

دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش الکترونیک

عنوان

طراحی و ساخت مجموعه آموزشی آزمایشگاه الکترونیک صنعتی

(بخش دوم)

استاد راهنما

دکتر عباس غایب لو

نگارش

مهری قشمی

تابستان ۹۶

دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشکده مهندسی گروه برق  
 دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشکده مهندسی گروه برق  
 دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشکده مهندسی گروه برق  
 دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشکده مهندسی گروه برق

**سپاسگذاری**

سپاس و ستایش مے خدای را جل و جلاله که آثار قدرت او بر چهره روز روشن، تابان است و انوار  
 حکمت او در دل شب تار، در فشان. آفریدگاری که خویشتن را به ما شناساند و درهای علم را بر ما  
 گشود و عمری و فرصتی عطا فرمود تا بدان، بنده ضعیف خویش را در طریق علم و معرفت بیازماید. گروه برق آزمایشگاه  
 از پدر و مادر عزیزم، این دو معلم بزرگوارم که همواره بر کوتاهی و درشتی من، قلم عفو کشیده و  
 در کنار غفلت‌هایم گذشته‌اند و در تمام عرصه‌های زندگی یار و یآوری بی چشم داشت برای من  
 بوده‌اند، تشکر می‌کنم.

همچنین سپاسگذار استاد گرانقدر، جناب آقای دکتر عباس غایبلو که از ابتدای راه و در کلیه مراحل  
 انجام این پژوهش، با خوشرویی و دقت نظر خاصی مرا در نگارش این اثر یاری و راهنمایی نمودند،  
 هستم.

دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشکده مهندسی گروه برق  
 دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشکده مهندسی گروه برق  
 دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشکده مهندسی گروه برق  
 دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشکده مهندسی گروه برق  
 دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشکده مهندسی گروه برق  
 دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشکده مهندسی گروه برق  
 دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشکده مهندسی گروه برق  
 دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشکده مهندسی گروه برق  
 دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشکده مهندسی گروه برق

## چکیده

در این پروژه به طراحی و ساخت بخش دوم مجموعه آموزشی آزمایشگاه الکترونیک صنعتی که شامل ماژول اینورتر و سیکلوکانورتر و ماژول بار است، پرداخته می‌شود. در طراحی این پروژه سعی شده است قالب آموزشی به صورت مناسب رعایت گردد. در ماژول اول که شامل اینورتر و سیکلوکانورتر می‌باشد، سوئیچ‌ها به طوری طراحی و چیدمان شده است که دانشجو قادر به انجام کلیه آزمایش‌های اینورتر تک‌فاز و سه‌فاز و سیکلوکانورتر تک‌فاز و سه‌فاز می‌باشد، همچنین ماژول قادر به انجام آزمایش‌های مربوط به دیمر نیز می‌باشد. در ماژول بار نیز سعی شده است که تمامی المان‌های مورد نیاز در آزمایش‌ها به طور کامل پوشش داده شوند. برای برآورده شدن این اهداف ابتدا به طراحی پنل‌های دستگاه و آماده‌سازی آن‌ها و جعبه‌های مخصوص به آن‌ها پرداخته شده است. سپس مونتاژ قطعات روی آن‌ها انجام شده است. البته در هر دو ماژول به دلیل نبود قطعات مونتاژ شده است. به صورت کامل انجام نشده است. در این پروژه برد الکترونیکی نیز طراحی و ساخته شده است که مربوط به بخش اول مجموعه آموزشی می‌باشد و تست روی ماژول‌ها انجام نشده است.

## واژه‌های کلیدی:

آزمایشگاه الکترونیک صنعتی، اینورتر، سیکلوکانورتر، ماژول، پنل.

فهرست عناوین	صفحه
۱ کلیاتی درباره‌ی مدارهای اینورتر و دیمر در الکترونیک قدرت	۱
۱-۱ مفهوم الکترونیک قدرت [۲]	۲
۱-۲ عناصر نیمه هادی قدرت	۲
۱-۲-۱ دیویدهای قدرت [۱]	۲
۱-۲-۲ تریستور	۲
۱-۲-۳ تریاک [۴]	۴
۱-۲-۴ دیاک [۳]	۴
۱-۳ انواع مبدل‌های الکترونیک قدرت [۲]	۵
۱-۴ اینورترها	۶
۱-۴-۱ اینورتر پل تک فاز [۲]	۶
۱-۴-۲ اینورتر سه فاز [۲]	۸
۱-۵ دیمر [۷]	۹
۲ معرفی دو نمونه مجموعه آموزشی آزمایشگاه الکترونیک صنعتی	۱۰
۱-۲ مجموعه آموزشی آزمایشگاه الکترونیک صنعتی شرکت رایان نیک [۴]	۱۱
۱-۲-۱ معرفی ماژول‌ها	۱۴
۱-۲-۱-۱ ماژول ایزولاسیون برق ورودی	۱۴
۱-۲-۱-۲ ماژول تغذیه AC,DC	۱۴
۱-۲-۱-۳ ماژول بار AC,DC	۱۵
۱-۲-۱-۴ ماژول یکسوساز - AC به DC	۱۶
۱-۲-۱-۵ ماژول اینورتر - DC به AC	۱۷
۱-۲-۱-۶ ماژول سوئیچ‌های قدرت AC,DC	۱۸
۱-۲-۱-۷ ماژول مدارهای تریگر AC,DC	۱۹
۱-۲-۱-۸ ماژول سوئیچ استاتیک و دیمر	۲۰
۱-۲-۱-۹ ماژول مدارات حفاظتی	۲۱
۱-۲-۱-۱۰ ماژول برشگر - DC به DC	۲۲
۱-۲-۱-۱۱ ماژول سوئیچ صفر	۲۳
۱-۲-۲ مجموعه آموزشی آزمایشگاه الکترونیک صنعتی شرکت خارجی ییلدیریم الکترونیک [۵]	۲۵
۱-۲-۲ D-LAB-P ماژول رابط کامپیوتر	۲۶
۱-۲-۲ D-LAB ماژول رابط	۲۷

.....	۲۷
.....	۲۷
.....	۲۸
.....	۲۸
.....	۲۸
.....	۲۹
.....	۲۹
.....	۳۰
.....	۳۰
.....	۳۰
.....	۳۱
.....	۳۱
.....	۳۲
.....	۳۲
.....	۳۳
.....	۳۳
.....	۳۴
.....	۳۴
.....	۳۵
.....	۳۵
.....	۳۵
.....	۳۶
.....	۳۷
.....	۳۷
.....	۳۸
.....	۳۹
.....	۳۹
.....	۴۰
.....	۴۱
.....	۴۱
.....	۴۲



صفحه	فهرست اشکال
۳	شکل ۱-۱ علامت تریستور و سه پیوند pn
۳	شکل ۱-۲ مشخصه V-I تریستور
۴	شکل ۳-۱ نماد مداری تریاک
۵	شکل ۴-۱ نماد مداری دیاک
۷	شکل ۵-۱ اینورتر نیم پل تک فاز
۸	شکل ۶-۱ اینورتر تمام پل تک فاز
۹	شکل ۷-۱ اینورتر پل سه فاز
۹	شکل ۸-۱ مدار دیمر
۱۲	شکل ۱-۲ مدل RN-600
۱۴	شکل ۲-۲ ماژول ایزولاسیون برق ورودی
۱۵	شکل ۳-۲ ماژول تغذیه DC,AC
۱۶	شکل ۴-۲ ماژول بار AC,DC
۱۷	شکل ۵-۲ ماژول یکسوساز
۱۸	شکل ۶-۲ ماژول اینورتر
۱۹	شکل ۷-۲ ماژول سوئیچ‌های قدرت AC,DC
۲۰	شکل ۸-۲ ماژول مدارهای تریگر AC,DC
۲۱	شکل ۹-۲ ماژول سوئیچ استاتیک و دیمر
۲۲	شکل ۱۰-۲ ماژول مدارات حفاظتی
۲۳	شکل ۱۱-۲ ماژول برشگر
۲۴	شکل ۱۲-۲ ماژول سوئیچ صفر
۲۶	شکل ۱۳-۲ مدل Y-0035
۳۷	شکل ۱-۳ قسمت‌های مختلف پل اینورتر و سیکلکانورتر
۳۸	شکل ۲-۳ قسمت‌های مختلف پل ماژول بار
۴۰	شکل ۳-۳ نمای بیرونی ماژول اینورتر و سیکلکانورتر
۴۱	شکل ۴-۳ نمای بیرونی ماژول بار
۴۲	شکل ۵-۳ نمای بالایی برد حفاظتی
۴۲	شکل ۶-۳ نمای پایینی برد حفاظتی
۴۳	شکل ۷-۳ شماتیک سخت افزار تغذیه برد
۴۴	شکل ۸-۳ شماتیک سخت افزار آشکارساز عبور از صفر
۴۴	شکل ۹-۳ شماتیک سخت افزار حفاظت جریانی





## کلیاتی درباره‌ی مدارهای اینورتر و دیمر در الکترونیک قدرت

در پایان نامه بخش اول طراحی و ساخت مجموعه آموزشی الکترونیک صنعتی به کلیاتی از مفاهیم الکترونیک قدرت، دیودهای قدرت، تریتورها و یکسوسازهای دیودی و تریتوری پرداخته شده است، در این فصل ابتدا توضیح مختصری از این مفاهیم ذکر شده و سپس به بیان کلیاتی درباره مفاهیم اینورتر و دیمر پرداخته می‌شود.

## ۱-۱ مفهوم الکترونیک قدرت [۲]

بخشی از الکترونیک قدرت<sup>۱</sup> متعلق به مهندسی قدرت و بخش دیگر متعلق به مهندسی الکترونیک است. مهندسی قدرت به طور کلی با تولید، انتقال، توزیع و کاربرد انرژی الکتریکی سروکار دارد. از طرف دیگر مهندسی الکترونیک در مورد تولید، انتقال و دریافت بدون اغتشاش داده‌ها و سیگنال‌های توان پایین در حدود وات یا میلی‌وات بحث می‌کند. همچنین در مهندسی قدرت به بازده سیستم‌ها نسبت به مهندسی الکترونیک توجه بیشتری می‌شود.

الکترونیک قدرت مبحثی است که به کاربردهای مفاهیم الکترونیک در سطوح مختلف توان به جای سطوح مختلف سیگنال می‌پردازد و با دستگاه‌ها و تجهیزاتی سروکار دارد که مقادیر نامی آن‌ها به جای دامنه سیگنال برحسب سطوح توان تعریف می‌شود.

## ۱-۲ عناصر نیمه هادی قدرت

این قطعات به طور کلی سه دسته‌اند: (۱) دیودهای قدرت، (۲) ترانزیستورها (۳) تریتورها. دیودها تنها از یک پیوند pn ساخته می‌شوند اما ترانزیستورها دو پیوند pn دارند و تریتورها نیز سه پیوند pn دارند. [۱]

### ۱-۲-۱ دیودهای قدرت [۱]

دیودهای قدرت نقش مهمی در مدارهای الکترونیک قدرت برای تبدیل توان الکتریکی ایفا می‌نمایند. دیود که به عنوان کلیدی عمل می‌کند که در کاربردهای مختلفی از قبیل کلیدهای یکسوساز، عمل هرزگردی در رگولاتورهای کلیدزنی، معکوس سازی بار خازن و انتقال انرژی مابین اجزا، جداسازی ولتاژ، فیدبک انرژی از بار به منبع و آزادسازی انرژی ذخیره شده استفاده می‌شود. دیودهای قدرت توانایی کار با جریان، ولتاژ و توان

<sup>1</sup> Power Electronic

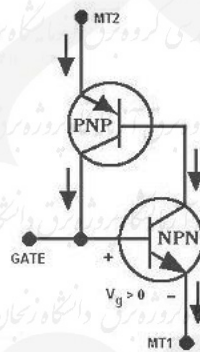


در صورتیکه ولتاژ آند نسبت به کاتد مثبت تر باشد، تریستور را می توان با تحریک گیت روشن کرد. اما برای خاموش کردن تریستوری که در حالت روشن قرار دارد، باید جریان مستقیم را به سطحی پایین تر از جریان نگه دارنده برسانیم. تا تمامی حامل های اضافی موجود در چهار لایه، دفع شده یا بازترکیب گردند. [۱]

### ۱-۲-۳-۲-۳-۲-۱-۴ تراپاک [۴]

این المان الکترونیک صنعتی نیز مانند تریستور دارای پایه کنترلی جهت راه اندازی و دو پایه دیگر به نام های آند یک و آند دو است. در حالت کلی می توان گفت با تحریک گیت نسبت به یکی از پایه های آند، تراپاک تحریک شده و وصل می شود.

این قطعه دو جهت هدایت دارد. لذا در مدارهایی که نیاز به کنترل بیشتری بر زاویه آتش داریم این المان مناسب است. پس برخلاف تریستور (اگر گیت به درستی تحریک شود) هم در نیم سیکل منفی و هم در نیم سیکل مثبت هدایت خواهد داشت.



شکل ۱-۳ نماد مداری تراپاک

ساده ترین کاربرد این المان در مدار دیمر است. دیمر مدار تغییر دهنده روشنایی یک لامپ است. عمدتاً از سیم های عناصر نیمه هادی مانند تراپاک به عنوان ابزار کلیدزنی (سوئیچینگ) استفاده می شود، در واقع این المان ها می توانند سطوح ولتاژ و جریان را سوئیچ کنند. تراپاک ها به طور گسترده ای در مدارات کنترل فاز AC به کار

### ۱-۲-۴-۲-۱-۳ دیاک [۳]

دیاک یک نوع دیود جریان متناوب است. (شکل ۱-۴) همانطور که در نماد مداری دیاک مشاهده می شود، دیاک در هر دو جهت جریان را از خود عبور می دهد. دیود بلافاصله بعد از رسیدن به ولتاژ شکست ( $V_{BO}$ )،

هدای می شود و جریان را عبور می دهد؛ سپس دیود وارد ناحیه رزنانس منفی می شود و این امر باعث کاهش

ولتاژ دو سر دیود و افزایش جریان دیود می شود و دیود تا زمانی که جریانش از جریان نامی دیود (جریان نگه دارنده)  $(I_{BO} I_H)$  کمتر نشده، در حالت هادی باقی می ماند؛ در جریان های کمتر از این مقدار، دیود به حالت



شکل ۱-۴ نماد مداری دایاک

دایاکها برخلاف بسیاری از تریستورها که برای تریگر کردن از پایه گیت استفاده می کنند، فاقد این پایه می باشند. بعضی از تریاکها مانند کوادراک از یک دایاک داخلی سری با پایه گیت خود به این منظور استفاده می کنند. اینکه دایاک یک قطعه دوجهتی یا دو طرفه است باعث شده تا ترمینال یا پایه های آنها به صورت آند-کاتد علامت گذاری نشده و به صورت A1 (آند ۱) و A2 (آند ۲) و همچنین MT1 و MT2 نام گذاری شود.

### ۱-۳ انواع مبدل های الکترونیک قدرت [۲]

یک سیستم الکترونیک قدرت از یک یا چند مبدل الکترونیک قدرت تشکیل شده است. مبدل الکترونیک قدرت نیز از چند ابزار نیمه هادی قدرت که توسط مدارات یک پارچه کنترل می شوند، تشکیل می شود. به طور کلی مبدل های الکترونیک قدرت به چهار دسته تقسیم می شوند:

۱. مبدل های ac به dc (یکسوسازها)

۲. مبدل های dc به dc (برشگرهای dc)

۳. مبدل های dc به ac (متناوب سازها)

۴. مبدل های ac به ac

در پایان نامه بخش اول موارد اول و دوم بیان شده است، و در ادامه مورد سوم که مربوط به موضوع پروژه است، به تفصیل بیان می گردد.



## منابع و مراجع

- [۱] رشید، محمد؛ (مترجمان) سید ابراهیم افجه‌ای، علیرضا سیادتان؛ الکترونیک قدرت (مدارها، عناصر و کاربردها)؛ انتشارات نیاز دانش، تهران، ویراست چهارم، ۱۳۹۳.
- [۲] بیم بهارا، پی.اس؛ (مترجمان) سیدمحمدرضا موسوی تقی‌آبادی، احسان فنودی؛ الکترونیک صنعتی، انتشارات نماو جهان‌فردا، مشهد، ۱۳۸۸.
- [۳] علی‌بابا، محمدمهدی؛ کنترل‌کننده‌های منطقی، انتشارات گویش نو، ۱۳۹۰.
- [۴] کاتالوگ مجموعه آموزشی آزمایشگاه الکترونیک صنعتی شرکت رایان نیک.
- [۵] کاتالوگ مجموعه آموزشی آزمایشگاه الکترونیک صنعتی شرکت ییلدیریم الکترونیک.
- [۶] کاتالوگ مجموعه آموزشی آزمایشگاه الکترونیک صنعتی شرکت مهندسی مطالعاتی نوسان پرداز.
- [۷] کاتالوگ مجموعه آموزشی آزمایشگاه الکترونیک صنعتی شرکت ابزار آزما.
- [۷] دیتاشیت ACS712.
- [۸] بانک مقالات مهندسی برق؛ مقاله "دیمر دیجیتال توسط میکروکنترلر ATmega8"؛ آدرس اینترنتی: <http://ewa.ir>