بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

طراحی وساخت مبدل نیروگاهی خورشیدی فتوولتائیک متصل به شبکه برق سراسری

نگارش:

مهدی جلایری

اساتید راهنما:

دکتر سید زین العابدین موسوی

دکتر پرویز امیری

پایان نامه برای دریافت کارشناسی ارشد

دررشته مهندسی برق

بهمن ماه ۱۳۹۱

السلام علیک یا داعی الله و ربانی آیاته

تقدیم به مولایم اباصالح المهدی (عج الله فرجه)

هر چند ران ملخی است از مورچه ای به پیشگاه سلیمان

باسمه تعالی

تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب مهدی جلایری معتهد میشوم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است ودستاوردهای پژوهشی دیگران که در این پژوهش از آنها استفاده شده است، مطابق مقررات ارجاع و در فهرست منابع ومأخذ ذکر گردیده است .این پایان نامه/رساله قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارایه نشده است .در صورت اثبات تخلف در هر زمان مدرک تحصیلی صادر شده توسط دانشگاه از اعتبار ساقط خواهد شد.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی میباشد.

نام ونام خانوادگی دانشجو

امضاء

تشکر و قدردانی

سپاس بیکران خداوند بزرگ را که مرا از تاریکی های جهل نادانی به سوی نور دانش رهنمون گشت.

از اساتید راهنمایم دکتر موسوی و دکتر امیری که با راهنمایی های خود همواره به من کمک نمودند سپاسگذارم.

از پدر و مادرم که همواره مورد لطف خود قرار دادند تشکرم.

از همسر عزیز و دختر گرامی ام که همواره با صبوری های خود مرا تشویق نمودند کمال تشکر را دارم.

در پایان لازم می دانم از اساتید بزرگوار دکتر بطحائی و دکتر قندهاری که زحمت داوری این پایان نامه را متقبل شدند تشکر نمایم.

مهدی جلایری

چکیده

در بسیاری از سیستم‌های فتوولتائیک متصل به شبکه برق، از یک مبدل DC-DC و یک اینورتر برای تزریق جریان سینوسی با سوئیچینگ فرکانس بالا استفاده می‌شود. در این پایان‌نامه از یک مبدل فلای بک که به طور مستقیم ولتاژ DC را به ولتاژ AC تبدیل می‌کند استفاده شده و آن را به صورت جریان سینوسی به شبکه تزریق می‌کند. در این پایان نامه از یک سیستم فتوولتائیک قدرت متصل به شبکه که ایده جدیدی درکنترل آن استفاده می شود می‌پردازد. در این روش کنترل از ولتاژ شبکه نمونه برداری می‌شود و به همین علت از نظر هماهنگ بودن و پایداری مشکلی وجود نخواهد داشت و به هیچ سیستم سنکرون ساز خارج از سیستم نیاز ندارد. همچنین در این پایان نامه به ارائه روش های ردیابی نقطه ماکزیمم توان(MPPT) در سیستم های فتوولتائیک ارائه می‌پردازد. یکی ازاین روش‌ها که اغتشاش و نظارت نام دارد بوسیله AVR مدل ATmega8 اجرا می نماید.در این تحقیق مطالعات نظری سیستم فتوولتائیک و مدل‌سازی روش‌های MPPT آن با استفاده ازنرم افزار PSpice ونرم افزار MATLAB SIMULINK/شبیه سازی شده است. توان سیستم فتوولتائیک ۴۰ وات است. اما از آنجا که می‌توان سیستم های فتوولتائیک را با هم موازی کرد توان های بالاتر به راحتی دست یافتنی است. همچنین با اجرای این ایده در آزمایشگاه الکترونیک به ساخت این مبدل فتوولتائیک که کنترلی ساده دارد و هزینه ساخت آن کم است پرداخته شده است و درستی ایده مطرح شده در آن را به اثبات رسیده است.

کلمات کلیدی:

اینورتر، سیستم فتوولتائیک، مدلاسیون عرض پالس،ردیاب نقطه ماکزیمم توان

فصل اول : بیان مسئله

۱-۱مقدمه ۲

۱-۲ ضرورت توسعه سیستم های فتوولتائیک ۲

۱-۳ اهداف پایان نامه ۳

۱-۴ محتوی پایان نامه ۴

فصل دوم: مبانی نظری پدیده فتوولتائیک واجزای سیستم مذکور

۲-۱ پدیده فتوولتائیک ۶

۲-۲ سلول فتوولتائیک ۷

۲-۳ مدل سازی یک سلول فتوولتائیک ۹

۲-۳-۱ ساده ترین مدل فتوولتائیک ۹

۲-۳-۲ دقیق ترین مدل فتوولتائیک ۱۲

۲-۴ماژول های فتوولتائیک ۱۳

۲-۵مدل سازی یک ماژول فتوولتائیک توسط MATLAB ۱۴

۲-۶منحنی I-V و نقطه ماکزیمم توان ۱۷

۲-۷ ویژگیهای سیستم های فتوولتائیک ۱۸

۲-۸ کاربرد سیستم های فتوولتائیک ۱۹

۲-۹روشهای افزایش راندمان ماژول های فتوولتائیک ۲۰

فصل سوم: روشهای اتصال سیستم فتوولتائیک به شبکه و ردیاب نقطه ماکزیمم توان

۳-۱ معرفی..... ۲۳

۳-۲روند تحولات اینورتر های فتوولتائیک..... ۲۴

۳-۲-۱فن آوری های گذشته..... ۲۴

۳-۲-۲ فن آوری کنونی اینورتر های رشته ای و ماژول های AC..... ۲۵

۳-۲-۳آینده اینورترهای چند رشته ای ،ماژول AC ، و سلولAC..... ۲۶

۳-۳ بررسی اینورترهای فتوولتائیک تک فاز متصل به شبکه ۲۷

۳-۴دسته بندی توپولوژی اینورترها..... ۲۷

۳-۴-۱ تعداد مراحل پردازش قدرت..... ۲۷

۳-۴-۲جداکننده های قدرت..... ۲۸

۳-۴-۳ ترانسفورماتور و انواع ارتباطات..... ۲۹

۳-۵ مقایسه انواع اینورتر های فتوولتائیک..... ۲۹

۳-۶ استانداردها، مشخصات و تقاضاهای اینورترهای فتوولتائیک ۳۲

۳-۷بحث و نتیجه گیری اینورتر های فتوولتائیک..... ۳۴

۳-۸ الگوریتم های ردیابی نقطه ماکزیمم توان ۳۵

۳-۸-۱ الگوریتم اغتشاش و نظارت..... ۳۸

۳-۸-۲ الگوریتم هدایت افزایشی ۴۱

فصل چهارم: طراحی شبیه سازی وساخت اینورتر فلای بک پیشنهادی

۴-۱.معرفی..... ۴۷

۴-۲ طراحی مبدل فلای بک ۴۷
۴-۲-۱ حالت پیوسته جریان در مبدل فلای بک..... ۴۸
۴-۲-۲ حالت ناپیوسته جریان در مبدل فلای بک..... ۵۰
۴-۳ اینورتر فلای بک با ترانسفورماتور سر وسط..... ۵۲
۴-۳-۱ساختار اینورتر فلای بک با ترانسفورماتور سر وسط..... ۵۲
۴-۳-۲الگوریتم کنترل کلیدها در اینورتر فلای بک..... ۵۵
۴-۴ محاسبات اینورتر فلای بک در دو حالت پیوسته ونا پیوسته..... ۵۵
۴-۴-۱محاسبه ضریب روشن بودن کلید(D)..... ۵۶
۴-۴-۲محاسبه ضریب توان..... ۵۷
۴-۵مراحل طراحی اینورتر فلای بک..... ۶۱
۴-۶ طراحی ترانسفورماتور اینورتر فلای بک..... ۶۳
۴-۷انتخاب قطعات اینورتر فلای بک..... ۶۴
۴-۸الگوریتم ردیابی نقطه ماکزیمم توان(MPPT) ۶۷
۴-۹نتایج شبیه سازی..... ۶۸
۴-۱۰نتایج آزمایشگاهی ۷۰

فصل پنجم:نتایج

۵-۱نتیجه گیری..... ۷۶
۵-ملاحظات پایانی..... ۷۷
مراجع..... ۷۸

فهرست شکل ها

شکل ۱-۲ نحوه تولید جریان درسلول فتوولتائیک ۷

شکل ۱-۲مدل ساده سلول فتوولتائیک..... ۱۰

شکل ۲-۲ منحنی I-V یک سلول فتوولتائیک..... ۱۲

شکل ۳-۲ مدل کامل سلول فتوولتائیک..... ۱۳

شکل ۴-۲ اثر افزایش سلول های فتوولتائیک..... ۱۴

شکل ۵-۲ ماژول فتوولتائیک مدل As-M40 ساخت کارخانه آریا سولار..... ۱۵

شکل ۶-۲ مدل معمول ماژول فتوولتائیک ۱۶

شکل ۷-۲ اثر افزایش دما بر منحنی مشخصه I-V ماژول فتوولتائیک..... ۱۷

شکل ۷-۲ نقطه ماکزیمم توان بر روی منحنی مشخصه I-V ماژول فتوولتائیک..... ۱۸

شکل ۱-۳ انواع تکنولوژی اینورترهای سیستم های فتوولتائک متصل به شبکه ۲۵

شکل ۲-۳توپولوژی بر اساس دسته بندی تعداد مراحل پردازش قدرت ۲۸

شکل ۳-۳محل های مختلف خازن جداکننده ۲۸

شکل ۴-۳ انواع اینورتر های فتوولتائیک ۳۱

شکل ۵-۳ مقاومت ورودی مبدل فتوولتائیک..... ۳۶

شکل ۶-۳ نقطه ماکزیمم توان درمنحنی I-V در مقادیر مختلف تابش و درجه حرارتoC ۲۵..... ۳۷

شکل ۷-۳ نقطه ماکزیمم توان درمنحنی I-V در مقادیر مختلف تابش و درجه حرارتoC ۵۰..... ۳۷

شکل ۸-۳ ردیابی نقطه ماکزیمم توان..... ۳۹

شکل ۹-۳ فلوچارت الگوریتم اغتشاش ونظارت..... ۳۹

شکل۱۰-۳ عیب الگوریتم اغتشاش ونظارت درسیستم فتوولتائیک..... ۴۱

شکل ۸-۳ فلوچارت الگوریتم هدایت افزایشی..... ۴۴

شکل۱-۴ ساختارمداری مبدل فلای بک..... ۴۹

شکل ۲-۴ موج های الف - جریان خروجی ب- جریان خازن ج- جریان ورودی د- ولتاژ سلف ۴۹

شکل۳-۴ وضعیت (۱)و(۲) برای یک مبدل فلای بک..... ۵۰

شکل۴-۴ الف- ولتاژ سلف ترانسفورماتور ب- جریان سلف تراتسفورماتور.....۵۲

شکل۵-۴ ساختارمداری اینورتر فلای بک سیستم فتوولتائیک..... ۵۳

شکل۶-۴ نحوه پالس دهی به گیت IGBT ها..... ۵۴

شکل۷- ۴عملکرد اینورتر درحالت های مختلف..... ۵۴

شکل۴- ۸نحوه تولید سیگنال گیت IGBT ها..... ۵۵

شکل۴-۹ مدار معادل اینورتر فلای بک از دید شبکه ۵۹

شکل۱۰-۴ شکل موج جریان در اولیه ترانسفورماتور دردو حالت CCM و DCM.....۵۹

شکل۴-۱۱ مدار ساخت موج مثلثی با اپ امپ ۱۴۵۸.....۶۵

شکل ۴-۱۲ مدار راه اندازی IGBT2 و IGBT3 توسط توتم پل و اپتو کوپلر.....۶۷

شکل۴-۱۳ نتایج ردیابی نقطه ماکزیمم توان به روش اغتشاش ونظارت.....۶۸

شکل۴-۱۴ ساختار کلی کنترل سیستم فتوولتائیک ۶۹

شکل۴-۱۵ منحنی جریان تزریق شده به شبکه همراه با ولتاژ آن در سیستم فتوولتائیک ۶۹

شکل۴-۱۶ جریان IGBT1شبیه سازی شده.....۷۰

شکل۴- ۱۷شبیه سازی مبدل فتوولتائیک با ایده مطرح شده.....۷۰

شکل۴-۱۸ مبدل فتوولتائیک ساخته شده..... ۷۱

شکل۴-۱۹ PCB مبدل فتوولتائیک ساخته شده ۷۲

شکل۴-۲۰PCB مبدل فتوولتائیک طراحی شده در نرم افزار پرتئوس..... ۷۲

شکل۴-۲۱ جریان تزریق شده به شبکه..... ۷۳

شکل۴-۲۲ ولتاژ شبکه..... ۷۳

شکل۴-۲۳ جریان کلید اصلی..... ۷۴

فهرست جداول

جدول ۲-۱ مشخصات ماژول فتوولتائیک مدل As-M40 در تابش $۱۰۰۰ W/m^2$ و دمای $۲۵^{o}C$ ۱۵

جدول ۳-۱خلاصه ای ازمشخصات اینورترهای ماژول AC..... ۳۰

جدول ۳-۲خلاصه ای ازمقایسه اینورترهای ماژول AC..... ۳۰

جدول۳-۳خلاصه ای ازاستانداردهای سیستم های فتوولتائیک..... ۳۳

جدول۴-۱ مشخصات اینورتر فلای بک فتوولتائیک ۶۳

فصل اول: بیان مسئله

۱-۱مقدمه

گسترش روز افزون الکترونیک قدرت موجب شده تا مبدل‌های گوناگونی به وجود آیند. این روند توسعه عناصر نیمه هادی را از نظر کیفیت و به‌کارگیری آن‌ها در مبدل‌های توان به ابزارهای سودمندی برای تبدیل منابع مختلف الکتریکی که بتوانند مشخصات مورد نیاز بارهای گوناگون را برآورند تبدیل نموده است.

انرژی خورشید ، مؤثرترین منبع انرژی تجدید پذیر برای تولید برق با استفاده از سلول فتوولتائیک است. بدیهی است بهینه سازی سیستم تبدیل توان ، به اندازه یک ماژول فتوولتائیک در انتقال توان بسیار موثر است و باید موجب حداکثر انتقال توان از نور خورشید به باتری‌ها و یا شبکه شود. ولتاژ یک سلول فتوولتائیک کم است، بنابراین ، برای دریافت ولتاژ مناسب باید سلول ها را به صورت مجموعه ای سری به یکدیگر اتصال داد.

۱–۲ ضرورت توسعه سیستم‌های فتوولتائیک

موضوع انرژی از مسائل بسیار مهم در جهت پیشرفت‌های همه جانبه بشری است. خورشید به عنوان یک منبع بی پایان انرژی می‌تواند حلال مشکلات موجود در مورد انرژی و محیط زیست باشد. اما از نور خورشید به طور مستقیم نمی‌توان به خوبی بهره برد بلکه باید دستگاه‌هایی ساخته شود که بتوانند انرژی تابشی خورشید را به انرژی قابل استفاده نظیر انرژی الکتریسیته تبدیل کنند.استفاده از سیستم فتوولتائیک به چندین دلیل مفید است. چرا که تبدیل نور خورشید به الکتریسیته مستقیم است و مانند سیستم‌های تولید کننده مکانیکی به فضای زیادی نیاز ندارند.خصوصیت ماژولی انرژی فتوولتائیک اجازه می‌دهد که به طور سریع آرایش‌ها در هر اندازه مورد نیاز نصب شوند.

همچنین تأثیرات سوء زیست محیطی یک سیستم فتوولتائیک بسیار کم است، برای این سیستم به آب نیاز نیست. سلول‌های فتوولتائیک، همانند باتری‌ها، جریان مستقیم تولید می‌کنند که به طور عمومی برای کاربردهای کوچک مانند ابزار الکترونیک مورد استفاده قرار می‌گیرد. اما هنگامی که برای کاربردهای تجاری مورد استفاده قرار گیرد بسیار مفید است.

تزریق انرژی سیستم‌های فتوولتائیک به شبکه‌های الکتریکی باید به صورت جریان متناوب باشد که برای استفاده به مبدل‌هایی نیاز داریم که اینورتر نام دارد، اینورترها ابزارهایی هستند که جریان مستقیم را به جریان متناوب تبدیل می‌کنند. به طور سنتی سیستم‌های فتوولتائیک در مناطق دورافتاده برای تولید الکتریسیته بکار گرفته شده‌اند. با این وجود یک بازار مطمئن برای تولید انرژی الکتریکی می‌تواند اقتصاد و اعتبار سیستم قدرت را بهبود بخشد.

۱–۳ اهداف این پایان نامه

در پایان نامه حاضر اهداف زیر مدنظر است:

۱-بررسی مطالعاتی که در این زمینه تاکنون انجام شده است.

۲- پارامترهای مورد نیاز برای شبیه سازی استخراج گردیده است.

۳- طراحی و ساخت یک سیستم فتوولتائیک که بتواند انرژی خورشیدی را به انرژی الکتریکی تبدیل کرده و این انرژی به شبکه انتقال دهد.

۴- طراحی و ساخت اینورتری که با روش کنترلی جدید می‌تواند جریان مستقیم به مبدل جریان متناوب با استفاده از نمونه برداری از ولتاژ شبکه تبدیل کند.

۵- کاهش تعداد کلید های فرکانس سوئیچینگ بالا در مقایسه با بسیاری از مبدل‌های دیگر ارائه شده برای سیستم‌های فتوولتائیک.

۶- طراحی یک کنترل کننده که می‌تواند این سیستم فتوولتائیک را در عمل کنترل کرده و حداکثر توان آرایه فتوولتائیک ارائه دهد.

۷- بررسی ویژگی‌های آرایه فتوولتائیک.

۸-ردیابی نقطه حداکثر توان (MPPT)، و ارائه دو الگوریتم مختلف برای آن.

۱-۴ محتوی این پایان نامه

در این تحقیق ابتدا به بررسی ویژگی‌های ماژول فتوولتائیک می‌پردازیم بعد از آن ساده‌ترین و مدل دقیق‌تر سلول فتوولتائیک را بیان می‌کنیم.در ادامه مدل سازی ماژول فتوولتائیک در نرم افزار Matlab را ارائه می‌دهیم.

سپس به منحنی مشخصه ولتاژ جریان ماژول فتوولتائیک و ویژگی‌های آن می‌پردازیم. بعد از آن به اصول کار مبدل فلای بک را یاد آور می‌شویم. در فصل سوم مروری بر اینورترهای فتوولتائیک متصل به شبکه خواهیم داشت. در ادامه این فصل الگوریتم‌های مختلف ردیابی نقطه ماکزیمم توان را بیان می‌کنیم.

فصل چهارم را با بیان محاسبات تئوری مبدل فلای بک آغاز می‌کنیم، بعد از آن محاسبات و طراحی اینورتر فلای بک را بیان می‌کنیم در ادامه این فصل به شبیه سازی‌های اینورتر و ردیاب نقطه ماکزیمم توان می‌پردازیم و در انتها به نحوه ء اجرای مبدل فتوولتائیک و ارائه نتایج آزمایشگاهی آن می‌پردازیم.

در فصل پنجم نیز نتایج و پیشنهادات را بیان می‌کنیم

فصل دوم: مبانی نظری پدیده فتوولتائیک و اجزای سیستم مذکور

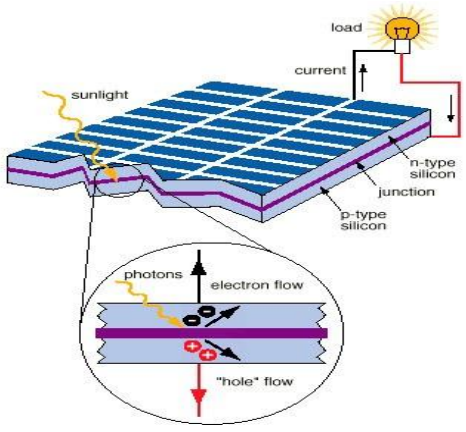
۲–۱ پدیده فتوولتائیک

به پدیده ای که در اثر تابش نور بدون استفاده از سیستم‌های متحرک ، الکتریسیته تولید می‌کند، پدیده فتوولتائیک و به هر سیستمی که از این پدیده استفاده کند سیستم فتوولتائیک می‌گوییم.

قدمت فتوولتائیک به سال ۱۸۳۹ وقتی که فیزیکدان فرانسوی، ادموند بکرل، اولین اثر فتوولتائیک را کشف کرد و آن زمانی بود که او به روشن کردن یک الکترود فلزی به وسیله حلال الکترولیتی پرداخت. ۳۷ سال بعد، فیزیکدان بریتانیایی، ویلیام آدامز، با دانشجوی خود ریچارد رز، مواد فتوولتائیکی کشف کرد که از ، سیلسیم، ساخته شده و سلول‌های جامدی با بازده ٪۲ ~۱ بود و به طور گسترده ای در دوربین‌های اندازه گیری بکار می‌رفت. [۲]

در سال ۱۹۵۴ اولین نسل از سلول‌های فتوولتائیک مبتنی بر نیمه هادی سیلسیم ، با راندمان ۶ درصد در برنامه های فضایی به اجرا درآمد. تولید سلول‌های فتوولتائیک با منحنی رشد نمایی با پیشرفت تکنولوژی از اواخر دهه ۸۰ میلادی آغاز شد است که به سرعت در حال بهبود راندمان و کاهش هزینه است. [۲]

سیستم های فتوولتائیک یکی از پرمصرف‌ترین کاربرد انرژی تجدید پذیر می‌باشند و تاکنون سیستم‌های گوناگونی با ظرفیت‌های مختلف در سراسر جهان نصب و راه اندازی شده‌اند. امروزه این گونه سلول‌ها عموماً از ماده سیلسیم تهیه می‌شود و سیلیسیم مورد نیاز از شن و ماسه تهیه می‌شود که در مناطق کویری به فراوانی یافت می‌شود. [۸]



شکل ۲-۱ نحوه تولید جریان در سلول فتوولتائیک [۲]

۲-۲ سلول فتوولتائیک

یک سلول خورشیدی وسیله‌ایست که از نیمه هادی نوع n وp با اتصال الکتریکی تشکیل شده و انرژی پرتوهای خورشید که همان فوتون هستند را جذب کرده و به طور مستقیم به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند.

فوتون‌های نور با انرژی بیشتر از انرژی باند در مواد فتوولتائیک می‌توانند الکترون‌ها را از اتم‌ها جدا کنند و یک حفره به وجود آورند که این موضوع در شکل ۲-۱ نشان داده شده است. با این حال، الکترون دیگری به زودی دوباره به حفره سقوط می‌کند. الکترون‌هایی که در باند هدایت قرار دارند می‌توانند به طور مداوم به دور از حفره ها به سمت تماس با الکترود فلزی حرکت کنند و یک جریان الکتریکی به وجود آورند. و یا به بیان بهتر جذب پرتوهای نوری موجب شکستن پیوند کووالانسی که نماینده بهم پیوستگی شیمیائی اتم‌ها در نیمه هادی (سلیسیم) است، می‌گردد. در این فرآیند دو نوع بارهای متحرک در یک شبکه نیمه هادی با الکترون‌های منفی آزاد و حفره‌های مثبت آزاد، تولید می‌شوند. در نتیجه، بارهای منفی به یک طرف و بارهای مثبت به طرف دیگر روانه می‌گردند. در اثر جدا شدن بارها، پتانسیل الکتریکی V در بین دو سر نیمه هادی ایجاد می‌شود. با گذاشتن الکترودهایی در دو طرف نیمه هادی، جریان الکتریکی I را می‌توان توسط یک بار خارجی برقرار نمود[۸].

سلول‌های خورشیدی را باید از فتوسل‌ها که با استفاده از خواص رسانائی نوری مواد، میزان شدت نور را اندازه‌گیری می‌کنند، متمایز نمود. فتوسل‌ها نسبت به نور بسیار حساس بوده و رسانائی آن‌ها در نتیجه تغییر بسیار جزئی شدت نور، چندین برابر تغییر می‌کند.

اولین وسیله و کوچک‌ترین واحد مستقل تمامی سیستم‌های فتوولتائیک، سلول خورشیدی می‌باشد. اندازه آن می‌تواند با توجه به کاربرد مورد نظر به نحو مطلوب انتخاب گردد. اندازه سلول از چندین میلی متر مربع برای کاربردهای الکترونیکی از قبیل ماشین‌ها حساب جیبی، ساعت مچی و غیره تا اندازه استاندارد فعلی ۱۰×۱۰ سانتی متر مربع تغییر می‌کند.

شکل سلول مربع مستطیل می‌باشد، ولی شکل‌های دیگری همچون دایره، نیم دایره و یا سایر اشکال که دارای هزینه ساخت کمتری را در بر داشته باشند، نیز تولید شده است. نکته مهم اینست که سلول‌های خورشیدی را می‌توان در شکل‌های فیزیکی متفاوت ساخته و تولید نمود ولی به خاطر اینکه بسیار نازک هستند، خاصیت شکنندگی پیدا کرده و در نتیجه از نظر اندازه دارای محدودیت می‌باشند. [۸]

سلول‌های خورشیدی از زمره دستگاه‌های بسیار نازک می‌باشند. به طور مثال ضخامت سلول ۰/۳ میلی متر یعنی حدود ضخامت چند صفحه کاغذ معمولی می‌باشد. در حال حاضر تحقیق و توسعه برای هرچه نازک‌تر ساختن سلول‌های خورشیدی به منظور به حداقل رساندن مصرف مواد نیمه هادی و در نتیجه هزینه ساخت آن‌ها، در مراکز تحقیقاتی دنیا در جریان است.

یک سلول خورشیدی از یک لایه بسیار نازک (حدود چند میکرون) از سیلیم نوع n و لایه ضخیم‌تری از سیلیکون نوع p تشکیل یافته است. اغلب سلول‌های خورشیدی از تک بلور سیلیکون ساخته می‌شوند، ولی از نیمه هادی‌های دیگر از جمله سیلسیم آمورف، سیلسیم چند بلوره، آرسنید گالیم، سولفید کادمیوم و ترکیبات دیگر که از سیلسیم تک بلور ارزان‌تر می‌باشد، نیز در ساخت سلول‌های خورشیدی استفاده می‌گردد. که هرچقدر میزان خلوص سیلسیم در سلول بیشتر باشد، راندمان آن هم افزایش می‌یابد. یک سلول خورشیدی با اندازه ۱۰ سانتی متر در ۱۰ سانتی متر چنانچه مستقیماً در معرض تابش مستقیم خورشید قرار گیرد، توانی نزدیک به ۱/۵ وات تولید می‌نماید. اگرچه سیلسیم عنصر فراوانی است و درصد زیادی از پوسته زمین را تشکیل می‌دهد، ولی سلول‌های فتوولتائیک قیمت بالایی دارند و این به خاطر فرآیند ساخت و خالص سازی سیلسیم می‌باشد [۸].

یکی از معیارهای مهم توسعه و ساخت یک سلول خورشیدی به حداکثر رساندن راندمان تبدیل نور خورشید به الکتریسیته می‌باشد. در سلول‌های خورشیدی مکانیزم‌های مختلف افت انرژی وجود دارد که بعضی از آن‌ها غیر قابل اجتناب بوده و ذاتاً در سلول وجود دارند ولی برخی دیگر قابل کنترل می‌باشند و می‌توان آن‌ها را به حداقل رسانید و به کلی حذف کرد. با توجه به این امر راندمان ایده‌آل یک سلول در حدود ۳۰ درصد می‌باشد. راندمان سلول‌های خورشیدی تجاری تحت تابش مستقیم خورشید، در حدود ۱۲ الی ۱۷ درصد می‌باشد، ولی در سطح آزمایشگاهی به راندمان‌های بالاتری نیز دست یافته‌اند. مثلاً راندمان سلول‌های خورشیدی منفرد از نوع کریستال‌های سیلیکون به ۲۳ درصد و راندمان سلول‌هائی که پرتوهای خورشیدی بر روی آنها متمرکز می‌شوند تا ۳۲ درصد گزارش شده است.

به منظور افزایش بازدهی سلول‌های خورشیدی که در سطوح مسطح قرار می‌گیرند،از یک روش، تعبیه سیستم‌های موثر متمرکز کننده استفاده می شود. متمرکز سازی پرتوهای خورشیدی، چگالی توان نور خورشید بر روی سلول‌ها را افزایش داده و بنابراین سطح مورد نیاز سلول‌های خورشیدی را برای تولید توان خروجی کاهش می‌دهد. جهت بررسی سیستم فتوولتائیک لزوم داشتن مدل فیزیکی و به دنبال آن مدل ریاضی می باشیم تا تجزیه و تحلیل سیستم مقدور گردد [۱۶].