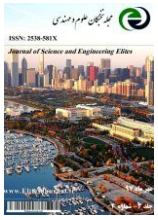
مجله نخبگان علوم و مهندسی
Journal of Science and Engineering Elites
جلد ۳- شماره ۴- سال ۱۳۹۷
www.ElitesJournal.ir



روش‌های افزایش بازده توان خروجی در سلول‌های خورشیدی

صالح کریم پور [۱]، آرام قادری [۲*]

۱- کارشناسی ارشد مهندسی برق- الکترونیک دانشگاه آزاد اسلامی مرکز بانه

۲- کارشناسی ارشد مهندسی برق، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج

*amde2002@gmail.com

ارسال: مرداد ۹۷ پذیرش: مهر ۹۷

چکیده

با توجه به روند روزافزون نیاز به انرژی الکتریکی در زندگی بشر امروزه ازیک‌طرف و مشکلات استفاده از منابع سنتی از طرف دیگر، جایگزینی منابع تأمین این انرژی ارزشمند امری ضروری و غیرقابل‌اجتناب است. در این میان انرژی خورشید به دلیل اینکه همواره در دسترس و سازگاربامحیط‌زیست است بیشتر از همه موردتوجه است. یکی از راه‌های بکار گیری انرژی خورشیدی در جهت تولید برق استفاده از سلول‌های خورشیدی است. پارامترهای زیادی در افزایش بازدهی جذب و تبدیل انرژی خورشیدی به انرژی الکتریکی دخیل هستند. یکی از این پارامترها تابش خورشید که اولین مرحله مهار این پروسه می‌باشد؛ و با توجه به حرکت و تغییر جهت دادن خورشید برای جذب حداکثری باید از آرایه‌های متحرک استفاده کرد. در این تحقیق سعی بر آن است که با شناخت عوامل تأثیرگذار بر سلول‌های خورشیدی در جهت بهبود شرایط بهره‌برداری از سلول‌های خورشیدی گام برداشت.

کلمات کلیدی: افزایش بازده، زاویه تابش، زاویه کلکتور، سلول‌های خورشیدی.

۱- مقدمه

شناخت انرژی خورشیدی و استفاده از آن برای منظورهای مختلف به زمان ماقبل تاریخ باز می گردد. شاید به دوران سفالگری، در آن هنگام روحانیون معابد به کمک جامهای بزرگ طلایی سیقل داده شده و اشعه خورشید آتشدان های محرابها را روشن می کردند. یکی از فراعنه مصر معبدی ساخته بود که با طلوع خورشید درب آن باز و با غروب خورشید درب بسته می شد. ولی مهمترین روایتی که درباره استفاده از خورشید بیان شده داستان ارشمیدس دانشمند و مخترع بزرگ یونان قدیم می باشد. در سال ۱۹۰۵ میلادی آلبرت انیشتین همراه با تئوری نسبیت خود اثر فوتوالکتریک را مطرح نمود سپس سال ۱۹۰۸ ویلیام جی بیلی یک کلکتور با سیم پیچ مسی و یک جعبه عایق ساخت. این طرح تقریبا شبیه همان طرحی است که امروزه برای کلکتورهای خورشیدی استفاده می شود. بعد از آن در سال ۱۹۱۴ دانشمندان متوجه یک بند الکترونی در دستگاههای فتوولتائیک شدند که نهایتا در سال سال ۱۹۱۶ دانشمندان اثر فوتوالکتریک را به صورت تجربی اثبات کردند. پس از ان دانشمندان هر کدام در این زمینه فعالیت هایی داشتند که در سال ۱۹۵۴ سه دانشمند آمریکایی اولین سلول فتوولتائیک سیلیکونی را توسعه دادند، اولین سلول خورشیدی توانائی این را داشت که برق کافی را از طریق خورشید برای تجهزات الکترونیکی فراهم نماید. ژاپنی ها نیز توانتند که سال ۱۹۶۳ ژاپن یک پنل ۲۴ واتی را بر روی یک فانوس دریایی نصب نمود و ناسا اولین ماهواره ای که با سلولهای فتوولتائیک

Archive of SID
www.SID.ir

به ظرفیت ۴۷۰ وات تغذیه می گردید توسط سفینه فضایی به فضا پرتاب نمود؛ در سال ۱۹۷۷ میلادی دولت آمریکا موسسه تحقیقات انرژی خورشیدی را راه اندازی کرد که منجر به توسعه و پیشرفت فراوان در این حوزه گردید[۱].

مزایای متعدد منابع انرژی تجدید پذیر ازجمله، فراوانی، عدم ایجاد آلودگی، فنّاوری نسبتاً ساده و تولید غیرمتمرکز، باعث افزایش روزافزون استفاده از این منابع شده است. سیستم‌های فتوولتائیک یکی از انواع این انرژی‌هاست. سیستم‌های فتوولتائیک، انرژی خورشیدی را به‌صورت مستقیم به انرژی الکتریکی تبدیل می کنند و از مزایای این سیستم‌ها نسبت به سایر سیستم‌های تولید انرژی ، عدم آلودگی محیط‌زیست است. مبدل‌های فتوولتائیک به دلیل امکان تبدیل مستقیم انرژی خورشیدی به انرژی الکتریکی و مزایای دیگر نظیر وزن کم و امکانات نصب در قدرت‌های کوچک، جزء تجهیزات موردتوجه در زمینه استفاده از انرژی‌های نو می‌باشند ولی در مقایسه با سایر مبدل‌های انرژی الکتریکی، قیمت بیشتری دارند؛ بنابراین لازم است که همواره شرایطی فراهم شود که از این مبدل‌ها حداکثر انرژی جذب شود تا استفاده بهینه از سیستم صورت گیرد. کاربردهای دیگر سیستم‌های خورشیدی علاوه بر تزریق توان اکتیو به شبکه مانند توانایی کنترل فلوی توان اکتیو و راکتیو به‌منظور تأمین نیازهای شبکه طبق استانداردها، کنترل ولتاژ نقطه PCC مبدل و ... شده است[۲].

سلول خورشیدی بدون استفاده از سیکل ترمودینامیک یا سیال عامل، راندمان انرژی تشعشعی فوتون‌های نور خورشید را با ۵ تا ۲۵ درصد مستقیماً به انرژی الکتریکی تبدیل می کنند و می‌توانند خودشان جمع کننده نور باشند و یا از متمرکز کننده‌های نوری مانند آینه یا عدسی محدب استفاده کنند. به دلیل مزایایی مانند کوتاه بودن زمان طراحی و راه‌اندازی، بی‌صدا بودن فرایند تبدیل انرژی، عمر زیاد و نیاز به نگهداری اندک به دلیل نداشتن اجزاء متحرک و حمل‌ونقل آسان بد لیل وزن کم اجزاء، این سیستم در حال پیشرفت است اما هنوز در مقایسه با سایر مبدل‌های انرژی نظیر دیزل ژنراتورها گران‌تر است. لذا استفاده بهینه و جذب حداکثر انرژی ممکن از آن‌ها ضروری است زاویه تابش نور خورشید بر سطح یک آرایه خورشیدی، در میزان انرژی جذب‌شده توسط آرایه تأثیر زیادی می‌گذارد و با توجه به هزینه زیاد آرایه خورشیدی، ضروری است که همواره شرایطی فراهم شود که حداکثر انرژی خورشیدی جذب و تبدیل به انرژی الکتریکی شود تا استفاده بهینه از سیستم صورت گیرد. یکی از این شرایط، استفاده از آرایه خورشیدی متحرک باقابلیت تعقیب مسیر حرکت خورشید می‌باشد[۳], [۴].

۲- مقدمه ای بر معرفی سیستم‌های فتوولتاییک

به پدیده‌ای که در اثر آن و بدون استفاده از مکانیزم‌های مکانیکی، انرژی تابشی به انرژی الکتریکی تبدیل شود پدیده فتوولتاییک گفته می‌شود. این پدیده بر فرضیه ذره‌ای بودن انرژی تابشی بنا نهاده شده است. هر سیستمی نیز که از این خاصیت استفاده نماید سیستم فتوولتاییک نام دارد. عمده دلایل توجه به صنعت فتوولتاییک در سال‌های اخیر و رشد سالانه آن به شرح ذیل است:

۱. عدم نیاز به سوخت فسیلی ومشکلات سوخت رسانی به ویژه درمناطق صعب العبور
۲. قابلیت تولید در محل مصرف، کاهش و صرفه جویی در هزینه‌های انتقال و توزیع انرژی الکتریکی و عدم نیاز به شبکه سراسری برق
۳. تنوع بخشی با منابع تامین کننده انرژی
۴. امکان نصب و راه اندازی در توان‌های مختلف، متناسب با نیاز مصرف کننده
۵. طول عمر مناسب و سهولت در بهره برداری
۶. امکان نصب بر نما و یا روی سقف خانه‌ها و توانایی ذخیره سازی انرژی در باطری

سیستم‌های فتوولتاییک از سه بخش اصلی زیر تشکیل شده اند که در شکل یک نمایش داده شده است:

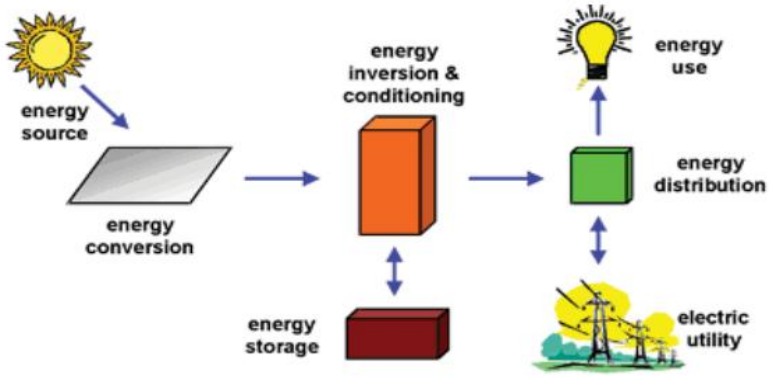
۱. ماژول یا پنل‌های خورشیدی که مبدل انرژی تابشی خورشید به انرژی الکتریکی می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

۲. قسمت واسطه یا بخش توان مطلوب، انرژی الکتریکی حاصل از سیستم‌های فتوولتاییک را بر اساس طراحی انجام شده، متناسب با نیاز مصرف کننده، مدیریت و القا می‌نماید.

۳. مصرف کننده یا بار الکتریکی، کلیه مصرف کنندگان الکتریکی اعم از مصارف برق مستقیم (DC) و (AC را متناسب با میزان مصرف شامل می‌گردد [۵].



شکل ۱- انتقال انرژی از خورشید تا مصرف کننده الکتریکی [۵], [۶]

۳- تأثیر زاویه تابش نور خورشید بر سطح سلول در میزان تبدیل انرژی

محور چرخش زمین نسبت به مسیر حرکت آن حول خورشید دارای زاویه‌ای معادل ۳۲/۵ درجه است. این اختلاف زاویه باعث تغییر طول مدت شب و روز در سیاره زمین می‌شود. در تابستان به دلیل طولانی شدن مسیر حرکت خورشید در آسمان، روزها بلندتر و در زمستان به دلیل کوتاه شدن مسیر حرکت خورشید در آسمان، روزها کوتاه‌تر می‌شود. زاویه که بین محور شمال ـ جنوب زمین و صفحه مدار گردش زمین و صفحه مدار گردش زمین حول خورشید می‌باشد، توسط رابطه زیر بیان می‌شود:

$$\delta = 23.45\sin\left[2\pi(n-80)/365\right] \qquad (۱)$$

در رابطه (۱)، n شماره روز در سال میلادی است که در روز اول ژانویه است [۷].

۴- تأثیر زاویه کلکتور در جذب انرژی خورشیدی

خورشید همواره در طول روز درحرکت است، نور آن با زاویه به سطح کلکتورهای ثابت می‌تابد و به دلیل انعکاس نور از سطح کلکتور، امکان تبدیل کامل انرژی وجود نخواهد داشت که در مورد مبدل فتوولتائیک به دلیل گران‌قیمت بودی ماژول‌های خورشیدی، این موضوع اهمیت پیدا می‌کند. همان‌گونه که انتظار می‌رود یک کلکتور مستقیم که همواره رو به خورشید قرار دارد، در تمامی طول سال، حداکثر انرژی را در مقایسه با کلکتورهای دیگر جذب می‌کند. همچنین میزان جذب انرژی توسط کلکتور شیب‌دار با زاویه‌های معادل عرض جغرافیایی محل و رو به جنوب و نیز برای کلکتور افقی، شود مشاهده می‌شود[۳].

یکی از دلایل کاهش انرژی جمع‌آوری‌شده در طول روز برای یک کلکتور شیب‌دار در مقایسه با کلکتور افقی کاهش طول روز خورشیدی (ساعات حضور خورشید در بالای سطح یا صفحه جمع کننده) برای سطح شیب‌داری است که رو به جنوب (در نیمکره شمالی زمین) قرارگرفته است ولی طول روز خورشیدی برای یک کلکتور افقی و یک کلکتور مستقیم از طلوع یا غروب کامل خورشید است. یک کلکتور افقی در فصل تابستان انرژی بیشتری نسبت به کلکتور شیب‌دار جذب می‌کند که به دلیل افزایش ارتفاع خورشید در وسط روز است. اما در زمستان همواره نور خورشید زاویه‌دار بر آن می‌تابد. بخصوص در زمان آغاز و پایان روز، به میزان انرژی تبدیل‌شده بسیار کم خواهد بود لذا طراحی خوبی برای یک آرایه خورشیدی نمی‌باشد. زاویه‌دار شدن کلکتور خورشیدی نسبت به افق، باعث افزایش در میزان انرژی قابل‌جذب می‌شود اما چنانچه گفته شد این عیب را دارد

Archive of SID

www.SID.ir

که طول روز خورشیدی برای نوع کلکتور، از طول روز واقعی کوتاه‌تر است بخصوص در تابستان این اختلاف چشمگیر است و باعث کم شدن راندمان مبدل می‌شود[۳], [۸].

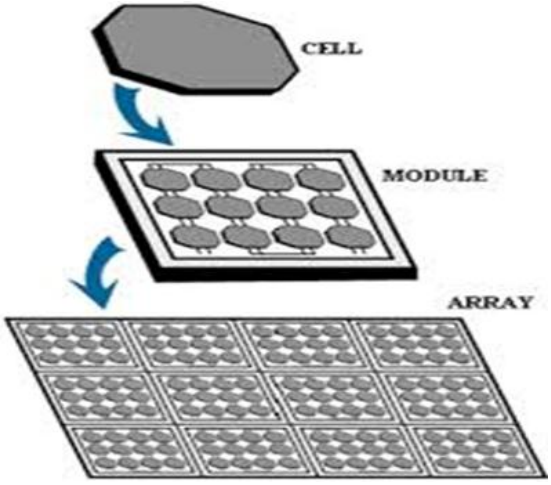
همچنین آرایه خورشیدی متحرک توان بیشتری تولید می‌کند که دلیل آن تابش مستقیم نور خورشید بر آرایه است درحالی‌که نور خورشید به‌صورت زاویه‌دار بر سطح آرایه ثابت می‌تابد. همان‌طور که انتظار می‌رود با بالا آمدن خورشید، افزایش توان آرایه ثابت می‌یابد که به دلیل کاهش زاویه تابش خورشید به سطح آرایه ثابت است. توان تولیدشده توسط آرایه متحرک به دلیل تابش عمودی نور بر سطح آن در هر زمان تغییرات جزئی دارد. در ساعات ۱۱ تا ۱۳ میزان تولید توان توسط آرایه متحرک به حداکثر خود می‌رسد. همچنان آرایه متحرک توان آرایه متحرک نیز در این ساعات تقریباً مقدار بیشتری تولید می‌نماید. از ساعت که خورشید به سمت غرب حرکت می‌کند و ارتفاع آن و نیز توان تولیدشده توسط آرایه ثابت کاهش می‌یابد. به دلیل کاهش شدت نور خورشید آرایه متحرک هم به‌تدریج کاهش توان اندکی را دارد[۴].

بنابراین ملاحظه می‌شود که در صورت استفاده از آرایه فتوولتائیک با سازه متحرک که توانایی تعقیب مسیر حرکت خورشید را داشته باشد میزان انرژی قابل‌جذب را به‌صورت چشمگیر افزایش می‌دهد. منحنی‌های مربوط به آرایه متحرک به دلیل اینکه همواره نور خورشید عمود بر آن می‌تابد دارای تغییرات کمی است درحالی‌که این منحنی‌ها برای آرایه فتوولتائیک ثابت دارای تغییرات زیادی است که اختلال زیادی در جریان بار ایجاد نموده و نیاز به واحد ذخیره‌سازی انرژی الکتروشیمیایی نظیر باتری با ظرفیت بیشتر جهت جبران تغییرات انرژی دارد. پیک توان تولیدشده توسط هر دو سیستم با فرض جذب حداکثر توان از آرایه در جدول ذکرشده است و انرژی جذب‌شده در طول یک روز محاسبه‌شده میزان افزایش انرژی برای آرایه متحرک در حدود ۳۶ درصد به‌دست‌آمده که با در نظر گرفتن نمونه‌برداری در یک روز کامل از طلوع تا غروب خورشید این عدد به بیش از ۴۰ درصد نیز خواهد رسید [۷], [۹].

۵-آرایه خورشیدی

سلول‌های خورشیدی تکی، توان، ولتاژ و جریان کمی تولید می‌کنند. یک آرایه خورشیدی از سلول‌های متصل شده به‌صورت سری برای بالا بردن ولتاژ به مقدار موردنظر استفاده می‌کند که رشته نامیده می‌شود. رشته‌ها برای تولید جریان موردنظر به‌صورت موازی متصل می‌شوند [۱۰].

یک سلول خورشیدی از جنس سیلیکون ولتاژی بین ۰/۵ تا ۰/۶ ولت تولید می‌کند و به همین دلیل تعداد زیادی از سلول‌ها را در یک ماژول خورشیدی به‌صورت سری متصل می‌کنند تا سطح ولتاژ بیشتری حاصل شود. برای اینکه سطح ولتاژ و جریان موردنیاز بار الکتریکی تأمین شود، مجموعه‌ای از ماژول‌های خورشیدی به‌صورت سری و موازی متصل می‌شوند و این مجموعه مانند شکل ۲ یک آرایه خورشیدی به وجود می‌آورد [۷], [۱۱].



شکل ۲- آرایه خورشیدی [۱۱]

Archive of SID

www.SID.ir

درصورتی‌که یک یا چند سلول در معرض سایه قرار گیرند، نه‌تنها تولیدکننده انرژی نخواهند بود بلکه به‌صورت بارهای غیرخطی در سیستم عمل می‌نمایند. همچنین اگر برابر جریان نامی از آن عبور کند در حالت شکست معکوس قرارگرفته و توان زیادی دریافت می‌کند و نهایتاً باعث ایجاد نقاط گرم در آرایه‌های خورشیدی می‌گردد. استفاده از رشته‌های سری و موازی و ترکیب نردبانی آن‌ها، امکان ایجاد نقاط گرم را کاهش می‌دهد و از تغییرات ناگهانی توان خروجی به علت خروج. تعدادی از سلول‌ها از مدار جلوگیری می‌نماید. برای محدود نمودن اثرات نامطلوب سایه‌اندازی، از اتصالات موازی دیودهای سد است در این صورت در دو سر یک سلول و یا گروهی از سلول‌های سری شده استفاده می‌نماید خروج اضطراری از مدار، توسط دیودها به‌طور خودکار اتصال کوتاه خواهند شد. در عمل ممکن است این دیودها در خارج آرایه و در بخش جداگانه‌ای استقرار یابند و سرهای خروجی آرایه خورشیدی به آن‌ها متصل شوند[۱۱], [۱۲].

ولتاژ خروجی سلول با افزایش جریان آن به‌آرامی کاهش می‌یابد ولی شدت افت ولتاژ بسیار کم است یعنی در این محدوده سلول تقریباً به‌صورت یک منبع ولتاژ ثابت عمل می‌نماید و مقاومت داخلی ان بسیار کم می باشد پس از عبور از نقطه متناظر با حداکثر توان مشخصه سلول کام تغییر می‌کند و تقریباً به‌صورت یک منبع جریان ثابت با مقاومت داخلی زیاد عمل می‌نماید [۱۳]. سلول‌های خورشیدی شدیداً غیرخطی می باشد و هم‌زمان با دو فاکتور تابش خورشید و دمای محیط V-I مشخصه تغییر می‌کند افزایش دما، اثرات نامطلوبی بر عملکرد سلول‌ها دارد و به‌طورکلی راندمان آن‌ها را کاهش می‌دهد. برای هر درجه افزایش دمای محیط می باشد، درحالی‌که ۴/۲ تا ۳/۲ درصد میزان افت ولتاژ مدارباز سلول‌ها حدود ۲/۷۵ درصد برای هر درجه افزایش دما است و نتیجه کلی کاهش راندمان افزایش جریان اتصال کوتاه تنها ۲/۵ درصد به ازای هر درجه سانتی‌گراد افزایش حرارت محیط (برای سلول‌های سیلیکونی) می باشد[۱۴].

۶- نتیجه‌گیری

مزایای مبدل‌های فتوولتائیک نظیر تبدیل انرژی بدون صدا و عدم ایجاد آلودگی زیست‌محیطی و دارا بودن طول عمر زیاد و نیاز به سرویس و نگهداری کم، قابلیت‌های نصب در قدرت‌های کم (چند وات) تا قدرت‌های زیاد (چند مگاوات) و سبکی نسبی اجزاء در سیستم‌های تبدیل انرژی خورشیدی، این مبدل‌ها بسیار موردتوجه قرارگرفته‌اند که به دلیل هزینه زیاد سیستم آرایه فتوولتائیک آن، جذب حداکثر انرژی خورشیدی و درنتیجه کاهش قیمت برق تولیدشده توسط آن‌ها ضروری است. همچنین به علت وابستگی زیاد میزان توان تولیدشده توسط سلول‌های خورشیدی به‌شدت نور جذب‌شده توسط آن، یکی از بهترین حالات بهره‌برداری از مبدل فتوولتائیک، استفاده از آرایه خورشیدی متحرک می باشد. نتایج به‌دست‌آمده نشان‌دهنده این مطلب است که درصورتی‌که از آرایه فتوولتائیک متحرک استفاده می‌شود بیش از ۳۶ درصد انرژی بیشتر در طول یک روز کامل تابستانی قابل‌جذب است.

۷- مراجع

1. N. K. M'Sirdi, A. Rabhi, and M. Abarkan, "A New VSAS approach for Maximum Power Tracking for Renewable Energy Sources (RES)," Energy Procedia, vol. 42, pp. 708–717, Jan. 2013.

2. K. H. Hussein, I. Muta, T. Hoshino, and M. Osakada, "Maximum photovoltaic power tracking: an algorithm for rapidly changing atmospheric conditions," Transmission and Distribution IEE Proceedings - Generation, vol. 142, no. 1, pp. 59–64, Jan. 1995.

3. K. Chang(eds.), Solar Cells and their Applications, Second Edition, Second Edition. 2010.

4. Mukund R. Patel, Ph.D., P.E., Wind and Solar Power Systems. Boca Raton London New York Washington, D.C.: CRC Press, 1999.

5. S.-J. Jang, C.-Y. Won, B.-K. Lee, and J. Hur, "Fuel Cell Generation System With a New Active Clamping Current-Fed Half-Bridge Converter," IEEE Transactions on Energy Conversion, vol. 22, no. 2, pp. 332–340, Jun. 2007.

Archive of SID

www.SID.ir

6. F. Liu, Y. Kang, Y. Zhang, and S. Duan, “Comparison of P amp;O and hill climbing MPPT methods for grid-connected PV converter,” in 2008 3rd IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications, 2008, pp. 804–807.

7. M. A. Green, Solar cells: Operating principles, technology, and system applications. 1982.

8. J. J. Williams et al., “Development of a high-band gap high temperature III-nitride solar cell for integration with concentrated solar power technology,” in 2017 IEEE 44th Photovoltaic Specialist Conference (PVSC), 2017, pp. 1–3.

9. C. Hua and C.Shen, “Control of DC/DC Converter for Solar Energy System With Maximum Power Tracking,” presented at the IECON 23rd International Conference on Industrial Electronics, 1997, vol. 2, pp. 827–832.

10. J. N. Munday and T. Safi, “Radiative cooling of a GaAs solar cell to improve power conversion efficiency,” in 2017 IEEE 44th Photovoltaic Specialist Conference (PVSC), 2017, pp. 1–3.

11. K. Gatland, The Illustrated encyclopedia of space technology : a comprehensive history of space exploration, 1st U.S. ed. New York : Harmony Books, 1981.

12. J. R. Wertz and W. Larson, Eds., Space Mission Analysis and Design. Springer Netherlands, 1991.

13. S.-S. Jang and J. Choi, “Energy balance analysis of small satellite in Low Earth Orbit (LEO),” in 2008 IEEE 2nd International Power and Energy Conference, 2008, pp. 967–971.

14. A. Falk, C. Durschner, and K.-H. Remmers, Photovoltaics for Professionals: Solar Electric Systems Marketing, Design and Installation. Berlin : London: Routledge, 2007.

Archive of SID

www.SID.ir