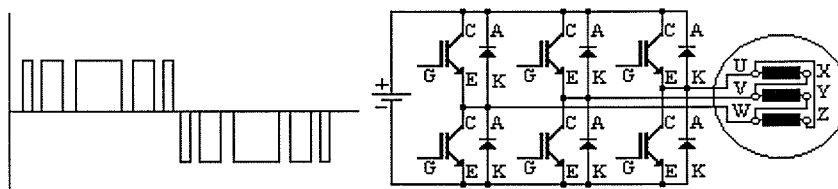


## آزمایش پانزدهم

### اینورتر سه فاز فرکانس متغییر با روش SPWM (Sinusoidal Pulse Width Modulation)



#### • اهداف:

- (۱) بررسی اصول کار مدار فرمان اینورتر SPWM
- (۲) بررسی مدار قدرت اینورتر سه فاز با بار اهمی
- (۳) بررسی راه اندازی و تغییر سرعت موتور سه فاز آسنکرون، با اینورتر SPWM

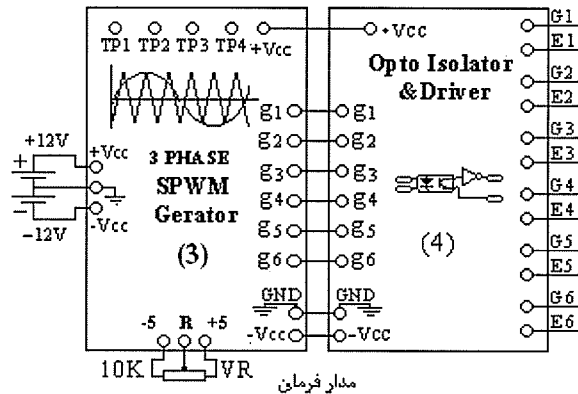
#### ◀ وسایل و قطعات مورد نیاز برای آزمایش

تعداد	مشخصات	عنوان
۱	-	اسیلوسکوپ
۱	-	مولتی متر
۱	0-120V(DC)/3A	منبع تغذیه
۱	12V (DC) ±	منبع تغذیه
۱	DC/AC SPWM	برد مدار فرمان
۱	Driver & Opto Isolator	برد جدا کننده فرمان از قدرت
۱	10K	ولوم
۶	XGP10N80A	IGBT
۶	BYT12-1000	دیود
۳	220V/100W	لامپ با سرپیچ
۱	-	سلف متغییر
۱	-	موتور AC سه فاز
۲	5W 1Ω	مقاومت
۱	3A	پایه فیوز با فیوز

◀ آزمایش (۱-۱۵)

بررسی مدار فرمان اینورتر SPWM

مدار فرمان شکل (۱-۱۵) شامل بردهای SPWM Generator و Opto Isolator & Driver است. این مدار فرمان، برای فرمان دادن به ترانزیستورهای مدار قدرت اینورتر فرکانس متغیر با روش SPWM، طراحی شده است. برای بررسی نحوه عملکرد آن، این مدار را آماده کرده، Dip switch روی برد SPWM را در حالت (۰۰) قرار داده و کلید منبع تغذیه را روشن کنید. سپس مراحل اجرای آزمایش را بر طبق خواسته های زیر انجام دهید.



توجه در موقع کار با برد Opto isolator حتماً باید منابع تغذیه مثبت و منفی آن همزمان

وصل شوند وگرنه ترانزیستور برد خراب می شود

شکل (۱-۱۵)

• مراحل اجرای آزمایش:

الف) در کنار لبه بالای برد SPWM Generator، چهار عدد Test Point وجود دارد، در حالیکه شکل موج هر یک از این نقاط را توسط اسیلوسکوپ، (نسبت به زمین (GND) برد) مشاهده می کنید، وضعیت ولوم کنترل VR را (10K)، از ابتدا تا انتها، به تدریج تغییر داده، تاثیر این تغییر را روی هر یک از شکل موجها، بررسی کنید.

ب) در حالیکه توسط دو کانال اسیلوسکوپ شکل موجهای TP ها را دوتا، دو تا، (TP1 با TP2، TP3 با TP1 و TP4 با TP1) با هم با دقت مشاهده می کنید، ولوم کنترل (10K) را از منتهی الیه خلاف جهت عقربه ساعت به تدریج، در جهت عقربه ساعت چرخانده، بر اساس آنچه مشاهده خواهید کرد، به سؤال های زیر پاسخ دهید:

(۱) فاز دو شکل موج TP1 و TP2، تا محدوده وسط ولوم، نسبت به هم چه وضعیتی دارند؟ و از محدوده وسط تا انتها نسبت به هم چه وضعیتی دارند؟

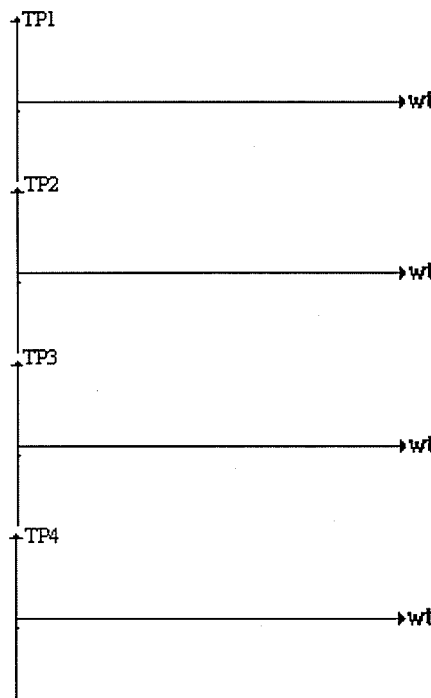
پاسخ:

پاسخ:

۲) فاز دو شکل موج TP1 و TP3 ، تا محدوده وسط ولوم، نسبت به هم چه وضعیتی دارند؟ و از محدوده وسط تا انتها نسبت به هم چه وضعیتی دارند؟  
پاسخ: پاسخ:

۳) دامنه شکل موج TP1 تا محدوده وسط ولوم، نسبت به شکل موج TP4، چه وضعیتی دارد؟ و از محدوده وسط تا انتها نسبت به آن چه وضعیتی دارد؟  
پاسخ: پاسخ:

ج) در حالیکه یکی از شکل موج های نقاط TP1 تا TP3 را توسط اسیلوسکوپ مشاهده می کنید، ولوم را از منتهی الیه خلاف جهت عقربه ساعت، طوری تنظیم کنید که فرکانس شکل موج مشاهده شده، 50HZ شود. در این شرایط شکل موجهای نقاط TP1 الی TP4 را دوتا دو تا، همزمان توسط دو کانال اسیلوسکوپ (نسبت به زمین برد) مشاهده و آنها را در زیر رسم کنید.

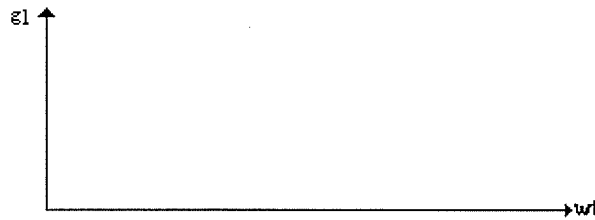


د) در حالیکه شکل موجهای خروجی های برد SPWM Generator ( نقاط g1 الی g6 ) را توسط اسیلوسکوپ مشاهده می کنید، ولوم را در محدوده تغییرات آن، تغییر داده، تاثیر این تغییر را روی شکل موج مشاهده کرده، بر اساس نتایج حاصله به سؤال زیر پاسخ دهید

۱) با توجه به شمای مداری این برد (که در پیوست این آزمایش ارائه شده است) و با توجه به شکل موجهای مشاهده شده در TP1 الی TP4، نحوه تولید این شکل موج ها را توجیه کنید.  
پاسخ:

۲) با توجه به شکل موجهای مشاهده شده از نقاط TP1 الی TP4، تعیین کنید که اندیس مدولاسیون، تقریباً از چند درصد، تا چند درصد، تغییر میکند؟  
پاسخ:

۵) در حالیکه شکل موج یکی از خروجی های برد SPWM Generator را مشاهده می کنید، با تغییر ولوم کنترل VR، پریود شکل موج را تقریباً 16ms تنظیم کرده، سپس شکل موجهای تمام خروجی ها را دو تا دو تا توسط دو کانال اسیلوسکوپ نسبت به زمین برد (GND) مشاهده کرده و سپس شکل موج g1 را در زیر رسم کنید. همچنین توضیح دهید بقیه موجهای مشاهده شده چه تفاوتی با موج g1 دارند.



پاسخ:

۵) بطوریکه از روی مدار بلوکی شکل (۱-۱۵) مشخص است، تمام خروجی های برد SPWM Generator (شکل موجهای g1 الی g6) وارد برد Opto Isolate & Driver می شوند. در این برد، این موجها، ایزوله الکتریکی و تقویت شده، و حاصل برای استفاده در مدار قدرت، (جهت روشن و خاموش کردن ترانزیستورها) در خروجی ها G1 (نسبت به E1) الی G6 (نسبت به E6) در اختیار قرار می گیرند.

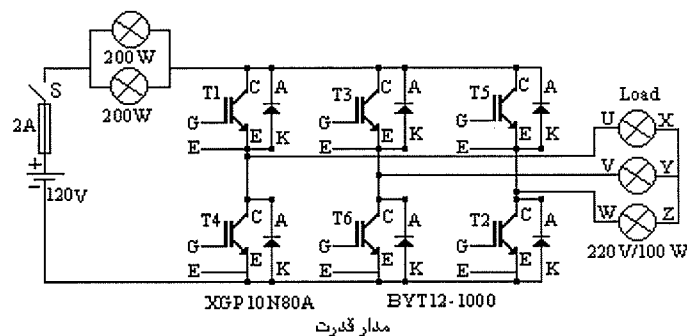
وجود تمام شکل موجها را در خروجی های برد Opto Isolate & Drive مشاهده کرده، در صورت درستی این شکل موجها، بخش بررسی مدار قدرت این آزمایش را شروع به انجام دادن کنید.

◀ آزمایش (۲-۱۵)

بررسی مدار قدرت اینورتر SPWM

جهت بررسی بخش مدار قدرت با بار اهمی، مدار شکل (۲-۱۵) را که یک مدار مبدل DC به AC سه فازه با بار اهمی با سر بندی ستاره است، آماده کرده و خروجی های مدار فرمان آزمایش قبل را با توجه به شماره های ترانزیستورها با دقت کامل، به ترانزیستورهای مربوطه وصل کنید. پس از این آمادگی، مراحل اجرای آزمایش را انجام دهید.

وجود لامپهای 200W سری شده با منبع تغذیه برای حفاظت در مقابل خطاها است. در صورت اطمینان از عملکرد مدار می توان آنها را اتصال کوتاه کرد. توجه کنید، پس از اتصال کوتاه کردن این لامپها، زمانیکه کلید S مدار قدرت وصل است، تحت هیچ شرایطی نباید حلقه اتصال گیت ترانزیستورها باز باقی بمانند. چون تحت این شرایط ترانزیستورها تخریب خواهند شد.



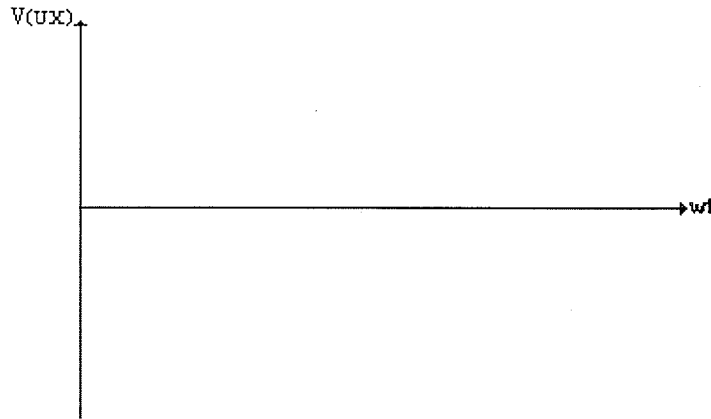
شکل (۲-۱۵)

● مراحل اجرای آزمایش:

(الف) پس از آمادگی کامل، کلید منبع تغذیه قدرت را وصل کرده، سپس در حالیکه نور لامپ ها را مشاهده می کنید ولوم کنترل را در محدوده تغییرات آن تغییر دهید. در این شرایط، باید با تغییر ولوم، نور لامپها تغییر کرده، بطوریکه در محدوده وسط ولوم، هر سه لامپ خاموش و در دو انتهای آن، همگی دارای نور ماکزیمم و مشابه باشند. در غیر این صورت مدار بطور صحیح آماده نشده است و باید مورد بررسی قرار گیرد. برای رفع اشکال کلید مدار قدرت را قطع کرده و در رفع آن سعی ممکن را با دقت انجام دهید، در صورت عدم موفقیت، به کمک مربی آزمایشگاه آنرا رفع اشکال کنید. پس از راه اندازی بطور صحیح، در حالیکه یکی از شکل موجهای ولتاژ یکی از لامپها را مشاهده می کنید، ولوم کنترل را در محدوده تغییرات خود تغییر داده و تاثیر این تغییرات را روی شکل موج را بررسی و نتیجه را یادداشت کنید.

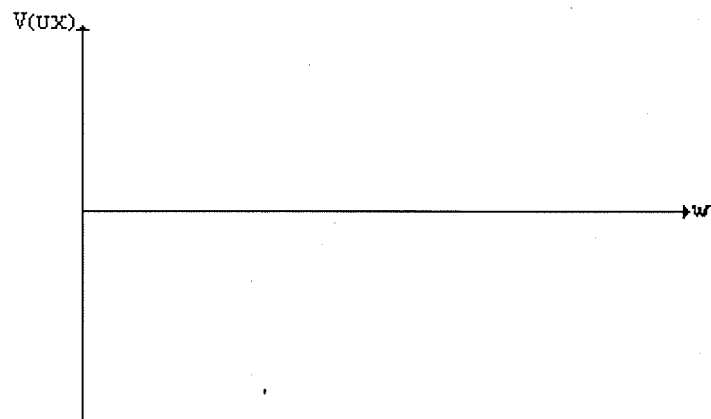
نتیجه:

ب) فرکانس ولتاژ لامپ را تقریباً 60Hz تنظیم کرده، سپس سه شکل موج ولتاژهای سه لامپ را توسط دو کانال اسیلوسکوپ مشاهده و شکل یکی از آنها را در زیر رسم کنید. توضیح دهید دو شکل موج دیگر چه تفاوتی با شکل موج رسم شده دارند.



پاسخ:

ج) کلید مدار قدرت را خاموش کرده، سپس سر بندی بار را از حالت ستاره به مثلث تبدیل کنید. آنگاه کلید مدار قدرت را وصل کرده و بازاء فرکانس 60Hz برای ولتاژ بار، سه شکل موج ولتاژهای سه لامپ را توسط دو کانال اسیلوسکوپ مشاهده و شکل یکی از آنها را در زیر رسم کنید. توضیح دهید دو شکل موج دیگر چه تفاوتی با شکل موج رسم شده دارند.

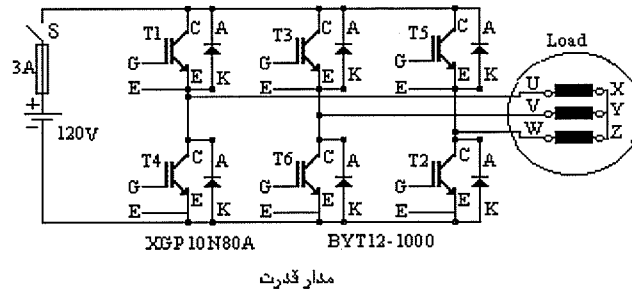


پاسخ:

◀ آزمایش (۱۵-۳)

راه اندازی موتور سه فاز آسنکرون، با اینورتر SPWM

ولوم کنترل را در محدوده وسط قرار داده تا لامپها کاملا خاموش شوند. در این شرایط، کلید منبع تغذیه قدرت را خاموش کرده، و بجای بار اهمی سه فاز (سه لامپ)، یک موتور سه فاز آسنکرون را با سر بندی ستاره، بصورت شکل (۱۵-۳) در مدار قدرت قرار دهید. پس از این تغییر بار، مراحل اجرای آزمایش را انجام دهید.



شکل (۱۵-۳)

● مراحل اجرای آزمایش:

الف) Dip switch روی برد SPWM را در حالت (۰۱) قرار داده (تا فرکانس موج مثلثی ۶۳ برابر موجهای سینوسی شود). کلید منبع تغذیه قدرت (S) را روشن کنید. سپس در حالیکه به دقت حرکت موتور را زیر نظر دارید ولوم کنترل VR را از محدوده وسط در دو جهت به آرامی تا انتها تغییر داده آنگاه به سئوالات زیر پاسخ دهید:

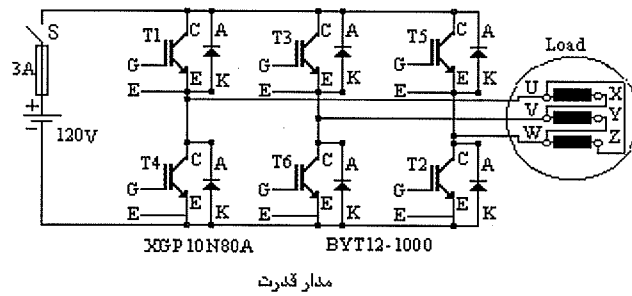
۱) درموقع تغییر ولوم از محدوده وسط در جهت و خلاف جهت عقربه ساعت، جهت حرکت موتور چگونه است؟ چرا؟

پاسخ :

۲) آیا سرعت موتور با تغییر ولوم بطور تقریبا خطی افزایش مییابد؟ چرا؟

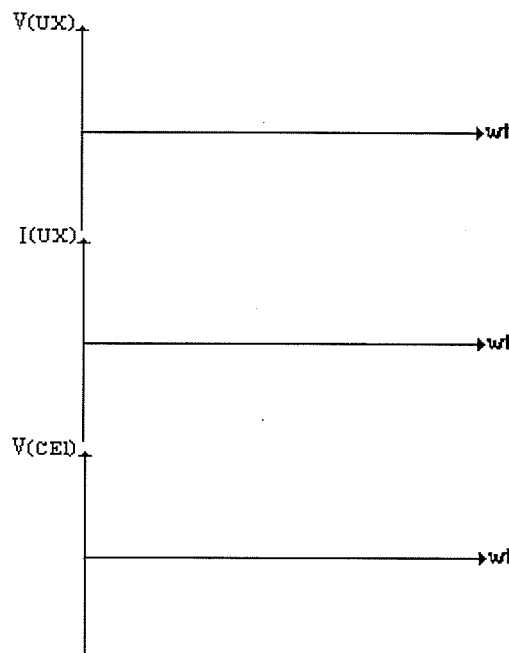
پاسخ :

ب) ولوم را در محدوده وسط قرار داده تا حرکت موتور متوقف شود، آنگاه کلید مدار قدرت را قطع، سر بندی بار (موتور) را از حالت ستاره ( به صورت شکل (۱۵-۴) ) به حالت مثلث تبدیل کرده و ولتاژ منبع تغذیه را از 120V به 80V کاهش دهید. پس از این تغییرات کلید مدار قدرت را وصل و آزمایش بند الف را مجددا بررسی کنید.



شکل (۱۵-۴)

ج) فرکانس ولتاژ یکی از سیم پیچ ها (U-X) را 60HZ تنظیم کرده سپس شکل موج های ولتاژ و جریان آنرا، و ولتاژ (C E) ترانزیستور T1 را مشاهده کرده، در زیر رسم کنید



† سؤال (۱):

راه اندازه های موتور AC، که با روش PWM کار میکند، چه برتری نسبت به راه انداز هائی که بازاء هر نیم موج یک موج مربع کامل تولید می کند، دارد؟

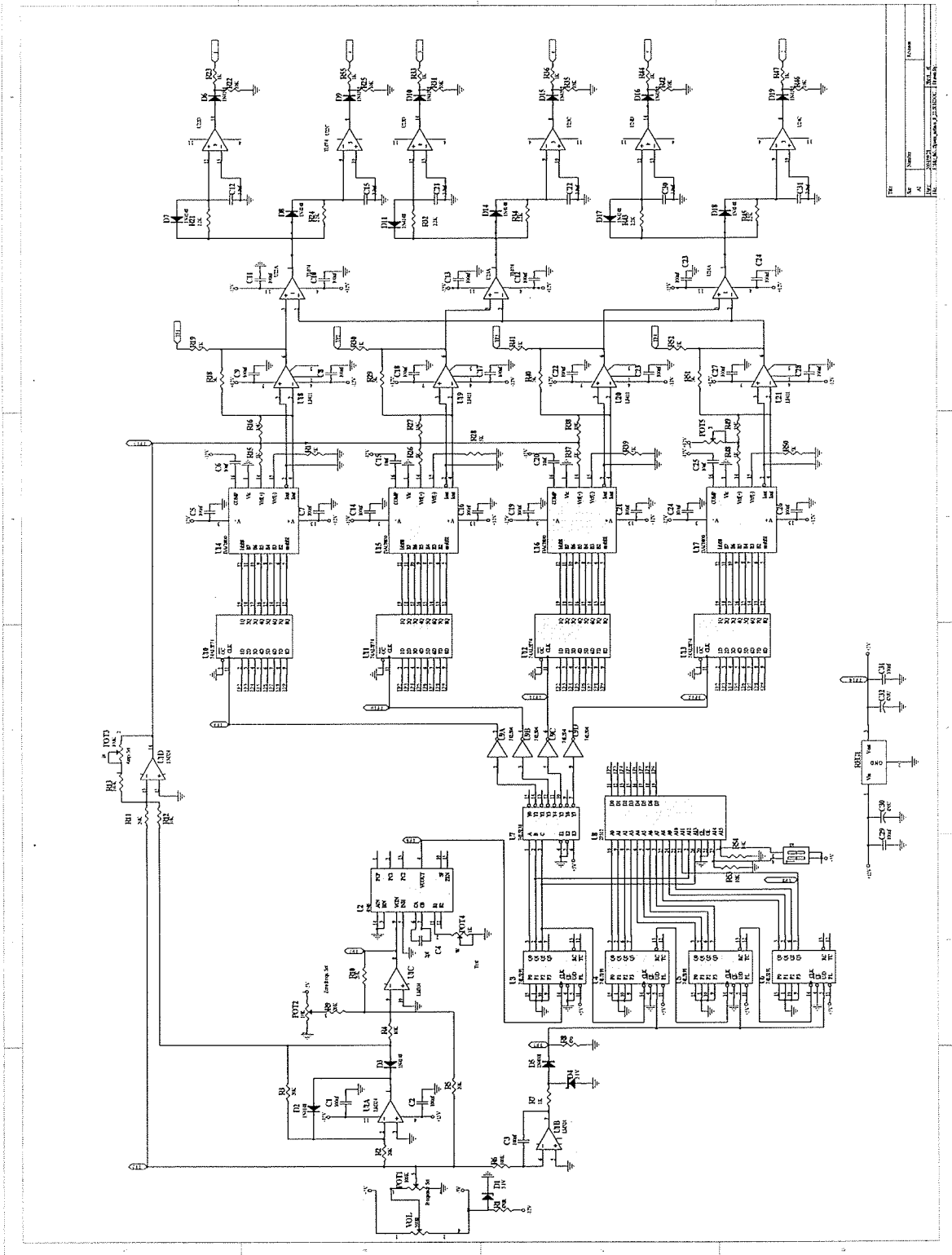
† سؤال (۲):

راه اندازه های موتور AC، که با روش SPWM کار میکند، چه برتری نسبت به راه انداز هائی که با روش PWM کار میکنند، دارد؟

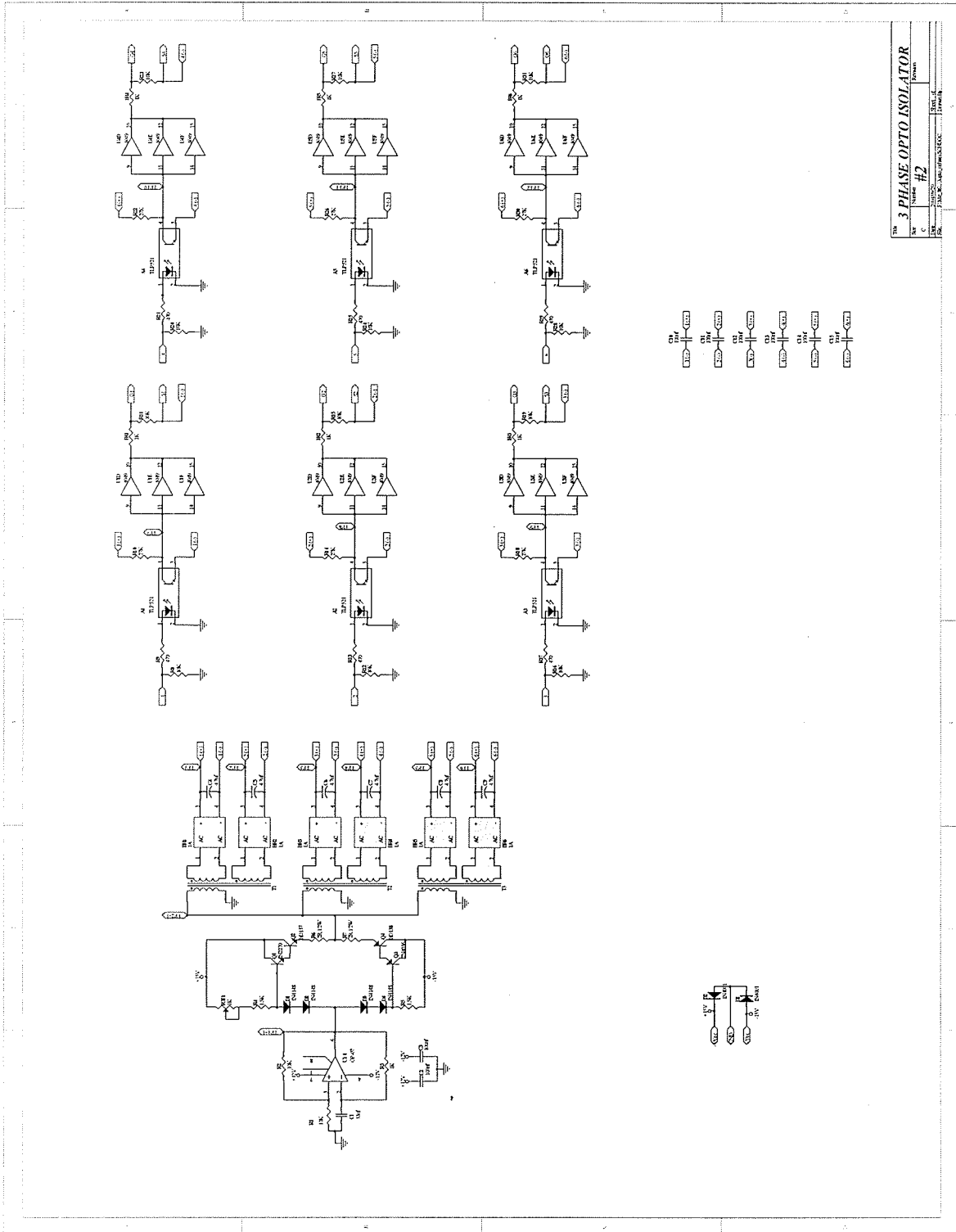
† سؤال (۳): برنامه ای با MATLAB بنویسید تا با آن بتوان مشخصه دامنه هارمونیک های ولتاژ خط این اینورتر فرکانس متغییر را، با دریافت مضرب فرکانس حامل، و بازاء تغییر اندیس مدولاسیون، از صفر تا 100% رسم کند



پیوست:



شکل (۱۵- پیوست ۱)



شکل (۱۵- پیوست ۲)