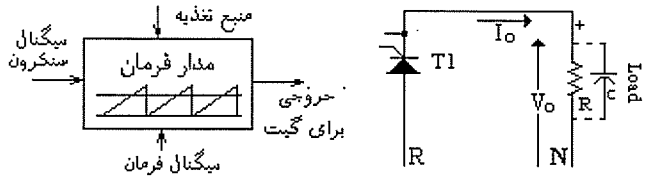
آزمایش دوم

یکسوکننده (مبدل AC/DC) قابل کنترل تکفاز نیم موج (۱)



● اهداف:

۱) بررسی مدار فرمان آتش کردن تریستور، به روشPWM .

۲) بررسی مقادیر متوسط جریان و ولتاژ بارهای اهمی و اهمی ـ خازنی.

۳) بررسی شکل موجهای جریان و ولتاژ بار، جریان و ولتاژ تریستور، در بارهای اهمی و اهمی ـ خازنی.

◄ وسایل و قطعات مورد نیاز برای آزمایش

عنوان	مشخصات	تعداد
اسیلوسکوپ	-	۱
مولتی متر	-	۱
ترانسفورماتور	220V/50V	۱
ترانسفورماتور	220V/2*9V	۱
برد مدار فرمان مبدل AC/DC	AC/DV PWM	۱
برد جدا کننده فرمان از قدرت	Driver & TP	۱
مقاومت	1 Ohm/5W	۲
خازن	$1800\mu f/100V$	۲
تریستور	BTY79	۱
ولوم	10K	۱
لامپ با سرپیچ	220V/100W	۱
پایه فیوز با فیوز	1A	۱

◄ آزمایش (۲-۱): مدار فرمان آتش کردن تریستورها، بر اساس اصول PWM

• مقدمه

مدار فرمان آتش کردن تریستورها در مبدلهای AC/DC و یا AC/AC را می‌توان به شکل هـای آنـالوگ و یا دیجیتال طراحی کرد. در این آزمایش، یک نمونه مدار فرمان تکفاز، که بصورت آنـالوگ طراحـی شـده، بررسی می شود. مدار فرمانی که در این آزمایش با آن آشنا خواهیم شـد، بـر اسـاس اصـول PWM[1] کـار میکند.

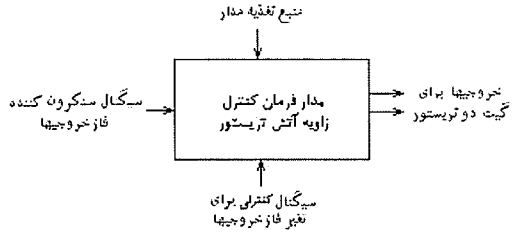
بطور کلی، مدار فرمان آتش کردن تریستورها در مبدلهای AC/DC و یا AC/AC یک پالس ژنراتور است که به ازاء هر نیم موج فاز قدرتی که باید توسط یک تریستور کنترل شود، دارای یک خروجی است. یعنی اگر مدار فرمان برای کنترل یک نیم موج از فاز قدرت طراحی شده باشد دارای یک خروجـی و اگـر بـرای کنترل N نیم موج طراحی شده باشد معمولا دارای N خروجی است. پالس‌های هر یک از این خروجی ها، نسبت به فاز قدرتی که باید توسط تریستور مربوطه کنترل شود باید دارای شرایط زیر باشند:

۱) باید با فاز قدرت مربوطه سنکرون (هماهنگ) باشد.

۲) به ازاء هر یک از نیم موج‌های فاز قدرت، حداقل یک پالس با دامنه و زمان کافی (جهت روشن کـردن تریستور) تولید شود.

۳) با تغییر سیگنال کنترلی ورودی مدار فرمان، فاز پالس خروجی نسبت به فاز قدرت مربوطه جابجا شود.

براساس شرایطی که بیان شد، ساده ترین طرح کلی برای تولید پالس‌هـای گیـت دو تریـستور (کـه بـرای کنترل دو نیم موج مثبت و منفی یک فاز قدرت استفاده می‌شوند) دارای ورودی و خروجـی هـای شـمای بلوکی شکل (۲-۱) است.



شکل (۲-۱)

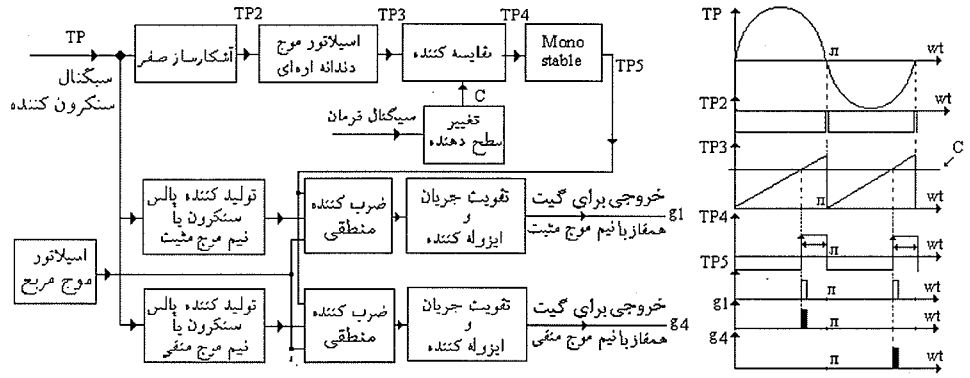
طرح‌های دیگر که دارای ضوابط بیشتری هستند، متناسب بـا آن ضـوابط، دارای ورودی خروجـی های بیشتری می باشند. در تمام این نوع مدارفرمان ها، سیگنال سـنکرون (هماهنـگ) کننـده سـیگنالی است که از سیگنال تضعیف شده موج قدرتی که باید توسط تریستور کنترل شود، بهـره گرفتـه مـی‌شـود. بطوریکه از نام این سیگنال برداشت می‌شود، این سیگنال فاز پالـسهای خروجـی مـدار فرمـان را بـا مـوج قدرت سنکرون می‌کند. سیگنال کنترلی برای تغیر فاز خروجی‌هـای ایـن نـوع مـدار فرمـان عمومـا یـک سیگنال DC است که تغییر دامنه آن باعث تغییر فاز پالسهای خروجی‌ها می‌شود. این تغیر فاز باعث تغییر زاویه آتش (شروع هدایت) تریستورها شده. به این ترتیب با تنظـیم زاویـه آتـش تریـستورها میـزان تـوان انتقالی به بار در مبدل‌ها کنترل می شود.

---

[1] Pulse With Modulation

•تئوری مدار فرمان آزمایش

اساس کار مدار فرمان این بخش از آزمایش، بصورت طرح بلوکی ارائه شده در شکل(۲-۲) است. این مدار فرمان برای کنترل دو نیم موج یک فاز سینوسی طراحی شده است. در این طرح در ابتدا زاویه گذر از صفر سیگنال سنکرون کننده در بلوک آشکار ساز صفر آشکار می‌شود. با کمک این زاویه در بلوک بعدی یک موج دندانه اره‌ای سنکرون با موج سینوسی قدرت ساخته می‌شود، بطوریکه در فاصله زمانی هر نیم پریود موج سینوسی قدرت، یک پریود موج دندانه اره‌ای تولید می‌شود. در بلوک بعدی، موج دندان‌اره‌ای تولید شده با سیگنال کنترلی (C)، که یک سیگنال DC است، مقایسه می‌شود. از حاصل مقایسه این دو سیگنال، به ازای هر نیم پریود موج قدرت یک پالس مربعی شکل سنکرون با سیگنال سنکرون کننده تولید می‌شود. پهنای این پالس مربع، متناسب با دامنه سیگنال کنترلی، تغییر می‌کند. به این ساختار که اطلاعات (دامنه) سیگنال فرمان روی پهنای پالس ظاهر می‌شود، PWM گفته می‌شود.

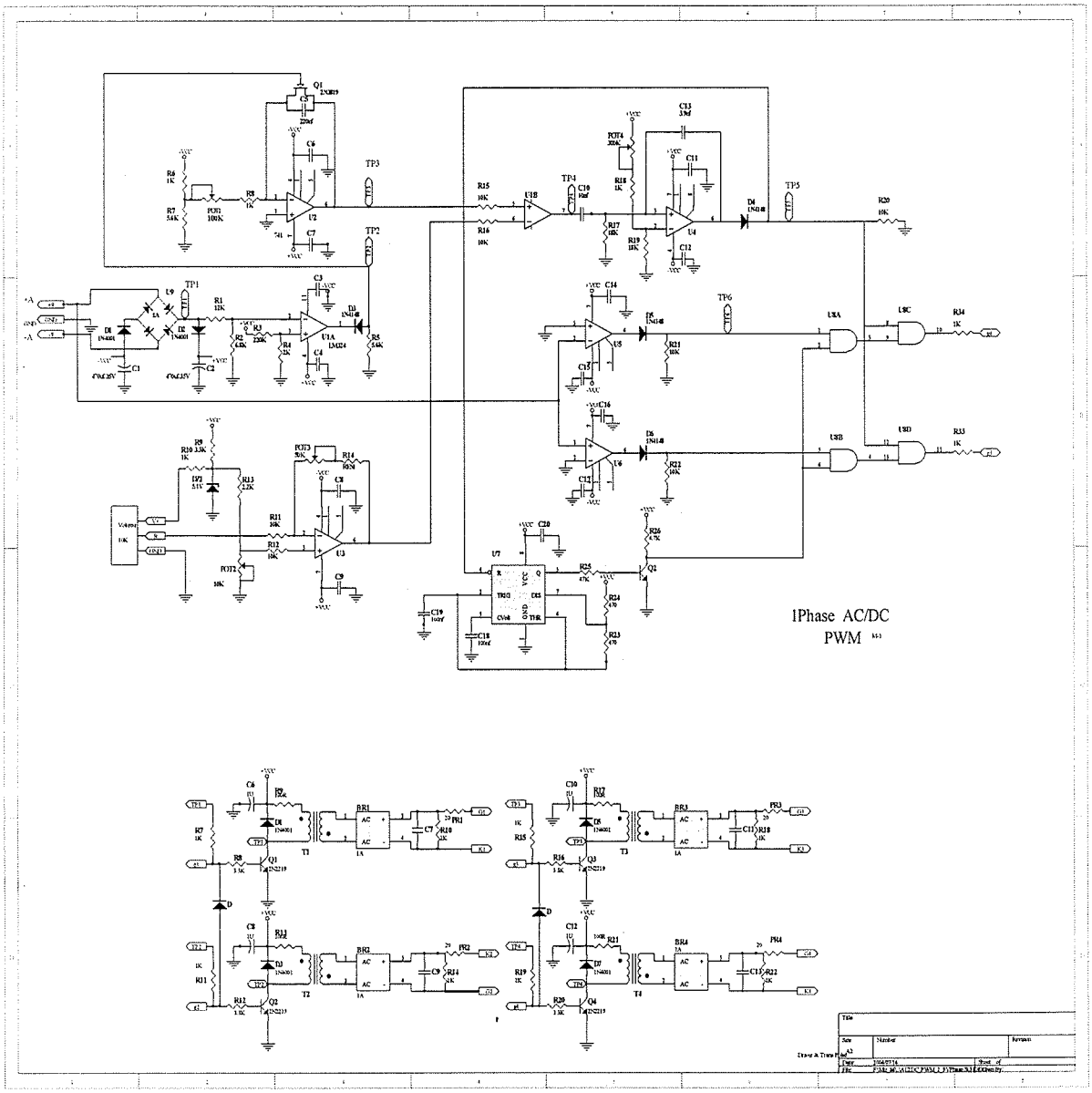


شکل (۲-۲)

در این طرح پهنای پالس PWM، فقط با تغییر زاویه لبه بالا رونده آن تغییر میکند و زاویه لبه پائین رونده آن همواره در زاویه ثابت گذر از صفر فاز قدرت قرار می‌گیرد. محل زاویه لبه بالا رونده موج PWM به شیب موج دندانه اره‌ای و دامنه سیگنال کنترلی بستگی دارد. اگر شیب تغییر دامنه موج داندان اره‌ای ثابت باشد زاویه لبه بالا رونده سیگنال PWM، متناسب با دامنه سیگنال کنترلی فرمان جابجا می‌شود. در این طرح تغییر زاویه لبه بالا رونده سیگنالPWM عامل تغییر فاز پالس‌های خروجی مدار فرمان بوده و در نتیجه این تغییر فاز باعث تغییر زاویه آتش تریستورها می‌شود.

در ادامه، لبه بالا رونده موج PWM به یک پالس مربع با دامنه و پهنای ثابت تبدیل می‌شود بطوریکه فاز آن (نسبت به فاز موج سینوسی قدرت) با تغییر زاویه لبه بالا رونده موج PWM تغییر می‌کند. برای این کار از مدار یک Monostable، استفاده شده است. در خروجی بلوک Monostable، به ازای هر نیم موج مثبت و منفی موج قدرت یک پالس با پهنا و دامنه ثابت و فاز متناسب با لبه بالا رونده موج PWM ورودی تولید می‌شود. برای جدا سازی پالس‌های مربوط به نیم موج های مثبت و منفی از یکدیگر، از دو مدار ضرب کننده منطقی استفاده شده است. برای این جدا سازی، خروجی Monostable در یکی از دو ضرب کننده ها، با پالس مربع شکل هماهنگ با نیم موج مثبت و در ضرب کننده دیگر، با

پالس مربع شکل هماهنگ با نیم موج منفی موج قدرت، ضرب منطقی می‌شوند. علاوه بر این، ورودی سومی برای این دو ضرب کنند وجود دارد که به خروجی یک اسیلاتور موج مربع 2KH وصل شده است. در خروجی این دو ضرب کننده پالسهای تفکیک شده (مربوط به نیم موجهای مثبت و منفی قدرت) بصورت قطار با فرکانس 2K خارج می شوند. پالسهای دو خروجی ضرب کننده‌ها پس از تقویت جریان و عبور از ترانسفورماتورهای جدا کننده مدار فرمان از مدار قدرت، (جهت اعمال به گیت های تریستور های مبدل) در خروجی مدار فرمان در اختیار قرار می‌گیرند. این خروجی‌ها را می‌توان برای مبدل‌های AC/DC نیم موج، تمام موج تکفاز و یا برای مبدل AC/AC یک فاز (برای تغییر زاویه آتش تریستورهای) استفاد کرد. شمای مداری این طرح، در شکلهای (۲-۳) ارائه شده است. در این دستور کار، در آزمایش های مبدلهای سه فازه، نحوه تبدیل این مدار فرمان، به مدار فرمان سه فازه توضیح داده شده است

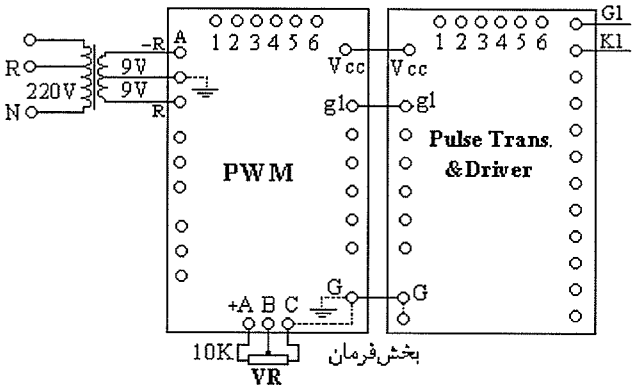


شکل (۲-۴)

•اجرای آزمایش

در این آزمایش، جهت بررسی مدار فرمان، برای آتش کردن تریستور با روش PWM، از مدار شکل(۲-۴) استفاده می شود. بردهای این مدار فرمان، در آزمایشگاه موجود است، آنها را تحویل گرفته و این مدار را آماده کنید. پس از آماده کردن این مدار، مراحل اجرای آزمایش را انجام دهید.

توجه کنید، در این آزمایشگاه، برای فرمان دادن به تریستورهای مبدلهالی نیم موج تک فاز، تا تمام موج سه فاز، از این بردها استفاده می‌شود. شکل مداری بخشهائی از این بردها، که برای یکسوکننده نیم موج و تمام موج تک فاز استفاده می‌شود، در شکل (۲-۳) ارائه شده و شکل مداری کامل این بردها در آزمایش هفتم آورده شده است.



شکل (۲-۴)

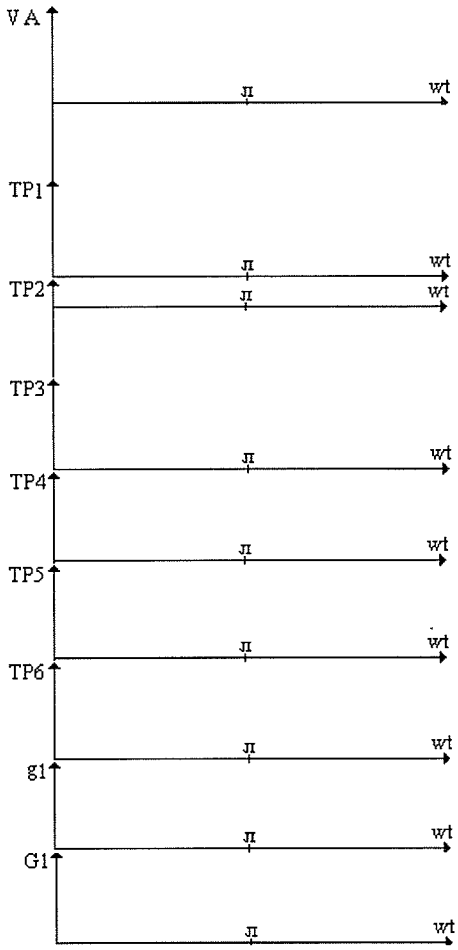
• مراحل اجرای آزمایش:

الف) پس از آماده کردن مدار،خروجی K1 از مدار فرمان را به زمین مشترک(G) بردها وصل کرده و نهایتا آنرا به زمین اسیلوسکوپ وصل کنید. کلید تغذیه ترانسفورمارتور مدار فرمان را وصل کرده، سپس توسط دو کانال اسلوسکوپ شکل موجهای نقطه A (یکی از سرهای ثانویه ترانسفورمانور مدار فرمان) و G1 (خروجی مدار فرمان) را مشاهده کنید. با این مشاهده، باید در نقطه A شکل موج سینوسی و در نقطه G1 شکل موج پالسی داشته باشیم، بطوریکه با تغییر مقدار مقاومت VR شکل موج پالسی شکل نسبت به سینوسی از صفر تا 180 درجه شیفت فازی پیدا کند. در صورت درستی این مشاهده، بند بعدی را اجرا کنید.

ب) اختلاف فاز بین نقاط G1 و A را 60 درجه تنظیم کرده، سپس شکل موجهای نقاط A، TP1، TP2، TP3، TP4، TP5، TP6، g1 (**از برد PWM**) و شکل موج G1 (گیت تریستور) را مشاهده، و در صفحه بعد رسم کنید.

توجه کنید، شکل موجهائی که در زیر هم رسم می‌شوند، باید از نظر زمانی با هم هماهنگ باشند. برای تعین موقعیت زمانی شکل موجها از دو کانال اسیلوسکوپ بطور همزمان استفاده کنید.

ج)تأثیر تغییر مقاومت VR را روی شکل موج نقطه TP4 (PWM) بررسی کنید. سپس در شرایط بند (ب)، دامنه ولتاژ DC ائی که با موج دندانه اره ای مقایسه و از حاصل این مقایسه، شکل موج نقطه TP4 پدید آمده را، با کمک شکل موجهای نقاط TP3 و TP4 تعیین کرده، این دامنه ولتاژ را روی شکل موج دندانه اره ای رسم کنید.



† سئوال (۱):

با بررسی شکل موج های بدست آمده در بند قبل و همچنین با مطالعه مطالب ارائه شده در بخش تئوری، و با کمک گرفتن از شکل بلوکی (۲-۲)، شکل مدار (۲-۳) را به صورت دقیق تحلیل کرده و نتایج را در گزارش خود منعکس کنید.

† سئوال (۲):

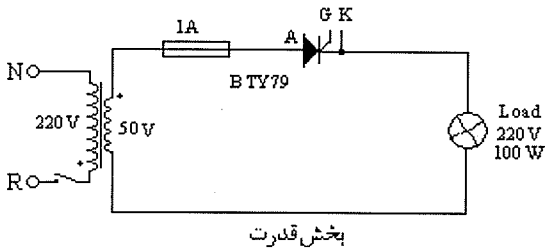
هر یک از ورودی و خروجی هائیکه در شکل بلوکی(۲-۱) مشخص شده (سیگنال سنکرون کننده، سیگنال فرمان، تغذیه و خروجی برای گیت)، را برای مدار فرمان شکل (۲-۴) مشخص کنید.

تبصره: در صنعت آی سی هایی وجود دارند که اساس عمل کرد آنها مانند این مدار فرمان است. برگه اطلاعات یک نمونه از این نوع آی‌سی‌ه ها در انتهای این بخش از آزمایش آورده شده است.

◄ آزمایش (۲-۲):

مدار قدرت یکسوکننده (مبدل AC/DC) قابل کنترل تکفاز نیم موج با بار اهمی

پس از بررسی مدار فرمان، مدار قدرت شکل(۲-۵) که یک یکسو کننده نیم موج یک فاز قابل کنترل با بار اهمی است را آماده کنید. پس از آماده کردن این مدار، خروجی مدار فرمان (G1 و K1) را به گیت و کاتد تریستور وصل کرده، مراحل اجرای آزمایش را انجام دهید.



شکل (۲-۵)

راه اندازی تریستور با بار اهمی

الف) کلید منبع تغذیه مدار قدرت را روشن کرده و با تغییر مقاومت VR (یعنی با تغییر ولتاژ فرمان)، تبعیت تغییر نور لامپ از این مقاومت را که نشاندهنده درستی عملکرد مدار است بررسی کنید.

در صورت روشن نشدن تریستور (لامپ)، مقامت VR را بطور تقریبی در ناحیه وسط قرار داده، سپس با مشاهده همزمان ولتاژهای آند و گیت (نسبت به کاند) تریستور توسط دو کانال اسیلوسکوپ، وجود شرایط لازم برای روشن شدن تریستور را (باتوجه به نتایج بدست آمده در بند د از آزمایش۱-۱) بررسی کنید. در صورت عدم وجود شرایط لازم، مدار را رفع اشکال کنید.

پس از درست کار کردن مدار، ولتاژ آند نسبت به کاتد تریستور را توسط اسیلوسکوپ مشاهده کرده، محدوده تغییرات زاویه آتش تریستور را یادداشت کنید.

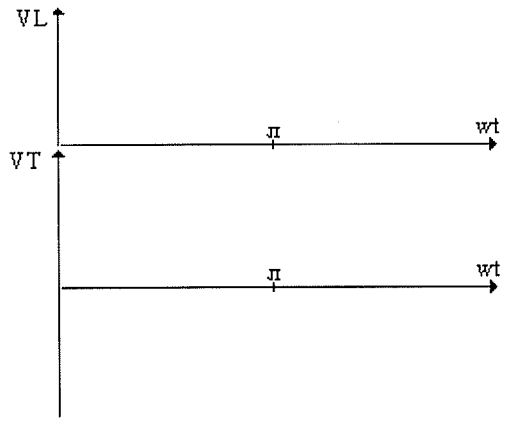
† سئوال(۱):

تریستور **تقریبا** در چه زاویه ای خاموش می شود ؟

† سئوال (۲):

اگر در این طرح مدارهای فرمان و قدرت بطور مشترک از یک فاز تغذیه نشوند، چه اشکالی در کار این طرح پیدا می‌شود؟؟

ب) زاویه آتش (α) تریستور را ۶۰ درجه تنظیم کرده، سپس شکل موجهای ولتاژ بار (لامپ) و تریستور را در صفحه بعد رسم کنید.



† سئوال(۱):

برنامه ای با MATLAB بنویسید، تا آن برنامه بتواند مشخصه دامنه مولفه های هارمونیک های ولتاژ بار این مبدل را (مثلا پنج تا)، بازاء تغییر زاویه آتش تریستور از صفر تا ۱۸۰ درجه رسم کند.

ج) یک مقاومت یک اهمی پنج وات جهت مشاهده جریان تریستور با آند آن سری کنید، همچنین یک خازن 0.47uf جهت به حد اقل رساندن عرض پالس گیت با گیت تریستور سری کنید. آنگاه توسط مقاومت متغیر VR زاویه آتش تریستور را حداقل مقدار ممکن انتخاب کرده، سپس با مشاهده شکل موج جریان تریستور توسط اسیلوسکوپ، مقادیر جریانهای Holding و Latching را از روی شکل موج اندازه گیری کنید.

Latching Current: Holding Current:

د) بوسیله ولتمتر DC تغییرات ولتاژ متوسط بار (لامپ) را بازای تغییرات زاویه آتش تریستور از صفر تا 180 درجه مشاهده کرده، سپس جدول زیر را با اندازه گیری عملی (با استفاده از ولتمتر DC) و محاسبه تئوری (با استفاده از فرمول زیر)، تکمیل کنید.

$$V_{av} = \frac{V_m}{\pi} * \frac{1+\cos\theta}{2}$$

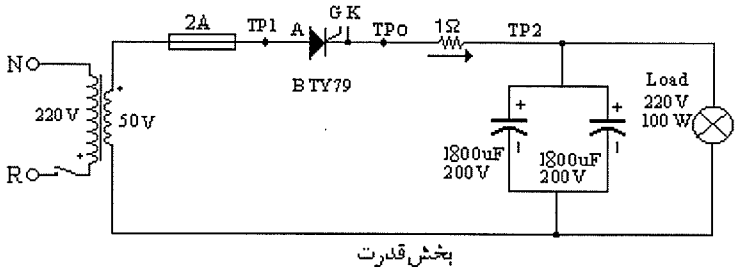
مقدار V_{av} محاسبه شده	مقدار V_{av} اندازه گیری شده	مقدار زاویه آتش θ
		60
		120

توجه کنید، برای اجرای بخش بعدی این آزمایش، مدار فعلی نیاز می باشد. بدون اینکه این مدار را باز کنید، کلید تغذیه مدار را خاموش، سپس بخش بعدی را شروع به اجرا کنید.

◄ آزمایش (۲-۳):

مدار قدرت یکسوکننده قابل کنترل تکفاز نیم موج با بار اهمی ـ خازنی

در شرایطی که کلید تغذیه قطع است، دو عددخازن 1800 μF /200V را با پلاریته صحیح مطابق شکل (۲-۶) موازی با بار اهمی (لامپ) قرارداده و بجای فیوز یک آمپر، فیوز دو آمپری در مدار قرار دهید. پس از این کار مراحل اجرای این بخش از آزمایش را انجام دهید.



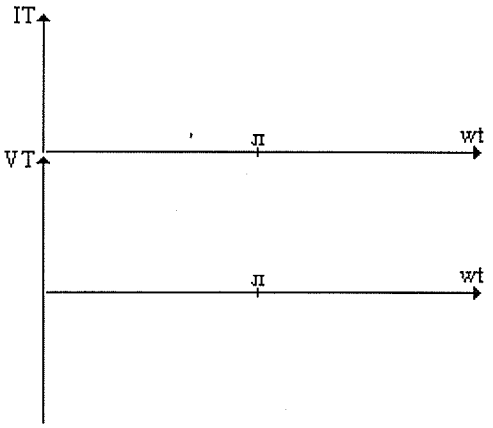
شکل (۲-۶)

● مراحل اجرای آزمایش:

الف) کلید منبع تغذیه را روشن کنید. در این شرایط ملاحظه می‌شود، با تغییر زاویه آتش در محدوده صفر تا حدود 90 درجه، جریان بار اهمی با یک ضربان منظمی تغییر می‌کند. **(یعنی در این محدوده در یک زاویه آتش ثابت نور لامپ بصورت پریودیک تغییر می‌کند)** علت آنرا توضیح دهید؟

توجه کنید، در پایان این بخش از آزمایش، قبل از خارج کردن خازن از مدار، باید کلید اصلی راخاموش کرده تا بار ذخیره شده درخازن، در لامپ کاملاً دشارژ شود.

ب) با تغییر زاویه آتش تریستور، و با مشاهده ولتاژ بار (لامپ با خازن 3600μf /100V) توسط ولتمتر DC، این ولتاژ را در محدوده ای که جریان بار ضربانی نیست، به مقدار ۵۰ ولت تنظیم کنید. پس از این تنظیم، ولتاژ و جریان تریستور را **با توجه به راهنمائی زیر** توسط دو کانال اسیلوسکوپ مشاهده، در زیر رسم کنید .



☼ راهنمایی:

جهت مشاهده شکل موجها، زمین و کانال‌های یک و دو (مد معکوس) اسیلوسکوپ را به ترتیب به نقـاط TP0 , TP1 , TP2 وصل کرده و کلید سلکتورهای تقسیم کننده ولتاژ و فرکانس را در رنج متناسـب قـرار دهید.**توجه کنید** در صورتیکه پروب های اسیلوسکوپ تضعیف کنند دارند، در موقع تعیین مقـادیر بـرای شکل موجهاا آنها را به حساب آورید.

† **سئوال(۱):** در این مدار ماکزیمم ولتاژی که در دو سر تریستور به صورت منفی افت میکند چقدر است و این مقدار به ازای چه زاویه آتشی از تریستور رخ می‌دهد؟

† **سئوال(۲):** چرا در این مدار، ماکزیمم ولتاژی که در دو سر تریستور به صورت منفی افت میکند بیشتر از ماکزیمم ولتاژ ثانویه ترانسفورمر تغذیه مدار قدرت است؟

† **سئوال(۳):** خازن های این مدار، لازم است تا چه ولتاژی را تحمل کنند؟

ج) در شرایط بند (ب)، با مشاهده شکل موجهای جریان تریستور و ولتاژ منبع سینوسی (۵۰ ولت) بطـور همزمان، زوایای آتش و خاموشی تریستور را اندازه گیری و یادداشت کنید.

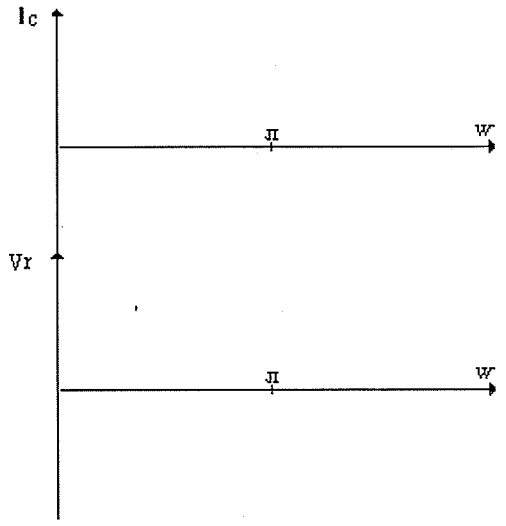
زاویه آتش: زاویه خاموشی:

† **سئوال(۱):** چرا با اضافه شدن خازن، زاویه خاموشی (β) در مقایسه با بـار اهمـی، خیلـی کـوچکتر از ۱۸۰درجه است؟

† **سئوال(۲):** با استفاده از روش تئوری تعیین کنید که در شرایط ایده آل(صرفنظر از همه افت ولتاژهـا)، با زاویه آتش به دست آمده در بند (ج)، تقریباً چه ولتاژی باید در دو سر بار ایجاد شود؟

† **سئوال(۳):** کاهش ظرفیت خازن مدار چه تاثیری روی ولتاژ بار و جریان تریستور خواهد گذاشت؟

د) در شرایط بند (ج)، شکل موج های جریان خازنها و ریپل ولتاژ بار را مشاهده، در زیر رسم کنید. سپس دامنه های مثبت و منفی جریان خازن‌ها، همچنین پیک تو پیک ولتاژ ریپل بار را بـر روی شـکلها تعیـین کنید. توجه کنید زمانی که ریپل ولتاژ بار را مشاهده می‌کنید دو سر مقاومت تعین کننده جریان خازن را



اتصال کوتاه کنید تا اثر آن حذف گردد.

پیوست:

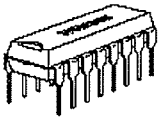
Phase Control IC

TCA 785

Bipolar IC

Features

- Reliable recognition of zero passage
- Large application scope
- May be used as zero point switch
- LSL compatible
- Three-phase operation possible (3 ICs)
- Output current 250 mA
- Large ramp current range
- Wide temperature range

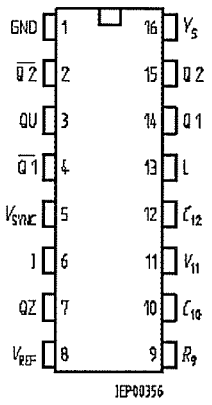


P-DIP-16-1

Type	Ordering Code	Package
TCA 785	Q67000-A2321	P-DIP-16-1

This phase control IC is intended to control thyristors, triacs, and transistors. The trigger pulses can be shifted within a phase angle between 0 ° and 180 °. Typical applications include converter circuits, AC controllers and three-phase current controllers.

This IC replaces the previous types TCA 780 and TCA 780 D.



Pin Configuration
(top view)

Pin Definitions and Functions

Pin	Symbol	Function
1	GND	Ground
2 3 4	$\overline{Q2}$ Q U $\overline{Q2}$	Output 2 inverted Output U Output 1 inverted
5	V_{SYNC}	Synchronous voltage
6 7	I Q Z	Inhibit Output Z
8	V_{REF}	Stabilized voltage
9 10	R_9 C_{10}	Ramp resistance Ramp capacitance
11	V_{11}	Control voltage
12	C_{12}	Pulse extension
13	L	Long pulse
14 15	Q 1 Q 2	Output 1 Output 2
16	V_S	Supply voltage

Functional Description

The synchronization signal is obtained via a high-ohmic resistance from the line voltage (voltage V_5). A zero voltage detector evaluates the zero passages and transfers them to the synchronization register.

This synchronization register controls a ramp generator, the capacitor C_{10} of which is charged by a constant current (determined by R_9). If the ramp voltage V_{10} exceeds the control voltage V_{11} (triggering angle φ), a signal is processed to the logic. Dependent on the magnitude of the control voltage V_{11}, the triggering angle φ can be shifted within a phase angle of 0° to 180°.

For every half wave, a positive pulse of approx. 30 µs duration appears at the outputs Q 1 and Q 2. The pulse duration can be prolonged up to 180° via a capacitor C_{12}. If pin 12 is connected to ground, pulses with a duration between φ and 180° will result.

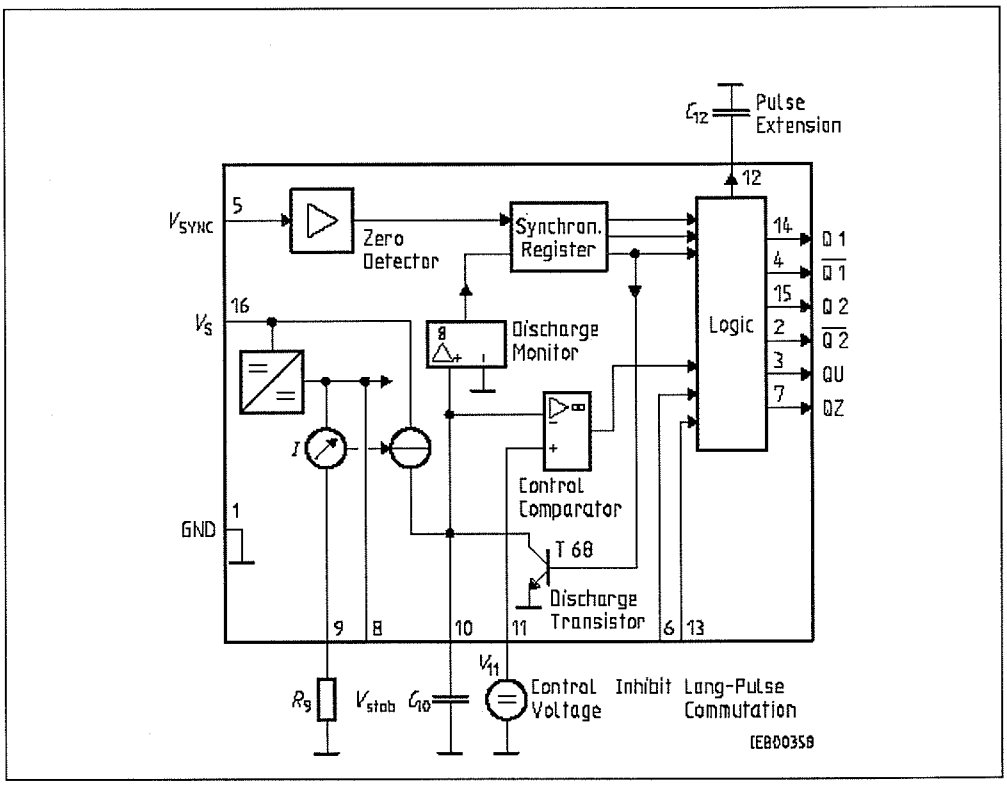
Outputs $\overline{Q1}$ and $\overline{Q2}$ supply the inverse signals of Q 1 and Q 2.

A signal of φ +180° which can be used for controlling an external logic,is available at pin 3.

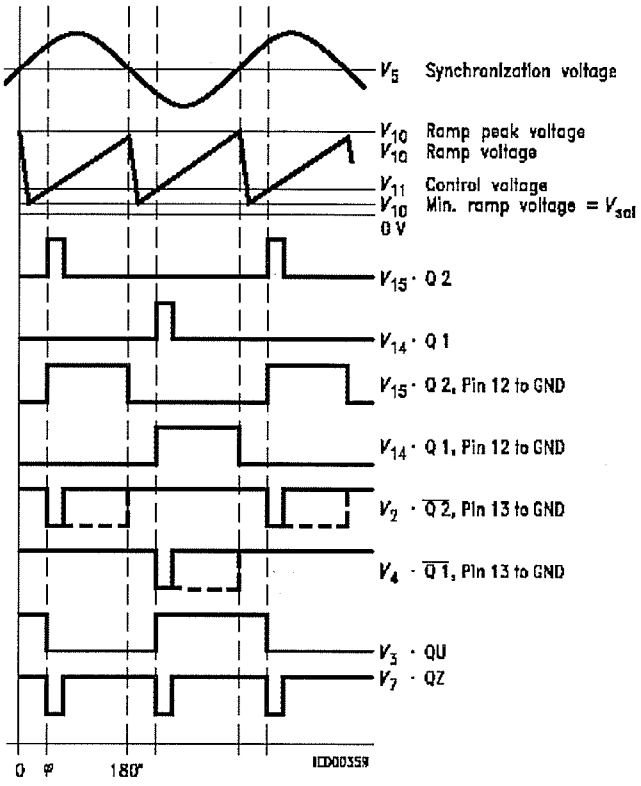
A signal which corresponds to the NOR link of Q 1 and Q 2 is available at output Q Z (pin 7).

The inhibit input can be used to disable outputs Q1, Q2 and $\overline{Q1}$, $\overline{Q2}$.

Pin 13 can be used to extend the outputs $\overline{Q1}$ and $\overline{Q2}$ to full pulse length (180° – φ).



Block Diagram



Pulse Diagram