نشریه علمی-تخصصی
پژوهش های نوین علوم مهندسی
ISSN: 2538-3809
سال هشتم، شماره ۳ (پیاپی: ۴۴)، تابستان ۱۴۰۲(ویژه نامه)

بررسی ساختار سلول فتوولتائیک و تاثیر عوامل مختلف روی مشخصه‌های سلول خورشیدی

محمدجواد عظیمی موصلو[1]*، مصطفی حدادی[2]، قاسم رضائی[3]، علی محمد زارع[4]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۲۷
کد مقاله: ۶۶۱۸۰

چکـیده

نیاز به انرژی همواره یکی از مهمترین نیازهای بشر به شمار می آید.سوخت های فسیلی برای سالیان طولانی مهمترین منبع تأمین انرژی بوده اند. از بزرگترین مشکلات این سوخت ها، آلایندگی و محدودیت در منابع آن ها است. به همین دلیل امروزه کشورهای مختلف به دنبال توسعه تجهیزات لازم جهت بهره برداری از انرژی های تجدیدپذیر به عنوان منبع پاک و دائمی انرژی هستند.یکی از مهمترین انرژی های تجدیدپذیر انرژی خورشیدی است که با به کارگیری پنل های خورشیدی به انرژی مفید الکتریکی تبدیل می گردد.هدف از انجام این تحقیق بررسی ساختار سلول فتوولتائیک و تاثیر عوامل مختلف روی مشخصه‌های سلول خورشیدی می باشد.این تحقیق از نوع توصیفی–تحلیلی می باشد.سیستم های فتوولتائیک اجزا تشکیل دهنده آن عبارتند از آرائه فتوولتائیک، mppt کنترلر، مبدل و باتری می باشد.نتایج تحقیق نشان می دهد که در صورتی که در مدار مبدل پیشنهادی از یک سلف به اندازه کافی بزرگ در ورودی استفاده شود، عملکرد مدار در حالت پیوسته باعث کاهش نویز EMI و ممانعت از برخورد با دیگر عملگرهای مدار در مقایسه با مبدل‌های مشابه می‌شود که این خود به عنوان مزیت مهمی در بهبود عملکرد MPPT می‌باشد.

واژگـان کلـیدی: ساختار سلول فتوولتائیک, مشخصه‌های سلول خورشیدی

۱- دانشجوی دانشگاه آزاد واحد زادشهر(نئیسنده مسئول)
Mohammadjavad.azimi67@yahoo.com
۲- دانشجوی دانشگاه آزاد واحد زرقان
۳- دانشجوی دانشگاه آزاد واحد زرقان
۴- دانشجوی دانشگاه آزاد واحد زرقان

۱- مقدمه

نیاز به انرژی همواره یکی از مهمترین نیازهای بشر به شمار می آید .سوخت های فسیلی برای سالیان طولانی مهمترین منبع تأمین انرژی بوده اند. از بزرگترین مشکلات این سوخت ها، آلایندگی و محدودیت در منابع آن ها است. به همین دلیل امروزه کشورهای مختلف به دنبال توسعه تجهیزات لازم جهت بهره برداری از انرژی های تجدیدپذیر به عنوان منبع پاک و دائمی انرژی هستند.یکی از مهمترین انرژی های تجدیدپذیر انرژی خورشیدی است که با به کارگیری پنل های خورشیدی به انرژی مفید الکتریکی تبدیل می گردد.(Mohammadkhani, 2020) تحلیل انرژی و اگزرژی این پنل ها، نخستین گام در جهت توسعه این تکنولوژی به شمار می رود و معیاری مناسب را برای سنجش عملکرد پنل های خورشیدی فراهم می سازد. تحلیل انرژی بر اساس قانون اول ترمودینامیک و تحلیل اگزرژی بر اساس قانون دوم ترمودینامیک صورت می گیرد.معمولا تحلیل اگزرژی ابزار مفیدتری برای سنجش عملکرد تجهیزات به شمار می رود، زیرا تحلیل انرژی تنها به مقدار کمی انرژی ورودی و انرژی مفید توجه می کند و به پتانسیل انجام کار در فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی توجهی نمی کند. در مقابل تحلیل اگزرژی به قابلیت انجام کار توجه می کند و انرژی را به صورت انرژی قابل تبدیل به کار (اگزرژی) و انرژی غیرقابل تبدیل به کار (بازگشت ناپذیری) تحلیل می کند.سلول های فتوولتائیک می توانند تنها برای تولید انرژی الکتریکی استفاده شوند و بخشی از تأمین برق را بر عهده داشته باشند. (Rahim ,2017)همچنین می توانند تنها به منظور کاربردهای حرارتی و گرمایشی نظیر آب گرم کن های خورشیدی به کار روند. علاوه بر این دو سیستم های فتوولتائیک – حرارتی نیز در سال های اخیر توسعه زیادی پیدا کرده اند که دو عملکرد مذکور را به صورت هم زمان انجام می دهند.رنجبر (۱۴۰۱) ماژول‌های سلول خورشیدی در توسعه و افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در پاسخگویی به تقاضای روزافزون انرژی در سراسر جهان و برآوردن نیاز به تغییر رویکرد در استفاده از انرژی پاک، نقش مهمی را ایفا می‌کنند.امروزه صنعت انرژی PV به دلیل نیاز مبرم به منابع انرژی تجدیدپذیر، به طور قابل توجهی توسعه یافته است. اما با این وجود هنگامی که دمای سطح پنل از دمای بهینه بیشتر شود، انرژی الکتریکی تولیدی سلول‌های فتوولتائیک کاهش می‌یابد. به همین خاطر، استفاده از یک سیستم خنک‌کننده مناسب که بتواند دمای سطح سلول فتوولتائیک را در دمای متعادل نگه دارد، موجب بهبود بازده الکتریکی می‌گردد و با کاستن از زمان فروپاشی سلول، طول عمر سلول‌های فتوولتائیک را افزایش می‌دهد. مشخص گردید که استفاده از نانوسیالات، علاوه بر کاهش افت فشار سیال در تلف‌کننده‌های ارائه شده، بدون اثرگذاری بر راندمان، منجر به عملکرد خنک‌کنندگی عالی می‌شود.در این مطالعه از چهار طرح هیت سینک پره‌دار استفاده شد. (Shabani ,2018) تفاوت طرح‌ها، ناشی از تغییر زاویه بین پره‌ها است. چهار زاویه ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه و سه نانوسیال خنک‌کننده/CuO آب، /Al2O3آب و/TiO2 آب مورد بررسی قرار گرفت.

سیستم فتوولتائیک پیشنهادی از نظر افزایش راندمان سیستم و افزایش تولید انرژی الکتریکی ناشی از کاهش دمای پنل‌های فتوولتائیک، از سیستم‌های متداول متمایز می‌شود. شبیه‌سازی عددی با استفاده از ANSYS انجام شد. با بکارگیری شبیه‌سازی عددی، نتایج خوبی برای دمای سیال مورد استفاده و میانگین دمای سطح صفحه و لوله مبدل حرارتی، در مقایسه با مطالعات پیشین به دست آمد. نتایج حاصل، مطابقت خوبی با مطالعات پیشین دارد.نتایج بیانگر موفقیت و کارایی بالای این روش برای خنک‌سازی پنل‌های خورشیدی به‌ویژه با استفاده از نانوسیالات است.به منظور بررسی عملکرد سلول های فتوولتائیک می توان از روش های مختلفی استفاده کرد. این روش ها در حالت کلی نیازمند بررسی عملکرد الکتریکی و حرارتی برای سلول های با کاربری حرارتی این سلول ها هستند. عملکرد الکتریکی این سیستم ها تابعی از توان نامی مقاومت های درونی مختلف سلول، ولتاژ و جریان الکتریکی کاری، جریان اتصال کوتاه و ولتاژ مدار باز و مواردی از این دست است. (Bergeles ,2019) در توان خروجی نهایی از سیستم مواردی نظیر شدت تابش، سرعت باد، دمای محیط و سطح سلول، ضریب انتقال حرارت و ... اثر گذارند. برای ارزیابی عملکرد و تحلیل یک سیستم خورشیدی باید مدلی توسعه داده شود که تأثیر تمام مولفه های مذکور را در نظر گرفته و نهایتا با استفاده از روش های مناسب ارزیابی صحیحی از عملکرد سامانه ارائه دهد.بدین منظور تحقیق حاضر به دنبال بررسی ساختار سلول فتوولتائیک و تاثیر عوامل مختلف روی مشخصه‌های سلول خورشیدی بود.

۲- روش و طرح تحقیق

این تحقیق از نوع توصیفی–تحلیلی می باشد.سیستم های فتوولتائیک اجزا تشکیل دهنده آن عبارتند از آرایه فتوولتائیک، mppt کنترلر، مبدل و باتری می باشد. با توجه به اینکه یک سیستم فتوولتائیک هزینه نصب بالایی دارد بایستی شرایط به گونه ای فراهم گردد که سیستم قادر به تولید بیشترین توان باشد ،جهت رسیدن به این هدف از ردیاب ماکزیمم نقطه توان توسط یک مدار واسط بهینه که یک مبدل کاهنده PWM با خروجی متغیر است استفاده می شود.ولتاژ خروجی آرایه های PV با ساختار اتصال سری موازی نسبتاً پایین است، بنابراین به مبدل‌های DC-DC افزاینده با بهره و راندمان بالا نیاز است تا ولتاژ پایین آرایه های PV را به ولتاژ بالایی همچون ۳۸۰ ولت برای مبدل های تمام پل یا ۷۶۰ ولت برای مبدل های نیم پل در سیستم های

شبکه ۲۲۰ ولت تبدیل کند.مبدل های بوست مرسوم، به دلیل ساختار مداری ساده به طور وسیعی در کاربردهای انرژی‌های تجدیدپذیر به‌کار گرفته می شوند.ساختار Interleaved (استفاده از دو سلف در مدار و کلید زنی با اختلاف فاز ۱۸۰) یک راه حل مؤثر جهت افزایش سطح ولتاژ خروجی است که می تواند ریپل جریان را به حداقل برساند، اندازه اجزای پسیو را کاهش دهد، پاسخ گذرای سیستم را بهبود بخشد و توزیع حرارتی را محقق کند. اما در این سیستم، تجهیزات قدرت هنوز در سوئیچینگ سخت کار می کنند راندمان محدود است و مسئله بازیابی معکوس دیود خروجی در کاربردهای ولتاژ بالا جدی است.مبدل های بوست سه سطحی می‌توانند در مقایسه با مبدل های دو سطحی بهره ولتاژ را دو برابر و استرس ولتاژ را نصف کنند. این مبدل ها بیشتر برای کاربرد هایی با ولتاژ ورودی پایین و ولتاژ خروجی بالا مناسب هستند.در مبدل های کسکد، بهره ولتاژ می تواند بی نهایت شود و ریپل جریان پایین بیاید تا الزامات عملکرد بالا ایجاد گردد.یک سلف تزویج شده می تواند به عنوان یک ترانسفورمر استفاده شود تا بهره ولتاژ را در مبدل‌های DC-DC افزایش می‌دهد.مبدل SEPIC دارای شمایی شبیه مبدل باک بوست می باشد با این تفاوت که خروجی آن معکوس نمی شود (یعنی ولتاژ خروجی با پلاریته ای مشابه ولتاژ ورودی است).استفاده از توپولوژی های مداری با ولتاژ سوئیچ پایین و راندمان بالا، می تواند راندمان و عملکرد مدار را با ولتاژ ورودی پایین بهبود ببخشد.ضرب کننده ولتاژ را به یک مبدل SEPIC ساده به منظور افزایش بهره جهت عملکرد بهتر با ولتاژ ورودی پایین متصل می کنیم. مبدل پیشنهادی با ولتاژ سوئیچ کمتری نسبت به ولتاژ خروجی و ریپل جریان کمتر، نسبت به مبدل بوست عمل می کند.در مبدل SEPIC ساده ولتاژ سوئیچ برابر مجموع ولتاژهای ورودی و خروجی می باشد. می توان از تکنیک ضرب کننده ولتاژ به منظور افزایش بهره مبدل های DC به DC افزاینده تک فاز یا چند فاز استفاده کرد.با توجه به پیشرفت ها در تکنولوژی میکروکنترلرها و DSP توجه به کاربردهای MPPT در کنترل منطق فازی افزایش یافته است. امتیاز کنترل کننده‌های فازی در کارکردن با ورودی‌های غیردقیق و غیرخطی، عدم نیاز به مدل ریاضی دقیق و همگرایی سریع و کمترین نوسان در MPP است. قابلیت سیستم‌های فازی ردیابی online ماکزیمم توان، مقاوم بودن در مقابل تغییرات تابش و دماو عدم نیاز به سنسورهای خارجی برای اندازه‌گیری شدت تابش و دمااست.امتیاز کنترل کننده‌های فازی در کارکردن با ورودی‌های غیردقیق و غیرخطی، عدم نیاز به مدل ریاضی دقیق و همگرایی سریع و کمترین نوسان در MPP است. قابلیت سیستم‌های فازی ردیابی آنلاین ماکزیمم توان، مقاوم بودن در مقابل تغییرات تابش و دما و عدم نیاز به سنسورهای خارجی برای اندازه‌گیری شدت تابش و دما است.

۳- عملکرد حرارتی و الکتریکی مدول فتوولتائیک و کلکتور خورشیدی ترکیبی فتوولتائیک-حرارتی

فناوری کلکتورهای ترکیبی فتوولتائیک- حرارتی به خوبی در صنعت خورشیدی شناخته شده است. سلول های فتوولتائیک موادی نیمه هادی هستند که پرتوهایی با طول موج کوتاه منتشرشده از خورشید را به طور مستقیم به الکتریسیته تبدیل می کنند. دمای مدول های فتوولتائیک توسط تابش خورشیدی جذب شده که به الکتریسیته تبدیل نشده اند افزایش یافته و موجب کاهش راندمان الکتریکی آن می شود. یکی از روش های کاهش دمای مدول فتوولتائیک استفاده از حرارت پشت مدول برای گرمکردن آب/هوا یا سیالات دیگر است. به وسایلی که بر این مبنا عمل می کنند کلکتورهای ترکیبی فتوولتائیک- حرارتی گفته می شود. (Kazem HA, 2019) در واقع کلکتورهای T/PV دستگاهی متشکل از یک مدول فتوولتائیک و یک کلکتور حرارتی صفحه تخت مجزا هستند.به کارگیری کلکتورهای ترکیبی فتوولتائیک- حرارتی T/PV خورشیدی دارای مزایایی همچون استفاده همزمان از واحد حرارتی و الکتریکی، افزایش راندمان الکتریکی مدول فتوولتائیک، افزایش بازده کلی دستگاه، بهره گیری بهینه از فضای در دسترس، افزایش فاکتور پرشدن مدول PV عدم نیاز به منبع الکتریکی خارجی برای گردش سیال، افزایش طول عمر مدول فتوولتائیک، ایجاد معماری متحدالشکل بر روی بام ساختمان، کوتاه ترشدن زمان بازگشت سرمایه هستند.در سه دهه اخیر کلکتورهای فتوولتائیک- حرارتی توجه بسیاری از محققین را به خود جلب کرده است و مطالعات وسیعی در زمینه مدلسازی و بهینه سازی راندمان حرارتی و الکتریکی آن صورت گرفته است.ارزیابی محاسباتی و آزمون تجربی مدول فتوولتائیک با کلکتور ترکیبی فتوولتائیک حرارتی انجام شده است. (Ibarahim ,2016)

تحقیقات قبلی دارای نواقصی در اعمال تمامی پارامترهای تاثیرگذار بر کلکتور T/PV و مدول PV هستند، به همین دلیل در این تحقیق سعی شده است تا تمامی جنبه های تاثیرگذار در کلکتور T/PV و مدول PV اعم از پارامترهای داخلی و خارجی لحاظ شوند. هچنین در تحقیقات اندکی روابط حاکم بر کلکتور T/PV نوع مارپیچی تحلیل تئوری شده است. از طرفی آزمون تجربی کلکتور T/PV مارپیچی نوع ورق و لوله با جنس لوله و صفحه جاذب مسی و مقایسه عملکرد الکتریکی آن با مدول PV معمولی دیده نمی شود. از این رو در این پژوهش، مدلسازی حرارتی مدول فتوولتائیک و کلکتورهای ترکیبی فتوولتائیک- حرارتی T/PV بدون پوشش نوع ورق- لوله با سیال عامل آب به کمک معادلات تعادل انرژی انجام شده است. به منظور بررسی تجربی نتایج حاصل از مدلسازی، دو مدول فتوولتائیک یکسان خریداری شد که از یکی در ساخت کلکتور ترکیبی فتوولتائیک- حرارتی بدون

پوشش نوع مارپیچی با سیال آب و دیگری به عنوان مدول فتوولتائیک شاهد به کار رفت.(Kerrour ,2017) طبق بررسی های انجام شده تاکنون تحقیقات اندکی در خصوص ارزیابی محاسباتی و آزمون تجربی مدول فتوولتائیک با کلکتور ترکیبی فتوولتائیک- حرارتی انجام شده است. تحقیقات قبلی دارای نواقصی در اعمال تمامی پارامترهای تاثیرگذار بر کلکتور T/PV و مدول PV هستند، به همین دلیل در این تحقیق سعی شده است تا تمامی جنبه های تاثیرگذار در کلکتور T/PV و مدول PV اعم از پارامترهای داخلی و خارجی لحاظ شوند. هچنین در تحقیقات اندکی روابط حاکم بر کلکتور T/PV نوع مارپیچی تحلیل تئوری شده است. (Singh ,2019) از طرفی آزمون تجربی کلکتور T/PV مارپیچی نوع ورق و لوله با جنس لوله و صفحه جاذب مسی و مقایسه عملکرد الکتریکی آن با مدول PV معمولی دیده نمی شود. مدلسازی حرارتی مدول فتوولتائیک و کلکتورهای ترکیبی فتوولتائیک- حرارتی T/PV بدون پوشش نوع ورق- لوله با سیال عامل آب به کمک معادلات تعادل انرژی انجام شده است. به منظور بررسی تجربی نتایج حاصل از مدلسازی، دو مدول فتوولتائیک یکسان خریداری شد که از یکی در ساخت کلکتور ترکیبی فتوولتائیک- حرارتی بدون پوشش نوع مارپیچی با سیال آب و دیگری به عنوان مدول فتوولتائیک شاهد به کار رفت.

۴- سلول خورشیدی پروسکایتی جهت ساخت شارژر خورشیدی سامانه های ارتباطی متحرک بی سیم

از مهم ترین مشکلات در طراحی سامانه های ارتباطی بی سیم متحرک فراهم نمودن امکان شارژ نامحدود برای زمان های طولانی است. یکی از منابع انرژی تجدیدپذیر کره مزایای بسیاری همچون ارزان بودن و سازگاری با محیط زیست دارد، استفاده از انررژی خورشیدی از طریق سلول های خورشیدی می باشد.امروزه شارژرهای خورشیدی در سامانه های مخابراتی کاربرد فراوان دارد و به دلیل اینکه سیستم مخابراتی همواره نیازمند به تأمین برق بوده و مقدار برق موردنیاز در بخش های مختلف می تواند کم و زیاد باشد به راحتی می توان از پنل های شارژر خورشیدی برای این نوع سامانه ها استفاده کرد. (Zhubing ,2020) در واقع شارژر خورشیدی و کاربرد آن در ارتباطات سیار یکی از طرح های بزرگ در کشورهای توسعه یافته بوده و در حال گسترش است کاربرد انرژی خورشیدی برای اماکنی که دسترسی به شبکه برق سراسری ندارند، اولین و ابتدایی ترین کاربرد انرژی خورشیدی است فراوانی و ارزانی انرژی های فسیلی در ایران سبب شده تا کمتر از انرژی های نو و تجدیدپذیر استفاده شود و همچنین به دلیل ارزان بودن بهای برق در ایران هنوز استفاده از انرژی خورشیدی برای اماکنی که دسترسی به برق شهری دارند به صرفه نیست. با این وجود انرژی خورشیدی در مناطق صعب العبور و دور افتاده که دسترسی به برق شهری ندارند (Chen, 2018) راهکاری استراتژیک برای اهداف سیاسی و اقتصادی بلند مدت کشور می باشد و کشورهایی که به دنبال تامین انرژی پایدار برای مناطق دور از دسترس هستند باید در این راه سرمایه گذاری کنند ایران یکی از کشورهایی است که نه تنها بر روی کمربند خورشیدی واقع شده بلکه پروژه های امکان سنجی نشان می دهند که سایر عناصر لازم برای این کار نیز در کشور وجود دارد به عنوان مثال می توان از دسترسی به منابع غنی سیلیکون در بیشتر زمین های کشور یاد کرد. سیلیکون ماده خامی است که برای تولید سلول های فتوولتائیک مورد استفاده قرار می گیرد.

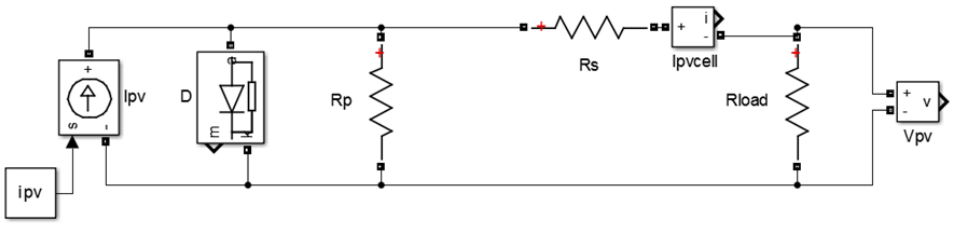
تاکنون نیز پژوهش های گسترده ای برای بهبود استفاده از سلول خورشیدی در تمام زمینه ها بخصوص در شبکه های مخابراتی که کاربرد گسترده ای در علوم استراتژیک کشورها دارد انجام شده است و به صورت عملی نیز طرح های مختلفی نیز در تمام کشورها به مرحله اجرا در آمده است.(Wang, 2019) در مراجع مختلف اشاره شده است که در مناط نظامی ارتش امریکا برای استفاده از انرژی خورشیدی در قسمت فوقانی چادرهای محافظ تسلیحات نظامی خود از سلول های قابل انعطاف خورشیدی برای شارژ باطری و ذخیره سازی انرژی الکتریکی استفاده می نمایند. طول عمر بالای تجهیزات مورد استفاده در این سیستم ها به خصوص پنل ها از دیگر مزایای انرژی خورشیدی می باشد که کاربرد آن را در امور مختلف گسترش داده است. در برخی مراجع استفاده از شارژرهای خورشیدی نیز در تامین نیروی پهپادها گزارش شده است پلیس مرزبانی به عنوان یکی از نهادها و سازمان های متولی برقراری امنیت مرزی نقش و ماموریت ویژه ای در برقراری امنیت مناطق مرزی و ساکنان مناطق مرزنشین دارا می باشد حاشیه مرزهای کشور ایران بدلیل ارتباط با منطق صعب العبور و دور افتاده بدلیل عدم دسترسی به برق شهری همیشه دارای این معضل بوده است که مشکلاتی را از جهت شارژ دستگاه های بی سیم به دنبال داشته است. تاکنون سیستم های الکترونیکی که مورد استفاده قرار می گرفت و لایه های ارتباطی مطمئنی که ایجاد می شد در کشور تهیه شده است و برای ادامه راه نیز نیاز به خودکفایی در حل بقیه معضلات است. (Jung, 2020)

یکی از مهمترین مشکلات در طراحی سامانه های بی سیم متحرک در ماموریت های فرماندهی مرزبانی فراهم نمودن امکان شارژ نامحدود برای ماموریت های طولانی است بدیهی است که به منظور ارتقاء توان عملیاتی مرزبانی در تامین امنیت مرزها نیاز است که امکاناتی برای برای بهبود شارژر خورشیدی و افزایش راندمان در این حوزه بکار بست.

۵- یافته‌های تحقیق

۵-۱- خروجی آرایه‌ی خورشیدی مورد نظر

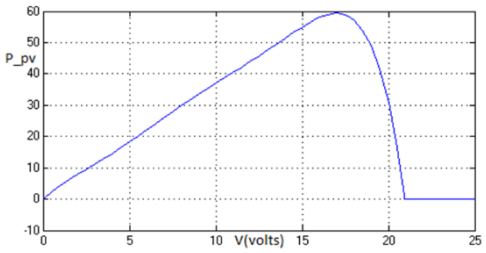
در این قسمت با توجه به نوع سلول مورد استفاده باید شکل موج‌های خروجی سلول را در دماها و تابش‌های مختلف نور خورشید تولید نماییم در حقیقت در این قسمت با توجه به توابع ریاضی بر حسب نوع سلول‌های مورد استفاده در آرایه‌ی خورشیدی می‌توان خروجی سلول را تولید کرد. در واقع خروجی سلول را به صورت مدار زیر می‌توان در نظر گرفت.



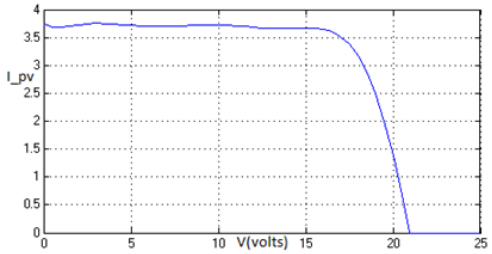
شکل ۱- مدار معادل سلول PV مورد استفاده

شکل ۱ مبین شکل مداری تک دیود از مدار معادل سلول می‌باشد. یک سلول مجزا و تکی بدون در نظر گرفتن سایر سلول‌ها در یک آرایه، قدرت و توان محدودی را تولید می‌نماید که باید از ماژول و آرایه جهت تولید توان مورد نیاز استفاده نمود. در حقیقت همان طوری که در بخش‌های گذشته نیز اشاره شد، ماژول‌ها را به صورت موازی و سری نیز می‌بندند تا آرایه شکل گیرد تا به ولتاژ و جریان مطلوب و مورد نیاز دست‌یابیم. حال همان طور که گفته شد مقامت معادل سری و موازی در آرایه‌ها به صورت R_p, R_s، نشان داده می‌شود

.با توجه به مشخصه‌ی I-V، که در دیتاشیت آرایه و ماژول آورده می‌شود می‌توان در یافت که زمانی که از سلول به صورت منبع جریان استفاده می‌شود مقاوت معادل R_p، به صورت غالب عمل می‌نماید و در شبیه سازی مورد نظر خواهد بود، و زمانی که از پنل خورشیدی به صورت یک منبع ولتاژ استفاده می‌کنیم می‌توان دید که مقاوت سری به صورت غالب در معادلات و شبیه‌سازی حضور خواهد داشت و میزان ولتاژ بستگی به همین مقاومت دارد.منحنی مشخصه‌ی شبیه‌سازی شده به شکل زیر می‌باشد که در واقع ردیاب ماکزیمم توان (MPPT) باید با توجه به نتیجه‌ی شبیه سازی و میزان دما و تابش تور خورشید نقطه‌ی مورد نظر جهت ردیابی را در یابد و در نتیجه باعث دریافت ماکزیمم توان در خروجی مبدل گردد.



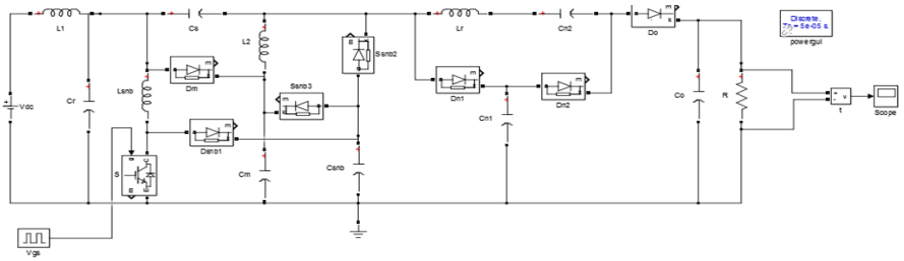
شکل۲- منحنی مشخصه‌ی P-V، در شرایط نامی($T=25c, irradiation=1000w/m^2$)



شکل۳- منحنی مشخصه‌ی I-V، در شرایط نامی($T=25c, irradiation=1000w/m^2$)

۵-۲- مبدل پیشنهادی در شبیه‌سازی

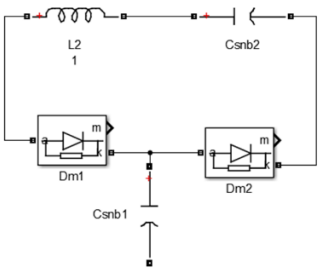
جهت افزایش راندمان در سیستم از یک مبدل SEPIC، با ایجاد تغییرات در ان استفاده نمود. در حقیقت با استفاده از این مبدل و اضافه نمودن قسمت‌هایی جهت افزایش ولتاژ خروجی، ایجاد Soft switching و قرار دادن اسنابر و ضرب کننده عملکرد مبدل را افزایش خواهیم داد و راندمان را بالا می‌بریم. همان طوری که در شکل ۴ نشان داده شده است، در نهایت ولتاژ خروجی مبدل به یک بار DC، متصل خواهد شد، به عبارتی در این شبیه سازی هدف بررسی عملکرد مبدل و روش MPPT، جهت افزایش راندمان سیستم خورشیدی می‌باشد.



شکل ٤- مبدل مورد استفاده جهت افزایش ولتاژ خروجی از آرایه خورشیدی و تبدیل به سطح ولتاژ مورد نظر

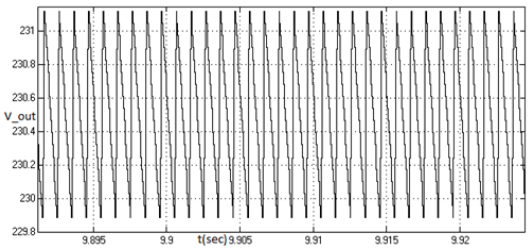
۵-۳- افزایش بهره مبدل

برای افزایش بهره، جهت دست‌یابی به ولتاژ بالای ۳۸۰ ولت و یا ۲۲۰ ولت، می‌توان با اضافه کردن یک بلوک ضرب‌کننده به مبدل، به این مهم دست یافت. یک بلوک ضرب‌کننده شامل خازن‌های C_{n1} و C_{n2} و دیودهای D_{n1} و D_{n2} و سلف کوچک L_r می‌باشد. در مدت زمانی که سوئیچ قطع می‌باشد، جریان از طریق سلف L_r و خازن C_{n2} به خروجی انتقال می‌یابد. از طرفی مقداری جریان از طریق دیود D_{n1} ، خازن C_{n1} را شارژ می‌کند. هنگامی که سوئیچ وصل می‌شود جریان در سلف L_r به صورت نزولی به خروجی انتقال می‌یابد. بنابراین دیود D_o با جریان بازیابی معکوس کمتری قطع شود. بعد از قطع شدن دیود خروجی D_o ، خازن C_{n2} بوسیله انرژی که در مرحله قبل در خازن C_{n1} ذخیره شده، شارژ می‌شود. ولتاژ خروجی مبدل برابر مجموع ولتاژ خازن C_{n2} و ولتاژ خروجی مبدل سپیک بهبود یافته می‌باشد. بلوک ضرب کننده می‌تواند بدون استفاده از سلف رزنانسی L_r کار کند. اما استفاده از این سلف کوچک در حد ۴ µH ، همان طوری که گفته شد، می‌تواند تأثیر منفی جریان بازیابی معکوس را در تمام دیودها کمینه کند. مدار نشان داده شده در شکل ۵ که به عنوان بلوک ضرب کننده در شکل ۴ مورد استفاده قرار گرفته است باعث می‌شود که سطح ولتاژ خروجی تا چندین برابر افزایش یابد و از مقدار حدودا دو برابر به ۶-۷ برابر ولتاژ ورودی برسد که البته این بهره به مقدار دوره‌ی مورد نظر در مدار نیز بستگی دارد که ما D، را در این مدار برابر با ۰,۵، در نظر می‌گیریم.با توجه به نتایج شبیه‌سازی مبدل پیشنهادی ۶ مشخص می‌گردد که شکل موج ولتاژ خروجی تقریبا ۶ تا ۷ برابر ولتاژ ورودی می‌باشد که این عدد هم به نوع مبدل و هم به استفاده از بلوک ضرب کننده‌ی شکل ۵ مربوط می باشد. از طرف دیگر خروجی دارای ریپل حدود ۱ولت می‌باشد.

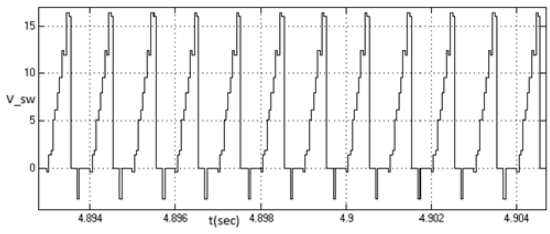


شکل ۵- مدار بلوک ضرب کننده جهت افزایش ولتاژ خروجی و افزایش بهره

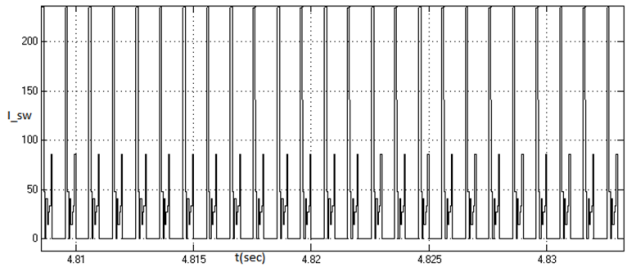
با توجه به شکل ۶ که ولتاژ خروجی حدودا برابر، با ۲۳۰ولت می‌باشد می‌توان دریافت که با duty cycle، ثابت مقدار بهره‌ی این مبدل برابر با (۶,۴=۲۳۰/۳۶) می‌باشد. همچنین با مشاهده‌ی شکل ۷ و ۸ معلوم می‌شود مدار soft switching، به خوبی کارمی‌کند زیرا هنگام روشن شدن که ولتاژ بالاست و در حال کاهش می‌باشد جریان با یک تاخیر افزایش می‌یابد و هنگام خاموش شدن که جریان بالاست و سریع کاهش نمی‌یابد ولتاژ با یک تاخیر افزایش می‌یابد تا با این تکنیک میزان تلفات روی کلید که بخش عمده‌ی تلفات کلید می‌باشد کاهش یابد. با توجه به شکل‌های ۷ و ۸ می¬توان دید که در نواحی تغییر وضعیت سوئیچ روش راه¬اندازی نرم و مدار اسنابر به خوبی عمل کرده‌اند به نحوی که به طور همزمان ولتاژ و جریان حین روشن یا خاموش شدن، تغییر نمی‌کنند بنابراین اصلی‌ترین بخش تلفات سوئیچ از این طریق حذف خواهد شد.



شکل٦- شکل موج ولتاژ خروجی مبدل پیشنهادی با ریپل ۱ ولت



شکل۷- شکل موج ولتاژ دو سر سوئیچ مورد استفاده در مبدل پیشنهادی



شکل۸- شکل موج جریان سوئیچ مورد استفاده در مبدل پیشنهادی

۶- نتیجه گیری

فناوری کلکتورهای ترکیبی فتوولتائیک- حرارتی به خوبی در صنعت خورشیدی شناخته شده است. سلول های فتوولتائیک موادی نیمه هادی هستند که پرتوهایی با طول موج کوتاه منتشرشده از خورشید را به طور مستقیم به الکتریسیته تبدیل می کنند. دمای مدول های فتوولتائیک توسط تابش خورشیدی جذب شده که به الکتریسیته تبدیل نشده اند افزایش یافته و موجب کاهش راندمان الکتریکی آن می شود. یکی از روش های کاهش دمای مدول فتوولتائیک استفاده از حرارت پشت مدول برای گرمکردن آب/هوا یا سیالات دیگر است. به وسایلی که بر این مبنا عمل می کنند کلکتورهای ترکیبی فتوولتائیک- حرارتی گفته می شود. در واقع کلکتورهای T/PV دستگاهی متشکل از یک مدول فتوولتائیک و یک کلکتور حرارتی صفحه تخت مجزا هستند.به کارگیری کلکتورهای ترکیبی فتوولتائیک- حرارتی T/PV خورشیدی دارای مزایایی همچون استفاده همزمان از واحد حرارتی و الکتریکی، افزایش راندمان الکتریکی مدول فتوولتائیک، افزایش بازده کلی دستگاه، بهره گیری بهینه از فضای در دسترس، افزایش فاکتور پرشدن مدول PV عدم نیاز به منبع الکتریکی خارجی برای گردش سیال، افزایش طول عمر مدول فتوولتائیک، ایجاد معماری متحدالشکل بر روی بام ساختمان، کوتاه ترشدن زمان بازگشت سرمایه هستند.در سه دهه اخیر کلکتورهای فتوولتائیک- حرارتی توجه بسیاری از محققین را به خود جلب کرده است و مطالعات وسیعی در زمینه مدلسازی و بهینه سازی راندمان حرارتی و الکتریکی آن صورت گرفته است.از مهم ترین مشکلات در طراحی سامانه های ارتباطی بی سیم متحرک فراهم نمودن امکان شارژ نامحدود برای زمان های طولانی است. یکی از منابع انرژی تجدیدپذیر کره مزایای بسیاری همچون ارزان بودن و سازگاری با محیط زیست دارد، استفاده از انررژی خورشیدی از طریق سلول های خورشیدی می باشد.امروزه شارژرهای خورشیدی در سامانه های مخابراتی کاربرد فراوان دارد و به دلیل اینکه سیستم مخابراتی همواره نیازمند به تأمین برق بوده و مقدار برق موردنیاز در بخش های مختلف می تواند کم و زیاد باشد به راحتی می توان از پنل های شارژر خورشیدی برای این نوع سامانه ها استفاده کرد. (Zhubing ,2020) در واقع شارژر خورشیدی و کاربرد آن در ارتباطات سیار یکی از طرح های بزرگ در کشورهای توسعه یافته بوده و در حال گسترش است کاربرد انرژی خورشیدی برای اماکنی که دسترسی به شبکه برق سراسری ندارند، اولین و ابتدایی ترین کاربرد انرژی خورشیدی است فراوانی و ارزانی انرژی های فسیلی در ایران سبب شده تا کمتر از انرژی های نو و تجدیدپذیر استفاده شود و همچنین به دلیل ارزان بودن بهای برق در ایران هنوز استفاده از انرژی خورشیدی برای اماکنی که دسترسی به برق شهری دارند به صرفه نیست.نتایج تحقیق نشان می دهد که در صورتی که در مدار مبدل پیشنهادی از یک سلف به اندازه کافی بزرگ در ورودی استفاده شود، عملکرد مدار در حالت پیوسته باعث کاهش نویز EMI و ممانعت از برخورد با دیگر عملگرهای مدار در مقایسه با مبدل‌های مشابه می‌شود که این خود به عنوان مزیت مهمی در بهبود عملکرد MPPT می‌باشد.

۶-۱- پیشنهادهای پژوهش

- استفاده از سایر منابع تولید پراکنده مانند انرژی بادی و ایجاد یک تولیدکننده هیبرید و افزایش راندمان
- استفاده از باتری و منابع بدون وقفه جهت ذخیره‌سازی و بازیافت انرژی و بررسی میزان افزایش راندمان
- کاهش میزان جریان بازیابی معکوس سوئیچ مورد استفاده در مبدل جهت افزایش راندمان

منابع

۱. مرتضی احمد نعمه, علی اکبر رنجبر, علی تربتی نژاد(۱۴۰۱). بهبود عملکرد سلول فتوولتاییک با استفاده از میکرو کانال و نانوسیال, دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، دانشکده مهندسی مکانیک

2. Abdolalipouradl M, Khalilarya S, Mohammadkhani F. (2020) Hydrogen Production Using Proposed Cycle from Sabalan Geothermal Wells via Proton Exchange Membrane Electrolysis. Modares Mechanical Engineering.;20(2): 267-278.
3. Choi, Y. and K. Jung. (2020) "Recent Progress in Fabrication of Antimony/Bismuth Chalcohalides for Lead-Free Solar Cell Applications." Nanomaterials, Vol. 10, Jin, Zhixin, Zheng Zhang, Jingwei Xiu, Haisheng Song, Teresa Gatti and Zhubing He. (2020) A critical review on bismuth and antimony halide based perovskites and their derivatives for photovoltaic applications: recent advances and challenges." Journal of Materials Chemistry, Vol. 8, pp. 16166-16188,.
4. Karathanassis IK, Papanicolaou E, Belessiotis V, Bergeles GC. (2019) Dynamic simulation and exergetic optimization of a Concentrating Photovoltaic/Thermal (CPVT) system. Renewable Energy.;135:1035-47.
5. Liu, Zhihui, Miaomiao Chen, L. Wan, Yue-xiang Liu, Yulong Wang, Yisheng Gan, Zhiguang Guo, D. Eder and Shimin Wang. (2019) "Anti-solvent spin-coating for improving morphology of lead-free (CH3NH3)3Bi2I9 perovskite films." SN Applied Sciences, Vol. 1, pp. 1-11,.
6. Kazem HA. (2019) Evaluation and analysis of water-based photovoltaic/thermal (PV/T) system. Case Studies in Thermal Engineering.;13:100401.
7. Singh I, Singh D, Singh M. (2019) Thermal modeling and performance evaluation of photovoltaic thermal (PV/T) systems: A parametric study. International Journal of Green Energy.;16(6):483-489.
8. Aberoumand S, Ghamari S, Shabani B. (2018) Energy and exergy analysis of a photovoltaic thermal (PV/T) system using nanofluids: An experimental study. Solar Energy.;165:167-77.
9. Huang, Jiachi, Zhuowei Gu, Xinqian Zhang, Gang Wu and Hongzheng Chen. (2018) "Lead-free (CH3NH3)3Bi2I9 perovskite solar cells with fluorinated PDI films as organic electron transport layer." Journal of Alloys and Compounds, Vol. 767, pp. 870-876,.
10. Rahman MM, Hasanuzzaman M, Abd Rahim N. (2017) Effects of operational conditions on the energy efficiency of photovoltaic modules operating in Malaysia. Journal of cleaner production.; 143:912-24.
11. Ben Cheikh El Hocine H, Touafek K, Kerrour F. (2017) Theoretical and experimental studies of a new configuration of photovoltaic–thermal collector. Journal of Solar Energy Engineering.;139(2):021012.
12. Othman MY, Hamid SA, Tabook MAS, Sopian K, Roslan MH, Ibarahim Z. (2016) Performance analysis of PV/T Combi with water and air heating system: An experimental study. Renewable Energy.;86:716-722.