

طراحی و شبیه سازی یک سیستم فتوولتائیک ۱۰*۱۰ با توان ۱۷,۶ کیلو وات برای مطالعه ی خطاها و پیدا کردن نقاط کور در طرح های حفاظتی معمول در نرم افزار متلب

یاسر دکامئی^۱، محمد دکامئی^۲، سید محمد صادق زاده^{۳*}

yaserdekami@gmail.com

۱- دانشجوی دانشگاه شاهد

mohammad.dekami76@gmail.com

۲- دانشجوی دانشگاه لرستان

sadeghzadeh@shahed.ac.ir

۳- عضو هیات علمی گروه مهندسی برق، دانشگاه شاهد

چکیده :

در این مقاله طراحی و شبیه سازی یک سیستم فتوولتائیک ۱۰*۱۰ با توان ۱۷,۶ کیلو وات برای مطالعه ی خطاها و پیدا کردن نقاط کور در طرح های حفاظتی معمول در فضای سیمولینک نرم افزار متلب انجام شده است. برای این منظور ویژگی های مناسب و بهینه از منحنی خروجی ولتاژ- جریان آرایه بررسی شده است. ابتدا مدل یک سلول خورشیدی واحد با استفاده از مدار معادل تک دیودی شبیه سازی شد سپس با بهره گیری از تکنیک آموزش ماشین، الگوریتم تشخیص خطای استفاده شده در سلول خورشیدی شبیه سازی می شود و داده های ورودی این تحقیق نتایج شبیه سازی یک سیستم فتوولتائیک به ازای مقادیر ورودی دما و تابش های مختلف در کلاس های تعریف شده ای از خطاهای گوناگون می باشد. در ادامه رفتار منحنی خروجی جریان و ولتاژ آرایه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. در دما و تابش های مختلف، ولتاژ و جریان های مورد نظر ثبت شده است و به عنوان بردار ویژگی و ورودی برای طراحی سیستم هوشمند کلاسه بندی استفاده می شوند. برای درک رفتار غیر خطی آرایه های فتوولتائیک، عملکرد سیستم فتوولتائیک تحت شرایط غیر نرمال، تجزیه و تحلیل خطا، قابلیت اطمینان و مسائل ایمنی در آرایه های فتوولتائیک باید مدل سازی و شبیه سازی بدرستی صورت گیرد. در انتها با توجه به بانک اطلاعاتی که از سلول خورشیدی دریافت شده، یک سری داده به عنوان اطلاعات اولیه به سیستم تشخیص خطا تغذیه می شود.

کلمات کلیدی:

عیب یابی؛ متلب؛ کلاس بندی خطا؛ سیستم فتوولتائیک

۱ - مقدمه

امروزه منابع تولید پراکنده به ویژه سیستم های فتوولتائیک، به عنوان منبع جدید توان درصد بالایی از سرمایه گذاری ها را به خود اختصاص داده اند. تشخیص و تجزیه و تحلیل خطا در سیستم های فتوولتائیک، یکی از مسائل مهم در بخش بازدهی، ایمنی و قابلیت اطمینان در آرایه های خورشیدی است [۱]. تشخیص نوع و کلاسه بندی خطا، باید با انتخاب بهترین روش کلاسه بندی با دقت بالا و یافتن ویژگی های مناسب در یک آرایه فتوولتائیک در مقیاس تجاری صورت گیرد.

نتایج شبیه سازی بدست آمده به ازای مقادیر ورودی دما و تابش های مختلف برای کلاس های تعریف شده ای از عیوب به همراه مقادیر مختلف می باشد [۲]. تشخیص و عیب یابی خطا های اتفاق افتاده در آرایه های فتوولتائیک به خصوص در مراحل اولیه خرابی در افزایش عمر آن ها بسیار با اهمیت است [۳]. از آن جا که ماژول فتوولتائیک خواص غیر خطی دارد باید آن را برای طراحی و شبیه سازی حداکثر ردیابی نقطه توان (MPPT) برای کاربرد های سامانه های فتوولتائیک مدل نمود [۲].

به دلیل خطاهای اتفاق افتاده در آرایه های فتوولتائیک چندین خطر آتش سوزی در محل نصب سیستم های فتوولتائیک گزارش شده است. پارامترها و داده های مختلفی همچون دمای محیط، شدت تابش خورشید در منطقه، دما و شدت تابش در سطح ماژول، جریان و ولتاژ هر ماژول، ولتاژ و جریان ورودی به اینورتر و فرکانس ولتاژ و جریان خروجی اینورتر از جمله داده هایی هستند که در دسترس می باشند و قابلیت مانیتور شدن را دارند [۴]. مدل های تک دیودی و دو دیودی به طور گسترده ای برای شبیه سازی ویژگی های فتوولتائیک استفاده می شوند. مدل تک دیودی ویژگی های فتوولتائیک را به درستی و دقیق توصیف می نماید [۲]. در این مقاله طراحی بر اساس یک مدار معادل فتوولتائیک تک دیودی صورت گرفته است.

۲- تئوری تحقیق

۲-۱- مروری بر روش های تشخیص خطا در آرایه های فتوولتائیک

اولین گام در پایش خودکار، تشخیص و شناسایی عیب در سیستم های فتوولتائیک، ارزیابی و طبقه بندی تمامی خطاهای احتمالی می باشد. خروجی یک آرایه فتوولتائیک، چه در حالت خطا و چه در حالت معمول، دارای مشخصه ی جریان بر حسب ولتاژ غیر خطی است. زمانی که خطایی در آرایه اتفاق می افتد با تغییر شکل منحنی، پارامترها و نقاط بسیار مهم مانند جریان و ولتاژ در نقطه ی توان ماکزیمم و ولتاژ مدار باز و جریان اتصال کوتاه تغییر می کند. اگر این خطا توسط وسایل حفاظتی تشخیص داده نشود، قسمتی از آرایه که در آن خطا رخ داده است، در حالت بهینه خود عمل نمی کند. بنابراین مانیتورینگ به موقع و برخط سیستم فتوولتائیک، برای نظارت بر عملکرد قسمت های مختلف آن، به منظور جلوگیری از بوجود آمدن عیب یا تشخیص به موقع آن اهمیت پیدا می کند. هرچند خطاهای خاص در آرایه فتوولتائیک به خاطر مشخصه غیر خطی خروجی آرایه های فتوولتائیک، ماهیت محدود کنندگی جریان فتوولتائیک، امپدانس خطای بزرگ، شرایط تابش کم، طرح های مختلف زمین و یا شرایط MPPT اینورترها بدرستی تشخیص داده نشده و پاک زدایی نمی شوند. این موضوع نقاط کوری را در طرح های حفاظتی به وجود می آورد که منجر به کاهش بازدهی سیستم، پیری شتاب داده شده اجزای سیستم، قوس های DC می شود و احتمالاً خطرات آتش سوزی را ایجاد می کند [۵].

تشخیص خطا به عنوان علامتی، به نشانه وجود مشکل در سیستم مانیتورینگ تعریف می شود [۳]. علاوه بر تشخیص کلاس بندی آن می تواند به صورت خودکار نوع خطا را مشخص کند که برای پایش و تعیین مسائل غیر قابل انتظار در سیستم های فتوولتائیک بسیار ضروری است. در ادامه به بررسی و مطالعه ی خطا های الکتریکی در یک آرایه فتوولتائیک به همراه پارامتر های مورد نیاز برای شبیه سازی پرداخته می شود. برای آموزش و تست سیستم تشخیص الگو، سه پارامتر بسیار مهم در منحنی ولتاژ و جریان کل آرایه شامل V_{MPP} ، I_{MPP} ، P_{MPP} به عنوان بردارهای ویژگی استخراج می گردند زیرا این سه پارامتر نسبت به حالت خطا و همچنین با ورودی های مختلف (تابش و دمای متغیر) حساسیت بیشتری نشان می دهند.

۲-۲ مدل سلول خورشیدی

در شکل (۱) مدل تک دیودی سلول فتوولتائیک نشان داده شده است. این مدل شرایط ایده آل را در نظر می گیرد که در آن هیچ افت ولتاژی صورت نمی گیرد. معادله جریان مدل تک دیودی سلول فتوولتائیک مطابق رابطه (۱) خواهد بود.

$$I = I_{ph} - I_d \quad (1)$$

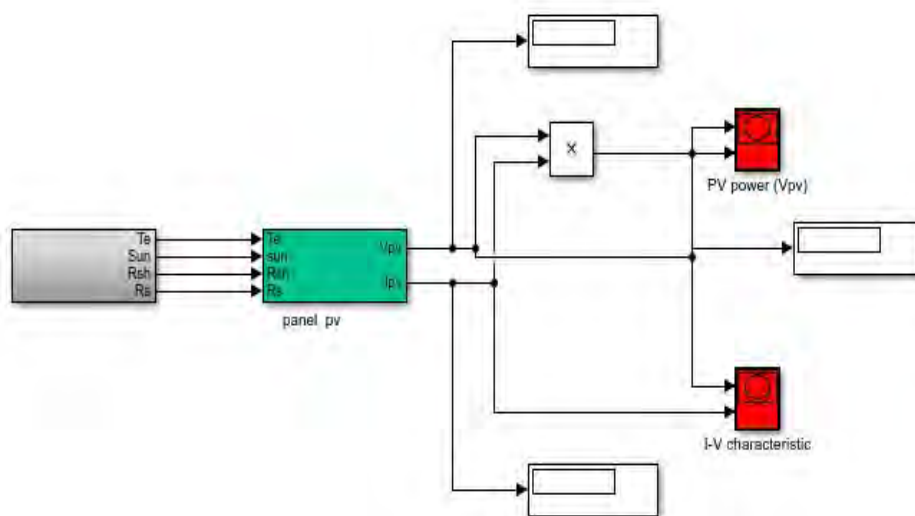


شکل (۱): مدار معادل ایده آل مدل تک دیودی سلول فتوولتائیک

به دلیل رفتار غیر خطی مشخصه ی سلول های خورشیدی، نمی توان آن را مانند یک منبع جریان یا ولتاژ ثابت مدل نمود. در شکل (۱) مدل تک دیوده رایج ترین مدل برای توصیف رفتار الکتریکی سلول های فتوولتائیک نشان داده شده است. معادلات جریان این مدار معادل در نرم افزار متلب مدل سازی و در نهایت یک پنل با ۲۰ سلول با ورودی دما و تابش و قابلیت سری و موازی شدن برای شبیه سازی یک مزرعه خورشیدی مدل سازی می گردد.

۳- شبیه سازی

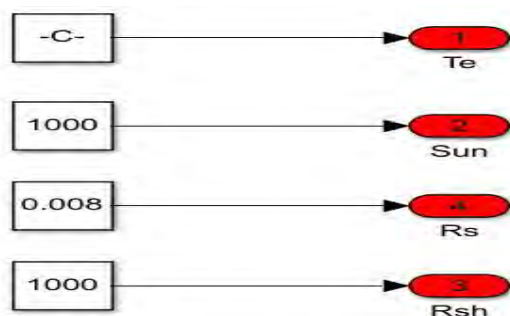
برای مدل سازی و شبیه سازی پنل نهایی مورد نیاز لازم است که ابتدا به طراحی و شبیه سازی سلول واحد پایه پردازیم. این ماژول، یک مدل ۳۶ سلولی است که می توان آن را به یک ماژول ۷۲ سلولی نیز ارتقا داد. برای سهولت در شبیه سازی سلول خورشیدی، از زیر سیستم های مختلفی استفاده شده است. در ساختار سلول خورشیدی طراحی شده، شش زیر سیستم وجود دارد که هر کدام به منظور محاسبه ی پارامتر بخصوصی استفاده شده اند. پارامترهای استفاده شده در مدل سلول خورشیدی مطابق با برگه اطلاعات شرکت تنظیم و وارد شده است.



شکل (۲): بلوک دیاگرام شبیه سازی مازول فتوولتائیک پیشنهادی در نرم افزار متلب

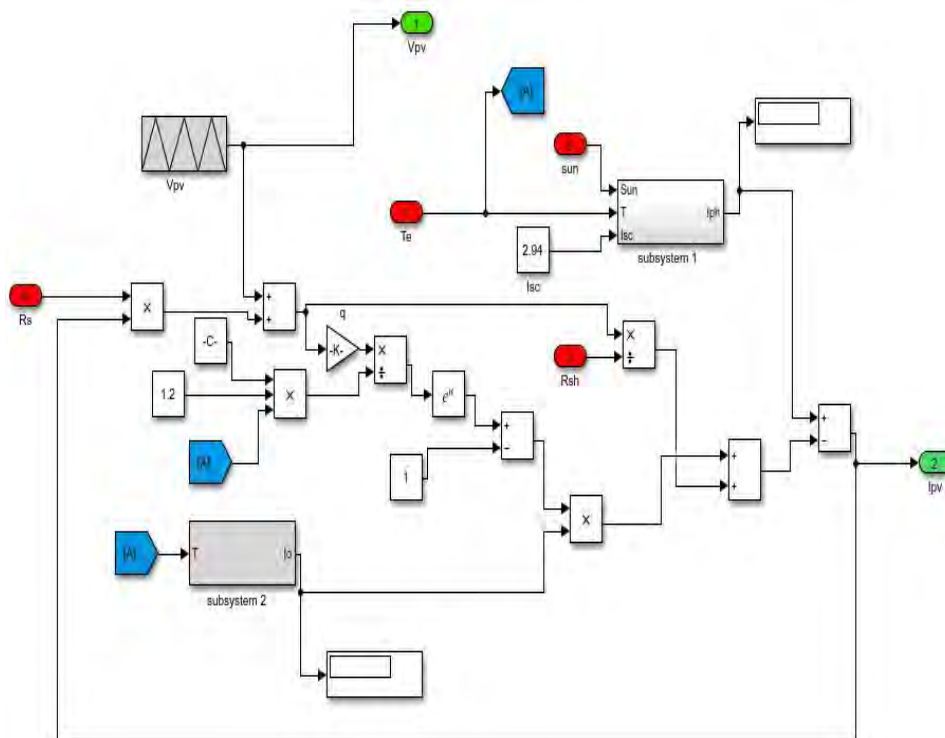
همان گونه که مشاهده می شود ورودی های مدل عبارت اند از تابش، دما، مقاومت سری و مقاومت موازی که بدین ترتیب مشخصه ی ولتاژ – جریان به دو پارامتر وابسته است: دما و تابش. با کاهش دما و افزایش تابش توان خروجی افزایش می یابد و همچنین با افزایش دما و کاهش تابش توان خروجی کاهش می یابد. تابش و دما با توان خروجی به ترتیب رابطه ی مستقیم و عکس دارند [۴].

مقادیر ورودی مازول در شکل (۳) نشان داده شده است:



شکل (۳): مقادیر ورودی مازول

در شکل (۴) به پیاده سازی قسمت های مختلف تشکیل دهنده یک مازول فتوولتائیک پرداخته ایم:



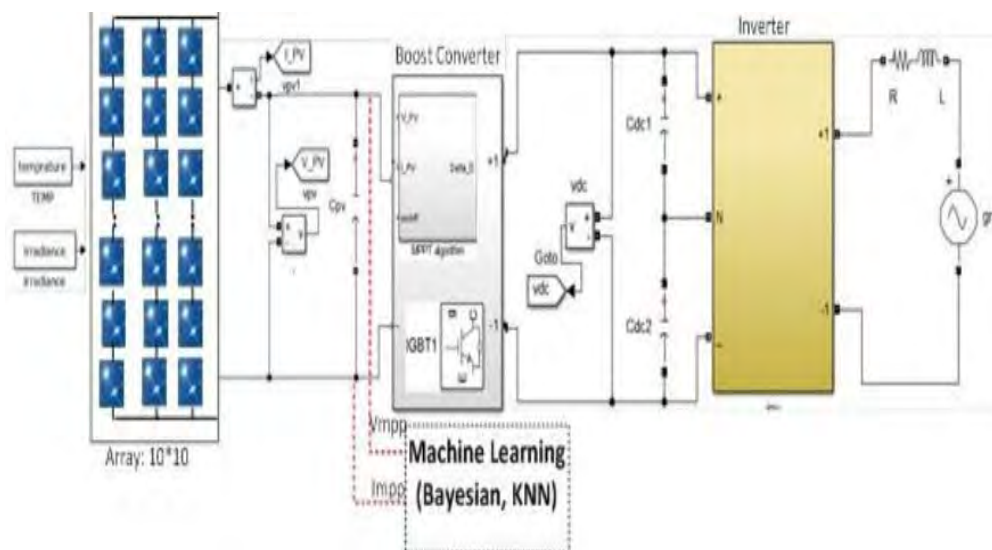
مشخصات مدل SHARP NT-175UCI با پارامترها و مشخصات یک پنل در شرایط STC (شدت تابش ۱۰۰۰ وات بر متر مربع و دمای ۲۵ درجه ی سانتی گراد) به صورت زیر می باشد :

$$R_{SH}:400, R_s:0.45, N_s:20, I_{MPP}:4.95 A, V_{MPP}:35.4 V, I_{SC}:5.4 A, P_{MPP}:175 W, V_{OC}:44.4 V$$

در سیستم مورد مطالعه شبیه سازی ، یک آرایه ۱۰*۱۰ (۱۰ پنل به صورت سری و ۱۰ رشته به صورت موازی) با توان ۱۷٫۶ کیلو وات انجام شده است. از آن جایی که در موقعیت های مختلف خطا، منحنی جریان- ولتاژ خروجی آرایه در نتیجه نقاط توان ماکزیمم تغییر می کند [۵] برای شناسایی و کلاسه بندی نوع خطا مقادیر تابش و دما نقطه ی ولتاژ ماکزیمم ، نقطه ی جریان ماکزیمم و نقطه توان ماکزیمم برای حالت های مختلف خطا استخراج می شود.

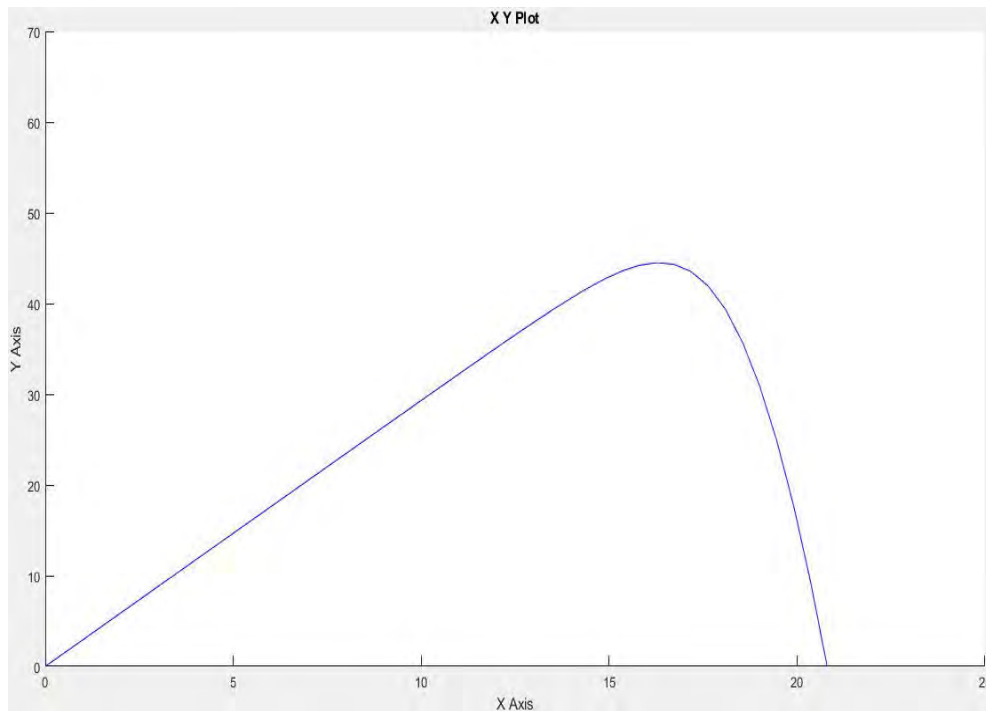
۳-۱ شبیه سازی انجام شده برای سیستم فتوولتائیک مورد مطالعه

در این مدل ولتاژ خروجی هر سلول در حدود ۰٫۶۲ ولت است، با توجه به اینکه مدل مورد نظر ما، یک مدل ۳۶ سلولی است .

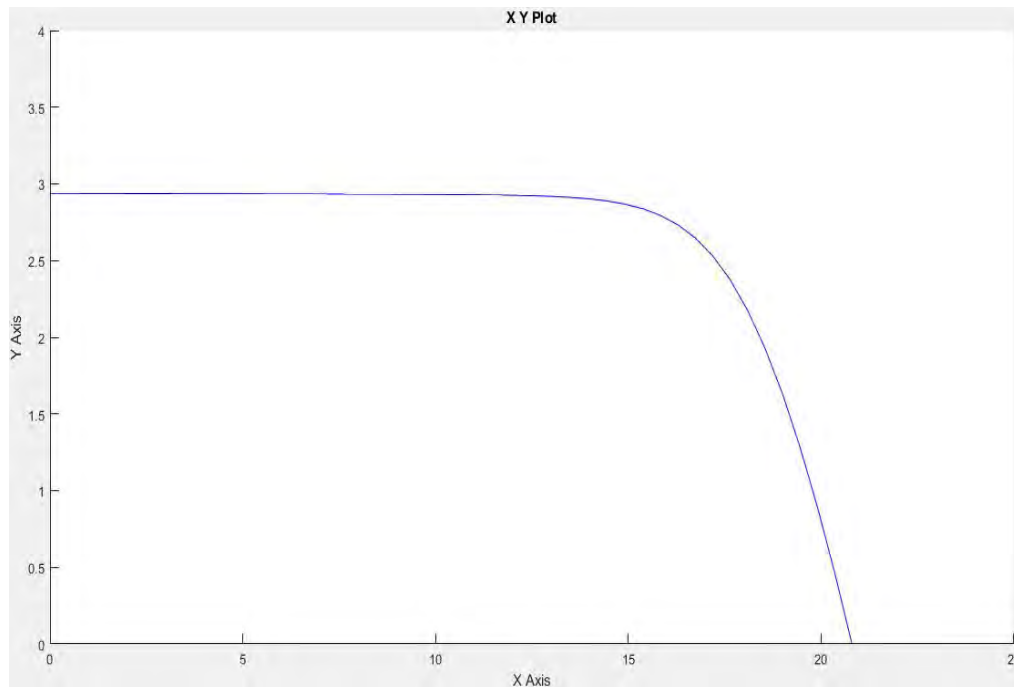


شکل (۷) : شماتیک سیستم فتوولتائیک مورد مطالعه

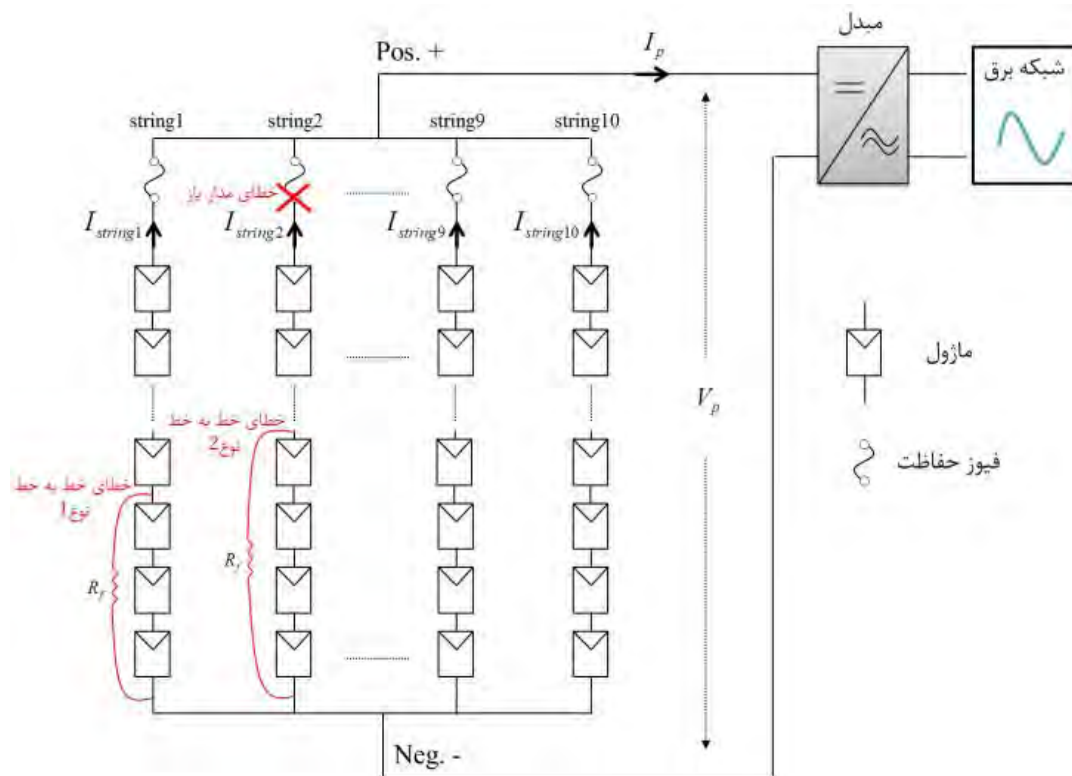
نمودارهای مشخصه (جریان-ولتاژ) و (توان-ولتاژ) پنل طراحی شده به ترتیب در شکل های (۸) و (۹) نشان داده شده‌اند.



شکل (۸) مشخصه جریان-ولتاژ پنل طراحی شده.



شکل (۹): مشخصه توان-ولتاژ پنل طراحی شده.

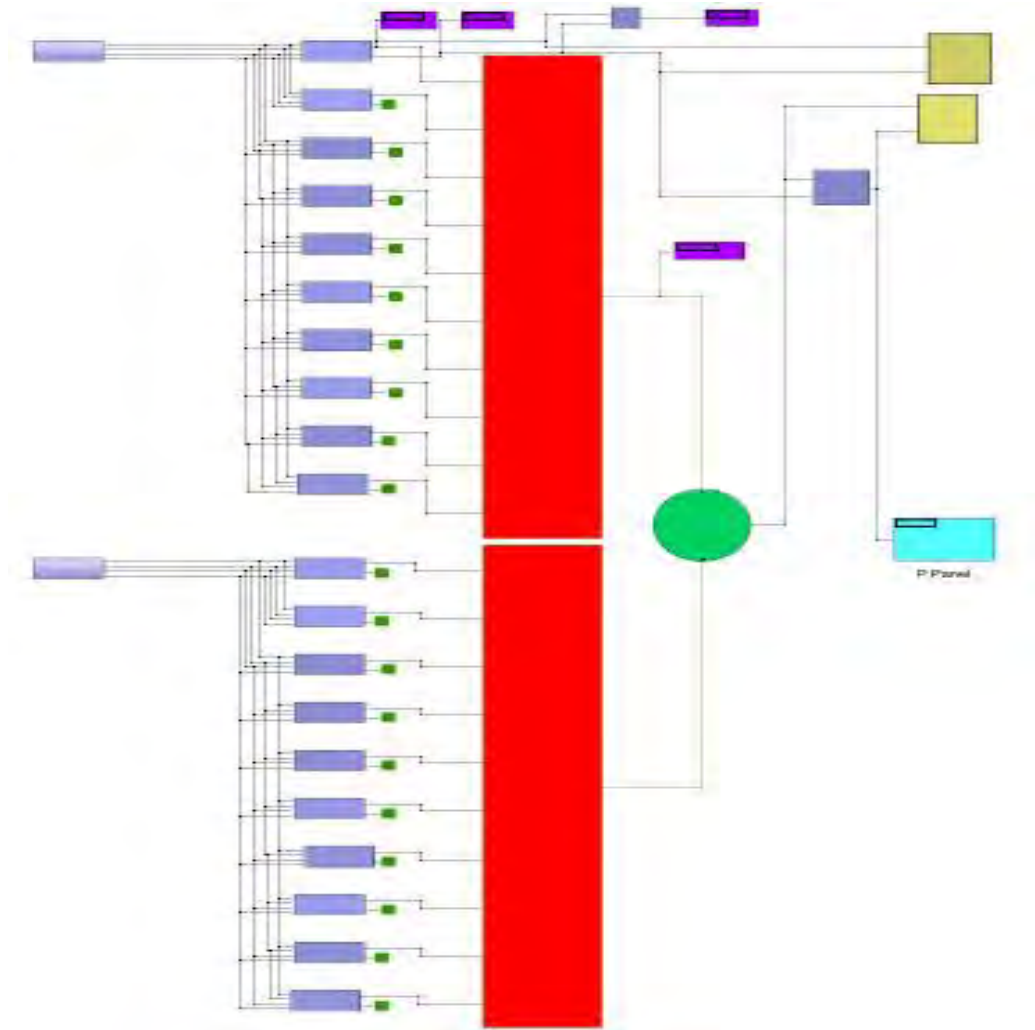


شکل (۱۰): خطاهای خط به خط و مدار باز در سیستم فتوولتائیک شبیه سازی شده

۲-۳ تاثیر گذاری خطاها بر روی منحنی خروجی آرایه

همان طور که خروجی شبیه سازی ها نشان می دهد نقاط توان ماکزیمم در شرایط خطای مختلف تغییر کرده ، بنابراین تجزیه و تحلیل نقاط این منحنی یکی از بهترین روش ها برای تشخیص رفتار آرایه است. در ماژول های طراحی شده؛ مقادیر اولیه ورودی در شرایط استاندارد هستند.

همان طور که بیان شد، آرایه فتوولتائیک شبیه سازی شده از اتصال ۱۰ رشته به صورت موازی تشکیل شده است. اگر به هر دلیلی، قطع شدنی در یکی از رشته ها رخ دهد، خروجی آن رشته صفر می شود. در طراحی سیستم های تشخیص الگو، نیازمند داده هایی از مشخصه ی خروجی آرایه فتوولتائیک می باشیم که به خوبی رفتار آن را در حالت های خطا و سالم تعریف کند. و بتوان بین داده های مربوط به کلاس های مختلف تمایز قائل شد.



شکل (۱۱) : آرایه‌ی فتوولتائیک طراحی شده منطبق با مژده تجاری مورد مطالعه

برای تشخیص خطاهای تعریف شده، جریان عبوری از تمام ردیف‌های سلول خورشیدی، و همچنین ولتاژ دو سر کل پنل، در هر لحظه اندازه‌گیری می‌شود، این کار با قرار دادن سنسورهای جریان و ولتاژ میسر می‌گردد.

۴- نتیجه گیری :

جهت افزایش قابلیت اطمینان در سیستم های فتوولتائیک، عیب یابی در آرایه های فتوولتائیک امری ضروری است. اصلی ترین چالش فرآروی تکنیک های موجود تشهیس خطا تغییرات زیاد مشخصه سلول های خورشیدی با شرایط محیطی همچون دما، میزان تابش و استهلاک می باشد. در این مقاله ما به طراحی و شبیه سازی یک سیستم فتوولتائیک در محیط نرم افزار متلب پرداختیم. برای این منظور طراحی سلول خورشیدی پایه منطبق با ماژول تجاری نام برده شده را انجام دادیم. نتایج روش های کلاسه بندی در نهایت به صورت یک ماتریس پراکندگی نشان داده می شوند. در واقع این ماتریس، عملکرد این الگوریتم ها را به صورت جدول و به شکل کمی نشان می دهد. هر ستون از ماتریس نشان دهنده ی تعداد داده های واقعی در یک کلاس و هر سطر نشان دهنده ی تعداد داده های پیش بینی شده در هر کلاس توسط الگوریتم های شناسایی الگو می باشد. تمامی داده های خطا دار و بدون خطای ممکن، در شرایط مختلف کاری سلول خورشیدی از سیستم فتوولتائیک استخراج شده اند. در استخراج این داده ها هم میزان تابش خورشید و هم دمای کارکرد سلول در رنج وسیعی تغییر داده شده است تا توانایی الگوریتم در شناسایی کاملاً تست گردد. رشته معیوب را در کل آرایه می توان با تغییر مقادیر ولتاژ و جریان آن در خروجی آرایه به صورت تقریبی تشخیص داد. اما اگر در یک رشته در مزرعه خورشیدی که از تعداد زیادی پنل به صورت سری تشکیل شده است خطایی رخ دهد موقعیت آن را نمی توان به صورت معمولی پیدا کرد و باید برای رفع این ایراد یک سنسور دیگر در وسط آرایه جهت تعیین درست منطقه خطا اضافه کرد. همچنین نشان داده شد که خطاهای خط به خط با جریان خطای کم در برخی موارد توسط وسایل حفاظتی تشخیص داده نمی شوند.

۵ - منابع :

[1] - S. Sheik Mohammeda, aFaculty of Engineering, Dhofar University, PB. No. 2509, Salalah, Sultanate of Oman, PC-211. Modeling and Simulation of Photovoltaic module using MATLAB/Simulink. International Journal of Chemical and Environmental Engineering October 2011, Volume 2, No.5

[2]- - Krismadinata, Nasrudin Abd, Rahima, Hew Wooi Pinga, Jeyraj Selvaraja photovoltaic module modeling using Simulink matlab. The 3rd International Conference on Sustainable Future for Human Security SUSTAIN 2012 University of Malaya Power Energy Dedicated Advanced Centre (UMPEDAC)

[3]- Savita Nema Rajesh Nema .Matlab/simulink based study of photovoltaic cells/module/array and their experimental verification.in International Journal of Energy, Environment and Economics · August 2014.

[4] - Wenhua Zhu, Shanshui Yang, Li Wang, Linglu Luo Modeling . 2011 International Conference on Materials for Renewable Energy and Environment. Shanghai, China. 2011.5 Analysis of Output Features of the Solar Cells Based on MATLAB/Simulink Nanjing University of Aeronautics and Astronautics Nanjing, China

[5] - وحدت ناظریان ، خلیل گرگانی فیروزجاه ، ستاره غل مزاده ، مهراں حسینی زاده هزج ؛ شیوه سازی سلول های - خورشیدی فتوولتائیک با استفاده از سیمولینک متلب ، هوش مصنوعی زلال مالک یافق هاین ون در لوبپایه فنی و مهندسی 1391.

[6] - J. yuncong J.A.A.Qahoung ,and I. Batarseh, improved solar pv cell matlab simulation model and comparson, in proc .2010 IEEE international Symposium on circuits and system –ISCAS10,Tuscalosa,Alabama,USA,2010.

[7]- محی اسینی فولی، مصوبه سجدی قدم، خدی اهر عضدی .مدل سازی دقیق ولت ولت ولت ولت کباتتورات دقیق دمو نتلش سوهن کفیرل سری زلال مالک یپژ و مش در علوم و تکنولوژی بولون لمان، 9 بهی راه 1391

[8] - D. M. Himmelblau, Fault detection and diagnosis in chemical and petrochemical processes vol. 8: Elsevier Science Ltd, 1978

[9]- Akram, M. N., Lotfifard, S., "Modeling and Health Monitoring of DC Side of Photovoltaic Array Sustainable Energy, IEEE Transactions on, Vol. 6, pp. 1245- 1253 .,"2015

[10]-W. A. Omran, M. Kazerani, and M. M. Salama, "A clustering-based method for quantifying the effects of large on-grid PV systems," IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 25, pp. 2617-2625, 2010