

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



۱۳۰۷

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی برق - قدرت

مدل سازی و شبیه سازی یک مبدل الکترونیکی قدرت برای سیستم های خورشیدی

فتوولتائیکی جهت استخراج ماکزیمی توان

دانشجو:

ناصر خلیلی

اساتید راهنما:

دکتر علی عابدینی

دکتر عباس هوشمند

زمستان ۱۳۹۱

تأییدیه هیات داوران

(برای پایان نامه)

اعضای هیئت داوران، نسخه نهائی پایان نامه خانم / آقای: ناصر خلیلی

را با عنوان: مدل سازی و شبیه سازی یک مبدل الکترونیک قدرت برای سیستم های خورشیدی فتوولتائیک جهت استخراج ماکزیمم توان

از نظر فرم و محتوی بررسی نموده و پذیرش آن را برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد تأیید می کند.

امضاء	رتبه علمی	نام و نام خانوادگی	اعضای هیئت داوران
	استادیار	دکتر علی عابدینی	۱- استاد راهنما
	استادیار	دکتر عباس هوشمند	۲- استاد راهنما
	دانشیار	دکتر مصطفی محمدیان	۳- استاد ممتحن
	دانشیار	دکتر کریم عباس زاده	۴- استاد ممتحن
	دانشیار	دکتر کریم عباس زاده	۵- نماینده تحصیلات تکمیلی

تقدیم

تقدیم به پدر بزرگوار و مادر مهربانم

به خاطر همه‌ی تلاشهای محبت آمیزی که در طول زندگی‌ام انجام داده‌اند، به آنان که نفس خیرشان و دعای روح پرورشان بدرقه‌ی راهم بود و با مهربانی چگونه زیستن را به من آموخته‌اند .

تشر و قدردانی

با تقدیر و تشر از تمامی اساتید فرزانه و فرهیخته‌ای که در راه کسب علم و دانش مرا یاری نمودند و راهنمایم بودند.

چکیده

در این پایان نامه یک مبدل DC-DC سه پورت نیمه ایزوله برای استفاده در سیستم‌های فتوولتائیک ارائه می‌شود. این کانوتر به عنوان یک عامل واسطه، هر سه پورت سیستم را به یکدیگر متصل می‌کند. این ساختار سیستم در مقایسه با ساختارهای قدیمی یک سری مزایایی دارد: (۱) اتصال آرایه فتوولتائیک، باتری و بار به یکدیگر توسط یک مبدل سه پورت، بدون نیاز به مبدل اضافی دیگر (۲) کنترل توان اکتیو سیستم مابین سه پورت باتری، بار مصرفی و آرایه فتوولتائیک، بطوریکه ماکزیمم توان آرایه فتوولتائیک استخراج و هر مقدار انرژی اضافی سیستم در باتری ذخیره می‌شود. (۳) ایزوله بودن پورت بار از پورت-های آرایه فتوولتائیک و باتری (۴) بکارگیری ادوات کمتر (۵) راندمان بیشتر. الگوریتم کنترلی سیستم قابلیت تامین و تنظیم مشخصه بار تحت شرایط متغیر محیطی و تغییرات بار مصرفی، پیاده سازی الگوریتم ردیابی نقطه ماکزیمم توان آرایه فتوولتائیک و کنترل شارژ باتری را دارد. همچنین به کارگیری فیلترهای LC و CLC در سمت آرایه فتوولتائیک و باتری باعث کاهش ریپل ولتاژ و ریپل جریان زیاد ناشی از این پورت‌ها می‌شود. مدل دینامیکی و تابع تبدیل مبدل به دست آمده، رابطه مابین متغیرهای وابسته با متغیرهای کنترلی را مشخص می‌کند. نتایج شبیه‌سازی انجام شده در نرم افزار MATLAB SIMULINK، مزایا و عملکرد سیستم ارائه شده، تحت شرایط مختلف را بیان می‌کند.

کلید واژه: مبدل DC-DC سه پورت، ردیابی نقطه ماکزیمم توان^۱ (MPPT)، سیستم فتوولتائیک مستقل، مبدل افزایشنده-کاهنده^۲

¹ Maximum Power Point Tracking

² Buck-Boost Converter

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
ج	فهرست جدول‌ها.....
د	فهرست شکل‌ها.....
۱	فصل ۱- مقدمه.....
۱-۱	۱-۱-۱ پیشگفتار.....
۱	۱-۲-۱ آرایه فتوولتائیک.....
۵	۱-۳-۱ ساختار سیستم توان فتوولتائیک.....
۹	۱-۴-۱ ساختار سیستم تولید توان فتوولتائیک مستقل با مبدل DC-DC سه پورت.....
۱۳	۱-۵-۱ نگاهی بر پروژه.....
۱۵	فصل ۲- مبدل‌های DC-DC در سیستم‌های خورشیدی.....
۱۵	۲-۱-۲ مقدمه.....
۱۵	۲-۲-۲ مبدل DC-DC چند پورت غیر ایزوله.....
۱۸	۲-۳-۲ مبدل DC-DC چند پورت نیم ایزوله.....
۲۳	۲-۴-۲ مبدل DC-DC چند پورت تمام ایزوله.....
۲۷	فصل ۳- ساختار و مدل سازی سیستم فتوولتائیک پیشنهادی.....
۲۷	۳-۱-۳ مقدمه.....
۲۸	۳-۲-۳ مدل سازی آرایه فتوولتائیک.....
۳۵	۳-۳-۳ مبدل DC-DC سه پورت در سیستم پیشنهادی.....
۳۵	۳-۳-۳-۱ سیستم تولید توان آرایه فتوولتائیک مستقل پیشنهادی.....
۳۶	۳-۳-۳-۲ ساختار مبدل DC-DC سه پورت پیشنهادی.....
۴۰	۳-۴-۳ مدهای کاری مبدل DC-DC پیشنهادی.....
۴۰	۳-۴-۳-۱ حالت‌های شارش توان سیستم توان فتوولتائیک مستقل پیشنهادی.....
۴۰	۳-۴-۳-۱-۱ حالت دو خروجی (DO).....
۴۰	۳-۴-۳-۲-۱ حالت دو ورودی (DI).....
۴۱	۳-۴-۳-۳-۱-۳ حالت تک ورودی- تک خروجی (SISO).....
۴۱	۳-۴-۳-۲ آنالیز سوئیچینگ مبدل پیشنهادی.....
۴۳	۳-۴-۳-۱-۲ ولتاژ آرایه فتوولتائیک بزرگتر از ولتاژ باتری.....

۴۷.....	۳-۲-۲- ولتاژ آرایه فتوولتائیک کوچکتر از ولتاژ باتری
۵۰.....	۳-۴-۳- سلف مغناطیسی
۵۱.....	۳-۵- مدل دینامیکی و تابع انتقال مبدل
۵۸.....	فصل ۴- الگوریتم کنترلی مبدل ارائه شده
۵۸.....	۴-۱- مقدمه
۵۹.....	۴-۲- ساختار الگوریتم کنترلی
۶۱.....	۴-۲-۱- حلقه های کنترلی
۶۱.....	۴-۲-۱-۱- رگولاتور ولتاژ خروجی
۶۱.....	۴-۲-۱-۲- رگولاتور ولتاژ آرایه فتوولتائیک
۶۱.....	۴-۲-۱-۳- رگولاتور ولتاژ شارژ باتری
۶۱.....	۴-۲-۱-۴- رگولاتور جریان شارژ باتری
۶۲.....	۴-۲-۲- کنترل کننده ردیاب نقطه ماکزیمم توان (MPPT)
۶۴.....	۴-۲-۳- بلوک تصمیمگیر و مدولاسیون پهنای باند
۶۴.....	۴-۲-۳-۱- پایه سوئیچ آرایه فتوولتائیک
۶۷.....	۴-۲-۳-۲- پایه سوئیچ باتری
۷۰.....	فصل ۵- نتایج شبیه سازی
۷۰.....	۵-۱- مقدمه
۷۱.....	۵-۲- مشخصات سیستم شبیه سازی شده
۷۲.....	۵-۳- نتایج شبیه سازی عملکرد سیستم در مدهای کاری مختلف
۷۲.....	۵-۳-۱- تغذیه باتری و بار توسط آرایه فتوولتائیک
۷۶.....	۵-۳-۲- تغذیه بار توسط آرایه فتوولتائیک و باتری
۸۱.....	۵-۳-۳- تغذیه بار توسط باتری
۸۴.....	۵-۳-۴- باتری به ماکزیمم حد شارژ خود میرسد
۹۰.....	فصل ۶- نتیجه گیری و پیشنهادات
۹۲.....	فهرست مراجع

فهرست جدول‌ها

صفحه	عنوان
۹.....	جدول ۱-۱: مشخصه سیستم‌های فتوولتائیک با ساختار قدیمی و پیشرفته.....
۳۱.....	جدول ۱-۳: مشخصات سلول خورشیدی BP SX150S در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد و تابش $1Kw/m^2$
۴۲.....	جدول ۲-۳: حالت‌های ممکن سوئیچینگ مبدل.....
۷۱.....	جدول ۱-۵: مشخصات سیستم شبیه سازی.....

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱: منحنی توان آرایه فتوولتائیک.....	۴
شکل ۲-۱: سیستم تولید توان آرایه فتوولتائیک متصل به شبکه.....	۵
شکل ۳-۱: سیستم تولید توان آرایه فتوولتائیک متصل به بار.....	۶
شکل ۴-۱: ساختار اتصال سری.....	۶
شکل ۵-۱: ساختار قدیمی شامل مبدل‌های DC-DC جداگانه.....	۷
شکل ۶-۱: ساختار سیستم چند پورته.....	۸
شکل ۷-۱: بلوک دیاگرام سیستم تولید توان آرایه فتوولتائیک مستقل.....	۱۰
شکل ۸-۱: حالت دو خروجی (DO).....	۱۱
شکل ۹-۱: حالت دو ورودی (DI).....	۱۲
شکل ۱۰-۱: حالت تک ورودی - تک خروجی (SISO).....	۱۳
شکل ۱-۲: مبدل DC-DC با توپولوژی سه پورت غیرایزوله مرکب از دو مبدل افزایشنده.....	۱۶
شکل ۲-۲: مبدل DC-DC با توپولوژی سه پورت غیرایزوله مرکب از دو مبدل دو جهته افزایشنده- کاهشنده.....	۱۶
شکل ۳-۲: توپولوژی مجتمع چند پورت مبتنی بر کانورتر تمام پل سه فاز.....	۱۷
شکل ۴-۲: مبدل DC-DC سه پورت نیمه ایزوله با ورودی دو جهته.....	۱۹
شکل ۵-۲: مبدل DC-DC سه پورت نیمه ایزوله با ترکیب لینک DC و کوپلینگ مغناطیسی.....	۲۰
شکل ۶-۲: مبدل DC-DC سه پورت نیمه ایزوله با توپولوژی نیمپل دوگانه دو جهته.....	۲۰
شکل ۷-۲: مبدل DC-DC تمام پل شیفت فاز با دو واحد کاهشنده-افزاینده.....	۲۱
شکل ۸-۲: مبدل DC-DC نیمپل سه حالت.....	۲۲
شکل ۹-۲: مبدل DC-DC با دو ورودی و ساختار چند ترانسفورمری.....	۲۳
شکل ۱۰-۲: مبدل DC-DC سه پورت تمامپل کاملاً ایزوله.....	۲۴
شکل ۱۱-۲: مبدل نیم پل سه پورت با دو پورت تغذیه جریان.....	۲۵
شکل ۱۲-۲: مبدل سه پورت نیمپل با یک پورت تغذیه جریان.....	۲۶
شکل ۱-۳: مدار معادل یک سلول فتوولتائیک.....	۲۸
شکل ۲-۳: مدار معادل یک آرایه شامل چندین ماژول سری- موازی.....	۲۹

- شکل ۳-۳: منحنی تغییرات جریان خروجی آرایه فتوولتائیک بر حسب ولتاژ در شدت تابشهای مختلف خورشید (نمودار جریان - ولتاژ)..... ۳۲
- شکل ۴-۳: منحنی تغییرات توان خروجی آرایه فتوولتائیک بر حسب ولتاژ در شدت تابشهای مختلف خورشید (نمودار توان - ولتاژ)..... ۳۲
- شکل ۵-۳: منحنی تغییرات جریان خروجی آرایه فتوولتائیک بر حسب ولتاژ در دماهای مختلف عملکرد سلول فتوولتائیک (نمودار جریان - ولتاژ)..... ۳۳
- شکل ۶-۳: نمایی نزدیک از منحنی تغییرات جریان خروجی آرایه فتوولتائیک بر حسب ولتاژ در دماهای مختلف عملکرد سلول فتوولتائیک..... ۳۴
- شکل ۷-۳: منحنی تغییرات توان خروجی آرایه فتوولتائیک بر حسب ولتاژ در دماهای مختلف عملکرد سلول فتوولتائیک (نمودار توان - ولتاژ)..... ۳۴
- شکل ۸-۳: شماتیک سیستم تولید توان آرایه فتوولتائیک مستقل پیشنهادی..... ۳۵
- شکل ۹-۳: مبدل با دو پایه سوئیچ..... ۳۶
- شکل ۱۰-۳: مبدل متصل به دو منبع ولتاژ متفاوت..... ۳۷
- شکل ۱۱-۳: مدار معادل مابین پورتهای ورودی - خروجی مبدل..... ۳۷
- شکل ۱۲-۳: مدار معادل مابین پورتهای ورودی مبدل..... ۳۸
- شکل ۱۳-۳: شماتیک مبدل متصل به آرایه فتوولتائیک، باتری و بار..... ۳۹
- شکل ۱۴-۳: دیاگرام شارش توان سیستم توان فتوولتائیک مستقل پیشنهادی در حالت دو خروجی (DO)..... ۴۰
- شکل ۱۵-۳: دیاگرام شارش توان سیستم توان فتوولتائیک مستقل پیشنهادی در حالت دو ورودی (DI)..... ۴۱
- شکل ۱۶-۳: دیاگرام شارش توان سیستم توان فتوولتائیک مستقل پیشنهادی در حالت تک ورودی - تک خروجی (SISO)..... ۴۱
- شکل ۱۷-۳: حالت‌های سوئیچینگ برای ولتاژ آرایه فتوولتائیک بزرگتر از ولتاژ باتری..... ۴۶
- شکل ۱۸-۳: حالت‌های سوئیچینگ برای ولتاژ آرایه فتوولتائیک کوچکتر از ولتاژ باتری..... ۴۹
- شکل ۱۹-۳: شماتیک مبدل..... ۵۳
- شکل ۱-۴: بلوک دیاگرام کنترلی..... ۶۰
- شکل ۲-۴: الگوریتم ردیاب نقطه ماکزیمم توان P&O..... ۶۳
- شکل ۳-۴: نمودار تغییرات توان - ولتاژ آرایه فتوولتائیک..... ۶۴
- شکل ۴-۴: بلوک دیاگرام سیگنال‌های مقایسه‌ای رگولاتورهای ولتاژ آرایه فتوولتائیک، ولتاژ شارژ باتری و جریان شارژ باتری..... ۶۵

- شکل ۴-۵: بلوک دیاگرام سیگنالهای کنترلی پایه سوئیچ فتوولتائیک در حالت تعادل باتری..... ۶۶
- شکل ۴-۶: بلوک دیاگرام سیگنالهای کنترلی پایه سوئیچ فتوولتائیک در حالتی که باتری به ماکزیمم مقدار ولتاژ شارژ خود میرسد..... ۶۶
- شکل ۴-۷: بلوک دیاگرام سیگنالهای مقایسه‌های ولتاژ خروجی..... ۶۷
- شکل ۴-۸: شکل موج سیگنالهای کنترلی و هدایت سوئیچها..... ۶۹
- شکل ۵-۱: منحنی جریان بار در برابر تغییرات بار..... ۷۳
- شکل ۵-۲: منحنی ولتاژ بار در برابر تغییرات بار..... ۷۳
- شکل ۵-۳: منحنی تغییرات جریان باتری در برابر تغییرات بار..... ۷۴
- شکل ۵-۴: منحنی ولتاژ آرایه فتوولتائیک در برابر تغییرات بار..... ۷۵
- شکل ۵-۵: توان پورته‌ها در برابر تغییرات بار..... ۷۶
- شکل ۵-۶: جریان بار تحت تغییر میزان تابش خورشید..... ۷۷
- شکل ۵-۷: ولتاژ بار تحت تغییر میزان تابش خورشید..... ۷۷
- شکل ۵-۸: منحنی تغییرات جریان باتری تحت تغییر میزان تابش خورشید..... ۷۸
- شکل ۵-۹: منحنی تغییرات توان آرایه فتوولتائیک و توان بار مصرفی تحت تغییر میزان تابش خورشید..... ۷۹
- شکل ۵-۱۰: منحنی تغییرات توان باتری تحت تغییر میزان تابش خورشید..... ۷۹
- شکل ۵-۱۱: منحنی تغییرات ولتاژ آرایه فتوولتائیک تحت تغییر میزان تابش خورشید..... ۸۰
- شکل ۵-۱۲: منحنی تغییرات جریان آرایه فتوولتائیک تحت تغییر میزان تابش خورشید..... ۸۰
- شکل ۵-۱۳: منحنی تغییرات جریان بار تحت تغییر میزان تابش خورشید از 500 w/m^2 به صفر..... ۸۱
- شکل ۵-۱۴: منحنی تغییرات ولتاژ بار تحت تغییر میزان تابش خورشید از 500 w/m^2 به صفر..... ۸۲
- شکل ۵-۱۵: منحنی تغییرات جریان باتری تحت تغییر میزان تابش خورشید از 500 w/m^2 به صفر..... ۸۲
- شکل ۵-۱۶: منحنی تغییرات توان بار و آرایه فتوولتائیک تحت تغییر میزان تابش خورشید از w/m^2 به صفر..... ۸۳
- شکل ۵-۱۷: منحنی تغییرات توان باتری تحت تغییر میزان تابش خورشید از 500 w/m^2 به صفر..... ۸۴
- شکل ۵-۱۸: ولتاژ آرایه فتوولتائیک در حالت ماکزیمم شارژ باتری..... ۸۵
- شکل ۵-۱۹: ولتاژ بار در حالت ماکزیمم شارژ باتری..... ۸۶
- شکل ۵-۲۰: ولتاژ باتری در حالت ماکزیمم شارژ باتری..... ۸۶
- شکل ۵-۲۱: جریان باتری در حالت ماکزیمم شارژ باتری..... ۸۷
- شکل ۵-۲۲: منحنی تغییرات توان آرایه فتوولتائیک در حالت ماکزیمم شارژ باتری..... ۸۸
- شکل ۵-۲۳: منحنی تغییرات توان بار در حالت ماکزیمم شارژ باتری..... ۸۸
- شکل ۵-۲۴: منحنی تغییرات توان باتری در حالت ماکزیمم شارژ باتری..... ۸۹

V_{PV}	ولتاژ آرایه فتوولتائیک
I_{PV}	جریان آرایه فتوولتائیک
V_{bat}	ولتاژ باتری
I_{bat}	جریان باتری
L_m	سلف مغناطیسی ترانسفورمر
V_o	ولتاژ خروجی
I_o	جریان خروجی
C	خازن
L	سلف

فصل ۱- مقدمه

۱-۱- پیشگفتار

مصرف انرژی در جهان روز به روز در حال افزایش می‌باشد. با توجه به گزارش آژانس بین المللی انرژی، مصرف کل انرژی جهان در سال ۲۰۰۸ در حدود ۱۵ تراوات بود و میانگین مصرف انرژی توسط هر فرد نسبت به بیست سال اخیر حدود ۱۰ درصد رشد داشته است [۱]. کمبود سوخت‌های فسیلی و مسائل زیست محیطی، منجر شده است که محققین و دانشمندان به فکر منابع جدید انرژی جهت تامین انرژی مورد نیاز و جایگزینی آن باشند [۲]. انرژی‌های تجدیدپذیر^۱ نظیر خورشید، باد و... از جمله منابع انرژی‌های نو و تجدیدپذیر می‌باشند. انرژی خورشید به علت در دسترس بودن، چگالی توان بالا (با متوسط جهانی ۱۷۰ وات بر متر مربع) و یک منبع انرژی پاک و پایان ناپذیر یکی از مناسب‌ترین منابع انرژی نو می‌باشد [۳].

۱-۲- آرایه فتوولتائیک

برای تبدیل انرژی خورشیدی به انرژی الکتریکی می توان از اثر فتوولتائیک^۲ یا سلول‌های خورشیدی^۳ استفاده کرد. ساختار پایه سلول خورشیدی به عبارتی یک پیوند $p-n$ متشکل از مواد نیمه هادی است که با جذب نور و جابجایی الکترون بین ترازهای انرژی، تولید انرژی الکتریکی می‌کند [۴]. در حال حاضر مطالعه و تحقیقات بسیاری در ساختار این سلول‌ها برای افزایش راندمان آنها صورت می‌گیرد؛ راندمان این سلول‌ها با توجه به نوع مواد تشکیل دهنده متفاوت می‌باشد. رنج توان

¹ Renewable Energy

² Photovoltaic

³ Photovoltaic cells

تولیدی سیستم‌های فتوولتائیک از چند وات در سطح آزمایشگاهی تا چند مگاوات در سطح نیروگاهی متغیر می‌باشد. امروزه سیستم‌های فتوولتائیک کاربردهای مختلف و فراوانی در صنعت فضاوردی و ماهواره، نظامی، میکروشبکه‌ها و ... دارند. این سیستم‌ها برای تامین توان الکتریکی مورد نیاز ماهواره-ها، سفینه‌های فضائی، مصرف کننده‌هایی که به شبکه سراسری برق دسترسی ندارند و اصلاح سطح ولتاژ شبکه و ... به کار گرفته می‌شوند.

منابع انرژی نو علاوه بر مزایایی که دارند دارای یک سری مشکلات ذاتی نیز می‌باشند. این منابع تولید انرژی، توان خروجی ثابتی ندارند، یعنی توان تولیدی آنها احتمالی است و بصورت مداوم و ثابت نمی‌باشد و قابلیت ذخیره سازی نیز ندارند. در نتیجه پاسخ کندی در مقایسه با بارالکتریکی دارند، ممکن است بار الکتریکی تغییر سریعی داشته باشد ولی این منابع نمی‌توانند چنین تغییر سریعی داشته باشند. بنابراین وجود منبع ذخیره انرژی همراه با ادوات الکترونیک قدرت در این سیستم‌ها، مخصوصاً در سیستم‌های مستقل ضروری است و باعث بهبود مشخصه‌های دینامیکی و حالت پایدار سیستم می‌گردد.

هزینه‌ی بالا و راندمان پایین سیستم‌های فتوولتائیک از جمله مشکلات اصلی استفاده از این منبع انرژی می‌باشد. توان تولیدی آرایه‌های فتوولتائیک با شرایط محیطی و تغییر شدت تابش نور خورشید و دمای محیط تغییر می‌کند. از اینرو روش‌ها و راهکارهای زیادی جهت استفاده از ماکزیمم توان تولیدی آرایه‌های فتوولتائیک ارائه شده است [۵]. بالاترین ظرفیت تولید توان سلول فتوولتائیک زمانی است که تابش خورشید بر آرایه عمود باشد، لذا توان تولیدی آرایه‌های فتوولتائیک با تغییر زاویه تابش خورشید بر سطح آرایه تغییر می‌یابد، بنابراین با استفاده از سیستم‌های دنبال کننده‌ی اتوماتیک^۱ حساس به نور خورشید، می‌توان ظرفیت توان تولیدی را افزایش داد. در این سیستم‌ها از حسگرهایی استفاده می‌شود که سنکرون با نور خورشید می‌باشند؛ یعنی زمانی که جهت تابش نور تغییر می‌کند،

¹ Automatic tracking system

حسگر واکنش نشان داده و باعث تغییر جهت آرایه‌ها در جهت تابش نور می‌شود؛ که منجر به افزایش راندمان سیستم می‌گردد [۶]. اما به هر حال نصب این سیستم‌ها باعث افزایش هزینه‌ی تجهیزات و مدارات کنترلی سیستم می‌گردد.

با نصب این دنبال کننده‌ها، باید تدابیر خاصی در پایه و فونداسیون سیستم در نظر گرفته شود. در حال حاضر استفاده از این سیستم‌ها زیاد توصیه نمی‌شود، چون از لحاظ اقتصادی قابل صرفه نیستند، مگر اینکه برای کاربردهای خاصی در نظر گرفته شوند.

توان خروجی سلول خورشیدی در اثر تغییرات شرایط محیطی و تابش خورشید تغییر می‌کند، و تنها برای یک مقدار از جریان (I_{MPP}) و ولتاژ (V_{MPP})، نقطه ماکزیمم توان تعریف می‌شود، که در شکل ۱-۱ مشاهده می‌شود. I_{MPP} و V_{MPP} به ترتیب جریان^۱ و ولتاژ^۲ نقطه ماکزیمم توان می‌باشند. بنابراین جهت استفاده از ماکزیمم توان تولیدی آرایه فتوولتائیک از کنترلرهای ردیابی نقطه ماکزیمم توان^۳ (MPPT) که به صورت دقیق و سریع نقطه‌ی ماکزیمم توان یعنی نقاط جریان (I_{MPP}) و ولتاژ (V_{MPP}) در نقطه ماکزیمم توان را ردیابی می‌کنند استفاده می‌شود. که منجر به استفاده ماکزیمم از انرژی جذب شده توسط آرایه فتوولتائیک می‌گردند.

الگوریتم‌های مختلفی جهت ردیابی نقطه ماکزیمم توان در [۷] ارائه شده است، که با توجه به نوع کاربرد و تجهیزات به کار رفته در سیستم و اهمیت موضوع انتخاب می‌شوند. الگوریتم و تکنیک‌های مختلف براساس پیچیدگی، تعداد حسگرهای مورد نیاز، سرعت همگرایی، هزینه، سخت افزارهای پیاده سازی، کاربرد و غیره متفاوت از یکدیگر می‌باشند. هدف از پیاده سازی ردیابی نقطه ماکزیمم توان،

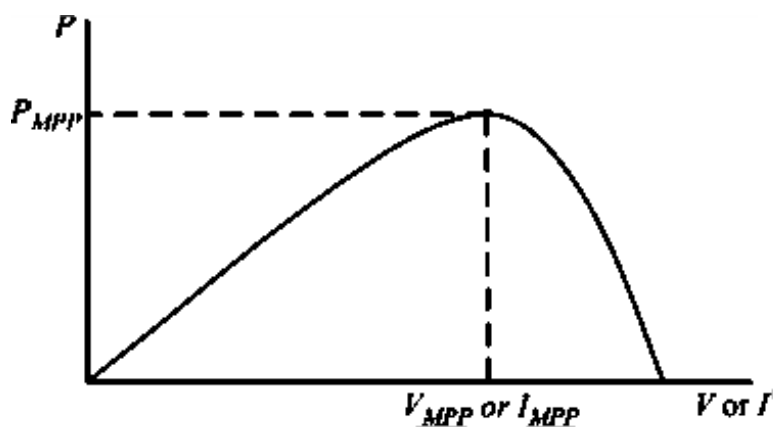
¹ Maximum Power Point Current

² Maximum Power Point Voltage

³ Maximum Power Point Tracking

تنظیم اتوماتیک ولتاژ (V_{MPP}) و جریان (I_{MPP}) در نقطه ماکزیمم توان تولیدی می‌باشد، که باعث می‌شود آرایه فتوولتائیک در نقطه‌ی ماکزیمم توان عملکردی خود کار کند.

پیاده‌سازی و عملی نمودن فرایند ردیابی نقطه ماکزیمم توان در سیستم‌های تولید توان شامل آرایه فتوولتائیک به کمک ادوات الکترونیک قدرت انجام می‌گیرد، که با تغییر در میزان هدایت سوئیچ‌ها و کنترل مناسب سوئیچینگ کانورتر، سیستم در نقطه‌ی ماکزیمم توان آرایه فتوولتائیک کار کند.



شکل ۱-۱: منحنی توان آرایه فتوولتائیک

با توجه به مشخصه‌ی سلول‌های فتوولتائیک، اتصال آنها به شبکه‌های قدرت یا تغذیه بارهای مستقل، همچنین پیاده‌سازی و عملی نمودن فرایند ردیابی نقطه ماکزیمم توان و استفاده از منبع ذخیره انرژی در این سیستم‌ها نیازمند ادوات الکترونیک قدرت می‌باشد. برای این منظور مبدل‌های DC-DC با ساختار و توپولوژی‌های مختلف ارائه شده است.

۱-۳- ساختار سیستم توان فتوولتائیک^۱

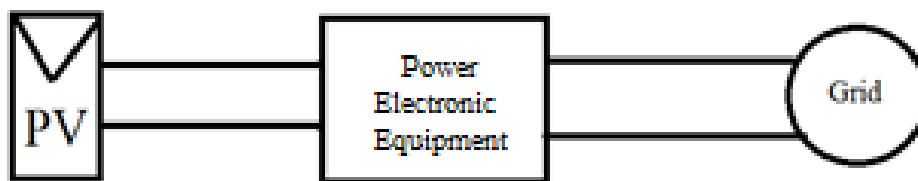
معمولا ساختار سیستم‌های توان فتوولتائیک جهت تولید انرژی الکتریکی در دو دسته طبقه بندی می‌شوند.

(۱) سیستم‌های توان فتوولتائیک متصل به شبکه‌های قدرت یا منابع مولد دیگر

(۲) سیستم‌های توان فتوولتائیک مستقل

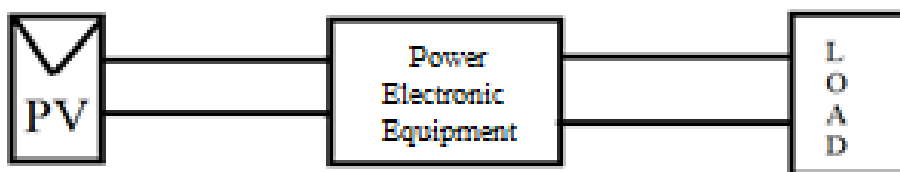
با توجه به مشخصه‌ی سلول‌های فتوولتائیک، کاربرد و استفاده از آنها در هر دو دسته فوق، همچنین پیاده‌سازی و عملی نمودن فرایند ردیابی نقطه ماکزیمم توان و استفاده از منبع ذخیره انرژی در این سیستم‌ها نیازمند ادوات الکترونیک قدرت می‌باشد. برای این منظور مبدل‌های DC-DC با ساختار و توپولوژی‌های مختلف ارائه شده است.

شماتیک سیستم تولید توان شامل آرایه فتوولتائیک متصل به شبکه یا بار توسط تجهیزات الکترونیک قدرت جهت تطبیق مشخصه سیستم فتوولتائیک با شبکه و بار به ترتیب در شکل‌های شکل ۱-۲ و شکل ۱-۳ مشاهده می‌شود.



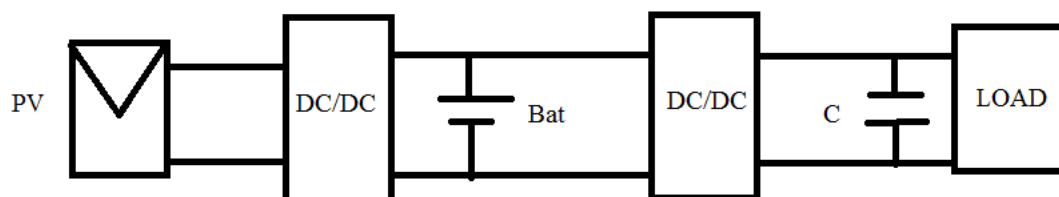
شکل ۱-۲: سیستم تولید توان آرایه فتوولتائیک متصل به شبکه

¹ Photovoltaic Power System



شکل ۳-۱: سیستم تولید توان آرایه فتوولتائیک متصل به بار

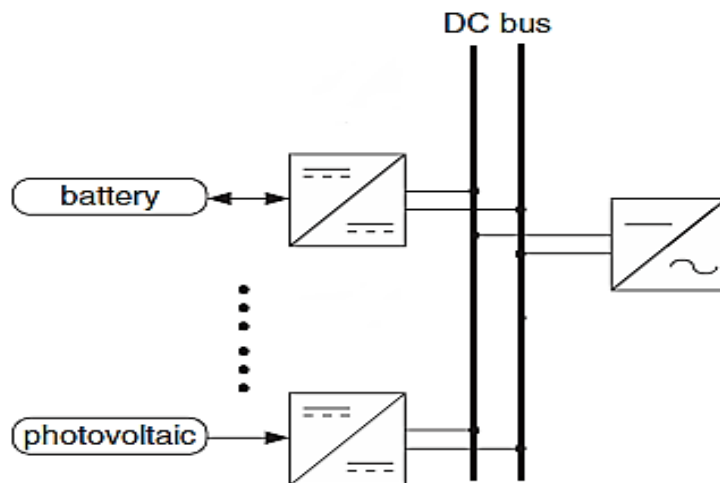
دو نوع ساختار برای مبدل‌های DC-DC استفاده شده در سیستم‌های توان فتوولتائیک موجود است. ساختار قدیمی شامل مبدل‌های DC-DC جداگانه است که مبتنی بر مراحل تبدیل توان چندگانه است، ساختار جدید [۸] و چند پورت مبتنی بر یک مرحله تبدیل توان می‌باشد. نمونه‌ای از ساختارهای قدیمی، سیستم سری یک خط [۹] است که باتری و آرایه فتوولتائیک بصورت سری به یکدیگر متصل می‌باشند، شماتیک این ساختار در شکل ۴-۱ مشاهده می‌شود. اما بزرگترین عیب این ساختار دخالت همیشگی باتری در تبدیل توان و انتقال انرژی است که باعث کاهش راندمان سیستم و عمر باتری می‌شود. همچنین وجود دو مبدل جداگانه باعث افزایش حجم، سایز و هزینه سیستم می‌شود.



شکل ۴-۱: ساختار اتصال سری

در این ساختار، به علت اتصال کانورترهای DC-DC بطور سری با آرایه فتوولتائیک، راندمان سیستم برابر با راندمان کل کانورترها می‌باشد. بنابراین باید راندمان هر قسمت جداگانه بهینه شود تا اینکه از افت بیشتر راندمان کلی سیستم جلوگیری شود؛ به هر حال این عمل منجر به افزایش هزینه‌های کلی سیستم می‌شود.

توپولوژی شامل لینک DC مشترک [۱۰] نشان داده شده در شکل ۵-۱ نمونه‌ای دیگر از ساختارهای قدیمی می‌باشد، در این ساختار، مبدل‌ها توسط یک لینک DC مشترک به هم متصل می‌شوند و کنترل تمامی ماژول‌ها تنها از طریق این باس انجام می‌گیرد. در سیستم‌های تولید توان آرایه فتوولتائیک با این ساختار، باتری بوسیله یک مبدل DC-DC دو جهته به لینک DC متصل می‌شود؛ اما استفاده از دوسطح تبدیل سری برای شارژ باتری، باعث کاهش راندمان می‌گردد. مشکل اساسی این ساختار پیچیده‌گی ذاتی، هزینه بالای ناشی از مراحل تبدیل چندگانه توان، ادوات بیشتر و ارتباط ما بین ادوات و مبدل‌های DC-DC مختلف می‌باشد. همچنین به علت استفاده از مبدل‌های جداگانه برای هر کدام از پورت‌ها سایز، ابعاد و هزینه سیستم افزایش می‌یابد.



شکل ۵-۱: ساختار قدیمی شامل مبدل‌های DC-DC جداگانه

یکی از مسائل مهم در مورد توپولوژی‌های قدیمی، مسئله کنترل می‌باشد که کنترل جداگانه‌ای برای هر کدام از مبدل‌ها انجام می‌گیرد. اگرچه این روش کنترلی ساده می‌باشد ولی یک کنترل کننده مرکزی که بتواند کل سیستم را کنترل کند، مناسب‌تر می‌باشد.

ساختار پیشرفته، ساختار چند پورته [۱۱] است که نسبت به ساختار قدیمی دارای مزایایی می‌باشد. به جای استفاده از چند مبدل، از یک مبدل چند پورته استفاده می‌شود که باعث کاهش سایز،