش

عنوان	مشخصات	تعداد
اسیلوسکوپ	-	1
مولتی متر	-	۱
ترانسفورماتور	220/110 , 3A	۳
ترانسفورماتور	220/2*9V , 200mA	۳
برد مدار فرمان AC/DC	3 Phase PWM	۱
بردجدا کننده فرمان از قدرت	Driver & TP	۱
تریستور	BT151	۶
لامپ	220/100W	۲
موتور DC تحریک جداگانه	250V	۱
مقاومت	1 Ohm/10W	۲

◄ یکسوکننده پل سه فازه قابل کنترل

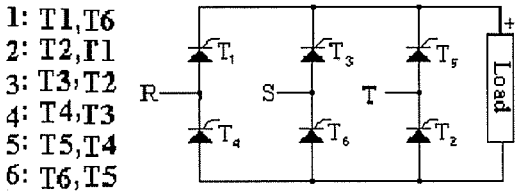
● تئوری

در خروجی یکسوکننده پل سه فاز تمام کنترل، در فاصله زمانی یک سیکل ولتاژ ورودی، شامل ولتاژهای یکسو شده خطوط R-S، R-T، S-T، S-R، T-R، T-S است، که شکل برداری این ولتاژها، در شکل (۷-۱الف) نشان داده شده است.



شکل (۷-۱الف)

یکسو کننده پل سه فازه شامل شش تریستور است که در هر لحظه دو تریستور به صورت سری می توانند هدایت کنند. بخش مدار قدرت این یکسوکننده، بهمراه ترتیب هدایت تریستورها، در فاصله زمانی یک سیکل ولتاژ ورودی (جهت جریان دهی به بار)، در شکل (۷-۱ب) آورده شده است.



شکل (۷-۱ب)

چون در این یکسو کننده ولتاژ های خط یکسو می شود، برای سنکرون کردن مدار فرمان با مدار قدرت، بر اساس ترتیب هدایت تریستورها، باید از ولتاژهای تضعیف شده خطوط ورودی (به مدار قدرت) استفاده کرد.

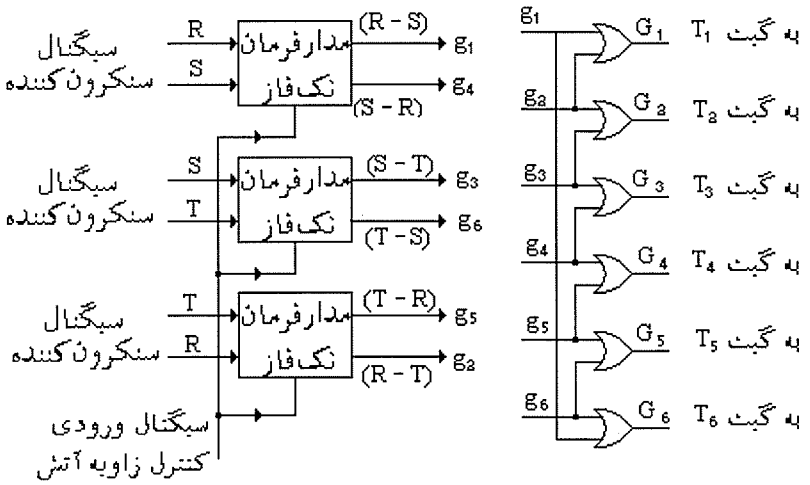
مدار فرمان این نوع یکسوکننده ها ازسه مدار فرمان تک فاز تشکیل می شود، به طوری که در هر مدار فرمان تکفاز، دو پالس با اختلاف فاز ۱۸۰ درجه، جهت فرمان دادن به گیت های دو تریستور (که با اختلاف فاز ۱۸۰ درجه هدایت می کنند) تولید می شود.

برای مثال هر گاه از فاز R-S برای سنکرون کردن یک مدار فرمان تکفاز استفاده شود، به راحتی می‌توان در خروجی این مدار فرمان تک فاز، دو پالس با اختلاف فاز ۱۸۰ درجه که یکی با ولتاژ خط R-S و دیگری با S-R سنکرون خواهد بود به دست آورد. این دو پالس، یکی جهت روشن کردن تریستور T1 و دیگری جهت روشن کردن تریستور T4 استفاده می‌شود.

جهت تولید پالس فرمان برای گیت‌های چهار تریستور باقیمانده، لازم است از دو مدار فرمان تکفاز دیگر به همان ترتیبی که گفته شد، استفاده شود.

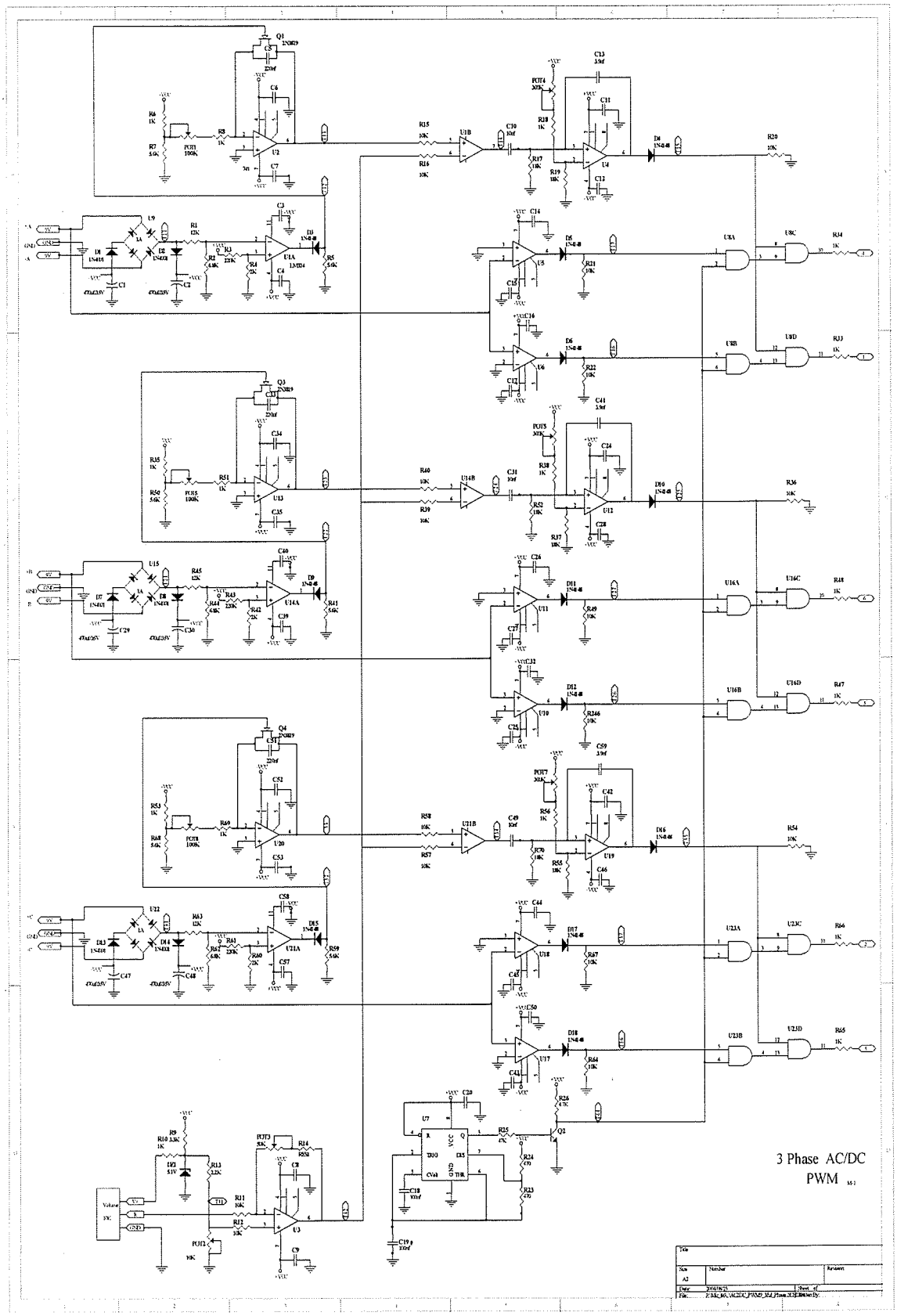
بر اساس آنچه که تا اینجا بیان شد، می‌توان به وسیله سه مدار فرمان تکفاز، شش پالس برای گیت شش تریستور که با شش ولتاژ خط (معرفی شده در فوق) سنکرون خواهند بود، بدست آورد. با ملاحظه به شکل برداری ولتاژهای خط این نتیجه حاصل می شود که هر دو پالس سنکرون با دو ولتاژ متوالی خط با هم ۶۰ در جه اختلاف فاز دارند.

در این یکسوکننده لازم است به هر دو تریستوری که با هم هدایت می کنند، همزمان جریان گیت داده شود. برای این منظور، شش پالس حاصل از سه مدار فرمان تکفاز معرفی شده در بالا دو به دو و به ترتیب ارائه شده در شکل (۷-۲) OR شده و خروجی هر OR پس از تقویت جریان، و ایزوله الکتریکی شدن، به گیت تریستور مربوطه وصل می شوند.

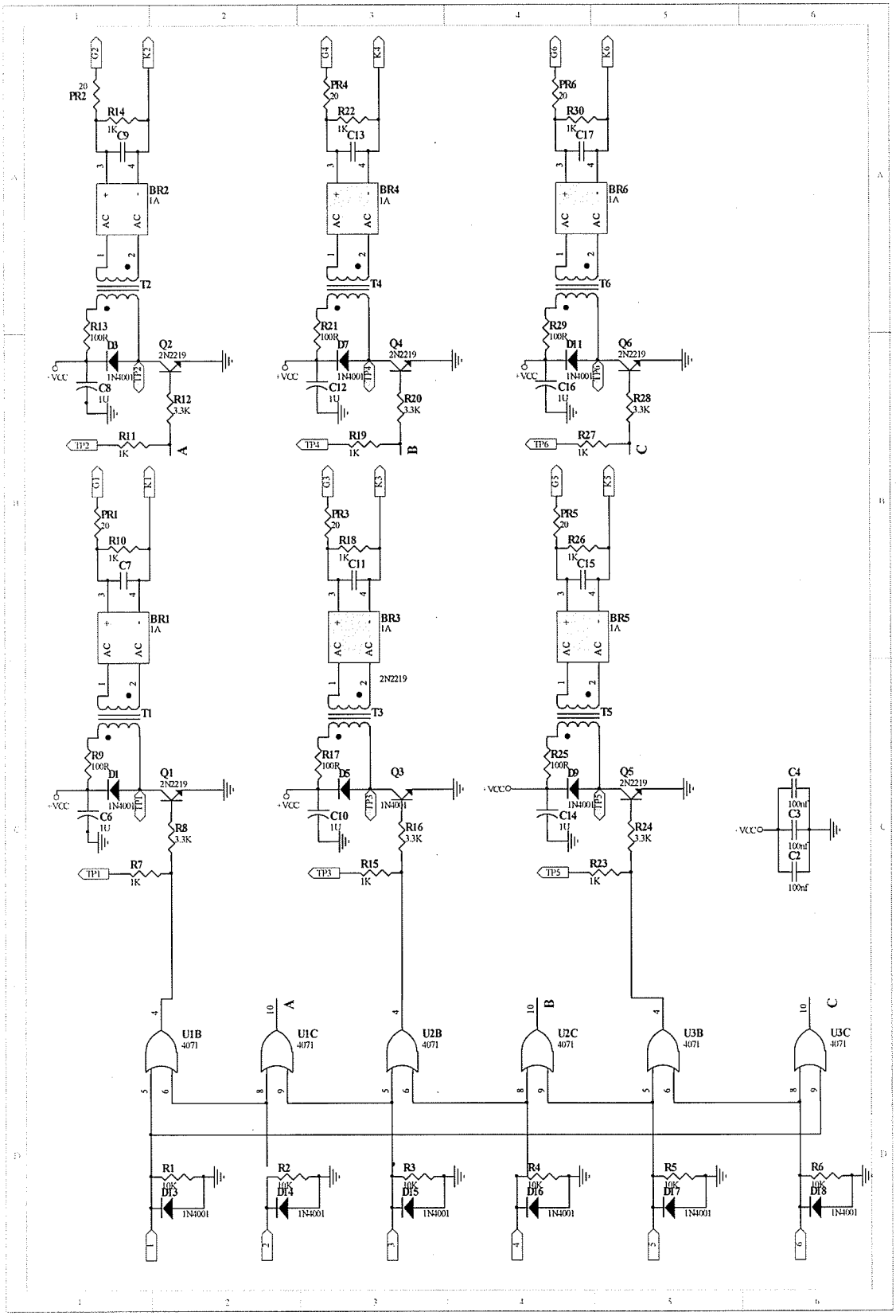


شکل (۷-۲)

شکل شماتیک مدار فرمان یکسو کننده پل سه فاز تمام کنترل، در شکل های (۷-۳و ۴) ارائه شده است. این مدار فرمان، از سه مدار فرمان تکفاز، که در آزمایش دوم ارانه شده، تشکیل شده است.



شکل (۷-۳)مدار فرمان پل سه فازه بر اساس PWM



شکل(۷-۴)مدار OR و تقویت کننده جریان و ترانسفورماتور جدا کننده

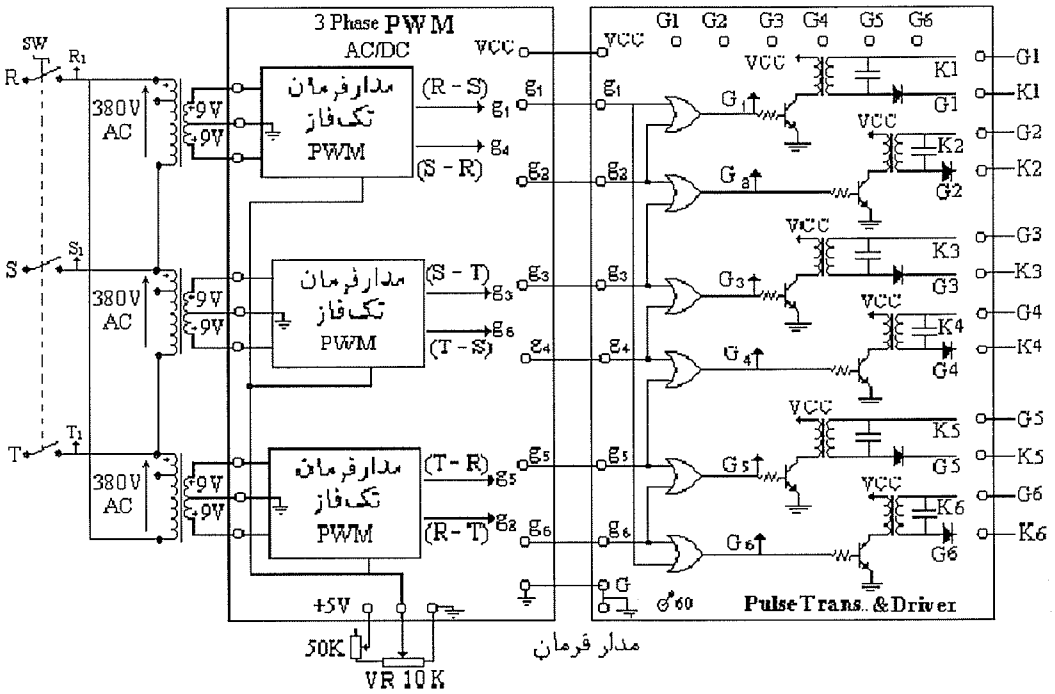
◄ آزمایش (۷-۱) :

بررسی مدار فرمان پل یکسوکننده سه فازه تمام کنترل

مدار فرمان پل یکسو کننده سه فازه تمام کنترل شکل(۷-۱۵الف) را آماده کرده، سپس مراحل اجرای آزمایش را انجام دهید.

خطر !! در هنگام کار با مدار قدرت، ایمنی را کاملاً رعایت کنید.

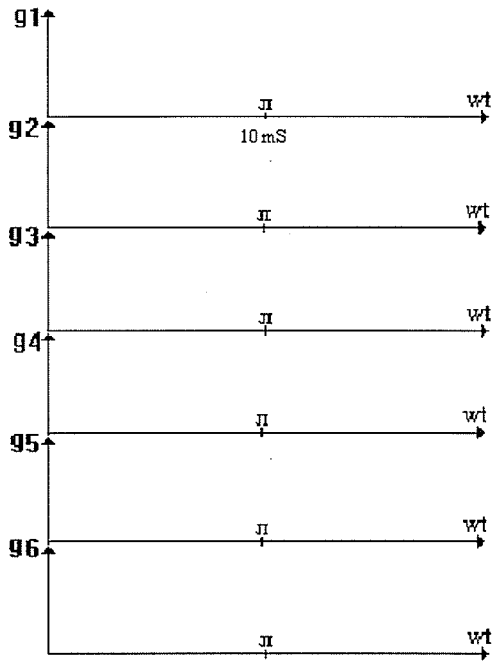
توجه کنید، در این مدار **سربندی اولیه ترانسفورماتورهای مدار فرمان به صورت مثلث** بسته شده است. برای این سربندی اولیه، با توجه به سطوح ولتاژ ها، لازم است از دو سر کناری سر های اولیه ترانسفورماتورها استفاده شود. در غیر این صورت این ترانسفورماتورها **تخریب** خواهند شد.



شکل(۷-۱۵الف)

● مراحل اجرای آزمایش:

الف) کلید سه فازه را وصل کنید. شکل موجهای g1 تا g6 از برد **PWM** را نسبت به زمین مدار فرمان (G) مشاهده کرده، در صفحه بعد رسم کنید. این شکل موج ها، در سمت راست برد **PWM**، (از شش ترمینال سبز رنگ، که در یک ستون قرار گرفته اند) به ترتیب از بالا به پایین، قابل دسترسی می باشند. توجه کنید، شکل موج هائی که در زیر یکدیگر رسم می شوند، باید نسبت به یکدیگر از نظر اختلاف فاز، بشکل صحیح رسم شوند. جهت رسیدن به این مقصود، لازم است شکل موجها توسط دو کانال اسیلوسکوپ، بطور همزمان مشاهده شوند.



† سئوال(۱):

اختلاف فاز بین هر دو شکل متوالی از شکلهای فوق، چقدر است؟

† سئوال(۲):

پریود هر یک از شکلهای موجهای فوق، چقدر است؟

† سئوال(۳):

اختلاف فاز بین شکلهای فوق، چگونه پدید آمده است؟

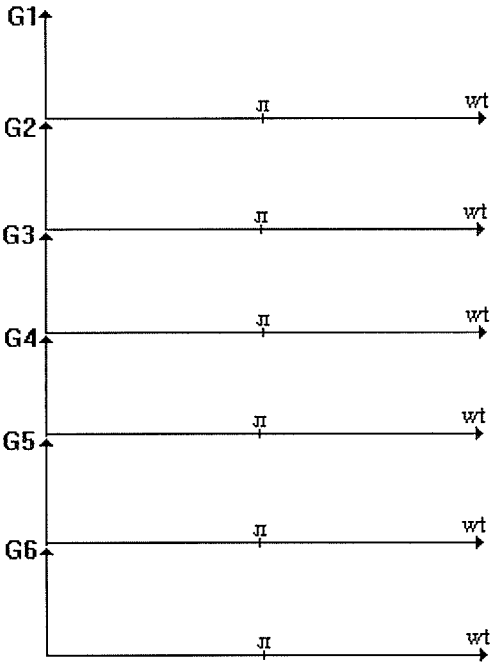
† سئوال(۴):

تعیین کنید هر یک از شکل موج های فوق، با کدام نیم موج از ولتاژ هـای مـدار قـدرت، سـنکرون میباشند؟

ب) خروجی‌های گیت‌های OR از مدار درایور (Driver & TP) را نسبت به زمین مدار فرمـان (G) مشاهده کرده، در صفحه بعد رسم کنید. **توجه کنید** این خروجی ها در بالای برد درایور، در شـش ترمینال آبی رنگ، که در یک ردیف قرار گرفته اند، به ترتیـب از چـپ بـه راسـت، قابـل دسترسـی میباشند.

شکل موج هائی که در زیر یکدیگر رسم می شوند، باید نسبت به یکدیگر از نظر اختلاف فاز، بـشکل صحیح رسـم شـوند. جهـت رسـیدن بـه ایـن مقـصود لازم اسـت شـکل موجهـا توسـط دو کانـال اسیلوسکوپ، بطور همزمان مشاهده شوند. توجه کنید در این طرح، شکل موجهای خروجـی نهـایی برد درایور، (یعنی G1 نسبت به K1 ، G2 نسبت به K2، .....و G6 نسبت K6)معادل

شکل موجهای خروجی های OR ها هستند.بطوری که از روی شکل (۷-۵الف) ملاحظه می شود، خروجی های ORها، پس از تقویت جریان شدن (توسط ترانزیستورها)و ایزوله الکتریکی شدن (توسط ترانس پالسها) در خروجی برد درایور (در سمت چپ برد)، جهت فرمان دادن به گیت های تریستورهای مدار قدرت، در دسترس می باشند.



† سئوال(۱):

تعیین کنید، هر یک از شکل موج های فوق، حاصلOR کدام شکل موج های به دست آمده در بند الف است؟

† سئوال(۲):

اختلاف فاز دو پالس متوالی در هر یک از شکل موجهای فوق، چقدر است؟

† سئوال(۳):

بر اساس چه نیازی، شکل موج های مشاهده از بند الف (دو تا دو تا) با هم OR شده اند؟

◄ آزمایش (۷-۲) :

بررسی عملکرد مدار قدرت پل سه فازه تمام کنترل

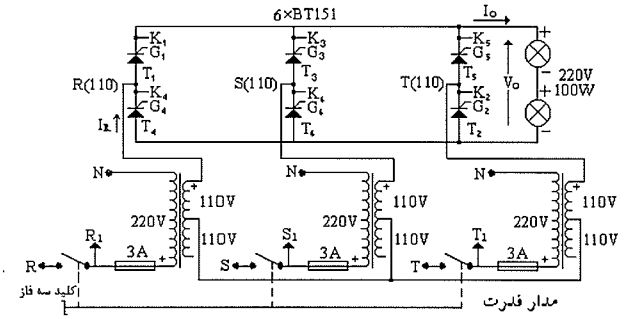
در شرایطی که کلید سه فاز قطع می باشد، مدار قدرت پل سه فازه تمام کنترل از **شکل (۷-۵ب)** را آماده کرده، سپس سرهای خروجی برد driver از K1 , G1 تا K6 , G6 از مدار فرمان را **با دقت** به گیت و کاتد تریستورهای T1 تا T6 وصل کنید.پس از این آماده سازی، مراحل اجرای آزمایش را انجام دهید.

الف) مقاومت متغیر 50K سری شده با مقاومت VR را تغییر داده تا اتصال کوتاه شود. کلید سه فاز را وصل کنید . در حالی که ولتاژ دو سر بار (لامپها) را مشاهده می‌کنید، با تغییر مقاومت VR زاویه آتش تریستورها را از ۱۸۰ درجه به تدریج کاهش داده، تا نور لامپها ماکزیمم شود. **توجه کنید،** در صورتی که مدار بطور صحیح آماده شده باشد، فرکانس ریپل شکل موج بار باید 300HZ باشد، در غیر این صورت، با بررسی مدار، آنرا اصلاح کنید.

مقدار زاویه آتشی که در آن ماکزیمم انرژی به بار منتقل (نور لامپها ماکزیمم) می‌شود، را (**با توجه به راهنمائی زیر**) اندازه‌گیری کرده و نام آن را زاویه کموتاسیون طبیعی بنامید. صحت این اندازه‌گیری را با استفاده از رابطه مربوطه که در آزمایش ششم با آن آشنا شدید، تحقیق کنید.

☼ راهنمائی:

با اندازه‌گیری دامنه های ولتاژ لحظه ای بار در زاویه کموتاسیون، و ولتاژ ماکزیمم بار و با استفاده از رابطه $\alpha_c = ArcSin\, V_c / V_m$ مقدار زاویه مورد نظر را تعیین کنید.



شکل (۷-۵ب) .

ب) در حالیکه شکل موج ولتاژ بار (لامپها) را مشاهده می‌کنید، مقاومت متغیر 50K را طوری تنظیم کنید تا با تغییر تمام محدوده VR،زاویه آتش تریستورها از کموتاسیون طبیعی کوچکتر نشود.

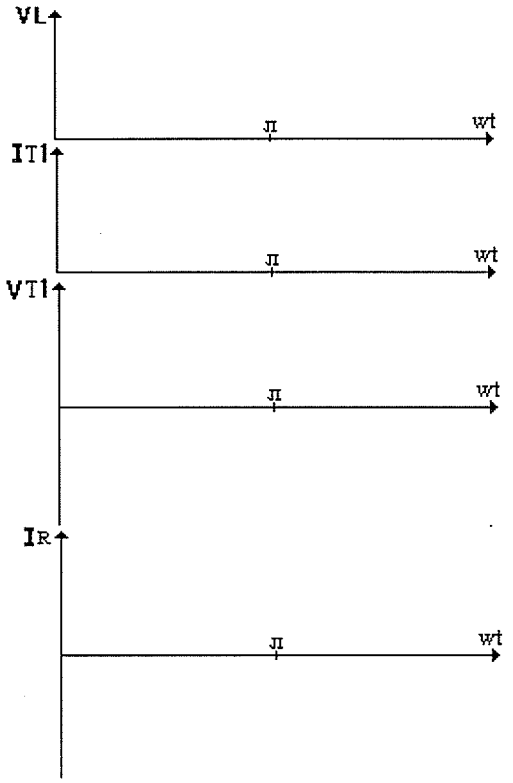
ج) با مشاهده ولتاژ بار (لامپها)، زاویه آتش تریستورها را ۳۰ درجه **نسبت به کموتاسیون طبیعی** انتخاب کرده، سپس شکل موجهای ولتاژ بار، ولتاژ و جریان یکی از SCR ها، جریان یکی از فاز ها را درصفحه بعد رسم کنید.

د) پیک ولتاژ معکوس افت کرده روی یکی از تریستورها و همچنین پیک ولتاژ بار را در شرایط بند قبل، اندازه‌گیری کرده، یادداشت کنید.

ه) ولتاژ متوسط بار را در شرایط بند (ج) توسط ولتمتر در رنج DC اندازه گیری کرده، درستی مقدار اندازه گیری شده را از راه تئوری با استفاده از رابطه زیر تحقیق کنید.

$$V_{av} = \frac{3V_m(Line)}{\pi}\int_{\alpha}^{\alpha+\frac{\pi}{3}} \sin(\omega t)d\omega t$$

تذکر: در رابطه فوق α اندازه زاویه آتش از مبداء موج سینوسی است.



◄ آزمایش (۷-۳):

راه اندازی و کنترل سرعت (حلقه باز) موتور DC تحریک جداگانه

تئوری:

سرعت موتور DC به دو روش، قابل تنظیم است.با تغییر ولتاژ آرمیچر و یا با تغییر جریان میدان.
سرعت و گشتاور در موتور DC در حالت دائمی از روابط زیر تبعیت می‌کند.

$$N = \frac{V - R_a I_a}{K_a \phi}$$

$$T = K_t \phi I_a$$

N : دور موتور Ra : مقاومت آرمیچر Ia : جریان آرمیچر T : گشتاور

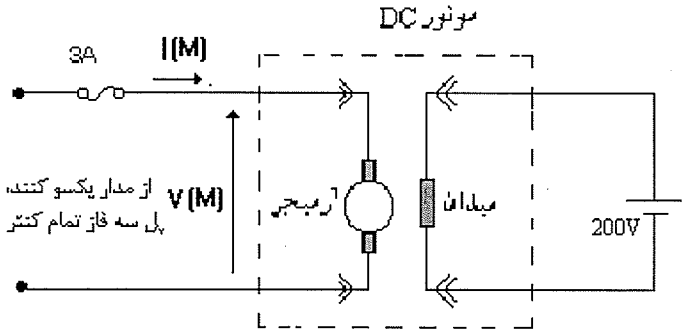
ϕ :فلوی میدان (تابع جریان میدان) V: ولتاژ تغذیه شده به آرمیچر KtوKa : مقادیر ثابت

با توجه به روابط فوق، ملاحظه می‌شود، با تغییر ولتاژ آرمیچر در شرایطی که گشتاور بار (جریان آرمیچر) ثابت باشد، سرعت موتور DC بطور خطی اما با تغییر جریان میدان (تغییر فلو) سرعت موتور به صورت غیر خطی تغییر کرده، و باعث تغییر گشتاور الکتریکی موتور خواهد شد. این روش

تغییر سرعت را روش تضعیف میدان می نامند. یعنی اینکه هرگاه فلو کاهش یابد، این کاهش سبب افزایش (غیر خطی) سرعت و کاهش (خطی) گشتاور خواهد شد.
معمولاً در صنایع، جهت تغییر سرعت، تا سرعت نامی موتور، به روش تغییر ولتاژ آرمیچر و برای افزایش سرعت بالاتر از سرعت نامی، از روش تضعیف میدان استفاده می‌شود.
یکی از کاربردهای مهم مبدل AC/DC در صنعت، استفاده آنها در درایورهای موتور DC است. معمولا این مبدلها در درایورهای DC به همراه مدارهای فیدبک (جریان، سرعت) و کنترل کننده های مناسب، مورد استفاده قرار می گیرند.
در این بخش از آزمایش راه اندازی و کنترل سرعت موتور DC به صورت حلقه باز، با تغییر ولتاژ آرمیچر (توسط مبدل AC/DC پل سه فاز تمام کنترل) مورد بررسی قرار می‌گیرد.

• اجرای آزمایش:

با مشاهده نور لامپها، مقدار مقاومت متغیر VR را طوری تنظیم کنید تا مقدار ولتاژ یکسو شده قابل تنظیم در خروجی پل سه فازه به حداقل مقدار ممکن خود برسد. کلید سه فاز را قطع کرده، آرمیچر موتور DC را بر طبق شکل(۷-۶) به جای بار اهمی (لامپها) در مدار قرار دهید. سیم پیچ میدان موتور را توسط منبع تغذیه 200VDC تغذیه کنید پس از این تغییر وضعیت در مدار قدرت، مراحل اجرای این بخش از آزمایش را انجام دهید.

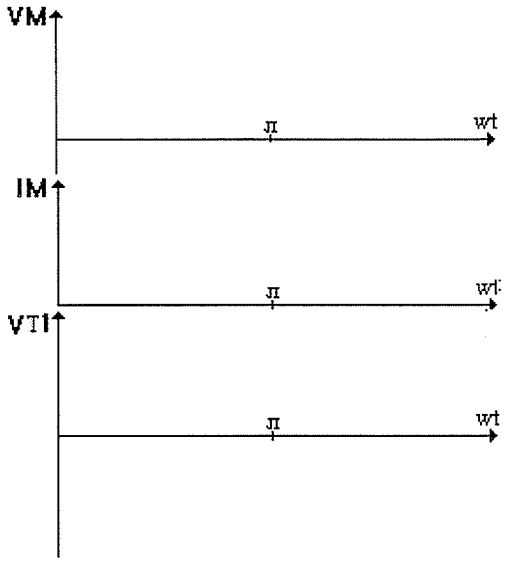


شکل (۷-۶)

الف) کلید سه فاز اصلی را وصل کنید. در حالیکه ولتاژ دو سر آرمیچر را توسط اسیلوسکوپ مشاهده می‌کنید، به تدریج مقاومت VR را در جهت کاهش زاویه آتش تغییر داده تا ولتاژ آرمیچر افزایش یابد. با این عمل مشاهده می‌شود، موتور DC (که به صورت تحریک جداگانه تغذیه شده است) راه اندازی شده و با تغییر مقاومت VR سرعت آن تغییر می‌کند.

† **سئوال(۱):** در این آزمایش حداقل زاویه آتش تریستورها به چه عاملی بستگی دارد؟
† **سئوال(۲):** چرا با تغییر مقاومت متغیر VR سرعت موتور DC تغییر می کند؟

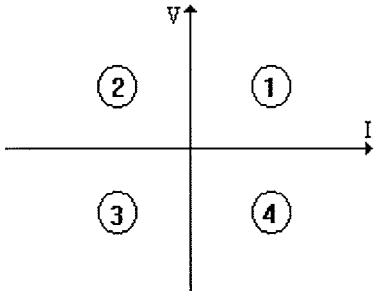
ب) شکل موجهای ولتاژ و جریان بار (آرمیچر) و همچنین ولتاژ تریستور T1 را به ازای تغییرات سرعت موتور مشاهده کرده و به ازاء زاویه آتش ۶۰ درجه **نسبت به کموتاسیون طبیعی**، این شکل موجها را در زیر رسم کنید. (زاویه آتش را می توان با تنظیم دامنه ولتاژ لحظه ای بار در زاویه آتش مورد نظر، بر اساس رابطه $V(\alpha) = Vm \sin \alpha$ تعیین کرد)



† **سئوال(۱):** دامنه نیروی ضد محرکه موتور درشرایط بند (ب) چقدر است؟

† **سئوال(۲):** با توجه به نوسان داشتن ولتاژ آرمیچر (در یک زاویه آتش ثابت برای تریستورها) و در نتیجه نوسان داشتن جریان آرمیچر موتور، چرا سرعت موتور ثابت است؟

† **سئوال(۳):** با توجه به شکل موج های ولتاژ و جریان بار، این مبدل در کدام یک از چهار ناحیه زیر عمل می‌کند؟ وهمچنین اگر دو تا از این نوع مبدل بصورت موازی و از جهت پلاریته بصورت معکوس به بار وصل شوند، دو مبدل در چند ناحیه می توانند عمل کنند.



† **سئوال (۴):** این یکسوکننده پل سه فازه(شش فازه) نسبت به یکسوکننده پل سه فازه نیم کنترل چه مزیتی داشته و در چه مواردی از این یکسوکننده استفاده می‌شود؟

† **سئوال (۵):** چند کار برد، از کار برد های صنعتی مبدلها AC/DC تریستوری تک فاز و سه فاز، که از آزمایش چهارم تا این آزمایش بررسی کرده اید را نام ببرید؟