شرکت دانش بنیان

تجهیزات ابزار آزما

نوآوری و فناوری برای توسعه

دستورکار جامع الکترونیک صنعتی

دستور کار ویژه دانشجو

تجهیزات آزمایشگ
Laboratory Equipment

نوآوری و فناوری برای توسعه

خراسان رضوی، مشهد، بزرگراه آسیایی، جاده شهرک صنعتی طوس، شهرک فناوری های نوین غذایی، ساختمان پژوهش، طبقه اول، شرکت تجهیزات ابزار آزما

www.abzarazma.ir

info@abzarazma.com

www.aparat.ir/abzarazma

+98 51 35420099 (3line)

ازمایشگاه های الکترونیک قدرت و ماشین الکتریکی
Power Electronics and Electrical Machines Labs

ازمایشگاه ماشین های الکتریکی
- آموزنده ترانسفورماتور (MC-101)
- آموزنده ماشین های القایی(آسنکرون) (MC-100)
- آموزنده ماشین های سنکرون (MC-103)
- آموزنده ماشین های الکتریکی DC (MC-102)
- آموزنده ماشین های الکتریکی پیشرفته (MC-105)
- آموزنده درایو ماشین های القایی(آسنکرون) (MC-104)
- آموزنده ماشین های مخصوص (MC-107)
- آموزنده ماشین های الکتریکی AC (MC-106)
- آموزنده مدار گسترده DC (MC-111)
- آموزنده ماشین الکتریکی با قابلیت پایش و کنترل نرم افزاری (MC-110)
- ماژول مانیتورینگ و کنترل ماشین های الکتریکی (MC-61)
- آموزنده مدار گسترده AC (MC-112)

ازمایشگاه الکترونیک صنعتی
- آموزنده الکترونیک صنعتی پیشرفته (IE-102)
- آموزنده الکترونیک صنعتی تکمیلی (IE-101)
- آموزنده الکترونیک صنعتی یکسو سازها و برشگرها (IE-104)
- آموزنده الکترونیک صنعتی کنترل پیشرفته موتور (IE-103)
- آموزنده الکترونیک صنعتی اینورتر و کنترل V/F (IE-106)
- آموزنده الکترونیک صنعتی مبدل های DC به DC (IE-105)
- آموزنده الکترونیک صنعتی با قابلیت پایش و کنترل نرم افزاری (IE-110)
- آموزنده الکترونیک صنعتی سیکلو کانورتر (IE-107)
- ماژول مانیتورینگ و کنترل مبدل های توان (IE-67)

ازمایشگاه الکترونیک قدرت
- آموزنده الکترونیک قدرت (IE-108)

ازمایشگاه های سیستم های قدرت و انرژی های نو
Power Systems and Renewable Energies Lab

ازمایشگاه بررسی سیستم های قدرت
- شبیه ساز بررسی سیستم های قدرت پایه (PSA-101)
- شبیه ساز بررسی سیستم های قدرت ۱ (PSA-100)
- شبیه ساز بررسی سیستم های قدرت پیشرفته (PSA-103)
- شبیه ساز بررسی سیستم های قدرت تکمیلی (PSA-102)
- شبیه ساز تحلیل سیستم های انرژی (PSA-105)
- شبیه ساز جامع بررسی سیستم های قدرت (PSA-104)
- آموزنده رله و حفاظت و سیستم قدرت (RP-104)
- آموزنده رله و حفاظت و شبیه ساز پست برق (RP-103)
- ماژول مانیتورینگ و کنترل سیستم های قدرت (RE-61)
- آموزنده رله و حفاظت و پست برق و سیستم های قدرت (RP-105)

ازمایشگاه حفاظت و رله
- آموزنده رله و حفاظت پایه (RP-100)
- آموزنده رله و حفاظت تکمیلی (RP-101)
- آموزنده رله و حفاظت پیشرفته (RP-102)
- آموزنده رله و حفاظت و شبیه ساز پست برق (RP-103)
- آموزنده رله و حفاظت و سیستم قدرت (RP-104)
- آموزنده رله و حفاظت و پست برق و سیستم قدرت (RP-105)
- آموزنده رله و حفاظت پست برق رله اضافه جریان (RP-106)
- آموزنده رله و حفاظت پست برق رله دیفرانسیل (RP-107)
- آموزنده رله و حفاظت پست برق رله دیستانس (RP-108)
- ماژول مانیتورینگ و کنترل سیستم های قدرت (RE-61)

ازمایشگاه انرژی های نو
- شبیه ساز تولید برق بادی پیشرفته (RE-102)
- شبیه ساز تولید برق بادی (RE-101)
- آموزنده تولید برق خورشیدی(فتوولتاییک) (RE-100)
- آموزنده تولید برق هایبرید (بادی-خورشیدی-پیل سوختی) (RE-105)
- آموزنده تولید برق پیل سوختی (RE-104)
- شبیه ساز تولید برق بادی و خورشیدی (RE-103)
- ماژول مانیتورینگ و کنترل سیستم های قدرت (RE-61)

ازمایشگاه ریز موج و انتن
- آموزنده ریز موج و انتن (TC-104)

ازمایشگاه پردازش سیگنال های دیجیتال
- آموزنده پردازش سیگنال های دیجیتال DSP (DL-107)

ازمایشگاه سیستم های دیجیتال
- آموزنده میکرو کنترلر ARM (DL-104)
- آموزنده میکرو کنترلر PIC (DL-105)
- آموزنده سیستم های دیجیتال۲ (DL-106)
- آموزنده مدار منطقی (DL-101)
- آموزنده سیستم های دیجیتال۱ (DL-102)
- آموزنده میکرو کنترلر AVR (DL-103)

ازمایشگاه مدارهای الکتریکی و اندازه گیری
- میز آزمایشگاه مدارهای الکتریکی و اندازه گیری (CI-103)
- میز آزمایشگاه مدارهای الکتریکی و اندازه گیری (CI-101)

ازمایشگاه الکترونیک
- میز آزمایشگاه الکترونیک (CI-102)
- آموزنده جامع مدارهای الکترونیکی (AE-106)
- آموزنده مدارهای الکترونیکی۱ (AE-102)

ازمایشگاه الکترونیک انالوگ
- آموزنده مدارهای الکترونیکی (AE-105)
- آموزنده مدارهای الکترونیکی۳ (AE-104)
- آموزنده مدارهای الکترونیکی۲ (AE-103)

کارگاه الکترونیک
- کارگاه تجهیزات SMD (BE-106)
- کارگاه مدار چاپی (BE-104)

ازمایشگاه مدارهای پالس و دیجیتال
- آموزنده مدارهای تکنیک پالس (AE-101)
- آموزنده مدارهای مجتمع (AE-100)

ازمایشگاه های الکترونیک و مخابرات
Electronics and Telecommunications Labs

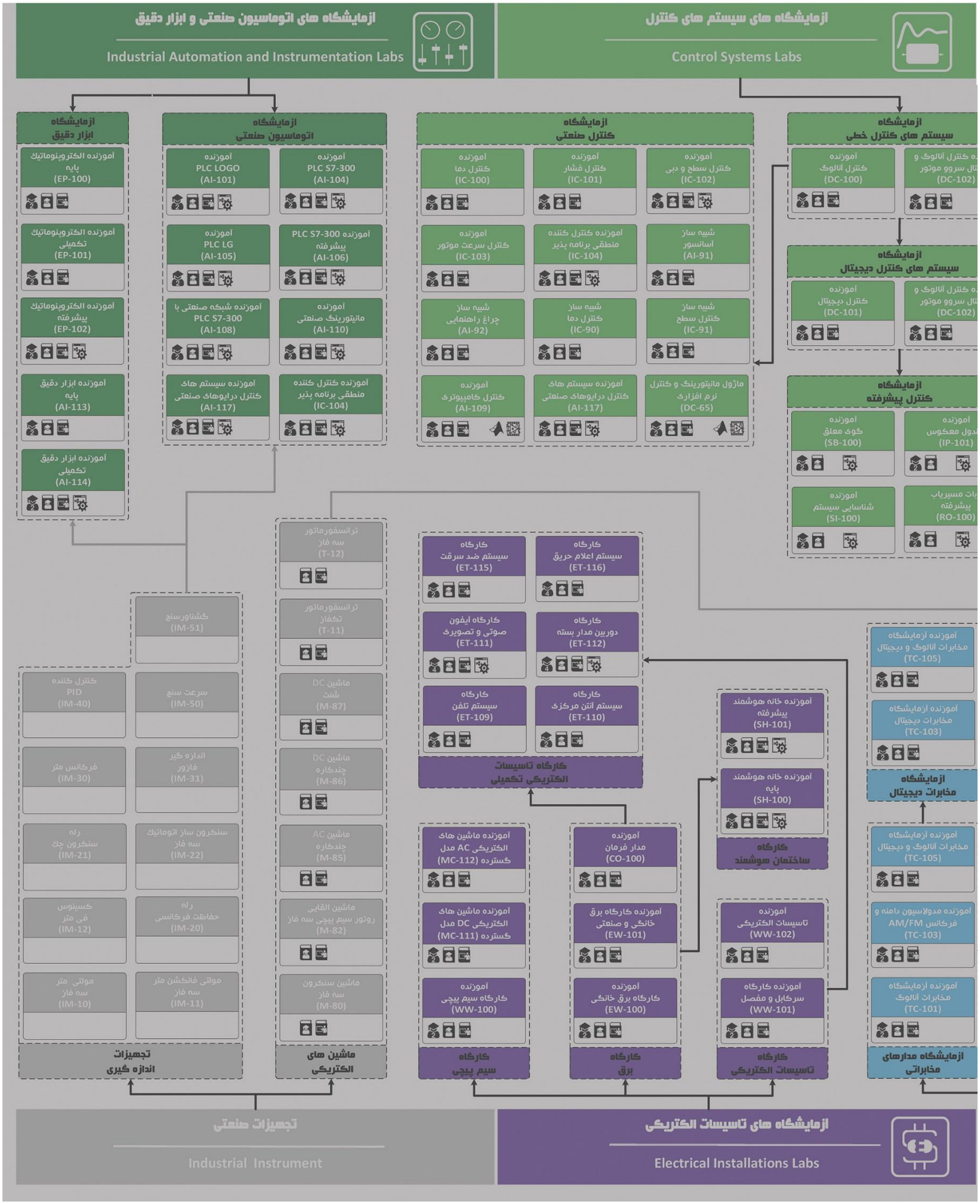
راهنما
- تعداد کاربر
- دستورکار مدرس
- اتصال به نرم افزار Matlab/Simulink
- دستورکار دانشجو
- اتصال به نرم افزار
- اتصال به نرم افزار Labview

شرکت دانش بنیان

تجهیزات ابزار آزما

...اهی مهندسی برق

Electrical Engineering L...



دستور کار آزمایشگاه الکترونیک صنعتی

اهداف:

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

پیشگفتار:

پیشنهاد می شود 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 پیش گزارش 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 آزمایش‌هاتأثیر قابل ملاحظه ای در درک کنترل فرآیندها دارد. مسلماً گزارش حاصل همراه با نقص و کاستی‌هایی است که با پیشنهادات شما مدرسین و دانشجویان عزیز در نسخه های بعدی برطرف خواهد شد.

نکات مهم:

هشـــــدار۱ (اقـــدامـــات احتیاطی)

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

ه شدار۲ (خطر آ سیب به دستگاه و شوک الکتریکی)

برای تعمیر تجهیزات از افراد واجد شـــرایط و با هماهنگی شـــرکت سازنده استفاده نمایید.

ه شدار۳ (خطر آ سیب به دستگاه و شوک الکتریکی)

هیچ‌گونه اصـــلاح و یا تغییری در وضـــعیت فعلی تجهیزات مجاز نیست.

هشدار۴ (خطر آسیب به تجهیزات)

به محدوده مجاز ورودی و خروجی‌های تجهیزات توجه شـــود و از اعمال ورودی خارج از محدوده مجاز به تجهیز خودداری شود.

هشدار۵ (شوک الکتریکی)

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

هشدار۶ (اقدامات احتیاطی)

اتصالات را به طور کامل بررسی کنید تا سیم‌ها 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، سیم‌بندی با حضور مدرس بررسی گردد.

هشدار۷ (اقدامات احتیاطی)

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

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

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

هشدار۸ (اقدامات احتیاطی)

در زمان¬های کار کردن با مدار تنها از منابع تغذیه ایزوله اســـتفاده کنید.

ادامه نکات مهم:

هشدار۹ (خطرات مربوط به مدارات الکترونیک قدرت)

- 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

هشدار۱۰ (اقدامات احتیاطی)

در هنگام وصـــل کردن کلید مدار، ولتاژ یا توان کمی به مدار جهت تســـت 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.

هشدار۱۰ (اقدامات احتیاطی)

در هنگام خاموش کردن مدار؛ ابتدا ولتاژ یا توان تغذیه به طور آهســـته کاهش یابد و ســـپس همه منابع تغذیه خاموش شـــود و اتصالات آنها قطع گردد.

دقت شـــوید بار به خروجی مدار متصـــل باقی بماند تا به طور کامل انرژی¬های ذخیره در سلف و خازن‌ها تخلیه شود.

هشدار۱۰ (اقدامات احتیاطی)

در هنگام ایجاد تغییرات در مدار، ابتدا مدار مطابق موارد قســـمت قبل خاموش شود. سپس تغییرات در اجزای مورد نظر ایجاد شود و دوباره مدار را بر ا ساس موارد احتیاطی ذکر شده به تغذیه مت صل نمائید.

کلیه حقوق این اثر متعلق به شرکت دانش بنیان تجهیزات ابزار آزما خاورمیانه می‌با شد. 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 مبدل های dc-dc غیر ایزوله با دو عنصر ذخیره انرژی ۱۵

پیوست شماره یک ۱۶

جـــــدول راهنما

شماره و عنوان آزمایش	IE-100	IE-101	IE-102	IE-103	IE-104	IE-105	IE-106	IE-107	IE-108	IE-109	IE-110
۱- اندازه‌گیری پارامترهای دیود قدرت، تریستور و ترایاک	❊	❊	❊		❊			❊		❊	❊
۲- مبدل‌های AC به DC تکفاز دیودی	❊	❊	❊		❊					❊	❊
۳- دیمر و کنترل ولتاژ AC تکفاز با ترایاک	❊	❊	❊					❊			
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	❊	❊	❊		❊			❊		❊	❊
۸- مبدل‌های AC به AC سه فاز	قابل توسعه	قابل توسعه	قابل توسعه		قابل توسعه			قابل توسعه		قابل توسعه	قابل توسعه
۹- بررسی رفتار IGBT، MOSFET 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- مبدل های dc-dc غیر ایزوله با دو عنصر ذخیره انرژی			❊			❊				❊	❊
۱۵- مبدل سیکلوکانورتر								❊			قابل توسعه
۱۶- معرفی واحد مانیتورینگ و کنترل مبدلهای توان											❊

۱ بررسی رفتار IGBT، MOSFET و اپتوکوپلر

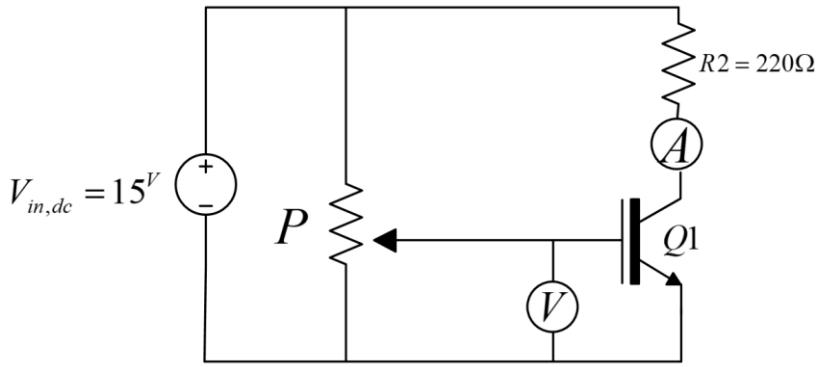
۱-۱ مقدمه

در تمام آزمایش‌های قبل تاکید بر مدارات الکترونیک صنعتی مبتنی بر تریستور 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 تریستور 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 تریستور تمام کنترل شونده می باشند. در این آزمایش با منحنی مشخصه و ویژگی های این کلیدهای نیمه هادی آشنا می‌شوید. اپتوکوپلر نیز به عنوان المانی پر کاربرد در طبقه درایو این کلیدها بررسی شده است.

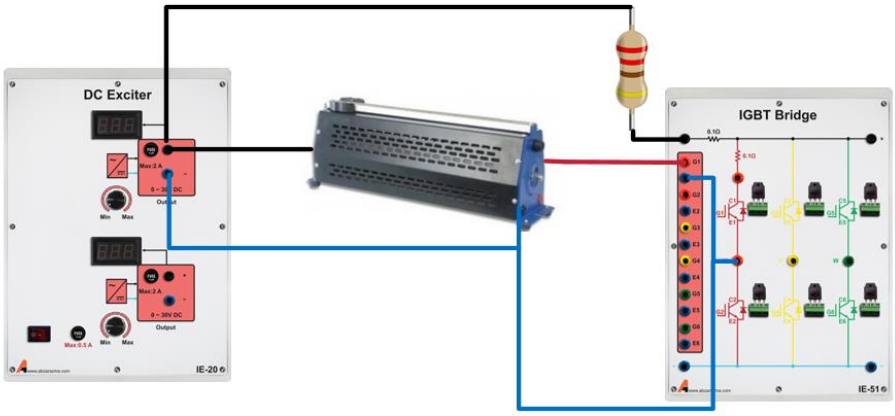
۱-۲ آزمایش و تحلیل

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 اندازه گیری 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 رئوستا 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؟

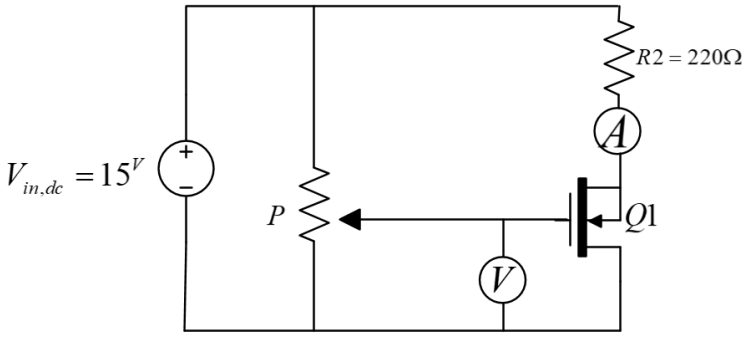
۴- حداکثر ولتاژ دو سر بار را اندازه گیری کرده و با ولتاژ ورودی مقایسه کنید؟علت اختلاف را توضیح دهید؟

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

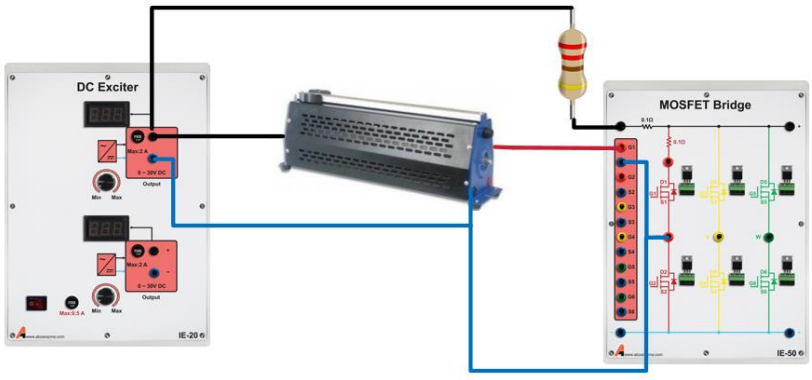
۶- افت ولتاژ مستقیم و مقاومت کلکتور – امیتر را در زمان روشن بودن IGBT تعیین کنید؟

۲-۲-۱اندازه‌گیری 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 اندازه گیری 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 رئوستا 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 .

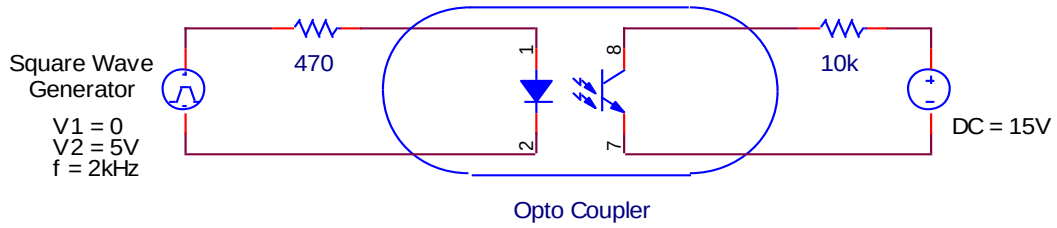
۵- مقادیر به دست آمده از آزمایش را با اطلاعات برگه مشخصات Power MOSFET مقایسه کرده، و علت اختلاف را شرح دهید .

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

۳-۲-۱مشاهده 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 بردبوردهای آزمایشگاهی استفاده کنید. از تراشه PS2501-1 و یا 6N137 می‌توانید به عنوان اپتوکوپلر در مدار زیر استفاده کنید. نکته لازم به ذکر این است که تراشه‌های نام‌برده جزء ایزولاتورهای نوری سریع و با فرکانس عملکردی بالا هستند.



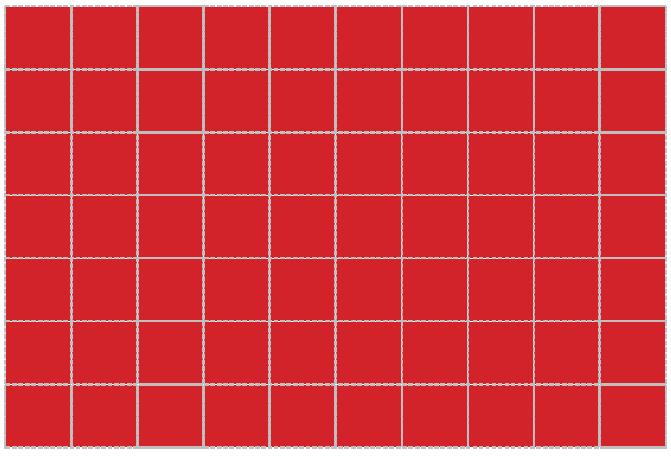
شکل ۵-۱ مدار پیشنهادی جهت بررسی رفتار اپتوکوپلر

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, t_f را به‌دست آورید .

۲- افت ولتاژ روی دیود فرستنده در حالت روشن چه‌قدر 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.



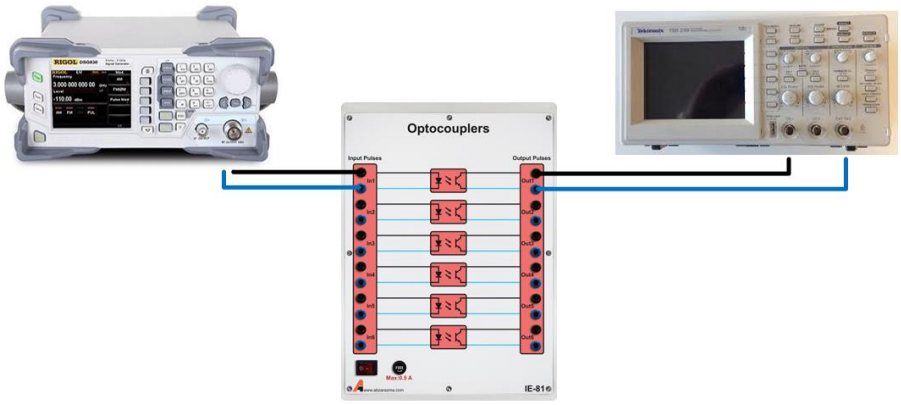
شکل ۶-۱ شکل موج پالس ورودی و خروجی اپتوکوپلر

۴- شکل موج های رسم شده در بند "ب" را تحلیل و نحوه‌ی رفتار اپتو کوپلر را توضیح دهید؟

۴-۲-۱بررسی رفتار اپتوکوپلر و درایور گیت

با توجه به اینکه اپتوکوپلر تنها برای ایزولاســیون بین مدارات فرمان و قدرت کاربرد دارد؛ لذا نیاز به وجود یک طبقه درایور جهت تقویت جریان گیت و بهبود حالت گذرای روشــن و خاموش شــدن کلیدهای نیمهادی نیز وجود دارد. با پیشــرفت‌های صــورت گرفته در زمینه ســاخت تراشــه‌های الکترونیکی، امروزه تراشــه‌هایی وجود دارد که به طور همزمان ایزولاســیون و تقویت جریان را انجام می‌دهد. تراشــه TLP250 یکی از این موارد ا ست. از این ترا شه در ساخت ماژول Optocouplers آموزنده الکترونیک صنعتی ا ستفاده شده ا ست. این ماژول دارای ۶ مدار ایزولاتور نوری و درایو گیت مستقل است

این‌بار 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 ۷-۱ است.



شکل ۷-۱ 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 ۸-۱ رسم نمایید.

شکل ۸-۱ شکل موج پالس ورودی و خروجی اپتوکوپلر

۳-۱ سوالات آزمایش

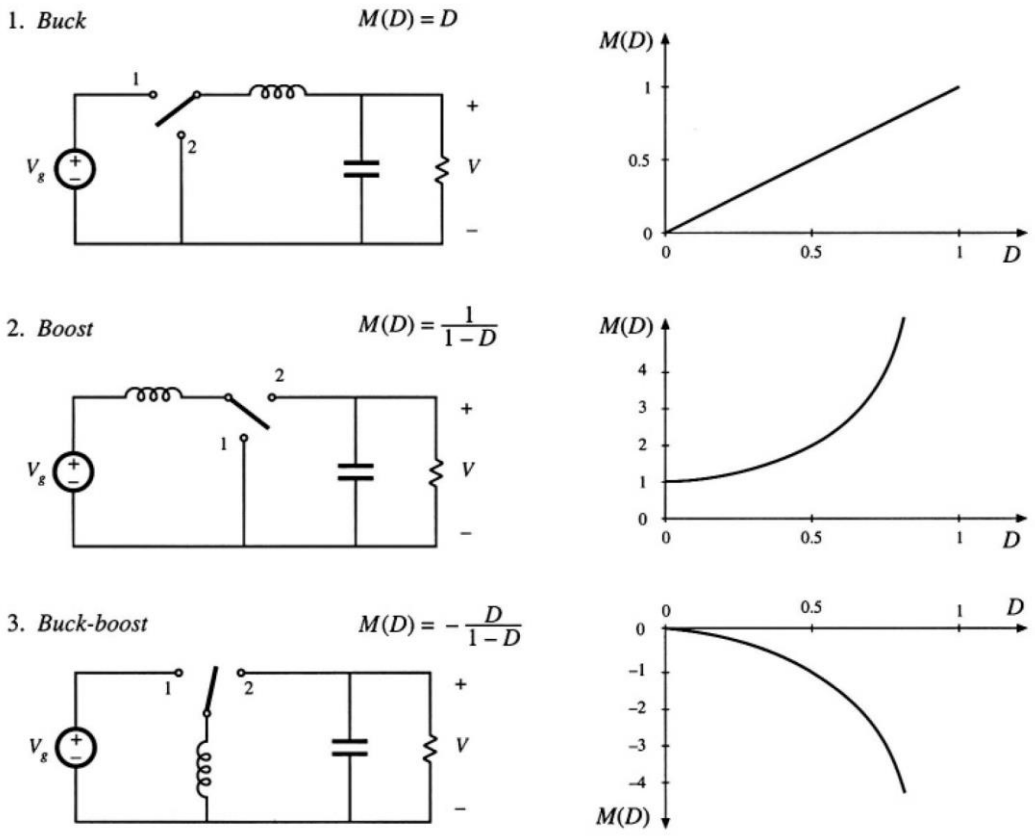
۱- با توجه به شکل موج‌ها، این المان تا چه فرکانسی قابل استفاده است ؟

۲- مزیت استفاده از اپتوکوپلر چیست ؟ این المان به کدامیک از المان‌های قدرت شبیه است

۲ مبدل های dc-dc غیر ایزوله با دو عنصر ذخیره انرژی

۲-۱ مقدمه

مبدل های dc-dc نقش قابل توجهی در الکترونیک صنعتی مدرن پیدا کرده‌اند. امروزه هسته و قلب مرکزی هر منبع تغذیه سوئیچینگ، یک مبدل dc-dc می باشد. این مبدل ها بر حسب ایزوله بودن ورودی از بار به دو دسته: ایزوله و غیر ایزوله دسته بندی می شوند. انواع ایزوله خارج از اهداف آموزشی درس الکترونیک صنعتی می‌باشد و به طور معمول در الکترونیک قدرت مورد بررسی قرار می گیرند. انواع غیر ایزوله مشتمل بر دسته کلی: کاهنده یا باک، افزاینده یا بوست و افزاینده-کاهنده یا باک-بوست می باشند. شماتیک این سه مبدل معروف در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل ۱-۲ آرایش مبدل های غیر ایزوله متداول دارای دو عنصر ذخیره انرژی به همراه نمودار نسبت تبدیل مبدل (M(D)) بر حسب دوره کاری (D): ۱) کاهنده، ۲) افزاینده و ۳) افزاینده-کاهنده

در شکل ۱-۲ نمودار و نسبت تبدیل سه مبدل رسم شده است. به کمک بردهای DC-DC PWM Converter و Pulse width Modulator امکان پیاده سازی آرایش‌های مختلف مبدل‌های DC-DC وجود خواهد داشت. لازم به ذکر است که فرمانهای تولید شده به وسیله مدار فرمان تولید کننده پالسهای PWM می بایست از طریق ماژول ایزوله کننده نوری (Optocoupler) به ماسفت قدرت واقع در مدار قدرت متصل شوند.

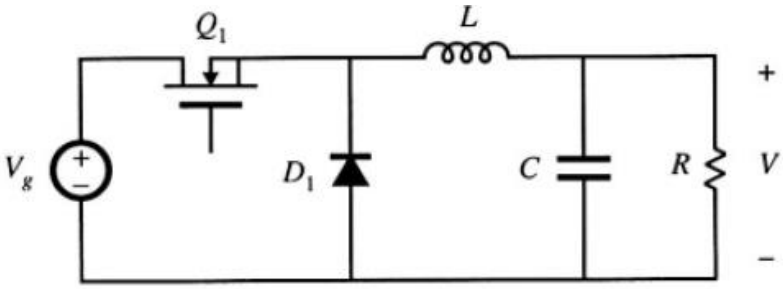
۲-۲ آزمایش و تحلیل

در این آزمایش به بررسی سه مبدل باک، بوست و باک- بوست پرداخته خواهد شد و کنترل حلقه باز هر مبدل مطرح می‌شود.

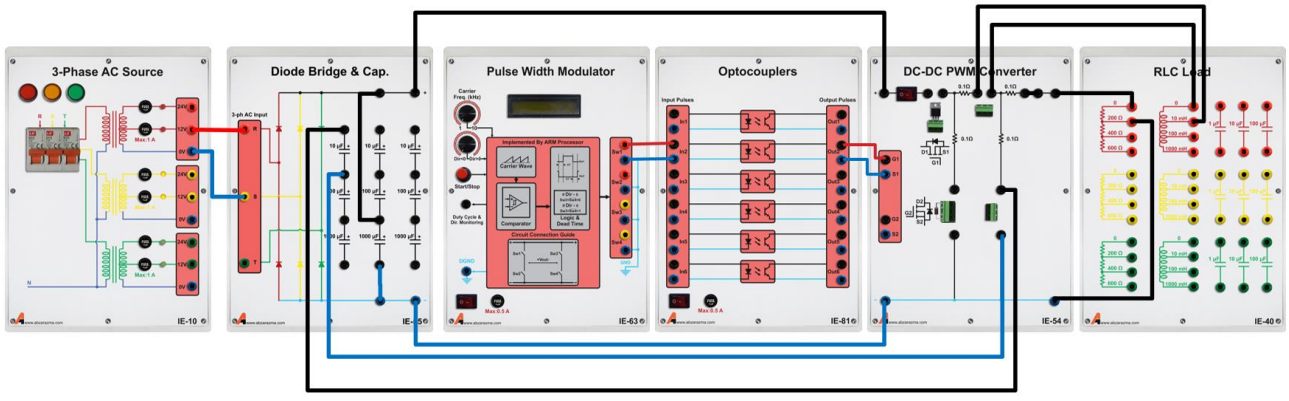
۱-۲-۲بررسی مبدل باک

مدار مبدل باک درشکل ۲-۲ نشان داده شده است. ابتدا مدار قدرت مبدل باک را بر روی ماژول DC-DC PWM Converter پیاده سازی نمائید. با توجه به اینکه این ماژول به گونه‌ای طراحی شده است که امکان پیاده‌سازی آرایش‌های مختلف بر روی آن وجود داشته باشد، لذا نیاز است در هر آرایش جایابی ادوات نیم‌هادی و یا سلف و خازن تغییر کند. امکان تغییر موقعیت کلیه ادوات وجود دارد. به عنوان مثال در مبدل باک نیاز است یک دیود سریع مانند UF4007 جایگزین کلید SW2 شود. ترمینال‌های لازم برای اتصال سلف و خازن خروجی بر روی ماژول وجود دارد. برای تامین تغذیه DC ورودی، ولتاژ AC ورودی به کمک پل دیودی یکسوشده و سپس به کمک خازن ریپل ولتاژ ورودی کاهش می‌یابد. به منظور کاهش ریپل ولتاژ یکسو شده از خازن ۱۰۰۰ میکرو فاراد استفاده می‌نماییم. ظرفیت سلف و خازن خروجی به ترتیب عبارتند از: ۱۰ میلی هانری و ۱۰ میکرو فاراد و همچنین از مقاومت ۲۰۰ اهم به عنوان بار استفاده نمائید.

ساختار پیشنهادی جهت پیاده سازی مبدل باک در شکل ۲-۳ نشان داده شده است. فرمان کلید SW1 از خروجی اول ماژول Pulse Width Modulator گرفته خواهد شد. برای راه‌اندازی مدار آزمایش ابتدا ولتاژ لینک DC را اعمال کنید اما دقت شود که کلید ورودی ماژول قدرت PWM در وضعیت صفر باشد. سپس فرمان کلید SW1 به واسطه اپتوکوپلر اعمال گردد. فرکانس سیگنال PWM را ۲ کیلوهرتز تنظیم نمائید همچنین عرض پالس را نیز بر روی ۲۵ در صد با .Dir مثبت تنظیم نمائید. در نهایت کلید ورودی مبدل را و صل کنید.



شکل ۲-۲ آرایش مبدل باک تحقق یافته به وسیله کلیدهای نیمه هادی قدرت



شکل ۲-۳ مدل پیشنهادی جهت پیاده‌سازی مبدل باک

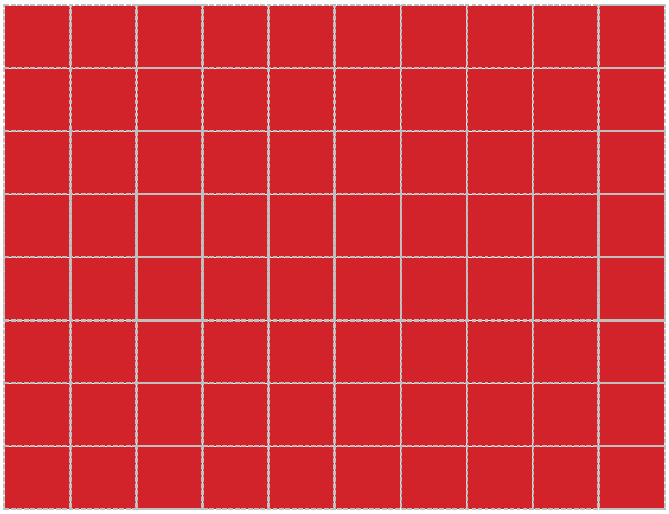
پس از راه‌اندازی مدار مبدل باک، خواسته‌های آزمایش را برآورده سازید

۱- جدول ۱-۲ را نکمیل نمایید

جدول ۱-۲ نتایج پیاده‌سازی مبدل باک

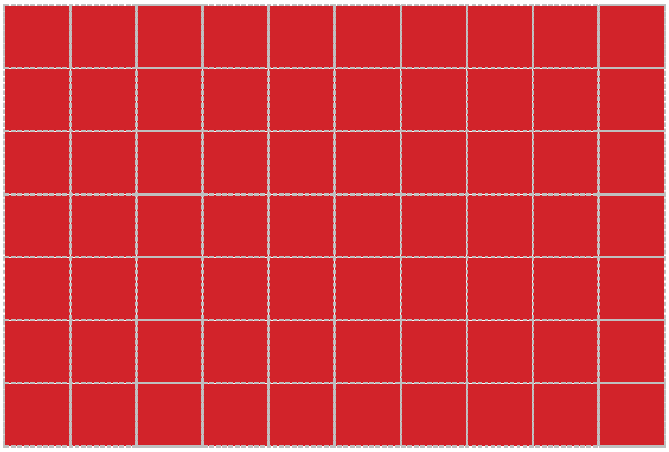
	۵KHz			۷,۵KHz			۵KHz			۷,۵KHz		

۲- شکل موج ولتاژ خروجی را همراه با ریپل کلیدزنی به‌ازای سیکل وظیفه ۵۰ درصد و فرکانس کلیدزنی ۱ کیلوهرتز در شکل ۴-۲ رسم کنید.



شکل ۴-۲ شکل موج ولتاژ خروجی هراه با ریپل کلیدزنی

۳- شکل موج ولتاژ درین- سورس و گیت- سورس سوئیچ همراه با شکل موج آند- کاتد دیود را به طور همزمان در شکل ۵-۲ رسم کنید و پس از بررسی حالات کلیدزنی، نسبت به بررسی نحوه عملکرد این منبع تغذیه سوئیچینگ اقدام نمایید.



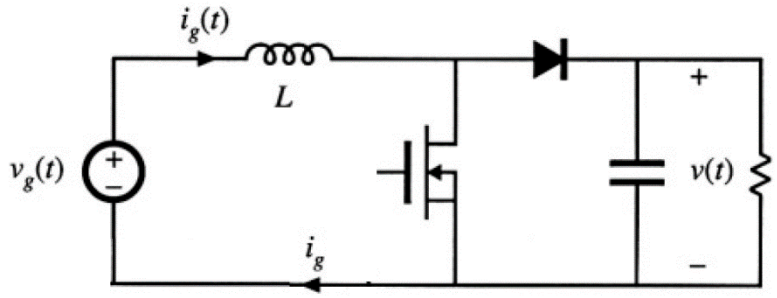
شکل ۵-۲ شکل موج ولتاژ گیت- سورس و آند- کاتد کلیدها

۴-با تغییر مقدار سلف و خازن خروجی، تغییرات ولتاژ خروجی را به ازای دوره های کاری مختلف تحقیق نمائید.

۴- اثر تغییر سلف و خازن فیلتر را بر روی میزان ریپل ولتاژ خروجی بررسی نمائید.

۲-۲-۲ بررسی مبدل بوست

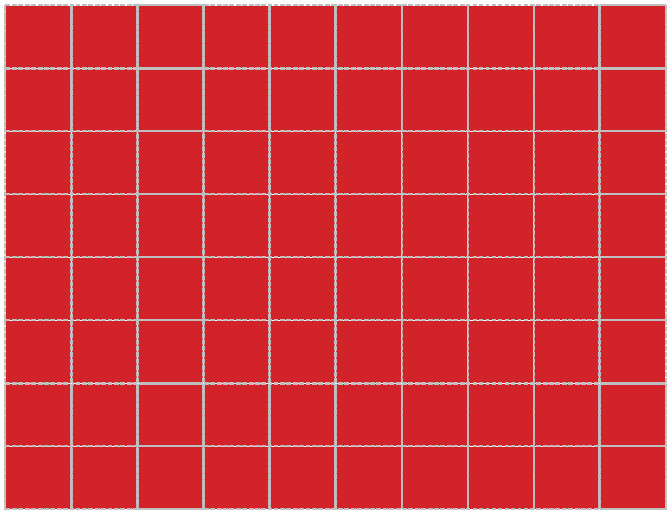
مبدل بوست را مشابه مبدل باک بر روی ماژول DC-DC PWM Converter پیاده سازی نمائید. برای این منظور به‌جای SW1، سلف ۱۰ میلی هانری قرار دهید و فرمان SW2 از خروجی اول ماژول PWM به واسطه اپتوکوپلر گرفته می‌شود. به ترمینال فونیکس که در خروجی مدار قدرت قرار گرفته ا ست، دیود سریع متصل خواهد شد. آرایش این مبدل به صورت شکل ۶-۲ می با شد. ظرفیت خازن و مقاومت بار را به ترتیب ، ۱۰۰۰ میکرو فاراد و ۴۰۰ اهم برگزینید.



شکل ۶-۲ آرایش مبدل بوست تحقق یافته به وسیله کلیدهای نیمه هادی قدرت

مقدار سیکل وظیفه و یا دوره کاری را به کمک سعی خطا در مقداری تنظیم نمائید که خروجی ۳۰ ولت گردد. مقدار دروه کاری را از روی LCD خوانده و نتیجه را با مقدار تئوری مورد انتظار مقایسه نمائید.

۱- شکل موج ولتاژ خروجی را همراه با ریپل کلیدزنی به‌ازای سیکل وظیفه ۵۰ درصد و فرکانس کلیدزنی ۱ کیلوهرتز در شکل ۷-۲ رسم کنید.



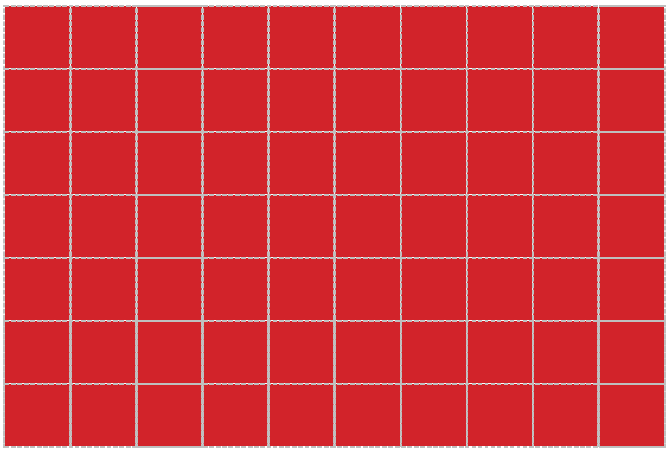
شکل ۷-۲ شکل موج ولتاژ خروجی هراه با ریپل کلیدزنی

۲- جدول ۲-۲ را نکمیل نمایید

جدول ۲-۲ نتایج پیاده‌سازی مبدل بوست

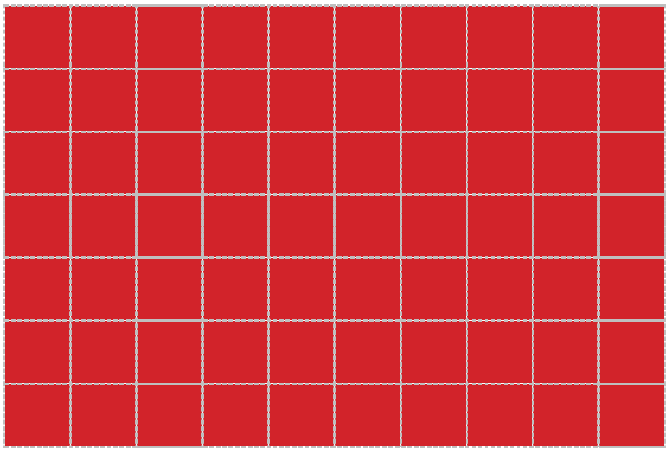
۷,۵KHz		۵KHz		۷,۵KHz		۵KHz		

۳- شکل موج ولتاژ درین- سورس و گیت- سورس سوئیچ همراه با شکل موج آند- کاتد دیود را به طور همزمان در شکل ۸-۲ رسم کنید و پس از بررسی حالات کلیدزنی، نسبت به بررسی نحوه عملکرد این منبع تغذیه سوئیچینگ اقدام نمایید.



شکل ۸-۲ شکل موج ولتاژ گیت- سورس و آند- کاتد کلیدها

۴- ریپل جریان سلف ورودی چند درصد است؟ شکل موج جریان سلف را در شکل ۹-۲ رسم نمایید

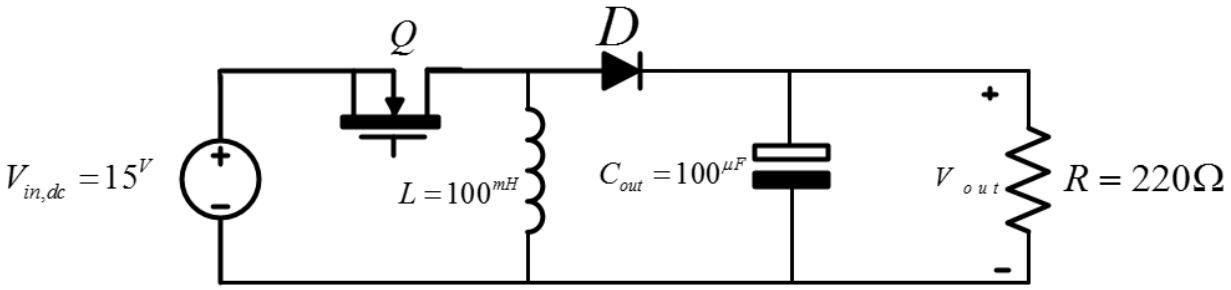


شکل ۹-۲ شکل موج جریان سلف

۵- مقدار بار را ۲۰ درصـــد کاهش و افزایش دهید و تغییرات ولتاژ خروجی را ثبت نمائید. رابطه تغییرات بار با تغییرات ولتاژ خروجی مستقیم است یا معکوس؟

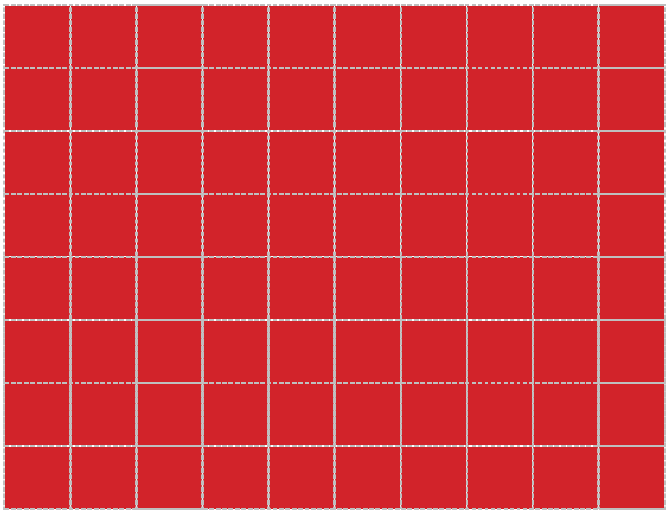
۳-۲-۲ بررسی مبدل باک-بوست

در این بخش مبدل باک-بو ست با مقادیر نشان داده شده در شکل ۲-۱۰ مورد برر سی قرار می گیرد. مانند دو مرحله قبل مدار قدرت، ایزولاتور نوری و فرمان را برقرار سازید. پس از پیاده‌سازی به موارد خواسته شده در آزمایش پاسخ دهید.



شکل ۲-۱۰ آرایش مبدل باک-بوست تحقق یافته به وسیله کلیدهای نیمه هادی قدرت

۱- شکل موج ولتاژ خروجی را همراه با ریپل کلیدزنی به‌ازای سیکل وظیفه ۳۰ در صد و فرکانس کلیدزنی ۱ کیلوهرتز در شکل ۲-۱۱ رسم کنید.



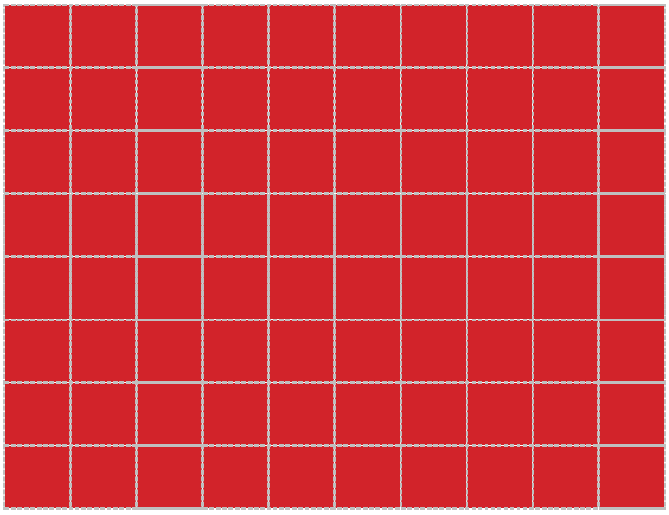
شکل ۲-۱۱ شکل موج ولتاژ خروجی هراه با ریپل کلیدزنی

۲- جدول ۲-۳ را نکمیل نمایید

جدول ۲-۳ نتایج پیاده‌سازی مبدل باک- بوست

۷,۵KHz		۵KHz		۷,۵KHz		۵KHz		

۳- شکل موج ولتاژ درین- سورس و گیت- سورس سوئیچ همراه با شکل موج آند- کاتد دیود را به طور همزمان در شکل ۲-۱۲ ر سم کنید و پس از بررسی حالات کلیدزنی، نسبت به بررسی نحوه عملکرد این مبدل سوئیچینگ اقدام نمایید.



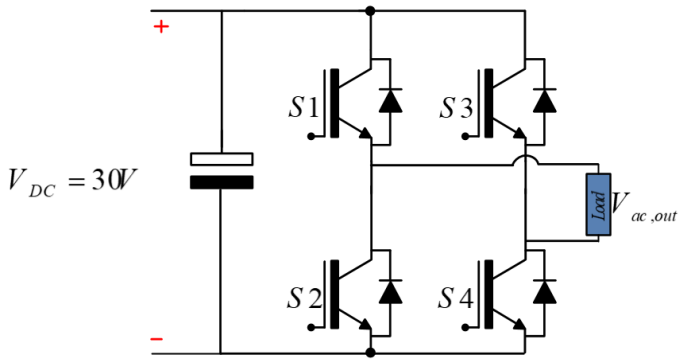
شکل ۲-۱۲ شکل موج ولتاژ گیت- سورس و آند- کاتد کلیدها

۲-۲-۴ مبدل DC به AC تمام پل با مدولاسیون عرض پالس

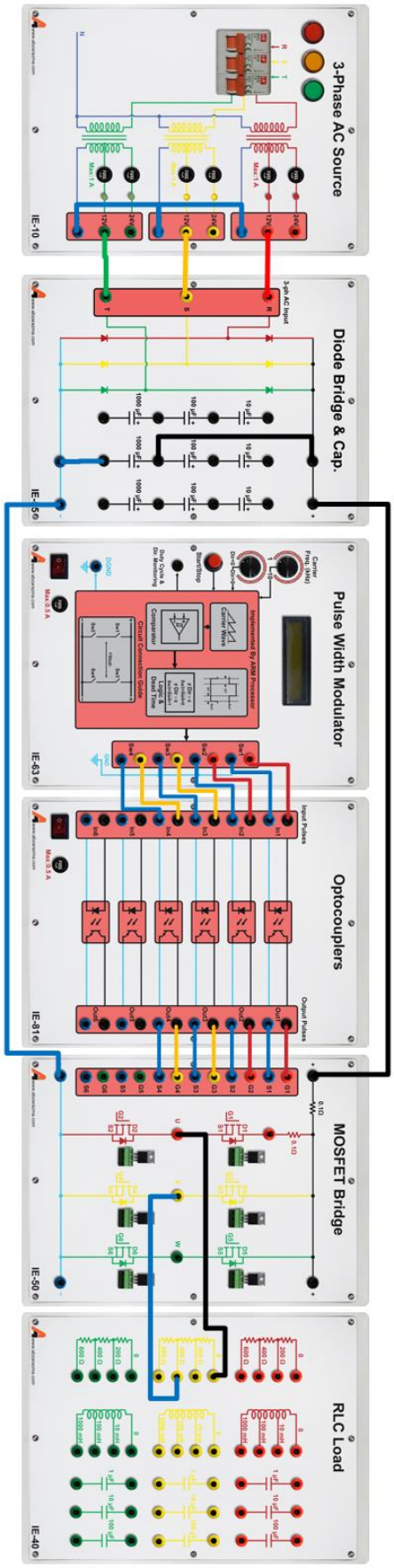
در این بخش از آزمایش به برر سی مبدل DC به AC دارای ساختار تمام پل با روش مدولا سیون عرض پالس پرداخته خواهد شد. این ساختار می‌تواند بخشی از یک مبدل DC-DC باشد که به آن مبدل DC-DC تمام پل گفته می‌شود. در این شرایط خروجی مبدل به یک ترانسفورماتور فرکانس بالا اعمال می شود و پس از تغییر سطح ولتاژ آن، به کمک پل یکسو ساز مجددا به یک ولتاژ مستقیم برای تغذیه بار تبدیل می‌گردد.

برای راه‌اندازی مدار آزمایش ابتدا ولتاژ لینک DC را اعمال کنید فرمان کلیدهای SW1 تا SW4 به واسطه اپتوکوپلر اعمال گردد. فرکانس سیگنال PWM را ۲ کیلوهرتز تنظیم نمائید همچنین عرض پالس را نیز بر روی ۵۰ در صد با .Dir منفی تنظیم نمائید. با ف شردن کلید Run برروی ماژول PWM، پالس گیت به ماسفت‌ها اعمال شده و بار خروجی تغذیه خواهد شد.

در شکل ۲-۱۴ مدل پیشنهادی برای پیاده‌سازی اینورتر تمام پل با مدولاسیون PWM، نشان داده شده است.



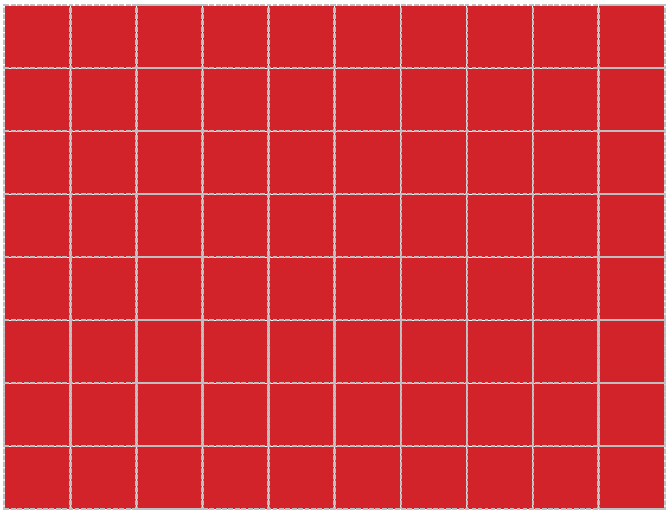
شکل ۲-۱۳ ساختار مبدل تمام پل با خروجی متناوب



شکل ۱۴-۲ مدل پیشنهادی جهت پیاده‌سازی اینورتر تمام پل با مدولاسیون عرض پالس

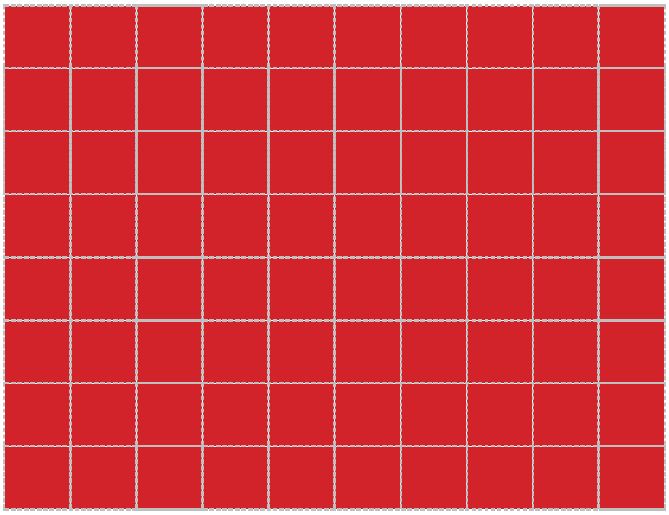
پس از راه‌اندازی مبدل مورد مطالعه، به سوالات زیر پاسخ دهید

۱- شکل موج ولتاژ خروجی را در شرایط فعلی در شکل ۱۵-۲ ر سم کنید. با تغییر فرکانس سیگنال حامل چه تغییری در شکل موج ولتاژ خروجی مشاهده می‌شود.



شکل ۱۵-۲ شکل موج ولتاژ خروجی به ازای سیکل وظیفه ۵۰ درصد

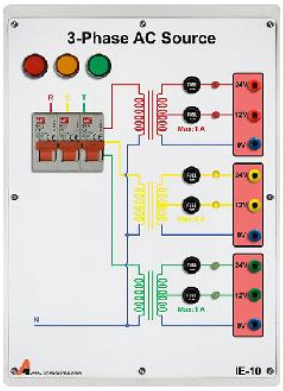
۲- فرکانس کلیدزنی را حداقل ممکن قرار دهید و به ازای سیکل وظیفه ۱۰۰ با .Dir مثبت، شکل موج ولتاژ خروجی را در شکل ۱۶-۲ رسم کنید و با توجه به آن معادله ولتاژ خروجی را با در نظر گرفتن هارمونیک های اول تا چهارم بدست آورید؟ برای سادگی از زمان مرده بین حالات کلیدزنی صرف نظر کنید.



شکل ۱۶-۲ شکل موج ولتاژ خروجی به ازای سیکل وظیفه ۱۰۰ درصد

پیوست شماره یک

مشخصات ماژول‌های آموزنده الکترونیک صنعتی



منبع ولتاژ AC قابلیت تولید دو سطح ولتاژ 12و24 V را دارا می باشد. تمام خروجی ها به وسیله فیوز حفاظت شده اند تا از اضافه بار کلید ها و ترانسفورماتورها جلوگیری شود.

مشخصات:

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

IE – 10 | 3Phase AC Source–

این ماژول جهت تنظیم ولتاژ DC متغیر مورد استفاده قرار می گیرد.

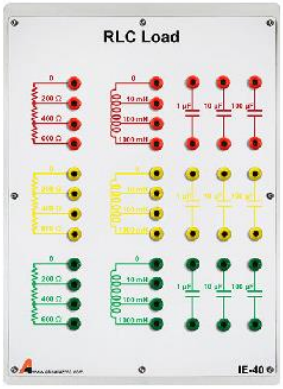
مشخصات:

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

IE – 20 | DC Exciter

از این دستگاه برای اندازه گیری ولتاژ و جریان تکفاز و DC، مقاومت، فرکانس و ... استفاده می شود.

IE – 31 | Multimeter



شامل بارهای مختلف و در مقادیر مختلف می باشد.

مشخصات:

- بار مقاومتی با مقادیر 470Ω، 220Ω و 1kΩ
- بار سلفی با مقادیر 1mH، 10mH و 100mH
- بار خازن AC با مقادیر 1uF، 10uF و 100uF

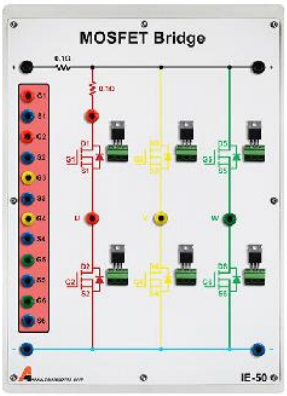
IE – 40 | RLC Load

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

IE – 41 | Phase & Universial Motor – 3

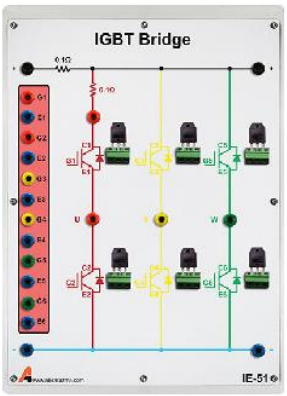


این ماژول جهت پیاده سازی پل سه فاز مبتنی بر Mosfet استفاده می گردد.

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 مبدل‌های توان

IE – 50 | Mosfet Bridge

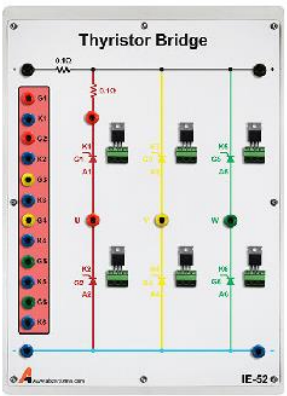


از پیکربندی پل سه‌فاز می توان برای پیاده سازی برشگر AC سه‌فاز استفاده نمود.

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 مبدل‌های توان
- امکان اندازه گیری ولتاژ و جریان کلید نیمه هادی

IE – 51 | IGBT Bridge

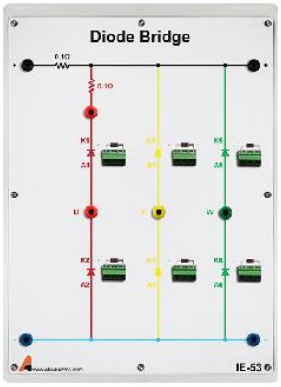


از پیکربندی پل سه‌فاز می توان برای پیاده سازی برشگر AC سه‌فاز استفاده نمود.

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 مبدل‌های توان

IE – 52 | Thyristor Bridge

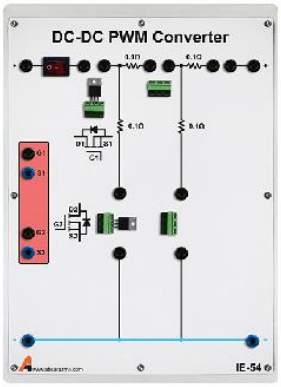


از پیکربندی پل سه‌فاز می توان برای پیاده سازی یکسوساز سه‌فاز کنترل شده و نشده استفاده نمود.

مشخصات:

- مدارهای قدرت پل سه فاز دیودی BY299 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 مبدل‌های توان

IE – 53 Diode Bridge

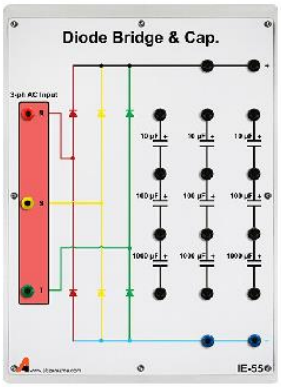


مبدل های PWM برای تبدیل سطوح مختلف ولتاژهای DC به یکدیگر مورد استفاده قرار می گیرند. امکان پیاده سازی مبدل DC/DC با دو یا چهار المان ذخیره کننده انرژی مثل باک، بوست، باک-بوست، چوک، سپیک و زیتا وجود دارد.

مشخصات:

- ولتاژ کاری 0 تا 200V
- امکان اندازه گیری ولتاژ و جریان عناصر مدار
- جریان کاری 0 تا 8A
- امکان نصب راحت المان ها

IE – 54 DC-DC PWM Converter

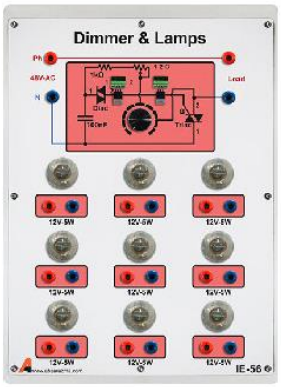


یکسوساز سه‌فاز دیودی یک مبدل AC/DC غیر قابل کنترل است که به کاربران امکان درک اصول تبدیل AC به DC را می دهد.

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 □ 0 :NTC

IE – 55 Diode Bridge & CAP

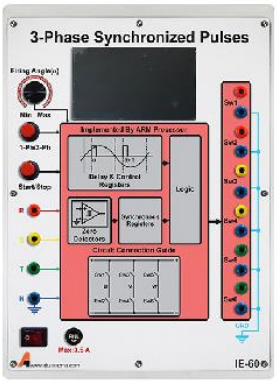


دیمرها به منظور کنترل روشنایی لامپ ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. دیمرهای مدرن بر مبنای ساختار برشگرهای کنترل شده با کلیدهای الکترونیک قدرت ساخته می شوند

مشخصات:

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

IE – 56 Dimmer & Lamps

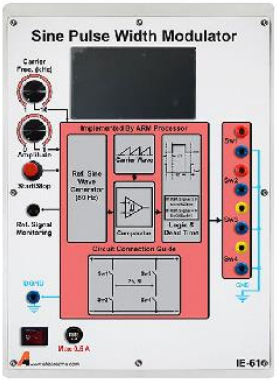


این ماژول جهت تولید پالس های سه‌فاز برای برشگرهای AC و یکسوکننده‌های کنترل شونده مورد استفاده قرار می‌گیرد و به صورت دستی و کامپیوتری قابل تنظیم می‌باشد.

مشخصات:

- فرکانس خروجی برابر با فرکانس ورودی
- جریان خروجی حداکثر 50 mA
- تولید پالس های سه‌فاز با اختلاف زاویه 120 درجه
- زاویه آتش از0 تا 180 درجه
- قابلیت انتخاب بین تولید پالس سه‌فاز و تکفاز
- کانکتور USB

IE – 60 | 3Phase Synchronized Pulses–

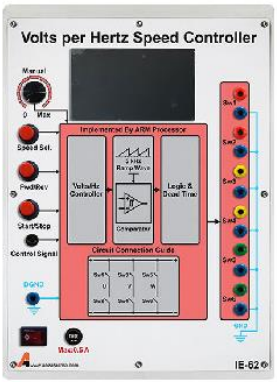


مدولاتور پهنای پالس سینوسی (SPWM) سیگنال های PWM را با مقایسه دو سیگنال سینوسی و رمپ تولید می نماید. دو خروجی مکمل یکدیگر هستند و برای اطمینان از کلیدزنی ایمن، بین پالس های کلید بالا و پایین زمان مرده در نظر گرفته شده است.

مشخصات:

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

IE – 61 | Sine Pulse Width Modulator

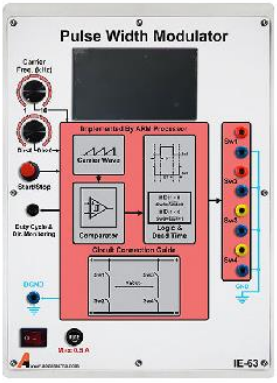


این ماژول فرمان‌های مدار اینورتر سه‌فاز را برای کنترل دور موتور سه‌فاز فراهم می کند.

مشخصات:

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

IE – 62 | Volts Per Hertz Speed Controller

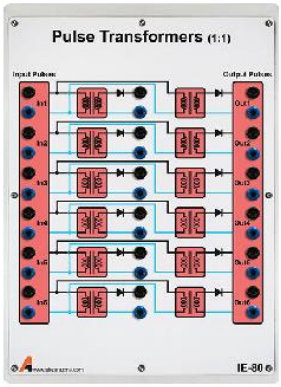


پالس های کلیدزنی توسط ماژول تولیدکننده PWM ایجاد می شود. یک موج دندانه اره‌ای با فرکانس متغیر با دوره کاری مرجع مقایسه می شود تا پالس های آتش کلیدها تولید شود.

مشخصات:

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

IE – 63 | Pulse Width Modulator

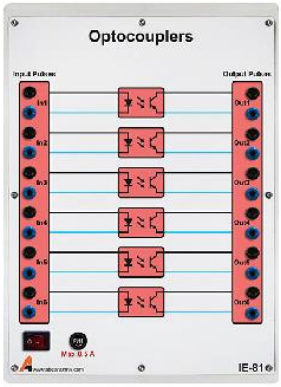


ترانسفورماتور پالس به گونه ای طراحی می شود که بتواند پالس های مربعی شکل را انتقال دهد. پالس های آتش با استفاده از ترانسفورماتور پالس ازکلیدهای الکترونیک قدرت ایزوله می شوند. هر پالس ورودی به دو پالس ایزوله خروجی تبدیل می شود.

مشخصات:

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

IE – 80 Pulse Transformers

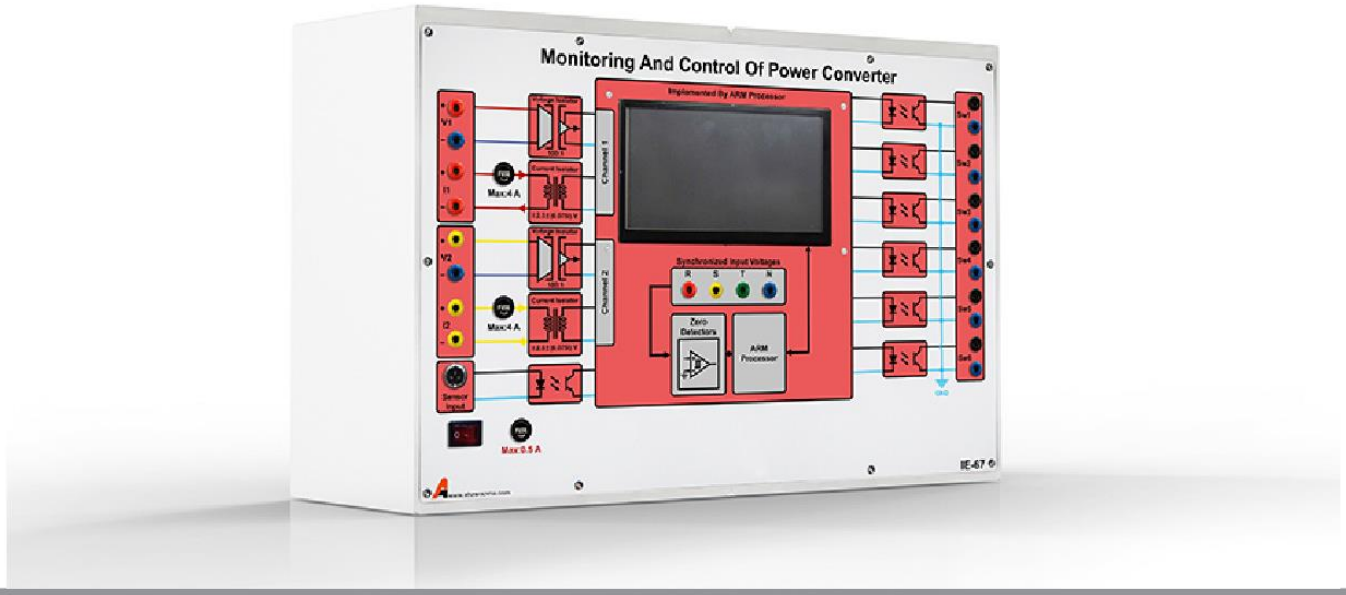


اپتوکوپلرها بین ماژول های کنترل و قدرت کلیدهای الکترونیک قدرت ایزولاسیون نوری ایجاد می کنند.

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 می گردد. 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 پالس های فرمان برای انواع مبدل های الکترونیک صنعتی در این ماژول فراهم شده است.

مشخصات سخت افزاری:

- پردازنده ARM از سری Cortex-M۳
- مانیتور ۷ اینچ با صفحه لمسی
- ورودی پالسی با دامنه ۱۲ تا ۲۴ ولت با ایزولاسیون نوری
- خروجی های 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 پالس های فرمان برای انواع مبدل های الکترونیک صنعتی شامل: یکسوسازهای تریستوری تک‌فاز نیم موج و تمام موج، یکسوسازهای تریستوری سه‌فاز سه‌پالسه و شش پالسه، برشگرهای AC تک‌فاز و سه‌فاز، اینورتر تک‌فاز و سه‌فاز، منابع تغذیه سوییچینگ 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