بسم الله الرحمن الرحیم

۱۳۵۰
دانشگاه اراک
دانشکده فنی و مهندسی

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی برق-قدرت

ارائه الگوریتم جدید جهت دستیابی به توان بیشینه در سیستم های خورشیدی تحت سایه جزئی

محمد شفیعی آهویی

استاد راهنما:

دکتر علی اصغر قدیمی

استاد مشاور:

دکتر امیرحسین ابوالمعصومی

تابستان 1393

چکیده

رشد بی رویه استفاده از انرژی های فسیلی در دهه های گذشته باعث افزایش آلودگی های محیط زیست و کاهش ذخایر زیر زمینی شده است. برای مقابله با این مشکلات استفاده از انرژی های تجدیدی پذیر مورد توجه قرار گرفته است. در این میان انرژی خورشیدی به علت عدم تولید آلودگی های صوتی و زیست محیطی مورد مطالعه قرار دارد. مشکل استفاده از انرژی خورشیدی به عنوان منبع الکتریسیته، پایین بودن بازده سلول های خورشیدی می باشد. در این پایاننامه، یک الگوریتم کنترلی برای دستیابی به بیشترین توان ممکن، در سیستمهای خورشیدی که تحت سایه جزئی قرار میگیرند، ارائه گردیده است. این الگوریتم بدون نیاز به استفاده از روشهای معمول که شامل اندازه گیری جریان اتصال کوتاه، ولتاژ مدار باز و استفاده از کلیدهای اضافی میباشد، به ردیابی توان بیشینه میپردازد. در مرحله ی ابتدایی، الگوریتم پیشنهادی بر اساس تابشهای دریافت شده توسط پنلهای خورشیدی، محدوده نقطه ی بیشینه توان را میابد و سپس با استفاده از روش تغییرات و مشاهده، نقطه دقیق توان بیشینه را به دست میآورد. با استفاده از این الگوریتم هزینههای ناشی از استفاده از روشهای معمول کاهش یافته و نقطه بیشینه توان با دقت و سرعت بالا در چرخه ابتدایی به دست میآید. جهت صحت سنجی الگوریتم پیشنهادی، در فصول انتهایی پایان نامه، شبیه سازی بر روی یک سیستم خورشیدی نمونه انجام شده و نتایج حکایت از کارآیی این الگوریتم در مقایسه با روشهای معمول دارد.

کلید واژه: سیستم های خورشیدی تحت سایه، ردیابی توان بیشینه، بهینه سازی تولید انرژی، افزایش بازدهی سیستم خورشیدی.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فهرست جدول‌ها ..... د
فهرست شکل‌ها ..... ه
فهرست علایم و نشانه‌ها ..... ز

فصل 1- مقدمه و اهداف پروژه 1
1-1- انرژی های تجدید پذیر 2
1-2- فتوولتائیک چیست؟ 3
1-2-1- ظرفیتهای نصب شده فتوولتائیک 5
1-2-2- مزایای تکنولوژی فتوولتائیک 6
1-2-2-1- دوام 6
1-2-2-2- هزینه های پایین حفظ و نگهداری 7
1-2-2-3- عدم نیاز به مواد سوختی 7
1-2-2-4- کاهش آلودگی صوتی 7
1-2-2-5- قابلیت نصب و راه اندازی سیستمهای فتوولتاییک در ظرفیتهای گوناگون 7
1-2-2-6- عدم وابستگی به شبکه برق شهری 7
1-2-3- معایب تکنولوژی فتوولتاییک 7
1-2-3-1- هزینه های راهاندازی 7
1-2-3-2- وابستگی به شدت تابش خورشید 7
1-2-3-3- نیاز به ذخیره سازی انرژی 8
1-2-3-4- عدم آشنایی مردم با سیستم فتوولتاییک 8
1-2-4- مصارف و کاربردهای فتوولتائیک: 8
1-3- شرح مشکل 9
1-4- مرور کارهای دیگران 10
1-5- نوآوری این پایاننامه 11
1-6- ساختار پایان نامه 12

فصل 2- مدلسازی سیستم خهای خورشیدی 14
2-1- مقدمه 14
2-2- اجزای سیستم خورشیدی 14
2-3- پیکره بندی سیستم خورشیدی 15
2-3-1- پیکره بندی عمومی 15
2-3-2- پیکره بندی مرکزی 16
2-3-3- پیکره بندی رشته ای 17

2-3-4- پیکره بندی ماژول AC 18
2-3-5- پیکره بندی چند رشته ای 18
2-3-6- پیکره بندی چند سطحی 19
2-3-7- پیکره بندی پل H آبشاری 20
2-3-7-1- پل H آبشاری های تک رشته 20
2-3-7-2- پل H آبشاری های چند رشته ای 21
2-3-8- پیکره بندی گره نقطه خنثی 22
2-3-8-1- پیکره بندی گره نقطه خنثی تک رشته 23
2-3-8-2- پیکره بندی گره نقطه خنثی چند رشته ای 23
2-4- ساختمان یک سلول هادی فتوولتائیک 24
2-5- مشخصه سلول خورشیدی 25
2-6- پارامترهای اساسی سلول خورشیدی 26
2-7- مدل ریاضی سلول خورشیدی 28
2-8- روش های ردیابی توان بیشینه 34
2-9- روش های حاضر ردیابی توان بیشینه 34
2-9-1- الگوریتم تغییرات و مشاهده 34
2-9-2- روش کنداکتانس افزایشی 36
2-9-3- روش چرخه عملکرد ثابت 38
2-9-4- روش ولتاژ ثابت 38
2-9-5- روش مشخصه مکان هندسی نقطه توان بیشینه 38
2-9-6- روش بتا 39
2-9-7- روش های ارتباط ریپل و نوسان سیستم 39
2-9-8- روش دما 40
2-10- مقایسه روش های ردیابی توان بیشینه 40

فصل 3- روش پیشنهادی جهت دستیابی به MPP در حضور سایه جزئی 43
3-1- مقدمه 43
3-2- کاربرد دیودهای موازی ماژول های سری 43
3-3- منحنی ماژول خورشیدی تحت سایه 44
3-4- فلوچارت روش پیشنهادی 45
3-5- تنظیم ولتاژ سلول جهت دسترسی به MPP در حالت سایه 47
3-6- جمع بندی 48

فصل 4- شبیه سازی و تحلیل نتایج 50
4-1- مقدمه 50
4-2- معرفی سیستم نمونه 50
4-3- حالات مختلف 51

4-3-1- حالت اول: حداکثر توان در ناحیه سوم..... 51
4-3-2- حالت دوم: حداکثر توان در ناحیه دوم..... 52
4-3-3- حالت سوم: حداکثر توان در ناحیه اول..... 54
4-4- شبیه سازی ترکیبی..... 55
4-4-1- حالت اول..... 55
4-4-2- حالت دوم..... 57
4-5- جمع بندی..... 59
فصل 5- نتیجه گیری و پیشنهادات..... 61
ضمیمه أ -انواع سلول های خورشیدی..... 62
فهرست مراجع..... 67
واژه نامه فارسی به انگلیسی..... 71
واژه نامه انگلیسی به فارسی..... 72

فهرست جدول‌ها

عنوان صفحه

جدول (1-1): جدول اطلاعات انرژیهای تجدید پذیر بین سالهای2008 تا2011 3
جدول (1-2): ظرفیت های نصب شده انرژی فتوولتائیک در سال های2005 تا2012 6
جدول (2-1): مقادیر ضرایب ایده الی 27
جدول (2-2): مقایسه روش های ردیابی توان بیشینه 40
جدول (4-1): مشخصات ماژول شبیه سازی شده 51

فهرست شکل‌ها

عنوان صفحه

شکل (2-1): اجزای سیستم خورشیدی 14
شکل (2-2): پیکره بندی مرکزی 16
شکل (2-3): پیکره بندی رشته ای 17
شکل (2-4): پیکره بندی ماژول AC 18
شکل (2-5): پیکره بندی چند رشته ای 19
شکل (2-6): پیکره بندی رشته ای پل H آبشاری تکی 21
شکل (2-7): پیکره بندی پل H آبشاری چند رشته ای 22
شکل (2-8): پیکره بندی رشته ای گره نقطه خنثی تکی 23
شکل (2-9): پیکره بندی گره نقطه خنثی چند رشته 23
شکل (2-10): اصول تولید جریان از سلول فتوولتائیک 24
شکل (2-11): مشخصه های سلول خورشیدی 25
شکل (2-12): مشخصه توان فتوولتائیک برای سطوح مختلف تابش 25
شکل (2-13): مشخصه توان فتوولتائیک برای سطوح مختلف دما 26
شکل (2-14): مدار معادل سلول ایدهآل 28
شکل (2-15): مدار معادل سلول با اضافه شدن مقاومت ها 28
شکل (2-16): مدلسازی ریاضی جریان دیود Is 29
شکل (2-17): مدلسازی ریاضی جریان فتولتائیک Ipv 30
شکل (2-18): مدلسازی ریاضی جریان اشباع Is 31
شکل (2-19): مدلسازی ریاضی جریان اشباع معکوس Irs 32
شکل (2-20): مدلسازی فتولتائیک با اضافه کردن مقاومت های سری و موازی 32
شکل (2-21): اتصال سه ماژول به صورت سری 33
شکل (2-22): اجرای روش P&O با سیمولینک متلب 35
شکل (2-23): الگوریتم روش P&O 35
شکل (2-24): مشخصه توان ولتاژ 36
شکل (3-4): اجرای روش IC با کنترل کننده PI 37
شکل (2-26): الگوریتم روش IC 37
شکل (2-27): اجرای روش بتا 39
شکل (2-28): در صد انرژی استخراج شده از پنل فتوولتائیک در هر یک از روش ها 41
شکل (3-1): منحنی مشخصه جریان ولتاژ شامل سه ماژول با تابشهای مختلف 44
شکل (3-2): منحنی مشخصه توان ولتاژ شامل سه ماژول با تابشهای مختلف 45

شکل (3-3): سه حالت مختلف استفاده از ماژول ها با تابش های متفاوت..... 46
شکل (3-4): مراحل الگوریتم پیشنهادی..... 47
شکل (3-5): مدار معادل مبدل افزاینده..... 48
شکل (4-1): منحنی مشخصه توان ولتاژ حالت اول..... 52
شکل (4-2): منحنی مشخصه جریان ولتاژ حالت اول..... 52
شکل (4-3): منحنی مشخصه توان ولتاژ حالت دوم..... 53
شکل (4-4): منحنی مشخصه جریان ولتاژ حالت دوم..... 53
شکل (4-5): منحنی مشخصه توان ولتاژ حالت سوم..... 54
شکل (4-6): منحنی مشخصه جریان ولتاژ حالت سوم..... 54
شکل (4-7): منحنی تغییرات توان بر حسب زمان..... 55
شکل (4-8): منحنی تغییرات ولتاژ بر حسب زمان..... 56
شکل (4-9): منحنی چرخه عملکرد بر حسب زمان..... 56
شکل (4-10): منحنی تغییرات چرخه عملکرد بر حسب زمان..... 57
شکل (4-11): منحنی توان بر حسب زمان..... 57
شکل (4-12): منحنی ولتاژ بر حسب زمان..... 58
شکل (4-13): منحنی جریان بر حسب زمان..... 58
شکل (4-14): منحنی چرخه عملکرد بر حسب زمان..... 59
شکل (4-15): منحنی تغییرات چرخه عملکرد بر حسب زمان..... 59
شکل (أ-1): نحوه قرارگیری سلولها در کنار هم..... 62
شکل(أ-2): شماتیک یک سلول خورشیدی حساس به رنگ..... 63
شکل(أ-3): قابلیت ساخت سلول های خورشیدی پلیمری به صورت یک فرایند ساخت پیوسته..... 64
شکل(أ-4): سلول خورشیدی مبتنی بر نقاط کوانتومی..... 65
شکل (أ-5): بهبود بازده فتوولتائیک در سلول های خورشیدی..... 65

فهرست علایم و نشانه‌ها

عنوان	علامت اختصاری
جریان اتصال کوتاه	Isc
ولتاژ مدار باز	Voc
جریان اشباع دیود	Is
جریان اشباع معکوس دیود	Irs
جریان دیود	Id
جریان تولید توسط فوتون	Ipv
جریان در بیشترین توان	Im
ولتاژ در بیشترین توان	Vm
بیشترین توان	Pm
جریان تولیدی در خروجی سلول	I
ولتاژ تولیدی در خروجی سلول	V
دمای مرجع	$Tref$
دمای عملکرد سلول	Tc
ولتاژ خروجی مبدل	Vo
ولتاژ ورودی مبدل	Vi
مقاومت سری	Rs
مقاومت موازی	Rsh
چرخه عملکرد	D
بار الکترون	q
ثابت بولتزمن	K
بازده مشترک دمای جریان اتصال کوتاه	Ki
انرژی شکاف نیمه هادی	Eg
تعداد سلول های سری	Ns
میزان تابش دریافتی سلول	G
ضریب fill-form	$F.F$
بازده	η

فصل اول :
مقدمه و اهداف پروژه

فصل 1 – مقدمه و اهداف پروژه

1 ‡ – انرژی های تجدید پذیر

با توجه به نیاز روز افزون به منابع انرژی و کاهش منابع سوخت فسیلی، ضرورت سالم نگهداشتن محیط زیست، کاهش آلودگی هوا، محدودیتهای برق رسانی و تامین سوخت برای نقاط روستایی دور افتاده و... استفاده از انرژیهای نو [1] مانند: انرژی آب ، انرژی باد، انرژی خورشید، انرژی هیدروترمال و... می‌تواند جایگاه ویژه‌ای داشته باشد. براساس پیش بینی دانشمندان و آژانس بین المللی انرژی تقاضای مصرف و تولید انرژی در آینده نیز افزایش سریع و نگران کننده‌ای خواهد داشت. از سویی بر اساس مطالعات دانشمندان تا سال ۲۰۴۰ نیروی باد ۲۰ ٪ الکتریسیته جهان را تامین می‌کند.

از پایان سال2004 ظرفیت انرژیهای تجدید پذیر در سطح جهان به طور سالانه برای تکنولوژیهای مختلف در محدوده‌ی بین 10 تا 60 ٪ رشد داشته است. برای توان باد و بسیاری از تکنولوژیهای تجدید پذیر دیگر، رشد در سال2009 نسبت به 4 سال قبل از آن شتاب بیشتری گرفت[1]. در طول سال 2009، به ظرفیت توان بادی نسبت به دیگر تکنولوژیهای تجدیدپذیر میزان بیشتری اضافه شد. با این حال سیستمهای فتوولتائیک متصل به شبکه با نرخ رشد سالانه حدود 60 درصد بیشترین سرعت رشد در بین تکنولوژیهای تجدیدپذیر را داشته اند. در سال2010 انرژی تجدیدپذیر در حدود سومین ظرفیت تولیدی توان الکتریکی ساخته شده را تشکیل داده است. در سال2014 ظرفیت نصب شده فتوولتائیک[2] از باد تجاوز خواهد کرد، اما به دلیل ضریب ظرفیت پایین انرژی خورشید[3]، توان تولیدی از فتوولتائیک تا سال2015 از مقدار تولیدی توان بادی فراتر نخواهد رفت[2].

مقدار انرژی تابشی خورشید بر روی کره زمین ۶۰۰۰ برابر کل مصرف انرژی‌های سالیانه بر روی زمین است که این مطلب نشان دهنده اهمیت توجه به این منبع در تامین نیازهای روزمره بشر است. اگر تا به حال انرژی خورشیدی رقیبی جدی برای سوخت‌های فسیلی محسوب نمی‌شده است، به دلیل پایین بودن تاریخی قیمت سوخت‌های فسیلی بوده است. اگر چه هنوز هم فناوری استفاده از انرژی خورشیدی به بلوغ خود نرسیده است، اما رسیدن به این تکامل نزدیک است. بسیاری از کشورهای جهان در تلاشند تا با جایگزینی انرژی خورشیدی در تولید حرارت و الکتریسیته حداکثر استفاده از این منبع انرژی را به دست آورده و زیان‌های ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی را کاهش دهند [3].

جدول (1-1) اطلاعات انرژیهای تجدیدپذیر بین سالهای 2008 تا2011 را در بر دارد[4، 5].

[1] Renewable Energy
[2] Photovoltaic (PV)
[3] Solar Energy

جدول (1-1): جدول اطلاعات انرژیهای تجدید پذیر بین سالهای 2008 تا 2011

انرژی تجدید پذیر [4، 5]	2008	2009	2010	2011
سرمایه گذاری در ظرفیتهای تجدید پذیر (سالانه) (USD 109)	130	160	211	257
ظرفیت انرژی انرژیهای تجدید پذیر (موجود) (GWe)	1140	1230	1320	1360
ظرفیت برق آبی (موجود) (GWe)	885	915	945	970
ظرفیت انرژی باد (موجود) (GWe)	121	159	198	238
ظرفیت فتوولتائیک خورشیدی (متصل به شبکه) (GWe)	16	23	40	70
ظرفیت آب گرم خورشیدی (موجود) (GWth)	130	160	185	232
تولید اتانول (سالانه) (109 لیتر)	67	76	86	86
تولید بیودیزل (سالانه) (109 لیتر)	12	17.8	18.5	21.4
کشورهایی با هدف استفاده از انرژیهای تجدید پذیر	79	89	98	118

مطابق با گزارش سال 2011 آژانس بین المللی انرژی، ژنراتورهای انرژی خورشیدی امکان تولید بخش اعظم الکتریسیته جهان در 50 سال آینده را دارند که نتیجه آن کاهش چشمگیر آلودگی گازهای گلخانه ای در محیط زیست خواهد بود. سدریک فیلیبرت آنالیزور انرژیهای نو در آژانس بین المللی انرژی می گوید : "فتوولتائیک و طرحهای حرارتی خورشیدی می تواند تا سال 2060 بیشتر تقاضا برای انرژی الکتریسیته را پوشش دهد. فتوولتائیک و توان خورشیدی متمرکز می توانند منبع اصلی الکتریسیته شوند[6].

1 2 – فتوولتائیک چیست؟

فتوولتائیک یا به اختصار PV ، یکی از انواع سامانه‌های تولید برق از انرژی خورشیدی می‌باشد. در این روش با بکارگیری سلول‌های خورشیدی، تولید مستقیم الکتریسیته از تابش خورشید امکان پذیر می‌شود. سلول‌های خورشیدی از نوع نیمه رسانا می‌باشند که از سیلیسیوم یعنی دومین عنصر فراوان پوسته زمین

ساخته می‌شوند. وقتی نور خورشید به یک سلول فتوولتا یک می‌تابد، بین دو الکترود منفی و مثبت اختلاف پتانسیل بروز کرده و این امر موجب جاری شدن جریان بین آنها می‌گردد [3].

عبارت فتوولتا یک ترکیبی از کلمه یونانی "Photos" به معنی نور با "Volt" به معنای تولید الکتریسیته است که کشف پدیده فتوولتاییک به فیزیکدان فرانسوی ادموند بکورل [1] نسبت داده می‌شود که در سال ۱۸۳۹ با چاپ مقاله‌ای تجربیات خود را با باتری‌تر [2] ارائه نمود. او مشاهده نمود که ولتاژ باتری وقتی که صفحات نقره‌ای آن تحت تابش نور خورشید قرار می‌گیرند، افزایش می‌یابد . افزایش قیمت منابع انرژی تجدید ناپذیر از دهه ۱۹۷۰؛ وجود خطرات زیست محیطی توجه بسیاری از محققان سراسر جهان را به منابع تجدید پذیر معطوف کرده است. با توجه به اینکه تقاضا و نیاز به انرژی در سطح جهانی رو به افزایش است و تقریبا هر ۱۰ سال این تقاضا دو برابر میشود . تلاش برای یافتن منابع جانشین جدید انرژی، امری ضروری تلقی میشود . تحقیقات در مورد فناوری فتوولتائیک از حدود یک صد سال پیش آغاز شد. در سال ۱۸۷۳ دانشمندی انگلیسی به نام ویل اسمیت[3] دریافت که عنصر سیلینیوم در مقابل نور واکنش نشان می دهد و این عنصر از نظر توانایی هدایت الکتریکی رابطه ای مستقیم با مقدار نور دریافتی دارد. با توزیع و نشر این پدیده دانشمندان زیادی را بر آن داشت تا به امید تولید الکتریسیته با استفاده از این عنصر آزمایشاتی را انجام دهند.

اما اولین گزارش از پدیده PV در یک ماده جامد در سال ۱۸۷۷ بود وقتیکه دو دانشمند کمبریج دی و آدامز[4] در مقاله‌ای به انجمن سلطنتی تغییراتی که در خواص الکتریکی سلنیوم وقتی که تحت تابش نور قرار می‌گیرد را، توضیح دادند.در سال ۱۸۸۳ چارلز ادگار فریتس [5] که یک مهندس برق اهل نیویورک بود، یک سلول خورشیدی سلنیومی ساخت که از برخی جهات شبیه به سلولهای خورشیدی سیلیکونی امروزی بود. این سلول از یک ویفر نازک سلنیوم تشکیل شده بود که با یک توری از سیمهای خیلی نازک طلا و یک ورق حفاظتی از شیشه پوشانده شده بود. اما سلول ساخت او خیلی کم بازده بود. بازده یک سلول خورشیدی عبارت از درصدی از انرژی خورشیدی تابیده به سطح آن می‌باشد که به انرژی الکتریکی تبدیل شده باشد. کمتر از ۱٪ انرژی خورشیدی تابیده شده به سطح این سلول ابتدایی به الکتریسیته تبدیل می‌شد. با وجود این، سلول‌های سلنیومی سرانجام در نورسنج‌های عکاسی به طور وسیعی بکار گرفته شد .

با این وجود هزینه بالای تولید سلول و بازده آن به گونه ای بود که تا سال ۱۹۰۵ این پدیده به عنوان یک منبع تولید انرژی مورد توجه قرار نگرفت. بعدها این پدیده توسط فیزیکدان معروف آلبرت اینشتن بیشتر مورد بررسی و تشریح قرار گرفت. که این امر موجب فهم عمیق تر نسبت به پدیده فیزیکی تولید الکتریسیته از نور خورشید شد.

[1] Edmond Becquerel
[2] Wet Cell
[3] willoughby smith
[4] R.E. Day , W.G.Adams
[5] Charles Edgar Fritts

در سال ۱۹۵۰ میلادی در آزمایشگاه بل برای یافتن یک روش مطمئن برای تامین انرژی سیستمهای مخابراتی راه دور تحقیقاتی دراین زمینه انجام شد. در این آزمایشات حساسیت عناصر زیادی نسبت به نور خورشید مورد بررسی قرار گرفت و سرانجام عنصر سیلیکون (دومین عنصر فراوان بر روی زمین) به عنوان یک عنصر با حساسیت بالا نسبت به نور خورشید شناسایی شد. همچنین با استفاده از دیگر فناوریها با تزریق ناخالصیهای متفاوت توانستند یک سلول فتوالکتریک به وجود بیاورند که اولا قدرت جذب نور بیشتری را داشت (به دلیل تزریق رنگدانههای تیره برای جذب بیشتر نور خورشید) و دیگر اینکه این سلول ولتاژ ذاتی تولیدی بیشتری نسبت به نوع خالص خود را تولید می کرد. در سال ۱۹۵۴ اولین سلول خورشیدی شبیه به سلولهای امروزی بر پایه سیلیکون ساخته شد. راندمان و بازده این سلول تنها ۶ % بود. از این سلول اولین بار به عنوان یک نمونه غیر آزمایشگاهی برای تامین انرژی مورد نیاز یک ایستگاه مخابراتی استفاده شد[3].

بعد از آن دانشمندان ناسا برای تامین انرژی مورد نیاز نخستین ماهواره مخابرات فضایی از این فناوری استفاده کردند. دانشمندان ناسا به دنبال یک منبع انرژی مطمئن، نیرومند، سبک و قابل نصب در خارج از فضا بودند. از این رو یک صفحه فتوولتائیکی که شامل ۱۰۸ سلول بود را بر روی نخستین ماهواره ایالات متحده نصب کردند. تا سال ۱۹۶۰ تقریبا اکثر ماهوارهها و فضاپیماها از این صفحات به عنوان منبع تامین انرژی استفاده می کردند. امروزه تقربا ۲۰۰ هزار خانه در ایالات متحده آمریکا به نوعی از انرژی فتوولتائیک استفاده می کنند و همچنین انرژی الکتریکی بیش از ۱۷۵ هزار روستا در ۱۴۰ کشور در سراسر جهان از این طریق تامین می شود. در سال ۲۰۰۱ در سراسر جهان ۳۵۰ مگاوات انرژی توسط سیستمهای فتوولتائیک تولید شد که ارزش آنها به بیش از ۲ میلیارد دلار میرسد.

1 2 1 – ظرفیتهای نصب شده فتوولتائیک

فتوولتائیک خورشیدی منبع پایدار انرژی می باشد[7]. تا پایان سال2011، در مجموع ظرفیت71.1 گیگا وات نصب شده است[8] که تولید85 تراوات ساعت در سال را ممکن نموده است که تا پایان سال2012 به ظرفیت100 گیگاوات افزایش یافته است[9]. اکنون فتوولتائیک بعد از انرژیهای هیدرو و بادی در مکان سوم منابع انرژی تجدیدپذیر مهم از لحاظ ظرفیت نصب شده قرار دارد. بیش از100 کشور در دنیا از تکنولوژی فتوولتائیک استفاده می کنند. محل نصب می تواند روی زمین، دیوار و یا پشت بام ساختمانها باشد[10].

شرکت تولیدی SunJo که تولید کننده سلولهای خورشیدی با بازدهی19.5% می باشد متوسط بازدهی بازار را به 12-18 درصد رسانده است[11]. پربازده ترین سلول خورشیدی تولیدی، سلول متمرکز پیوند چندگانه با بازده43.5٪ می باشد که توسط شرکت Solar Junction در آوریل2011 تولید شد[12]. پر بازده ترین سلول تولیدی بدون پیوند چندگانه توسط شرکت sharp در سال2009 با تکنولوژی تولید پیوند سه گانه و بازدهی35.8 % و شرکتboing spectrolab با40.7 % تولید شدند[13] .

در جدول (1-2) میزان ظرفیت نصب شده بین سال های2005 تا2012 ارائه شده است.

جدول (1-2): ظرفیت های نصب شده انرژی فتوولتائیک در سال های2005 تا2012

میزان ظرفیت نصب شده بر حسب سال[8]	
2005	5.4
2006	6.9
2007	9.5
2008	16.2
2009	23.6
2010	40.7
2011	71.1
2012	102.2

1-2-2- مزایای تکنولوژی فتوولتائیک

1-2-2-1- دوام

تکنولوژی بکار رفته در ساخت ماژول های فتوولتائیک از مصالح بادوامی است . در گذشته دوام سیستم ها را حدود 10 سال در نظر می گرفتند. اما با پیشرفتهای انجام شده، متوسط عمر مفید این سیستمها به 25 سال رسیده است.

1 2 2 2 - هزینههای پایین حفظ و نگهداری

در سیستم منابع تجدیدناپذیر، هزینه های حمل و نقل مواد و نیروی کار بسیار بالا است. اما درسیستمهای فتوولتاییک چنین هزینه هایی در چرخه تولید وجود ندارد. زیرا سیستم به بازرسی های دوره ای و نگهداری های گهگاهی با هزینه اندک نیاز دارد.

1 2 2 3 - عدم نیاز به مواد سوختی

در سیستمهای فتوولتاییک نیازی به منابع سوختی فسیلی و ... نمی باشد. بنابراین مضرات زیست محیطی ناشی از این منابع و هزینه های حمل و نقل و انبارداری آنها حذف می شود.

1 2 2 4 - کاهش آلودگی صوتی

سیستمهای فتوولتاییک بدون حرکت و کاملا بی صدا بوده و آلودگی صوتی ندارد.

1 2 2 5 - قابلیت نصب و راهاندازی سیستمهای فتوولتاییک در ظرفیتهای گوناگون

با توجه به م اژول های پیش ساخته در این سیستمها می توان الکتریسیته را در مقیاس های مختلف تولید کرد. چنانچه با سیستمهای فتوولتاییک می توان از چند میلی وات تا چندین مگاوات انرژی بدست آورد. اگر این سیستم را بصورت مأژل ه ای کوچک و منفرد استفاده کنیم، برای نیازهای بسیارناچیز و اگر در مزرعه ای مجموعه ای از آرایشهای گسترده فتوولتاییک را بکار بریم، نیروگاهی عظیم را ایجاد کرده ایم.

1 2 2 6 - عدم وابستگی به شبکه برق شهری

در مواقعی که انتقال برق شهری امکانپذیر نباشد، می توان از این سیستم ها بهره گیری کرد. زیرا بصورت مستقل الکتریسیته تولید کرده و نیازی به نگهداری فراوان ندارند. پس در مناطق دورافتاده و صعب العبور، استفاده از این سیستم ها گزینه مناسبی خواهد بود [14،15].

1 2 3 – معایب تکنولوژی فتوولتاییک

1 2 3 1 - هزینههای راهاندازی

مهم ترین ایرادی که به این سیستمها وارد است، هزینه های بالای نصب و راه اندازی آنهاست. در حالیکه با نگاه کارشناسانه و دقیق، این سیستمها در درازمدت بصرفه خواهند بود.

1 2 3 2 - وابستگی به شدت تابش خورشید

باتوجه به نیاز این سیستمها به نور خورشید، تغییرات جوی بر مقدار انرژی تولید شده در این سیستم ها، موثر است. پس لازم است که این موضوع را در طراحی سیستم ها مورد توجه قرار گیرد.

1 2 3 3 - نیاز به ذخیرهسازی انرژی

در بیشتر مواقع لازم است از باتری هایی بمنظور ذخیره انرژی استفاده شود که این موضوع سبب افزایش هزینه ها می شود.

1 2 3 4 - عدم آشنایی مردم با سیستم فتوولتاییک

با توجه به نو بودن کاربرد تکنولوژی فتوولتاییک در ساختمان، تنها بخشی از مردم با امکانات و ارزشهای آن آشنا هستند و این موضوع در توسعه بازار آن تاثیر منفی دارد [16-18].

1 2 4 – مصارف و کاربردهای فتوولتائیک:

الف) مصارف فضانوردی و تامین انرژی مورد نیاز ماهواره ها جهت ارسال پیام

ب) روشنایی خورشیدی

در حال حاضر روشنایی خورشیدی بالاترین میزان کاربرد سیستمهای فتوولتائیک را در سراسر جهان دارد و سالانه دهها هزار نمونه از این سیستم در سراسر جهان نصب و راه اندازی می گردد مانند تامین برق جاده ها و تونل ها بخصوص در مناطقی که به شبکه برق دسترسی ندارند ، تامین برق پاسگاههای مرزی که دور از شبکه برق هستند ، تامین برق مناطق شکاربانی و مناطق حفاظت شده نظیر جزیره های دور افتاده که جنبه نظامی دارند.

ج)سیستم تغذیه کننده یک واحد مسکونی

انرژی مورد نیاز کلیه لوازم برقی منازل (شهری و روستایی) و مراکز تجاری را می توان با استفاده از پنلهای فتوولتائیک و سیستم های ذخیره کننده و کنترل نسبتا ساده تامین نمود.

د)سیستم پمپاژ خورشیدی

سیستم پمپ های فتوولتائیک قابلیت استحصال آب از چاه ها، قنات ها، چشمه ها و رودخانه ها و... را جهت مصارف عمومی دارا می باشد

ه) سیستم تغذیه کننده ایستگاههای مخابراتی وزلزله نگاری

اغلب ایستگاهای مخابراتی و یا زلزله نگاری در مکان های فاقد شبکه سراسری و صعب العبور و یا در محلی که احداث پست فشار قوی به فشار ضعیف و تامین توان الکتریکی ایستگاه مذکور صرفه اقتصادی و حفاظت الکتریکی ندارد نصب شده اند.

و) ماشین حساب، ساعت، رادیو، ضبط وصوت ووسایل بازی کودکان یا هر نوع وسیله ای که تا کنون با باتری خشک کار می کرده است یکی دیگر از کاربرد های این سیستم می باشد. مثلا کشور ژاپن در سال 1983حدود 30 میلیون ماشین حساب خورشیدی تولید کرده است که سلول های خورشیدی بکار رفته در انها مساحتی حدود20000 متر مربع و توان الکتریکی معادل500 کیلو وات داشته اند .

ز) نیرو گاههای فتوولتائیک

همزمان با استفاده از سیستم های فتوولتائیک در بخش انرژی الکتریکی مورد نیاز ساختمانهای اطلاعات وتجهیزات کافی جهت احداث واحدهای بزگتر حاصل گردید و هم اکنون در بسیاری از کشورهای جهان نیرو گاه فتوولتائیک در واحدهای کوچک و بزرگ و به صورت اتصال به شبکه و یا مستقل از شبکه نصب و راه اندازی شده است ولی این تاسیسات دارای هزینه ساخت و راه اندازی و نگهداری می باشند که فعلا مقرون به صرفه و اقتصادی نیست.

ح) یخچالهای خورشیدی

از یخچالهای خورشیدی جهت سرویس دهی و ارائه خدمات بهداشتی و تغذیه ای در مناطق دور افتاده و صعب العبور استفاده میگردد . عملکرد مناسب یخچالهای خورشیدی تا حدی بوده است که در طی 5 سال گذشته بیش از10000 یخچال خورشیدی برای کاربردهای بهداشتی و درمانی در سراسر آفریقا راه اندازی شده است.

ط) سیستم تغذیه کننده پرتابل یا قابل حمل

قابلیت حمل و نقل و سهولت در نصب و راه اندازی از جمله مزایای این سیستم ها است. ظرفیت توان این سیستم ها از100 وات الی یک کیلو وات تعریف شده است. از جمله کاربردهای آن می توان به تامین برق اضطراری در مواقع بروز حوادث غیر مترقبه ، سیستم تغذیه کننده یک چادر عشایری و کمپ های جنگلی اشاره نمود [16-18].

1 3 –شرح مشکل

معمولا، یک سلول فتوولتائیک، ولتاژی در حدود 0.5 تا 0.8 ولت وابسته به نیمه هادی و تکنولوژی ساخت، تولید می کند. این ولتاژ به اندازه کافی نمی باشد تا مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین، برای استفاده از مزایای این تکنولوژی، ده ها سلول فتولتائیک (شامل 36 تا 72 سلول) به صورت سری به یکدیگر متصل شده تا ماژول فتوولتائیک را تشکیل دهد. این ماژول ها می توانند به صورت سری و موازی متصل شوند تا پنل ها فتوولتائیک را تشکیل دهند. وقتی ماژول ها به صورت سری به هم متصل

می شوند، ولتاژ ها با هم جمع می شوند و زمانی که به صورت موازی به هم وصل می گردند، جریان ها با هم جمع می شوند[19].

در این شرایط هنگامی که هوا ابری یا آلوده میباشد، ماژولهای متصل به هم، تابشهای مختلفی را درک میکنند. این تفاوت تابش در ماژولها سبب تولید جریان های متفاوتی در ماژول ها می گردد، در نتیجه ی این امر نقاط بیشینهی متعددی بر روی منحنی مشخصهی توان ولتاژ ایجاد می گردد که یکی از این نقاط، نقطه بیشینه مطلق[1] بوده و مابقی نقاط بیشینه محلی[2] هستند.

تحت این وضعیت، روشهای ردیابی توان بیشینه در ابتدایی ترین نقطه بیشینه که میتواند نقطه بیشینهی محلی باشد، متوقف شده و سیستم را مجبور به تولید توان کمتری میکند. در نتیجه بازده کل سیستم کاهش یافته و صرفهی اقتصادی استفاده از این مجموعه را زیر سوال میبرد. در این شرایط مشکل یافتن نقطه عملکرد بیشینه توان استخراجی، به وجود میآید [20] و هدف، هدایت سیستم به سمتی است که حداکثر توان ممکن از سیستم استحصال شود.

1 4 –مرور کارهای دیگران

با مطرح شدن استفاده از سیستمهای خورشیدی، بحث بر سر بهره برداری از این سیستمها در بیشترین بازده ممکن، مورد توجه قرار گرفت. مطالعاتی که در این زمینه طی دههای گذشته انجام پذیرفته، منجر به دستیابی و معرفی روشهای مختلفی در زمینه ردیابی توان بیشینه در سیستمهای خورشیدی گردیده است. در این قسمت به طور مختصر به روشهای برگزیده ردیابی توان بیشینه میپردازیم.
روشهای معمول ردیابی توان بیشینه که در سیستم های خورشیدی مورد استفاده قرار می گیرند شامل روش های زیر می باشد:

روش تغییرات و مشاهده، روش تغییرات و مشاهده ی اصلاح شده، روش کنداکتانس افزایشی و روش کنداکتانس افزایشی اصلاح شده، روش ولتاژ ثابت، روش چرخه عملکرد ثابت و...

که این روش ها در فصل های آینده به صورت تفصیلی مورد شرح قرار خواهند گرفت.

همانطور که در بخش قبلی نیز اشاره شد، وجود تابشهای مختلف در ماژولهایی که به صورت سری به یکدیگر متصل شده اند باعث ایجاد نقاط بیشینه متعدد شده که در این میان تنها یکی از این نقاط نقطه بیشینه مطلق بوده و مابقی نقاط محلی هستند. با توجه به این نکته که روشهایی که نام برده شد، امکان ردیابی توان بیشینه تحت این شرایط خاص را ندارند و ممکن است این روشها در نقاط بیشینه محلی به دام بیافتند، مطالعات در زمینه یافتن روشهای متناسب با این موقعیت انجام پذیرفت.

[1] Global MPP
[2] Local MPP