

شرکت دانش بنیان

تجهیزات ابزار آزما

نوآوری و فناوری برای توسعه



دستورکار جامع الکترونیک صنعتی

دستور کار ویژه دانشجو



آزمایشگاه های الکترونیک قدرت و ماشین الکتریکی

Power Electronics and Electrical Machines Labs



آزمایشگاه های سیستم های قدرت و انرژی های نو

Power Systems and Renewable Energies Lab



آزمایشگاه های الکترونیک و مخابرات

Electronics and Telecommunications Labs



اتصال به نرم افزار
Matlab/Simulink

دستور کار مدرس

تعداد کاربر

اتصال به نرم افزار
Labview

اتصال به نرم افزار

دستور کار دانشجو

آزمایشگاه های اتوماسیون صنعتی و ابزار دقیق

Industrial Automation and Instrumentation Labs

آزمایشگاه های سیستم های کنترل

Control Systems Labs

آزمایشگاه ابزار دقیق

- آموزنده الکتروپنوماتیک پایه (EP-100)
- آموزنده الکتروپنوماتیک تکمیلی (EP-101)
- آموزنده الکتروپنوماتیک پیشرفته (EP-102)
- آموزنده ابزار دقیق پایه (AI-113)
- آموزنده ابزار دقیق تکمیلی (AI-114)

آزمایشگاه اتوماسیون صنعتی

- آموزنده PLC LOGO (AI-101)
- آموزنده PLC S7-300 (AI-104)
- آموزنده PLC LG (AI-105)
- آموزنده PLC S7-300 پیشرفته (AI-106)
- آموزنده شبکه صنعتی یا PLC S7-300 (AI-108)
- آموزنده مایکروکنترلر صنعتی (AI-110)
- آموزنده سیستم های کنترل درایوهای صنعتی (AI-117)
- آموزنده کنترل کننده منطقی برنامه پذیر (IC-104)

آزمایشگاه کنترل صنعتی

- آموزنده کنترل دما (IC-100)
- آموزنده کنترل فشار (IC-101)
- آموزنده کنترل سطح و دبی (IC-102)
- آموزنده کنترل سرعت موتور (IC-103)
- آموزنده منطقی برنامه پذیر (IC-104)
- شبیه ساز اساسور (AI-91)
- شبیه ساز کنترل سطح (IC-91)
- شبیه ساز چرخه راهتعمایی (AI-92)
- شبیه ساز کنترل دما (IC-90)
- آموزنده کنترل کامپیوتر (AI-109)
- آموزنده کنترل درایوهای صنعتی (AI-117)
- ماژول مایکروکنترلر و کنترل نرم افزار (DC-65)

آزمایشگاه سیستم های کنترل خطی

- آموزنده کنترل اتالوک و تال سر و موتور (DC-102)
- آموزنده کنترل اتالوک (DC-100)

آزمایشگاه سیستم های کنترل دیجیتال

- آموزنده کنترل اتالوک و تال سر و موتور (DC-102)
- آموزنده کنترل دیجیتال (DC-101)

آزمایشگاه کنترل پیشرفته

- آموزنده گوی ممانع (SB-100)
- آموزنده کنترل پیشرفته (IP-101)
- آموزنده کنترل پیشرفته (RO-100)
- آموزنده شناسایی سیستم (SI-100)

تجهیزات اندازه گیری

- گشاور سنج (IM-51)
- کنترل کننده PID (IM-40)
- سرعت سنج (IM-50)
- فرکانس متر (IM-30)
- اندازه گیر فازور (IM-31)
- رله سنکرون چک (IM-21)
- سنکرون ساز اتوماتیک سه فاز (IM-22)
- کسینوس میتری (IM-12)
- موتی متری (IM-10)
- موتی فانکشن متر سه فاز (IM-11)

ماشین های الکتریکی

- ترانسفورماتور سه فاز (T-12)
- ترانسفورماتور تکفاز (T-11)
- ماشین DC شنت (M-87)
- ماشین DC چندکاره (M-86)
- ماشین AC چندکاره (M-85)
- ماشین القایی روتور سیم پیچ سه فاز (M-82)
- ماشین سنکرون سه فاز (M-80)

کارگاه سیستم اعلام حریق (ET-116)

کارگاه سیستم ضد سرعت (ET-115)

کارگاه دوربین مدار بسته (ET-112)

کارگاه صوتی و تصویری (ET-111)

کارگاه سیستم آنتن مرکزی (ET-110)

کارگاه سیستم تلفن (ET-109)

کارگاه تاسیسات الکتریکی تکمیلی

- آموزنده ماشین های الکتریکی AC مدل گسترده (MC-112)
- آموزنده ماشین های الکتریکی DC مدل گسترده (MC-111)
- آموزنده کارگاه سیم پیچی (WW-100)

آموزنده خانه هوشمند پیشرفته (SH-101)

آموزنده خانه هوشمند پایه (SH-100)

کارگاه ساختمان هوشمند

آموزنده مدار فرمان (CO-100)

آموزنده کارگاه برق خانگی و صنعتی (EW-101)

آموزنده کارگاه برق خانگی (EW-100)

آموزنده تاسیسات الکتریکی AM/FM (WW-102)

آموزنده کارگاه سرکابل و مقصل (WW-101)

آموزنده آزمایشگاه مخابرات دیجیتال (TC-105)

آموزنده آزمایشگاه مخابرات دیجیتال (TC-103)

آموزنده آزمایشگاه مخابرات اتالوک و دیجیتال (TC-105)

آموزنده آزمایشگاه مخابرات اتالوک و دیجیتال (TC-105)

آموزنده فرکانس AM/FM دامنه و (TC-103)

آموزنده آزمایشگاه مخابرات اتالوک (TC-101)

آموزنده آزمایشگاه مخابراتی (TC-101)

تجهیزات صنعتی

Industrial Instrument

آزمایشگاه های تاسیسات الکتریکی

Electrical Installations Labs

دستور کار آزمایشگاه الکترونیک صنعتی

اهداف:

هدف از این دستور کار معرفی تجهیزات آزمایشگاه‌های الکترونیک صنعتی و همچنین ارائه دستور کار لازم برای انجام آزمایشات می‌باشد.

پیشگفتار:

پیشنهاد می‌شود شروع آزمایشگاه با یک یا چند بازدید از مرکز کاربردی مرتبط با مطالب درس شروع شود. کارخانه‌جات صنعتی دارای مدارات الکترونیک قدرت و غیره می‌توانند گزینه مناسبی برای بازدید دانشجویان به شمار روند.

در این دستور کار مطالب اساسی درس الکترونیک صنعتی در قالب ۱۶ آزمایش ارائه گردیده است. مشخصات آموزنده‌ها در پیوست شماره یک تشریح داده شده است.


مطالب بیان شده در دستور کار هر آزمایش شامل مقدمه، شرح آزمایش و تحلیل و جداول مربوطه و در پایان سؤالات مربوط به آزمایش می‌باشد. این دستور کار طوری طرح شده است تا دانشجو حین انجام مراحل مختلف آزمایش بخش‌های مختلف آن را تکمیل نماید و با تحلیل نتایج حاصل به درک عمیق‌تری از مفاهیم الکترونیک صنعتی دست یابد. طبیعتاً به دلیل زمان محدود آزمایشگاه، انجام برخی محاسبات در آزمایشگاه توسط دانشجو امکان پذیر نبوده و این مهم به بخش سؤالات انتهای هر بخش منتقل شده است.

هر دانشجو قبل از حضور در کلاس می‌بایست یک پیش‌گزارش راجع به مباحث جلسه جاری و گزارش تکمیل شده جلسه قبل را تحویل نماید. انجام بحث و تبادل نظر دانشجویان و مدرس کلاس راجع به نتایج حاصل از آزمایش‌ها تأثیر قابل ملاحظه‌ای در درک کنترل فرآیندها دارد. مسلماً گزارش حاصل همراه با نقص و کاستی‌هایی است که با پیشنهادات شما مدرسین و دانشجویان عزیز در نسخه‌های بعدی برطرف خواهد شد.

نکات مهم:


در هنگام انجام سیم بندی و یا قبل از هرگونه تغییری در مدار، دقت کنید که برق دستگاه قطع باشد.

هشدار ۱ (اقدامات احتیاطی)



برای تعمیر تجهیزات از افراد واجد شرایط و با هماهنگی شرکت سازنده استفاده نمایید.

هشدار ۲ (خطر آسیب به دستگاه و شوک الکتریکی)




هیچگونه اصلاح و یا تغییری در وضعیت فعلی تجهیزات مجاز نیست.

هشدار ۳ (خطر آسیب به دستگاه و شوک الکتریکی)




به محدوده مجاز ورودی و خروجی های تجهیزات توجه شود و از اعمال ورودی خارج از محدوده مجاز به تجهیز خودداری شود.

هشدار ۴ (خطر آسیب به تجهیزات)



به منظور حفظ جان کاربران، آموزنده ها به سیم ارت مجهز می باشد لذا از صحت اتصال سیم ارت ساختمان محل آزمایشگاه، مطمئن باشید

هشدار ۵ (شوک الکتریکی)




اتصالات را به طور کامل بررسی کنید تا سیم ها اتصال کوتاه و یا رها شده نباشند.

هر اتصالی که ممکن است دو سطح ولتاژ مختلف را به هم اتصال کوتاه کند؛ بررسی گردد.

پیش از وصل کردن برق دستگاه، سیم بندی با حضور مدرس بررسی گردد.

هشدار ۶ (اقدامات احتیاطی)




در هنگام کار با اسیلوسکوپ متوجه باشید که زمین همه پروب ها به هم متصل هستند.

هنگامی که چند اندازه گیری مختلف انجام می دهید از ایزوله بودن پروب ها اطمینان حاصل نمایید.


دقت کنید که مد اندازه گیری مولتی متر را به درستی انتخاب کرده باشید. هرگز از مد جریان برای سایر اندازه گیری ها استفاده نکنید

هشدار ۷ (اقدامات احتیاطی)



در زمان کار کردن با مدار تنها از منابع تغذیه ایزوله استفاده کنید.

هشدار ۸ (اقدامات احتیاطی)



ادامه نکات مهم:

- ولتاژ بالای شوک‌های الکتریکی که ممکن است سلامتی انسان را به خطر بیندازد.
- انفجار عناصر (مثل خازن الکترولیتی) و جرقه زدن مدار
- خطر آتش سوزی ناشی از موارد فوق

هشدار ۹ (خطرات مربوط
به مدارات الکترونیک
قدرت)



- در هنگام وصل کردن کلید مدار، ولتاژ یا توان کمی به مدار جهت تست آن اعمال کنید. بعد از مرحله اول به تدریج ولتاژ یا توان را افزایش دهید. در صورت داغی بیش از حد یا هر نوع شوک روند را متوقف کنید.

هشدار ۱۰ (اقدامات
احتیاطی)



- در هنگام خاموش کردن مدار؛ ابتدا ولتاژ یا توان تغذیه به طور آهسته کاهش یابد و سپس همه منابع تغذیه خاموش شود و اتصالات آنها قطع گردد.
- دقت شوید بار به خروجی مدار متصل باقی بماند تا به طور کامل انرژی‌های ذخیره در سلف و خازن‌ها تخلیه شود.

هشدار ۱۰ (اقدامات
احتیاطی)



- در هنگام ایجاد تغییرات در مدار، ابتدا مدار مطابق موارد قسمت قبل خاموش شود. سپس تغییرات در اجزای مورد نظر ایجاد شود و دوباره مدار را بر اساس موارد احتیاطی ذکر شده به تغذیه متصل نمائید.

هشدار ۱۰ (اقدامات
احتیاطی)



- کلیه حقوق این اثر متعلق به شرکت دانش بنیان تجهیزات ابزار آزما خاورمیانه می‌باشد. هرگونه کپی برداری از این اثر، غیرقانونی بوده و پیگرد قانونی دارد.



فهرست مطالب

نکات مهم:	۵
ادامه نکات مهم:	۶
فهرست مطالب	۷
۱ بررسی رفتار IGBT، MOSFET و اپتوکوپلر	۱۰
۲ کنترل دور موتورهای القایی به روش V/F	۱۵
۳ کنترل حلقه بسته سرعت موتور القایی	۱۷
پیوست شماره یک	۱۸

جدول راه‌نما

IE-110	IE-109	IE-108	IE-107	IE-106	IE-105	IE-104	IE-103	IE-102	IE-101	IE-100	شماره و عنوان آزمایش
*	*		*			*		*	*	*	۱- اندازه‌گیری پارامترهای دیود قدرت، تریستور و تریاک
*	*					*		*	*	*	۲- مبدل‌های AC به DC تکفاز دیودی
			*					*	*	*	۳- دیمر و کنترل ولتاژ AC تکفاز با تریاک
*	*		*			*		*	*	*	۴- مبدل‌های AC به DC تک فاز تریستوری
*	*					*		*	*	*	۵- مبدل‌های AC به DC سه فاز دیودی
*	*		*			*		*	*	*	۶- مبدل‌های AC به DC سه فاز تمام کنترل‌شونده
*	*		*			*		*	*	*	۷- مبدل‌های AC/AC تکفاز
قابل توسعه	قابل توسعه		قابل توسعه			قابل توسعه		قابل توسعه	قابل توسعه	قابل توسعه	۸- مبدل‌های AC به AC سه فاز
*	*			*	*		*	*	*	*	۹- بررسی رفتار MOSFET، IGBT و اپتوکوپلر
*				*				*	*		۱۰- اینورتر تکفاز و آشنایی با روش مدولاسیون SPWM تکفاز
*				*				*	*		۱۱- اینورتر تکفاز و فیلترهای ورودی و خروجی اینورتر
*	*			*			*	*	*	*	۱۲- کنترل دور موتورهای القایی به روش V/F
							*				۱۳- کنترل حلقه بسته سرعت موتور القایی
*	*				*			*			۱۴- مبدل‌های dc-dc غیر ایزوله با دو عنصر ذخیره انرژی
قابل توسعه			*								۱۵- مبدل سیکلکانورتر
*											۱۶- معرفی واحد مانیتورینگ و کنترل مبدل‌های توان

۱ بررسی رفتار IGBT, MOSFET و اپتوکوپلر

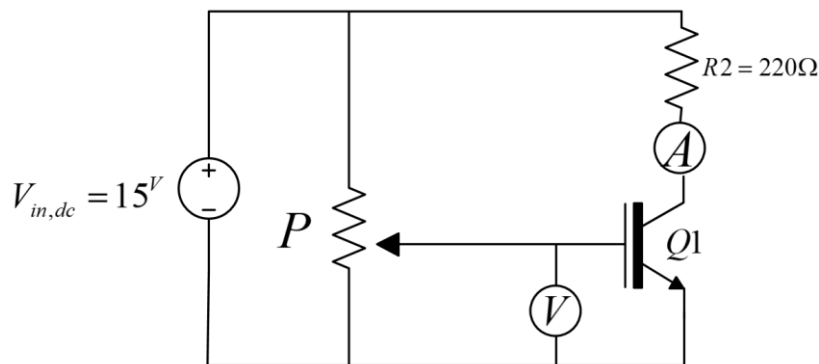
۱-۱ مقدمه

در تمام آزمایش‌های قبل تاکید بر مدارات الکترونیک صنعتی مبتنی بر ترایستور بود. الکترونیک صنعتی مدرن با رشد کلیدهای نیمه هادی جدید از جمله ترانزیستور قدرت و MOSFET قدرت متحول شده است و امروزه در بسیاری از کاربردها این کلیدهای نیمه هادی جایگزین ترایستور شده اند. منابع تغذیه سوئیچینگ و اینورترها دو دسته بزرگ از کاربرد کلیدهای نیمه هادی جدید می باشند. سرعت کلیدزنی به مراتب بالاتر این کلیدهای جدید مزیت عمده آنها می باشد. این کلیدهای نیمه هادی در مقایسه با ترایستور تمام کنترل شونده می باشند. در این آزمایش با منحنی مشخصه و ویژگی های این کلیدهای نیمه هادی آشنا می شوید. اپتوکوپلر نیز به عنوان المانی پر کاربرد در طبقه درایو این کلیدها بررسی شده است.

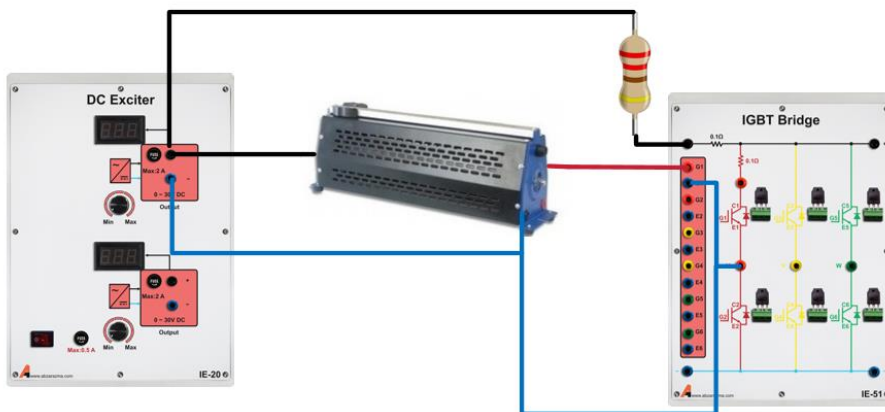
۱-۲ آزمایش و تحلیل

۱-۲-۱ اندازه‌گیری پارامترهای IGBT

به منظور اندازه‌گیری پارامترهای IGBT مدار شکل ۱-۱ ارائه شده است. برای پیاده‌سازی این مدار مطابق مدل پیشنهادی در شکل ۱-۲ عمل نمایید. پس از پیاده‌سازی به موارد زیر پاسخ دهید.



شکل ۱-۱ مدار پیشنهادی جهت اندازه‌گیری پارامترهای IGBT



شکل ۱-۲ مدل پیشنهادی جهت پیاده‌سازی مدار مناسب برای اندازه‌گیری پارامترهای IGBT

۱- ابتدا به برگه مشخصات IGBT موزد استفاده مراجعه نمایید و مقدار حداکثر منبع ولتاژ $V_{in,dc}$ را تعیین کنید؟

۲- با فرض اینکه ولتاژ منبع ورودی ۱۵ ولت باشد، مقدار حداقل مقاومت $R2$ را تعیین نمایید؟

۳- با تغییر رنوستا و یا پتانسیومتر P ولتاژ گیت-امیتر را از صفر تا ۱۵ ولت تغییر دهید. در این شرایط بندهای زیر را انجام دهید.

- مقادیر ولتاژ گیت-امیتر و کلکتور-امیتر را اندازه بگیرید.
- به ازای چه مقداری از ولتاژ گیت، IGBT کاملاً خاموش است؟
- به ازای چه مقداری از ولتاژ گیت، IGBT کاملاً روشن است؟

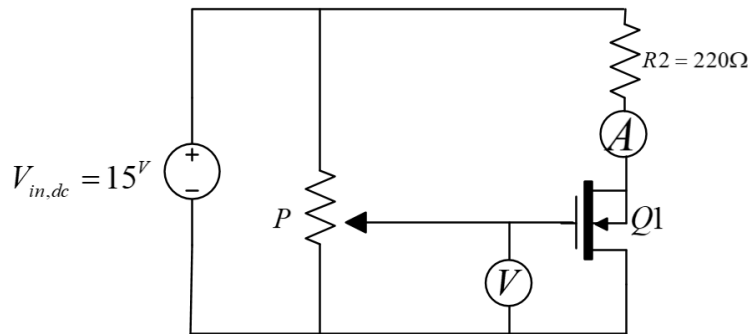
۴- حداکثر ولتاژ دو سر بار را اندازه گیری کرده و با ولتاژ ورودی مقایسه کنید؟ علت اختلاف را توضیح دهید؟

۵- مقادیر به دست آمده از آزمایش را با اطلاعات برگه مشخصات IGBT مقایسه کرده و علت اختلاف را شرح دهید .

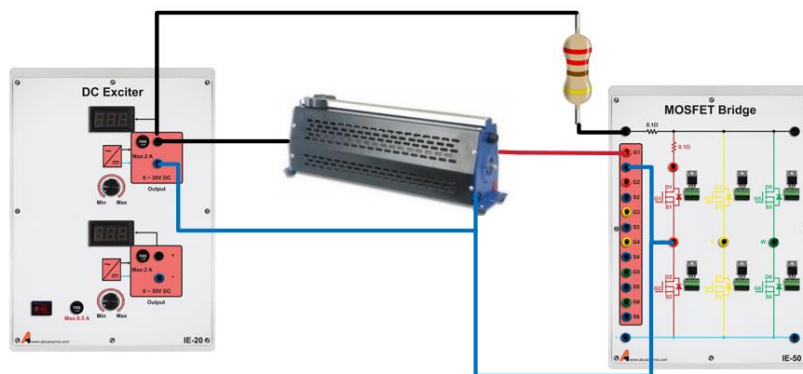
۶- افت ولتاژ مستقیم و مقاومت کلکتور - امیتر را در زمان روشن بودن IGBT تعیین کنید؟

۲-۱ اندازه‌گیری پارامترهای MOSFET قدرت

برای اندازه‌گیری پارامترهای MOSFET مداری مشابه حالت قبل در نظر گرفته شده است. این مدار در شکل ۳-۱ نشان داده شده است. برای پیاده‌سازی مدار این آزمایش از ماژول‌های MOSFET Bridge و DC Exciter استفاده می‌شود. سوالات این آزمایش نیز مشابه آنچه برای IGBT بیان گردید می‌باشد. لذا پس از پیاده‌سازی مدار آزمایش به سوالات زیر پاسخ دهید.



شکل ۳-۱ مدار پیشنهادی جهت اندازه‌گیری پارامترهای MOSFET



شکل ۴-۱ مدل پیشنهادی جهت پیاده‌سازی مدار مناسب برای اندازه‌گیری پارامترهای MOSFET

۱- ابتدا به برگه مشخصات MOSFET موزد استفاده مراجعه نمایید و مقدار حداکثر منبع ولتاژ $V_{in,dc}$ را تعیین کنید؟

۲- با فرض اینکه ولتاژ منبع ورودی ۱۵ ولت باشد، مقدار حداقل مقاومت $R2$ را تعیین نمایید؟

۳- با تغییر رنوستا و یا پتانسیومتر P ولتاژ گیت-امیتر را از صفر تا ۱۵ ولت تغییر دهید. در این شرایط بندهای زیر را انجام دهید.

- به ازای چه مقداری از ولتاژ گیت- سورس، MOSFET کاملاً خاموش است؟
- به ازای چه مقداری از ولتاژ گیت- سورس، MOSFET کاملاً روشن است؟

۴- وقتی MOSFET کاملاً روشن است، مقاومت بین درین و سورس چه مقداری است؟ محاسبات مربوطه را ذکر کنید .

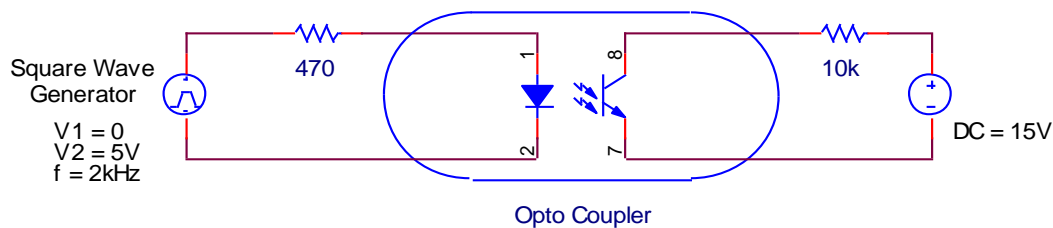
۵- مقادیر به دست آمده از آزمایش را با اطلاعات برگه مشخصات Power MOSFET مقایسه کرده، و علت اختلاف را شرح دهید .

۶- از نقطه نظر فرکانس عملکردی، زمان خیز و زمان تاخیر؛ ماسفت مورد استفاده را با IGBT مورد آزمایش در حالت قبل مقایسه کنید

۳-۲-۱ مشاهده رفتار اپتوکوپلر

با هدف بررسی رفتار ایزولاتور نوری و یا Optocoupler مدار پیشنهادی در شکل ۵-۱ ارائه گردیده است. از سیگنال ژنراتور جهت تولید پالس مربعی با دامنه ۵ ولت و فرکانس ۲ کیلوهرتز استفاده کنید.

برای پیاده سازی مدار زیر، از بردبورد های آزمایشگاهی استفاده کنید. از تراشه PS2501-1 یا 6N137 می‌توانید به عنوان اپتوکوپلر در مدار زیر استفاده کنید. نکته لازم به ذکر این است که تراشه‌های نام برده جزء ایزولاتورهای نوری سریع و با فرکانس عملکردی بالا هستند.



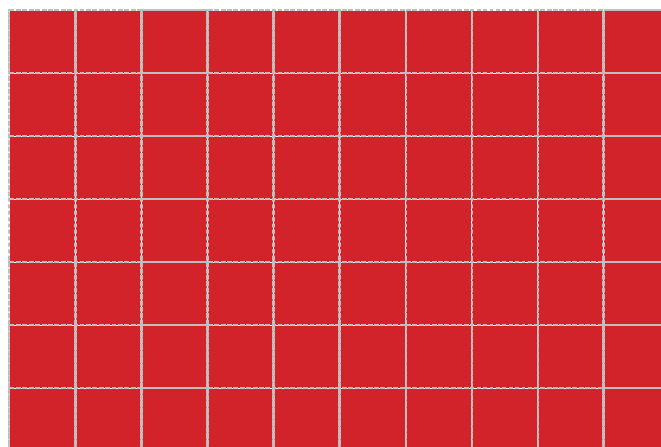
شکل ۵-۱ مدار پیشنهادی جهت بررسی رفتار اپتوکوپلر

پس از پیاده‌سازی مدار آزمایش، به برگه راهنمای این تراشه مراجعه کنید و به کمک آن به موارد زیر پاسخ دهید.

۱- از روی برگه مشخصات اپتوکوپلر، مقادیر t_r و t_f را به دست آورید .

۲- افت ولتاژ روی دیود فرستنده در حالت روشن چه قدر است ؟

۳- در صورت ایزوله بودن زمین اسیلوسکوپ ولتاژ ورودی را با کانال ۱ و ولتاژ خروجی را با کانال ۲ به صورت هم‌زمان مشاهده کنید در غیر اینصورت موارد ذکر شده را به طور جداگانه مشاهده و در شکل ۶-۱ رسم نمایید.



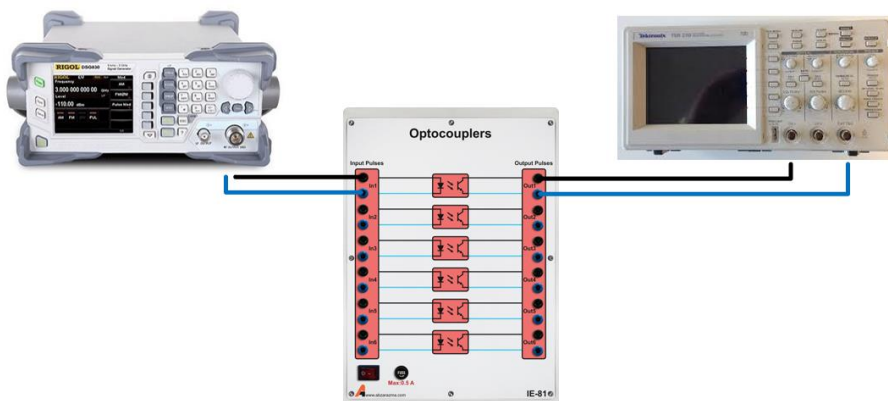
شکل ۱-۶ شکل موج پالس ورودی و خروجی اپتوکوپلر

۴- شکل موج های رسم شده در بند "ب" را تحلیل و نحوه رفتار اپتوکوپلر را توضیح دهید؟

۴-۲-۱ بررسی رفتار اپتوکوپلر و درایور گیت

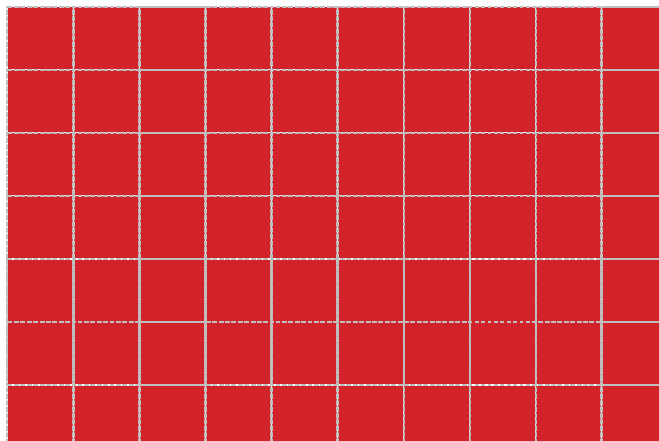
با توجه به اینکه اپتوکوپلر تنها برای ایزولاسیون بین مدارات فرمان و قدرت کاربرد دارد؛ لذا نیاز به وجود یک طبقه درایور جهت تقویت جریان گیت و بهبود حالت گذرای روشن و خاموش شدن کلیدهای نیم‌هادی نیز وجود دارد. با پیشرفت‌های صورت گرفته در زمینه ساخت تراشه‌های الکترونیکی، امروزه تراشه‌هایی وجود دارد که به طور همزمان ایزولاسیون و تقویت جریان را انجام می‌دهد. تراشه TLP250 یکی از این موارد است. از این تراشه در ساخت ماژول Optocouplers آموزنده الکترونیک صنعتی استفاده شده است. این ماژول دارای ۶ مدار ایزولاتور نوری و درایو گیت مستقل است

این بار پالس ۵ ولت با فرکانس ۲ کیلوهرتز را به یکی از ورودی‌های آن متصل نموده و پالس خروجی را که به کمک اسیلوسکوپ مشاهده کنید. در آزمایش‌های بعدی از این ماژول جهت ایزولاسیون بین مدار فرمان و مدار قدرت استفاده می‌شود و وجود طبقه درایور به بهبود پالس‌های گیت کمک می‌کند. پیاده‌سازی این مدار بسیار ساده و مطابق شکل ۱-۷ است.



شکل ۱-۷ مدل پیشنهادی جهت بررسی رفتار اپتوکوپلر با وجود درایور گیت

در صورت ایزوله بودن زمین اسیلوسکوپ ولتاژ ورودی را با کانال ۱ و ولتاژ خروجی را با کانال ۲ به صورت هم‌زمان مشاهده کنید در غیر اینصورت موارد ذکر شده را به طور جداگانه مشاهده و در شکل ۱-۸ رسم نمایید.



شکل ۱-۸ شکل موج پالس ورودی و خروجی اپتوکوپلر

۱-۳ سوالات آزمایش

- ۱- با توجه به شکل موج‌ها، این المان تا چه فرکانسی قابل استفاده است؟
- ۲- مزیت استفاده از اپتوکوپلر چیست؟ این المان به کدامیک از المان‌های قدرت شبیه است

۲ کنترل دور موتورهای القایی به روش V/F

۲-۱ مقدمه

اینورترها از جمله مبدل های dc-ac می باشند که به طور وسیعی در کاربردهای صنعتی استفاده می گردد. محرک های سرعت متغیر موتورهای ac، منابع تغذیه بی وقفه و . . . تنها بخشی از کاربردهای اینورترها به شمار می‌روند. در اینورترهای سه فاز، خروجی دارای ولتاژ متناوبی با اختلاف فازهای 0° ، 120° و 240° می باشد.

همانطور که بیان شد، یکی از کاربردهای اینورترهای سه فاز کنترل دور موتورهای AC است. زمانی که از اینورتر سه فاز برای کنترل دور موتور استفاده می‌گردد، از روش‌های کنترلی اسکالر و برداری برای اعمال فرمان مناسب به کلیدها و کنترل دور موثر و کارآمد موتور بهره‌گیری خواهد شد. یکی از این روش‌های کنترلی روش مبتنی بر Volt per Hertz است.

روش تثبیت نسبت ولتاژ به فرکانس (یا کنترل V/F ثابت)، ساده ترین روش کنترل موتورهای AC می‌باشد. امروزه این روش، بطور گسترده در کاربردهای صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این نوع کنترلرها از نوع اسکالر بوده و بصورت حلقه باز با پایداری خوب عمل می‌کنند. مزیت این روش سادگی سیستم‌های کنترلی آن است. در مقابل، این نوع کنترلرها برای کاربردها با پاسخ سریع مناسب نمی‌باشند.

در روش V/F نسبت دامنه ولتاژ خروجی به فرکانس آن همواره مقدار ثابتی نگه داشته می‌شود تا دامنه شار درون موتور ثابت باقی بماند؛ چراکه در صورت کاهش دامنه شار موتور، حداکثر گشتاور قابل حصول کاهش یابد و افزایش دامنه شار ماشین از مقدار نامی ممکن است سبب اشباع هسته گردد و راندمان موتور را کاهش دهد.

سرعت یک موتور القایی توسط سرعت سنکرون و سرعت لغزش رتور تعیین می‌گردد. با توجه به رابطه دور موتور آ سنکرون (۱۲-۱) می‌توان با تغییر فرکانس، سرعت سنکرون را تغییر، و دور موتور را کنترل نمود. به منظور ایجاد ولتاژ و فرکانس متغیر از اینورترهای ولتاژ استفاده می‌کنند. در اینورترهای ولتاژ، متغیر تحت کنترل همان ولتاژ و فرکانس اعمالی به استاتور است.

$$n_r = \frac{60f}{P} \quad (12-1)$$

که در این رابطه P تعداد زوج قطب های موتور القایی می‌باشد

۲-۲ آزمایش و تحلیل

در این آزمایش به بررسی نحوه کنترل دور موتور به کمک اینورتر سه فاز مبتنی بر روش کنترلی V/F پرداخته خواهد شد.

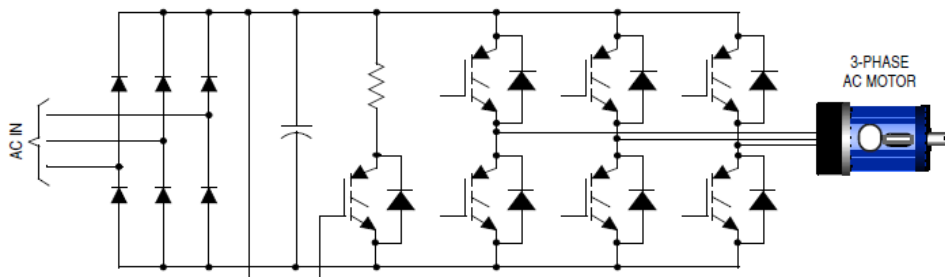
شکل ۲-۱ ساختار یک اینورتر دوسطحی سه فاز را نشان می‌دهد. برای استفاده از این ساختار در کاربردهای توان بالا و یا ولتاژ بالا، هر یک از کلیدهای Q1 تا Q6، از اتصال سری و یا موازی چند کلید دیگر تشکیل می‌شوند. در این ساختار نیز تغییرات سریع ولتاژ در خروجی، سبب نیاز به استفاده از فیلترهای LC بزرگ خواهد شد.

ماژول Volt per Hertz Speed Controller به عنوان مدار کنترل اینورتر سه فاز مورد استفاده قرار می‌گیرد که فرمان مناسب را جهت روشن و خاموش نمودن کلیدهای Q1 تا Q6 بر اساس روش کنترلی V/F ایجاد می‌کند. این ماژول بر اساس روش مدولاسیون عرض پالس سینوسی می‌باشد. برای پیاده‌سازی مدار آزمایش می‌توانید از مدل پیشنهادی در شکل ۲-۲ استفاده کنید.

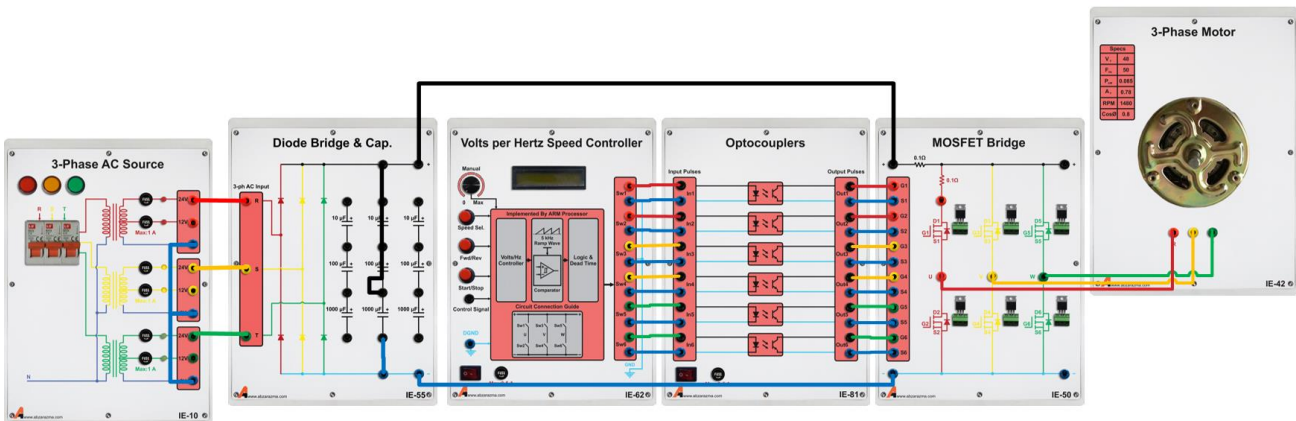
از ماژول موتور القایی که به صورت ستاره سربندی شده است به عنوان بار اینورتر استفاده نمایید و موثر ولتاژ تغذیه ورودی را ۲۴ ولت انتخاب کنید. ولوم تنظیم سرعت کنترلر V/F را روی نیمه قرار دهید. ماژول کنترلر V/F دارای دو مود تنظیم سرعت است. ۱- به کمک ولوم تنظیم سرعت؛ ۲- به کمک سیگنال کنترل خارجی که در بازه ۰ تا ۳٫۳ ولت می‌تواند متغیر باشد

به کمک کلید Speed Sel. مود تنظیم سرعت را $m=0$ انتخاب کنید. مود کنترل سرعت روی LCD کاراکتی نمایش داده می‌شود. به کمک کلید Fwd/Rev می‌توان جهت چرخش موتور را تغییر داد. ترمینال‌های Control Signal و DGND جهت اعمال سیگنال کنترل در مود تنظیم سرعت خارجی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

برای راه‌اندازی مدار ابتدا تغذیه سه فاز را روشن نمایید و پس از اطمینان از وجود ولتاژ لینک DC، کلید Run را در ماژول Volts per Hertz Speed Controller فشار دهید تا فرمان گیت از طریق اپتوکوپلرها به پل ماسفت اعمال شود.



شکل ۱-۲ مدار قدرت اینورتر سه‌فاز



شکل ۲-۲ مدل پیشنهادی برای پیاده‌سازی آزمایش کنترل سرعت موتور القایی مبتنی بر روش V/F

پس از راه‌اندازی، به کمک اسیلوسکوپ ولتاژ خط موتور را مشاهده کنید با تغییر ولوم تنظیم سرعت، عملکرد کنترل حلقه باز سرعت مبتنی بر روش V/F را بررسی نمایید.

با هر بار فشردن کلید Fwd /Rev جهت چرخش موتور تغییر می‌کند. تاثیر این کلید را بر نحوه پالس‌دهی به کلیدهای Q1 تا Q6 بررسی کنید.

۳ کنترل حلقه بسته سرعت موتور القایی

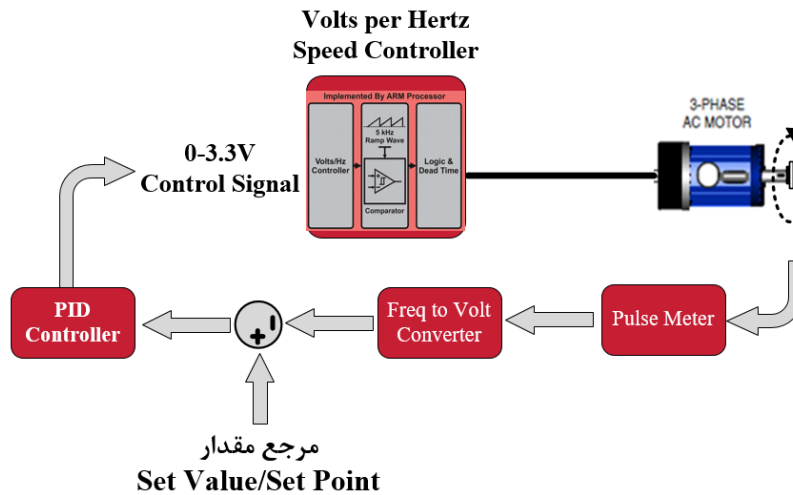
۱-۳ مقدمه

با توجه به مزایای فوق العاده زیاد موتور القایی سه فاز و کاربردهای متعدد مرتبط با کنترل دور موتور، کنترل دقیق دور موتور حائز اهمیت می‌باشد. در این آزمایش کنترل حلقه بسته موتور القایی به کمک ماژول کنترلر سرعت مبتنی بر روش V/F، ماژول کنترل کننده PID، سنسور القایی یا حساس به فلز و مبدل فرکانس به ولتاژ انجام می‌پذیرد.

۲-۳ آزمایش و تحلیل

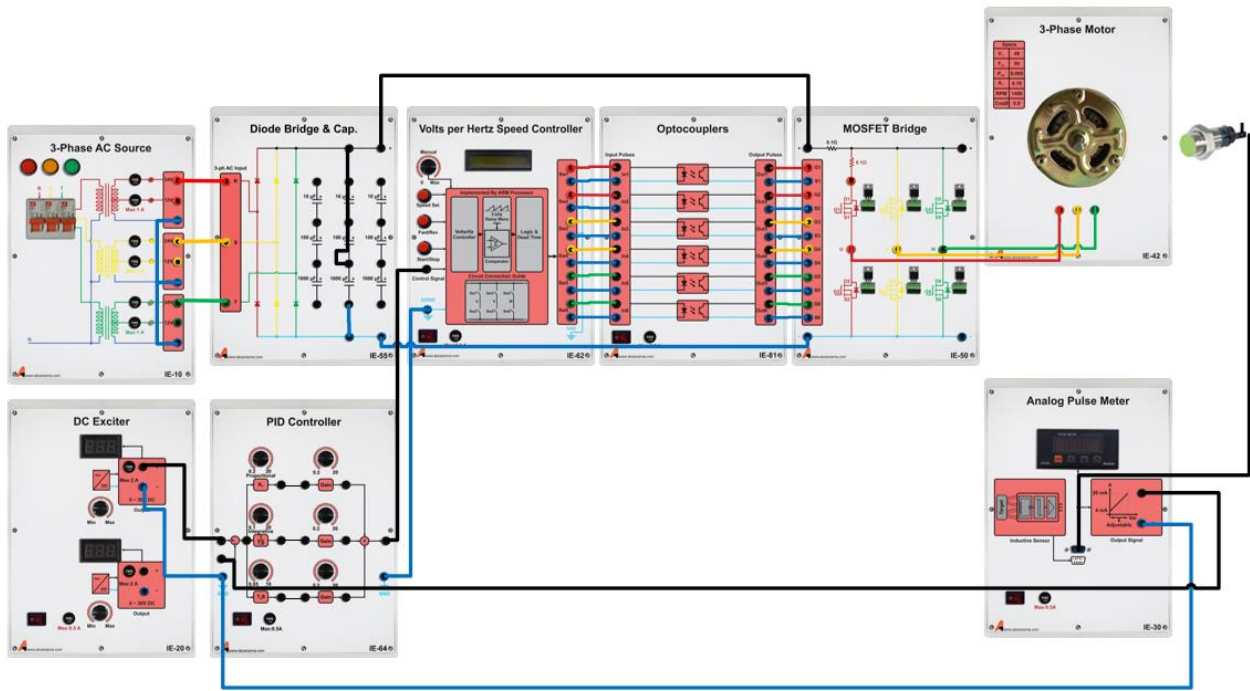
۱-۲-۳ کنترل حلقه بسته فرآیند کنترل دور موتور القایی

بلوک دیاگرام کنترل حلقه بسته موتور القایی در شکل ۳-۱ نشان داده شده است. سرعت موتور به کمک یک سنسور القایی اندازه‌گیری می‌شود و به کمک مبدل داخلی ماژول Analog Pulse Meter به یک سیگنال ولتاژی در محدوده ۰V تا ۳,۳ تبدیل می‌شود. سپس از مقدار سرعت مرجع کم می‌شود و نتیجه حاصل یک سیگنال پیوسته ۰ تا ۳,۳ ولت جهت اعمال به ماژول کنترل PID می‌باشد. ماژول PID مبتنی بر مدارات op-amp ای بوده و سیگنال خطا را که از تفاضل سیگنال مرجع و سیگنال فیدبک بدست آمده؛ دریافت می‌کند و یک سیگنال ولتاژی در محدوده ۰ تا ۳,۳ ولت در خروجی خود تولید می‌کند. این سیگنال جهت انجام عملیات کنترل، به ورودی Control Signal ماژول V/F اعمال می‌گردد. برای تنظیم ضرایب کنترل کننده PID به گونه‌ای عمل نمایید که مقدار خطا حداقل شود. پس از راه‌اندازی مدار، نتایج حاصل از آزمایش را در جدول ۳-۱ ثبت نمایید. برای تکمیل ردیف اول جدول کفایت رابطه خطی سرعت موتور با ولتاژ آنالوگ اعمالی به ماژول V/F را بدست آورید. در شکل ۳-۲ نحوه انجام اتصالات مدار آزمایش نشان داده شده است.



شکل ۳-۱ بلوک دیاگرام آزمایش کنترل حلقه بسته سرعت موتور القایی

جدول ۳-۱ نتایج کنترل حلقه بسته موتور القایی



شکل ۲-۳ نحوه اتصال ماژول‌های مورد نیاز جهت انجام کنترل حلقه بسته سرعت موتور القایی

۳-۳ سوالات آزمایش

- ۱- از لحاظ کنترل یک سیستم حلقه بسته مقاوم بودن سیستم حلقه بسته به تغییرات اغتشاش بسیار مهم می باشد. با توجه به آزمایش صورت گرفته مهم ترین اغتشاش در سیستم های کنترل دور موتور چه می باشد؟

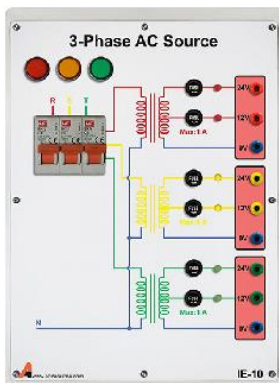
پیوست شماره یک

مشخصات ماژول‌های آموزنده الکترونیک صنعتی

منبع ولتاژ AC قابلیت تولید دو سطح ولتاژ 12 و 24V را دارا می‌باشد. تمام خروجی‌ها به وسیله فیوز حفاظت شده اند تا از اضافه بار کلیدها و ترانسفورماتورها جلوگیری شود.

مشخصات:

- ولتاژ ورودی: 380V
- ولتاژ فاز خروجی: 12-24V
- 6 عدد LED جهت نمایش وضعیت خروجی‌ها
- جریان خروجی: حداکثر 2A



IE - 10

3Phase AC Source-

این ماژول جهت تنظیم ولتاژ DC متغیر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مشخصات:

- دو خروجی 0 تا 35V ، 1A
- خط حذف گردید
- نمایشگر چهار رقمی



IE - 20

DC Exciter

از این دستگاه برای اندازه‌گیری ولتاژ و جریان تکفاز و DC، مقاومت، فرکانس و ... استفاده می‌شود.



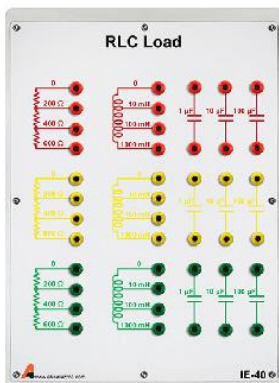
IE - 31

Multimeter

شامل بارهای مختلف و در مقادیر مختلف می‌باشد.

مشخصات:

- بار مقاومتی با مقادیر 1k Ω ، 220 Ω ، 470 Ω
- بار سلفی با مقادیر 10mH، 1mH و 100mH
- بار خازنی AC با مقادیر 100 μ F و 1 μ F، 10 μ F



IE - 40

RLC Load

این ماژول شامل یک موتور الکتریکی سه فاز و یک موتور یونیورسال می باشد.
مشخصات:

- موتور سه فاز: ولتاژ خط 48V، جریان کاری 5A/1
- موتور یونیورسال: ولتاژ 48V، جریان کاری 5A/1
- اتصالات به صورت فیشی و در سه رنگ مختلف

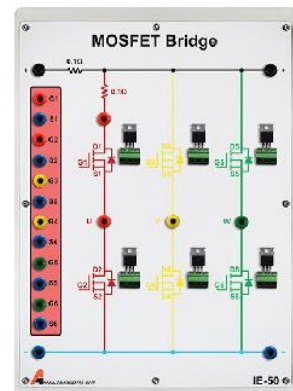


Phase & Universal Motor – 3

IE – 41

این ماژول جهت پیاده سازی پل سه فاز مبتنی بر Mosfet استفاده می گردد.
مشخصات:

- مدار قدرت پل سه فاز مبتنی بر ماسفت IRF450 با قابلیت تعویض
- امکان اعمال 6 عدد فرمان گیت- سورس
- امکان اندازه گیری ولتاژ و جریان کلید نیمه هادی
- امکان اندازه گیری ولتاژ و جریان باس DC
- سیم بندی و پیکربندی ساده آرایش های مبدل های توان

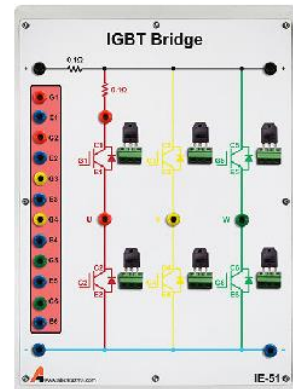


Mosfet Bridge

IE – 50

از پیکربندی پل سه فاز می توان برای پیاده سازی برشگر AC سه فاز استفاده نمود.
مشخصات:

- مدار قدرت پل سه فاز مبتنی بر IGBT Gh20n50 با قابلیت تعویض
- امکان اعمال 6 عدد فرمان گیت- سورس
- امکان اندازه گیری ولتاژ و جریان کلید نیمه هادی
- امکان اندازه گیری ولتاژ و جریان باس DC
- سیم بندی و پیکربندی ساده آرایش های مبدل های توان
- امکان اندازه گیری ولتاژ و جریان کلید نیمه هادی

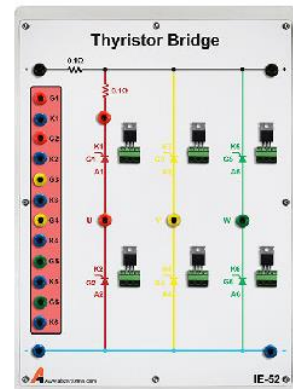


IGBT Bridge

IE – 51

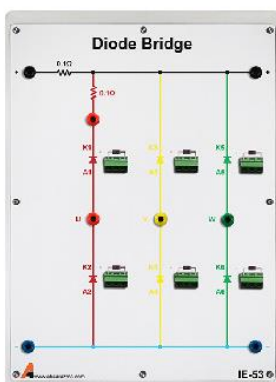
از پیکربندی پل سه فاز می توان برای پیاده سازی برشگر AC سه فاز استفاده نمود.
مشخصات:

- مدار قدرت پل سه فاز مبتنی بر تریستور BT151 با قابلیت تعویض
- امکان اندازه گیری ولتاژ و جریان کلید نیمه هادی
- امکان اندازه گیری ولتاژ و جریان باس DC
- سیم بندی و پیکربندی ساده آرایش های مبدل های توان



Thyristor Bridge

IE – 52



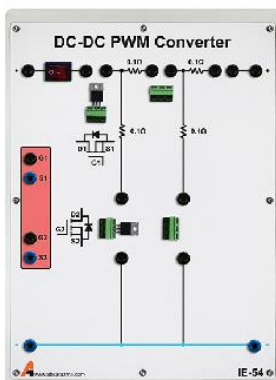
IE - 53

Diode Bridge

از پیکربندی پل سه‌فاز می‌توان برای پیاده‌سازی یکسوساز سه‌فاز کنترل شده و نشده استفاده نمود.

مشخصات:

- مدارهای قدرت پل سه‌فاز دیودی BY299 با قابلیت تعویض
- امکان اندازه‌گیری ولتاژ و جریان کلید نیمه هادی
- امکان اندازه‌گیری ولتاژ و جریان باس DC
- سیم‌بندی و پیکربندی ساده آرایش‌های مبدل‌های توان



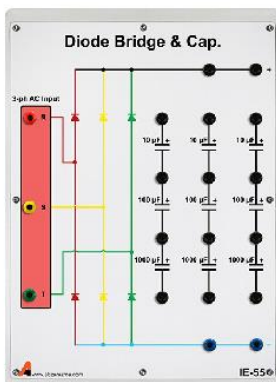
IE - 54

DC-DC PWM Converter

مبدل‌های PWM برای تبدیل سطوح مختلف ولتاژهای DC به یکدیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند. امکان پیاده‌سازی مبدل DC/DC با دو یا چهار المان ذخیره‌کننده انرژی مثل باک، بوست، باک-بوست، چوک، سپیک و زی‌تا وجود دارد.

مشخصات:

- ولتاژ کاری 0 تا 200V
- امکان اندازه‌گیری ولتاژ و جریان عناصر مدار
- جریان کاری 0 تا 8A
- امکان نصب راحت المان‌ها



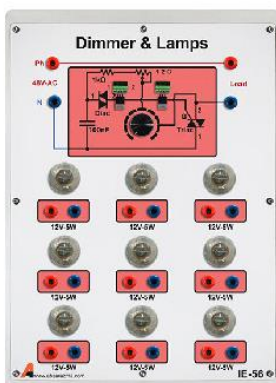
IE - 55

Diode Bridge & CAP

یکسوساز سه‌فاز دیودی یک مبدل AC/DC غیر قابل کنترل است که به کاربران امکان درک اصول تبدیل AC به DC را می‌دهد.

مشخصات:

- ولتاژ ورودی: 20-48 V AC
- ولتاژ خروجی: 25-115 V DC
- جریان ورودی: 2 A
- جریان خروجی: 2A
- حفاظت جریان هجومی توسط 500 Ω NTC



IE - 56

Dimmer & Lamps

دیمرها به منظور کنترل روشنایی لامپ‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. دیمرهای مدرن بر مبنای ساختار برشگرهای کنترل شده با کلیدهای الکترونیک قدرت ساخته می‌شوند.

مشخصات:

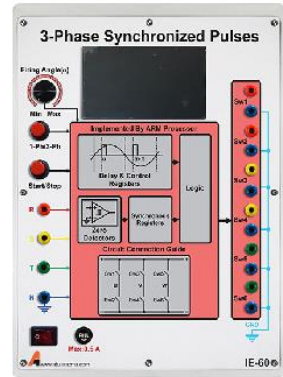
- ولتاژ ورودی: 48 V
- ولتاژ خروجی: صفر تا 48 V
- 9 عدد لامپ 12 V

این ماژول جهت تولید پالس های سه فاز برای برشگرهای AC و یکسوکننده‌های کنترل شونده مورد استفاده قرار می‌گیرد و به صورت دستی و کامپیوتری قابل تنظیم می‌باشد.
مشخصات:

- فرکانس خروجی برابر با فرکانس ورودی
- جریان خروجی حداکثر 50 mA
- تولید پالس های سه فاز با اختلاف زاویه 120 درجه
- زاویه آتش از 0 تا 180 درجه
- قابلیت انتخاب بین تولید پالس سه فاز و تکفاز
- کانکتور USB

3Phase Synchronized Pulses-

IE - 60

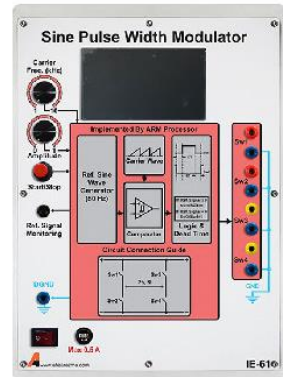


مدولاتور پهنای پالس سینوسی (SPWM) سیگنال های PWM را با مقایسه دو سیگنال سینوسی و رمپ تولید می نماید. دو خروجی مکمل یکدیگر هستند و برای اطمینان از کلیدزنی ایمن، بین پالس های کلید بالا و پایین زمان مرده در نظر گرفته شده است.
مشخصات:

- فرکانس موج حامل 1-20 kHz
- امکان تغییر دامنه سیگنال مرجع
- فرکانس موج سینوسی 50 Hz

Sine Pulse Width Modulator

IE - 61

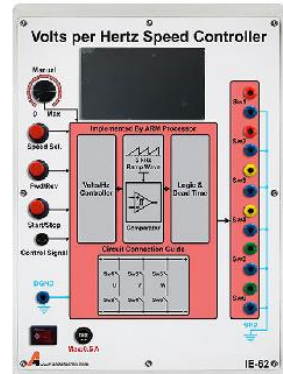


این ماژول فرمان های مدار اینورتر سه فاز را برای کنترل دور موتور سه فاز فراهم می کند.
مشخصات:

- فرکانس موج سینوسی 1-50 Hz
- فرکانس موج حامل 1-20 kHz
- قابلیت تنظیم سرعت و جهت دوران موتورالکتريکی

Volts Per Hertz Speed Controller

IE - 62

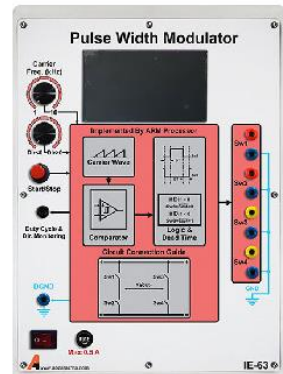


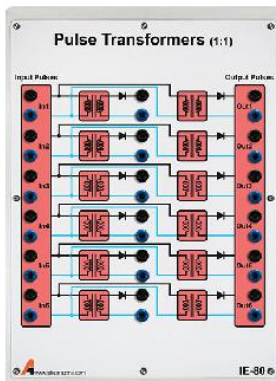
پالس های کلیدزنی توسط ماژول تولیدکننده PWM ایجاد می شود. یک موج دندانه اره‌ای با فرکانس متغیر با دوره کاری مرجع مقایسه می شود تا پالس های آتش کلیدها تولید شود.
مشخصات:

- فرکانس 1-20 kHz
- دوره کاری 0 تا 100 درصد

Pulse Width Modulator

IE - 63



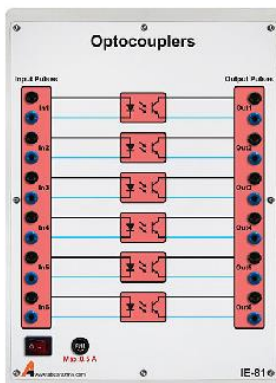


ترانسفورماتور پالس به گونه ای طراحی می شود که بتواند پالس های مربعی شکل را انتقال دهد. پالس های آتش با استفاده از ترانسفورماتور پالس از کلیدهای الکترونیک قدرت ایزوله می شوند. هر پالس ورودی به دو پالس ایزوله خروجی تبدیل می شود. مشخصات:

- ولتاژ ورودی 12 V
- ولتاژ خروجی 12 V
- جریان ورودی حداکثر 50 mA
- جریان خروجی حداکثر 30 mA

IE - 80

Pulse Transformers

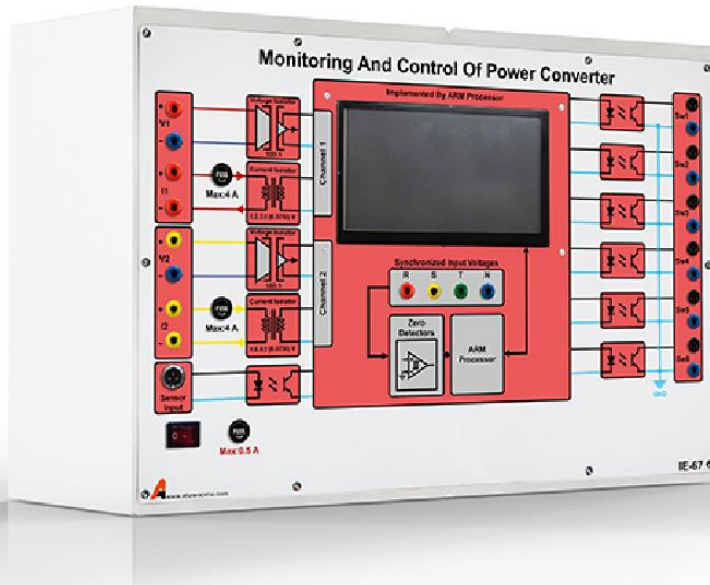


اپتوکوپلرها بین ماژول های کنترل و قدرت کلیدهای الکترونیک قدرت ایزولاسیون نوری ایجاد می کنند.

- مشخصات:
- ولتاژ ورودی: 0 تا 12 ولت
 - جریان خروجی: حداکثر 100 mA
 - ولتاژ خروجی: 0 تا 12 ولت
 - حداکثر فرکانس: 100 kHz

IE - 81

Optocouplers



ماژول مانیتورینگ و کنترل مبدل توان (MCPC-2)

توضیحات:

از این ماژول به منظور مانیتورینگ و کنترل همزمان مبدل‌های توان استفاده می‌گردد. این مبدل‌های توان جهت تبدیل توان الکتریکی / مغناطیسی و سایر انواع تبدیل توان به کار می‌رود. اندازه‌گیری ایزوله ولتاژ، جریان و پالس دیجیتال به وسیله مدارهای ایزولاتور مغناطیسی و نوری فراهم شده است. همچنین گذر از صفر ولتاژهای سه‌فاز با ایزولاسیون نوری فراهم شده است. پردازش اطلاعات ورودی توسط ریزپردازنده ARM صورت می‌گیرد. امکان مانیتورینگ ولتاژ، جریان، توان، ضریب توان، فرکانس و سرعت تجهیز مورد بررسی در این ماژول فراهم گردیده است. رسم شکل موج‌های متنوع در کنار نمایش مقادیر متوسط و موثر، امکان انتقال بهتر مفاهیم را فراهم می‌سازد. تولید پالس‌های فرمان برای انواع مبدل‌های الکترونیک صنعتی در این ماژول فراهم شده است.

مشخصات سخت افزاری:

- پردازنده ARM از سری Cortex-M3
- مانیتور ۷ اینچ با صفحه لمسی
- ورودی پالسی با دامنه ۱۲ تا ۲۴ ولت با ایزولاسیون نوری
- خروجی‌های دیجیتال ۰ تا ۱۲ ولت با ایزولاسیون نوری و تقویت جریان
- ورودی سه‌فاز با تشخیص گذر از صفر و ایزولاسیون نوری
- ولتاژ ورودی ۰ تا ۴۰۰V با ایزولاسیون گالوانیک
- جریان ورودی ۰ تا ۱۰A با ایزولاسیون گالوانیک

مشخصات نرم افزاری:

- پایش شکل موج‌های ولتاژ و جریان مدارهای الکترونیک صنعتی بدون نیاز به اسکپ و به وسیله ماژول مانیتورینگ و کنترل مبدل‌های توان
- تولید پالس‌های فرمان برای انواع مبدل‌های الکترونیک صنعتی شامل: یکسوسازهای تریستوری تک‌فاز نیم موج و تمام موج، یکسوسازهای تریستوری سه‌فاز سه‌پالسه و شش‌پالسه، برشگرهای AC تک‌فاز و سه‌فاز، اینورتر تک‌فاز و سه‌فاز، منابع تغذیه سویچینگ غیر ایزوله چون باک، بوست، باک-بوست
- تنظیم نرم‌افزاری و ساده انواع تکنیک‌های تولید پالس فرمان
- تولید زوایای آتش مدارهای تریستوری با امکان سنکرون‌سازی
- نمایش مقادیر متوسط و موثر ولتاژ و جریان و همچنین توان