



## طراحی یک کنترلر به منظور ردیابی نقطه حداکثر توان سلول های

### خورشیدی

محمدعلی جلالی، کارشناسی ارشد برق قدرت، موسسه آموزش عالی پیام گلپایگان

[Jalali.1988@gmail.com](mailto:Jalali.1988@gmail.com)

#### چکیده

این مقاله به بررسی استفاده از کنترلر منطق فازی با استفاده از یک مبدل DC-DC از نوع Zeta جهت بهبود نقطه حداکثر توان در سلول های خورشیدی جدا از شبکه تحت شرایط تابش و دمای متغییر در محیط سیمولینک نرم افزار متلب می پردازد. تکنیک ارائه شده که مبتنی بر استفاده از کنترلر منطق فازی بهبود یافته می باشد، دارای سرعت پاسخ دهی بالاتری نسبت به تکنیک آشوب و مشاهده می باشد، که به طور گسترده در سطح تجاری مورد استفاده قرار می گیرد. جهت اثبات عملکرد مناسب تکنیک پیشنهادی، دو کنترلر با یکدیگر مقایسه شده اند. در پایان نشان داده شده است که کنترلر منطق فازی مورد استفاده در این مقاله دارای عملکرد بهتری نسبت به کنترلر آشوب و مشاهده است.

**کلیدواژه ها:** فتوولتائیک، ردیابی نقطه ماکزیمم توان، کنترلر منطق فازی، مبدل های DC-DC، الگوریتم ژنتیک



## 1- مقدمه

تامین انرژی همواره یکی از چالش‌های مهم در سر راه توسعه کشورها بوده است. افزایش جمعیت و نیز نیاز به رشد اقتصادی دو محرک بزرگ برای رشد تقاضای انرژی می‌باشد. نیاز به امنیت و پایداری تامین انرژی، کشورها را بر آن داشته است که از وابستگی به سوخت‌های فسیلی برحذر دارد. همچنین مسائل زیست محیطی نیز در چند سال اخیر به شدت جامعه جهانی را نسبت به ادامه استفاده بی‌حد و اندازه سوخت‌های فسیلی نگران کرده است. رشد پیوسته تقاضای انرژی در سراسر جهان، جوامع را به فکر منابع جایگزین انداخته است. در این بین انرژی خورشیدی یکی از منابع وافر روی زمین است و انتظار می‌رود تا یکی از منابع اولیه تامین انرژی در آینده باشد. این سیستم تولید انرژی در کنار مزایای زیست محیطی به علت تجهیزات نه چندان زیاد برای نگهداری و همچنین قابلیت انعطاف توان خروجی از چند میکرووات تا چند مگاوات، مورد توجه جدی در سراسر جهان قرار دارد. کاربردهای انرژی خورشیدی از صنعت گرفته تا کاربردهای نظامی و تجاری گسترده است. با این وجود استفاده بهینه از انرژی خورشیدی نیازمند تکنولوژی‌های مدیریت صحیح این‌گونه سیستم‌ها می‌باشد. سولانکی<sup>1</sup> (2012) معتقد است علیرغم همه مزیت‌هایی که تولید انرژی بدین روش برای ما دارد، هزینه احداث اولیه این سیستم‌ها به طور قابل ملاحظه‌ای بالاست و راندمان آن به طور چشمگیری پایین است. از آنجا که قدرت خروجی ماژول‌های PV وابسته به سطح تابش خورشید و دمای سلول‌ها می‌باشد تغییر آن‌ها می‌تواند عملکرد سیستم PV را تغییر داده و باعث اختلال در آن شود. در حال حاضر عمده‌ترین چالش سیستم‌های خورشیدی پایین بودن راندمان آن‌ها می‌باشد. دلیل آن را می‌توان در این دانست که این سلول‌ها فقط در باند محدودی از طیف نور خورشید به کار می‌روند. بیشترین قسمت تابش خورشید تبدیل به الکتریسیته نمی‌شود و صرفاً باعث گرم شدن سلول‌ها می‌شود. تغییر دمای سلول خورشیدی و همچنین تغییر شدت تابش باعث می‌شود که توان خروجی سیستم خورشیدی دچار نوسان شود. از این رو دستیابی به حداکثر نقطه توان در اینگونه سیستم‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است. مساله حداکثر نقطه توان که آن را با MPPT<sup>2</sup> می‌شناسیم با دستیابی به حداکثر جریان و ولتاژ به دست می‌آید. در واقع نکته کلیدی در سیستم‌های فتوولتائیک طراحی الگوریتمی سریع و دقیق برای دستیابی به MPPT می‌باشد.

بنا بر دیدگاه ایریلیانو<sup>3</sup> (2013)، MPPT ماکزیمم نقطه ردیابی توان یک سیستم الکتریکی است که به ماژول‌های PV این امکان را می‌دهد تا حداکثر قدرت آن‌ها حاصل شود. باید در نظر داشت نقطه کار یک سیستم خورشیدی به وسیله باری که به آن متصل است تعیین می‌شود. در منحنی مشخصه V-P یک نقطه ماکزیمم وجود دارد که به آن اصطلاحاً MPP می‌گویند. در این نقطه ماژول دارای ماکزیمم عملکرد خود است. زمانی که یک اتصال مستقیم بین ماژول PV و بار وجود داشته باشد خروجی ماژول PV به ندرت در نقطه ماکزیمم قرار می‌گیرد، به همین دلیل عملکرد سیستم بهینه نیست. برای مقابله با این مشکل لازم است تا یک وسیله تطبیق‌گر به سیستم اضافه گردد. این سیستم یک کنترلر MPPT با یک مبدل DC-DC بین منبع و بار

<sup>1</sup> solanki

<sup>2</sup> Maximum power point tracking

<sup>3</sup> Aureliano



می باشد. عمده وظیفه MPPT جستجو و فراهم کردن عملکرد بهینه مبدل DC-DC به وسیله واحد کنترل که از یکی از الگوریتم های ردیابی شناخته شده MPP استفاده می کند می باشد..

تکنیک های MPPT با متدهای کنترلی ساده مانند فیدبک ولتاژ و جریان آغاز شد. سپس تکنیک های P&O و هدایت افزایشی معرفی گردید. اخیراً نیز تکنیک های هوشمند به صورت گسترده ای مورد توجه محققان قرار گرفته است. تاکنون کارهای زیادی توسط محققان در زمینه بهبود عملکرد سیستم های فتوولتائیک انجام شده است. عمده این روش ها مبتنی بر طراحی روش های مناسب برای ردیابی حداکثر نقطه توان می باشد. تعداد روش های شناخته شده و مرسوم تاکنون به 19 روش رسیده است. ایریلینو (2013)، تفاوت این روش ها در پیچیدگی، تعداد و نوع سنسورها، سرعت، عکس العمل، همگرایی، هزینه و نیاز سخت افزاری می باشد. مهم ترین این روش ها عبارتند از :

روش <sup>1</sup> P&O، Hill Climbing و کندانکتانس افزایشی <sup>2</sup> و کنترل وابسته به رپل <sup>3</sup> (RCC) و مدار باز جزیی و اتصال کوتاه جزیی و کنترل منطق فازی .

التاویل <sup>4</sup> (2013) می گوید از آنجا که مشخصه ولتاژ-جریان ماژول های خورشیدی غیر خطی می باشد و دمای محیط و شدت تابش خورشید نیز متغیر است لذا یک سیستم فتوولتائیک سیستمی غیر خطی و متغیر با زمان است و در طراحی کنترل کننده آن این نکته حائز اهمیت است.

کنترلر منطق فازی یکی از مناسب ترین کنترلر هایی است که می توان در سیستم های PV استفاده کرد. اثبات شده است که این کنترلر پاسخ بهتری نسبت به سایر کنترلر های هوشمند دارد. در سال های اخیر توجه به این نوع کنترل در سیستم های خورشیدی افزایش نشان می دهد. عدم نیاز به مدل ریاضی دقیق و همچنین کاربرد در سیستم های غیر خطی باعث شده است که بتوان از این کنترلر به طور گسترده بهره گرفت. این پروژه متمرکز بر روی طراحی کنترلری می باشد که با استفاده از آن می توان به ماکزیمم قدرت یک سیستم PV دست یافت.

<sup>1</sup> Perturb & Observe

<sup>2</sup> Incremental Conductance

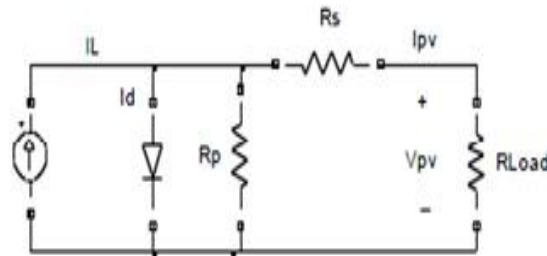
<sup>3</sup> Ripple Correlation Control

<sup>4</sup> Eltawil



## 2- مدل سازی سلول خورشیدی

یک سلول خورشیدی اساساً از یک پیوند p-n نیمه هادی تشکیل شده است که انرژی تابشی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند. این مدل شامل مقاومت‌های سری و موازی هم می‌شوند که مقاومت سری  $R_s$  معمولاً مقدار خیلی کوچکی دارد که می‌توان از آن صرف‌نظر کرد و مقدارش را صفر قرار داد در حالی که مقاومت موازی  $R_p$  مقدار خیلی بزرگ دارد و می‌توان آن را مدار باز در نظر گرفت. همچنین وقتی سلول در تاریکی قرار دارد جریان منبع  $I_L$  صفر خواهد بود. زمانی که سلول در معرض نور قرار می‌گیرد جریان DC تولید می‌شود. تحقیقات نشان می‌دهد که جریان تولیدی بستگی به تابش خورشید، دما و جریان بار دارد. مدار معادل یک سلول PV در شکل زیر نمایش داده شده است.



شکل 1: مدار معادل یک سلول خورشیدی

## 2-1- مدل پیشنهادی

در این پروژه ما ابتدا معادلات را با استفاده از تکنیک التاویل (2013) به صورت یک فایل (.mfile) ایجاد کرده ایم و سپس به محیط سیمولینک متلب ارجاع داده ایم. در این مطالعه تمامی پارامترهای مداری از قبیل مقاومت سری و موازی در مدل لحاظ شده است. مشخصات پنل خورشیدی استفاده شده در این مقاله در جدول 1 آورده شده است.

جدول 1: پارامترهای PV مدل KC200GT در شرایط STC<sup>1</sup>

210	ماکزیمم قدرت
26.3	ولتاژ
33	ولتاژ مدار باز
8.21	جریان اتصال کوتاه

## 3- مبدل ZETA

بنابر دیدگاه نابولسی<sup>2</sup> (2012)، خاتب<sup>3</sup> (2014) معیار انتخاب مبدل‌های DC-DC در سیستم‌های فتوولتائیک وابسته به عوامل مختلفی است از جمله هزینه، راندمان، انعطاف‌پذیری و شارش انرژی است. انعطاف‌پذیری به توانایی مبدل برای نگهداری خروجی با وجود ورودی‌های متفاوت بر می‌گردد. در حالی که

<sup>1</sup> Standard temperature condition

<sup>2</sup> Nabulsi

<sup>3</sup> Khateb



شارش انرژی تاکید بر جریان پیوسته مبدل دارد.

در میان مبدل های شناخته شده و معروف مبدل SEPIC، BUCK-BOOST و CUK دارای این قابلیت می باشند که ولتاژ ورودی را افزایش و یا کاهش دهند. از این رو این مبدل ها می توانند همه سطوح انرژی تابشی در سیستم فتوولتائیک را برای ما انتقال دهند. نبولسی (2012) معتقد است که مبدل های Buck و Boost به علت فقدان انعطاف پذیری مبدل های چندان مناسبی نیستند. به طور مثال در سیستم های فتوولتائیکی که به منظور شارژ باتری به کار می روند، هر دو مبدل Buck و Boost قادر به شارژ پیوسته باتری با وجود تغییر در عملیات MPPT نیستند چرا که منحنی ولتاژ-توان با تغییر سطح تابش تغییر می کند و از این رو ولتاژ مورد نیاز برای ایجاد ماکزیمم توان تغییر پیدا می کند مبدل بوست معمولاً راندمانی بالاتر از مبدل SEPIC دارد هرچند که ولتاژ خروجی همیشه از ولتاژ ورودی آن بالاتر است که باعث عدم انعطاف پذیری در دستیابی به ماکزیمم توان می شود. در حالی که در کار خاتب (2014) تنها ملاک برای انتخاب بین دو مبدل Sepic و Cuk آن است که خروجی مبدل Cuk معکوس ورودی آن می باشد و به همین دلیل مبدل Sepic به آن ترجیح داده شده است. به طور کلی اجماعی در جهت اینکه کدام یک از مبدل های dc- مناسب تر هستند وجود ندارد. احمد<sup>1</sup> (2014) چنین ادعا می کنند که حتی با وجود انتخاب بهترین و دقیق ترین نوع الگوریتم ردیابی نقطه حداکثر توان همچنان در مواردی نتیجه مطلوب به دست نیامده است. از این رو انتخاب مناسب مبدل DC-DC ضرورت پیدا می کند. والکر<sup>2</sup> (2004) نیز به بررسی تاثیر مبدل های DC-DC از جهت راندمان ردیابی پرداخته است و مبدل های BUCK, Boost, BUCK, Boost, SEPIC, ZETA با در نظر گرفتن بار مقاومتی تحلیل شده اند. نویسنده در پایان به این نتیجه رسیده است که در مبدل های BUCK و BOOST امکان شکست در ردیابی حداکثر توان وجود دارد و ممکن است سیستم از رسیدن به نقطه ماکزیمم توان باز بماند. کارتیک<sup>3</sup> (2015) نیز پس از بررسی نتایج عملکرد سه مبدل Cuk, sepic و zeta نویسندگان به این نتیجه دست یافته اند که هر سه مبدل کارایی خوبی در مورد حصول ولتاژ خروجی و میزان ریپل خروجی داشته اند و انتخاب آنها بسته به شرایط کاری دارد. بر اساس مطالب ذکر شده در بالا، مبدل zeta بر سایر مبدل های مرسوم براساس کارایی و نیز نوآوری ترجیح داده شد. این مبدل در مد پیوسته (CCM) تحلیل و شبیه سازی شده است.

#### 4- طراحی سیستم کنترلی

الگوریتم ژنتیک یکی از روش های بهینه سازی تکاملی است که به عنوان یک روش بهینه سازی قوی دارای کاربرد وسیع می باشد و از اصول "تئوری تکاملی تدریجی" در طبیعت تقلید می کند. این الگوریتم با توجه به سرعت زیاد و همچنین قابلیت یافتن ماکزیمم و مینیمم مطلق بر روی طیف وسیعی از توابع، کاربرد زیادی در مهندسی پیدا کرده است. لذا می توان از این الگوریتم در مسایل مختلف اعم از خطی، غیر خطی، پیوسته یا گسسته، مقید بودن یا بدون قید بهره گرفت. از جمله می توان برای تنظیم بهینه کنترلر فازی به صورت خودکار از الگوریتم ژنتیک استفاده کرد.

<sup>1</sup> Ahmad

<sup>2</sup> Walker

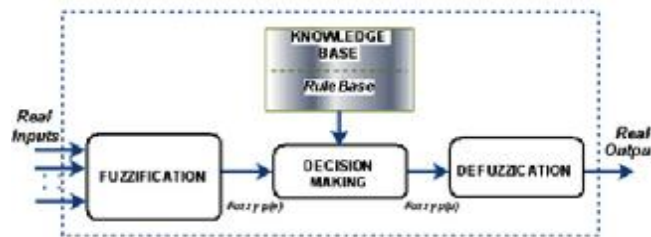
<sup>3</sup> Karthick



بر طبق گفته سرافرازی (2004) الگوریتم ژنتیک در مقایسه با سایر روشهای جستجو مزایای قابل توجهی دارد. از جمله اینکه این الگوریتم به جای کار کردن بر روی یک جواب و بهینه سازی آن در تکرارهای بعدی بر روی دسته‌ای از جواب‌ها به طور همزمان کار می‌کند و به تدریج به سمت نقطه بهینه همگرا می‌شود. بنابراین احتمال اینکه در دام مینیمم‌های موضعی قرار بگیرد بسیار کم است. این الگوریتم تنها به اطلاعات ورودی - خروجی سیستم نیاز دارد و بنابراین هیچ گونه قیدی از جمله خطی بودن، پیوسته بودن و یا مشتق پذیر بودن بر تابع تحمیل نمی‌شود. از این رو قابل کاربرد به دسته وسیعی از مسایل است.

#### 4-1- کنترلر فازی

چما<sup>1</sup> (2014) بیان می‌دارد که کنترل منطق فازی ابتدا توسط دکتر لطفی زاده در سال 1975 ارائه شد. کنترل فازی یک روش کنترلی غیرخطی با ساختار خاص است که رفتاری شبیه به آنچه انسان خبره به هنگام کنترل سیستم انجام می‌دهد از خود نشان می‌دهد. کنترل‌کننده‌های فازی بر خلاف کنترل‌کننده‌های کلاسیک، بدون نیاز به مدل دقیق ریاضی از سیستم با استفاده از تجربیات افراد خبره که در قالب قوانین اگر-انگاه بیان می‌شود، به کنترل سیستم می‌پردازد کنترل منطق فازی دارای 4 مرحله است.



شکل 2: مکانیزم منطق فازی

(a) فازی سازی که مقادیر را جهت ورود به سیستم آماده می‌کند.  
(b) قواعد فازی سازی که رفتار کنترلر را به وسیله قواعد اگر-انگاه تعیین می‌کند.  
(c) موتور استنتاجی که ورودی فازی توسط قواعد فازی را به خروجی می‌رساند.  
(d) غیرفازی‌سازی که مقادیر فازی را به مقادیر قابل فهم برای سیستم تبدیل می‌کند.  
در این مقاله روش کار به این شکل است که اگر آخرین تعبیر در سیگنال کنترل (D) باعث شود تا توان افزایش یابد حرکت به سوی مسیر فعلی ادامه پیدا می‌کند در غیر این صورت اگر باعث شود تا قدرت کاهش یابد حرکت به سوی عکس حالت فعلی می‌باشد. روش منطق فازی به کار گرفته شده روش ممدانی است. این روش در واقع به طور پیوسته حرکت به سوی نقطه‌ای از آرایه خورشیدی که نزدیک‌ترین نقطه، به نقطه ماکزیمم توان است انجام می‌دهد. دو ورودی پیشنهاد داده شده در این جا ردیابی خطا و تغییر خطا می‌باشد.

$$E(n) = \frac{P(n) - P(n-1)}{V(n) - V(n-1)} \quad (1)$$

$$\Delta E(n) = E(n) - E(n-1) \quad (2)$$

$E$  و  $\Delta E$  خطا و تغییر خطا،  $n$  زمان نمونه‌برداری و  $P(n)$  قدرت لحظه‌ای تولید شده توسط  $PV$  و  $V(n)$  ولتاژ لحظه‌ای می‌باشد. متغییر خروجی یک سیگنال (PWM) است که به آن  $D$  گفته می‌شود، که به مبدل Zeta فرستاده می‌شود. ما در این مقاله با استفاده از جدول قواعد فازی خاتب (2014) اقدام به ایجاد

<sup>1</sup> Cheema



یک کنترلر فازی 5 متغیره به صورت معمول کرده ایم. در بخش بعدی با استفاده از الگوریتم ژنتیک این فایل فازی را بهینه سازی کرده ایم.

جدول 2: جدول قواعد فازی

$e'$ \ $e'$	N-II	N-I	Z	P-I	P-II
N-II	N4	N4	N4	N3	Z
N-I	N4	N2	N1	Z	P3
Z	N4	N1	Z	P1	P4
P-I	N3	Z	P1	P2	P4
P-II	Z	P3	P4	P4	P4

#### 4-2- بهینه سازی کنترلر فازی با استفاده از الگوریتم ژنتیک

محمد<sup>1</sup> (2014) الگوریتم ژنتیک را این گونه توضیح داده است که موقعیت الگوریتم ژنتیک مبتنی بر مفاهیم تئوری تکامل بنا شده است و یک راه حل موثر جستجو فضای مساله پیچیده و بزرگ برای دستیابی به راه حل های بهینه و سریع از طریق روش سعی و خطا تصادفی می باشد. الگوریتم ژنتیک با ایجاد یک جمعیت اولیه رندم شروع می شود و به سمت بهتر شدن مساله به وسیله اعمال فرآیند ژنتیک پیش می رود. مکانیزم این الگوریتم به شرح زیر است:

1 تعیین زنجیره کروموزومها

2 تعیین تابع معیار تابع.

3 تولید جمعیت اولیه

4 تولید نسل بعدی یا توقف الگوریتم ژنتیک

مطابق با پیتالوا دیاز<sup>2</sup> (2013) و میسا<sup>3</sup> (2011) از الگوریتم ژنتیک جهت tune کردن توابع عضویت استفاده شده است. اولین مرحله برای استفاده از الگوریتم ژنتیک در جهت بهینه سازی سیستم فازی کدینگ ضرایب توابع عضویت می باشد. در این مقاله به علت اینکه بهینه سازی صرفاً بر روی توابع عضویت انجام شده است از بهینه سازی قواعد فازی صرف نظر کرده ایم. توابع ما در این پروژه از نوع توابع مثلثی می باشند که دارای سه نقطه برای کدگذاری می باشند. برای کدگذاری توابع عضویت به طور نمونه نقاط 1، 2، 3 برای هر تابع عضویت لحاظ شده است. همان طور که در (شکل 4) مشخص است برای هر تابع عضویت سه نقطه در نظر گرفته شده است که این سه نقطه در کدنویسی برای هر Param مشخص گردیده است. نکته مهم در مورد این Paramها این است که به طور مثال نقطه 1 نباید از نقطه 2 بزرگتر باشد و همچنین نقطه 2 نباید از نقطه 3 بزرگتر باشد برای جلوگیری از ایجاد چنین مشکلی در سیستم باید قیود لازم را تعریف نمود. می توان این کار را از طریق نوشتن یک کد مناسب و یا از طریق یک ماتریس ایجاد نمود. در اینجا دامنه توابع ورودی و خروجی متغیرها به صورت  $\{-100, 100\}$  در نظر گرفته شده است. ذکر این نکته مهم است که این مقادیر از محاسبه ماکزیمم و مینیمم هر متغیر در سیستم PV جدا از شبکه می باشد

<sup>1</sup> Mohamed

<sup>2</sup> Pitalua Diaz

<sup>3</sup> Messai



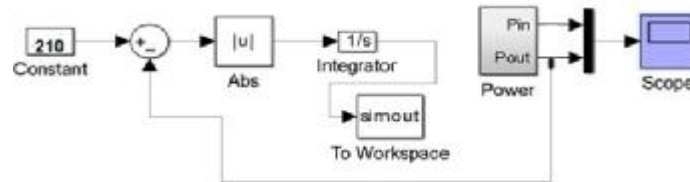
خطای مطلق انتگرال (IAE) به عنوان تابع هدف تنظیم شده است. این شاخص می تواند عملکرد دینامیکی و استاتیک سیستم کنترل را تخمین بزند.

هدف از کنترلر به دست آوردن خروجی ای با حداقل اورشوت و زمان نشست می باشد. در کاربردهای کنترلی، تابع هدف معمولا به صورت تابعی از خطای پاسخ و یا انتگرال خطای خروجی در دنبال کردن ورودی مورد نظر است. کوچک شدن این تابع باید نشان دهنده برازندگی بهتر جواب باشد. بدین منظور معمولا از توابع هدفی همچون:  $ITAE$ ,  $IAE$ ,  $JSE$  و  $MSE$  استفاده می شود. در این مقاله از معیار  $IAE$  در تابع هدف الگوریتم ژنتیک استفاده شده است که در آن:

$$IAE = \int_0^{\infty} |e(t)| dt \quad (4)$$

در جایی که  $e(t) = P(t)_{expect} - P(t)_{PV}$  تعریف می شود.

$P(t)_{expect}$  حداکثر قدرتی است که در شرایط  $STC$  می توان از این نوع آرایه خورشیدی به دست آورد و  $P(t)_{PV}$  توان ثابت فراهم شده به وسیله ماژول  $PV$  است. (شکل 3) مدل سیمولینک اجرای تابع معیار را نمایش می دهد.



شکل 3: اجرای تابع معیار در محیط سیمولینک متلب



شکل 4 توابع عضویت فازی

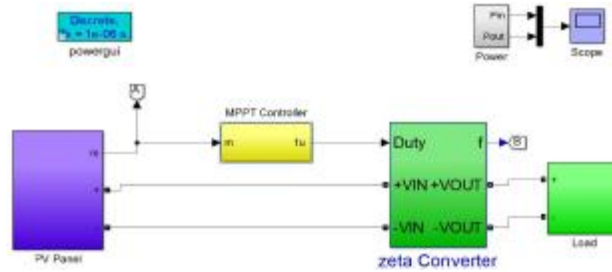
## 5- نتایج شبیه سازی

به منظور تست کارایی کنترلر فازی بهینه سازی شده، قسمت های مختلف سیستم  $PV$  طبق (شکل 5) به وسیله بلوک های جداگانه در محیط سیمولینک نرم افزار متلب مدل سازی شده اند. در ادامه عملکرد سیستم کنترلی به کار گرفته شده با روش  $P&O$  مقایسه شده است. عمل مقایسه در سطح تابشی 0 تا  $w/m^2$  و دمای ثابت 25 درجه سانتی گراد صورت گرفته است. لازم به ذکر است شرایط مبدل  $DC-DC$  از نوع  $Zeta$  برای کنترلر  $P&O$  مشابه شرایط استفاده شده در کنترلر فازی-ژنتیکی بهینه شده می باشد. مشاهده می گردد که کنترلر  $P&O$  دارای زمان نشست زیاد و همچنین نوسان زیاد در شرایط گذرا و ماندگار

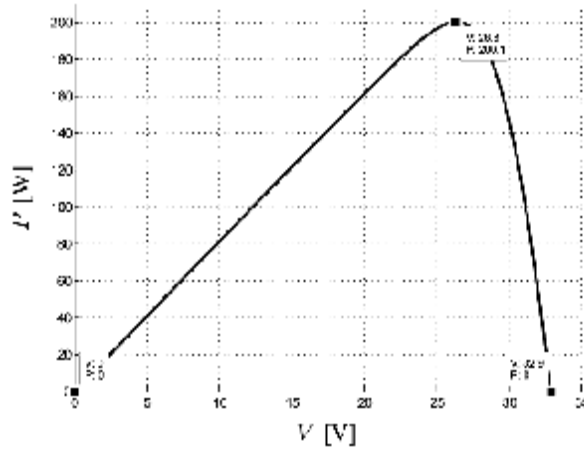




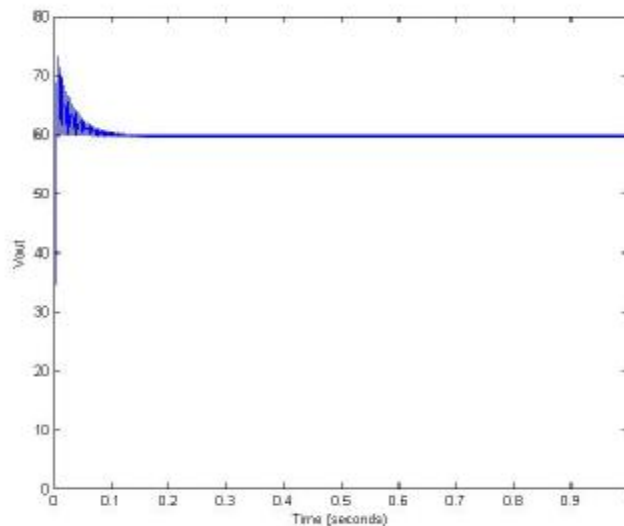
است (شکل 8). همان طور که به وضوح مشاهده می گردد کنترلر بهینه سازی شده فازی پاسخی سریعتر دارد در حالی که P&O به زمان بیشتری نیاز دارد



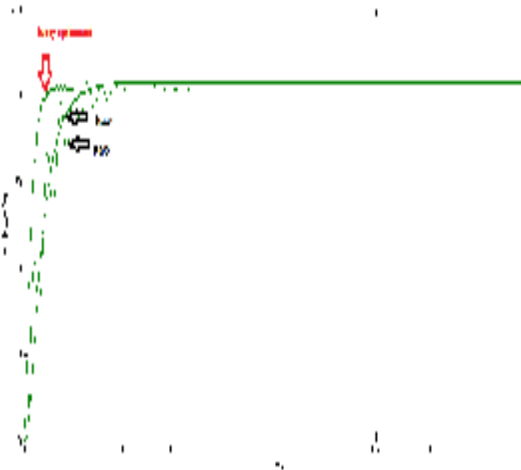
شکل 5: شکل های بلوکی شبیه سازی ا شده در محیط سیمولینک متلب



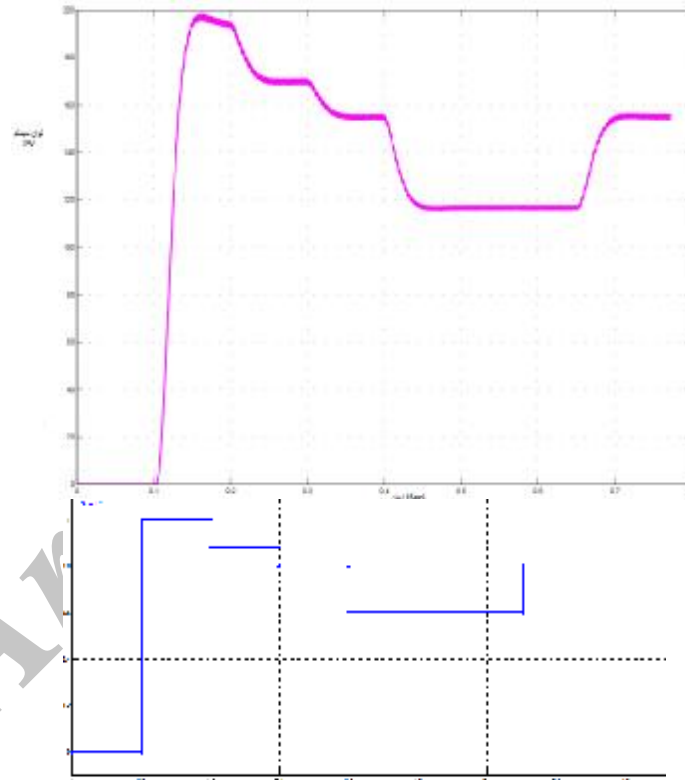
شکل 6: منحنی مشخصه V-P آرایه خورشیدی مورد بررسی در تحت شرایط تابشی و دمای ثابت



شکل 7: شکل موج ولتاژ خروجی مبدل Zeta

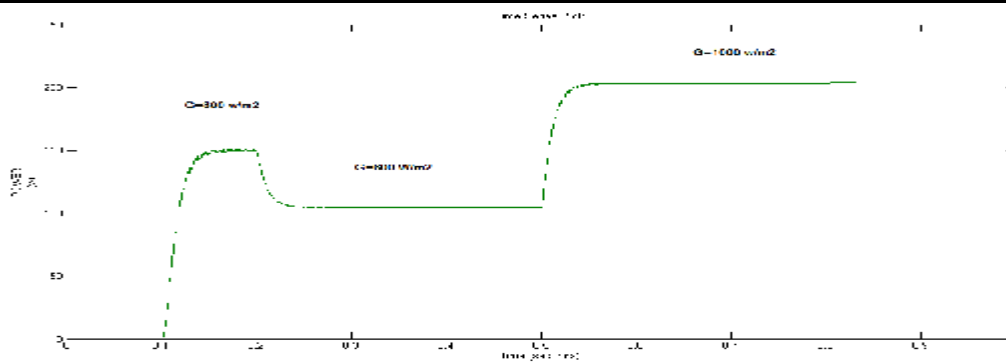


شکل 8: مقایسه روش های P&O و فازی بهینه شده و فازی معمولی



شکل 9: پاسخ ماکزیمم توان برای حالت های مختلف تابش

در آخرین مرحله از شبیه سازی انجام گرفته نیز با تغییر تابش و دما از حدود 800 تا  $1000 \text{ w/m}^2$  و تغییرات دمایی از 18 تا 35 درجه سانتی گراد عملکرد کنترلر بررسی گردیده است (شکل 10).



شکل 10: ارزیابی کنترلر فازی بهینه شده در سطوح تابشی متفاوت

جدول 3: عملکرد کنترلر فازی بهینه شده

پارامتر	مقدار
اورشوت	0/005 درصد
زمان خیز	0/52 ثانیه
خطای حالت ماندگار	0/020

جدول 4: پارامترهای الگوریتم ژنتیک

پارامتر	مقدار
Population size	50
generation	50
Selection method	Roulette Wheel
Rate of crossover	0/8
Mutation Method	Gaussian
Rate of Mutation	0/03

## 6- نتیجه گیری

در ابتدا شبیه سازی مدل PV مورد بررسی قرار گرفت که منحنی مشخصه مدل به کار گرفته شده مطابق با مشخصه داده شده در دیتا شیت سازنده بود. سپس علت انتخاب مبدل Zeta و همچنین نحوه مدل سازی این مبدل بیان شد و نشان داده شد که این مبدل می تواند در سیستم های خورشیدی کاربرد زیادی داشته باشد. سپس کنترلر فازی بهینه سازی شده از طریق الگوریتم ژنتیک نمایش داده شد. روش بهینه سازی تنها بر روی توابع عضویت اعمال شد و از تغییر قواعد فازی اجتناب گردید. در پایان عملکرد سیستم PV از طریق کنترلر پیشنهادی تحلیل و با روش معمول P&O مقایسه گردید. نتایج نشان داد که کنترلر پیشنهادی ما دارای عملکرد بهتری نسبت به روش های P&O و کنترلر فازی کلاسیک می باشد.



## مراجع

- [1] سرافرازی ، م(1384) تنظیم خودکار کنترل کننده های فازی با استفاده الگوریتم ژنتیک، اولین کنفرانس سیستم های فازی و هوش مصنوعی، دانشگاه فردوسی مشهد
- [2] A. Messai, A. Mellit, January (2011). *Maximum power point tracking using a GA optimized fuzzy logic controller and its FPGA implementation*, solar energy ScienceDirect,85(2011)265-277, 5 January 2011
- [3] A.A.S. Mohamed, Alberto Berzoy and Osama Mohammed, (2014). *Optimized-Fuzzy MPPT Controller Using GA for Stand-alone Photovoltaic Pumping System*, IEEE, PP 2213-18, 2014
- [4] Ahmad El Khateb, JULY/AUGUST (2014). *Fuzzy-Logic-Controller-Based SEPIC Converter for Maximum Power Point Tracking*, IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS, VOL. 50, NO. 4, JULY/AUGUST 2014
- [5] Ahmed Al Nabulsi and rached Dhaouadi, 3AUGUST (2012). *Efficiency Optimization of a DSP-Based Standalone PV system Using fuzzy logic and Dual-MPPT control*, IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL INFORMATICS, , VOL. 8, NO. 3AUGUST (2012).
- [6] Ali H.Ahmad, Nashwan saleh sultan, (2014). *Design and Implementation of Controlled Zeta Converter Power Supply*, American Journal of Electrical and Electronic Engineering, vol.2, NO.3, 121-128, 2014
- [7] Chetan Singh Solanki. (2012). *Solar Photovoltaic Fundamentals, technologies and Applications*, Department of Energy Science and Engineering Indian Institute of Technology Bombay, New Delhi,
- [8] Geoffrey R. Walker, JULY (2004). *Cascaded DC-DC Converter Connection of Photovoltaic Modules*, IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS, VOL. 19, NO. 4, JULY 2004
- [9] Moacyr Aureliano. (MARCH 2013). *Evaluation of the Main MPPT Techniques for Photovoltaic Applications*, IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, VOL.60, NO. 3.
- [10] Mohamed A. Eltawil, (2013). *MPPT techniques for photovoltaic applications*, Renewable and Sustainable Energy Reviews25 793–813R.
- [11] N.Karthick, I.Manoj, JANUARY (2015). *Performance Characteristics of Various DC-DC Converters for Efficient Solar Energy*, National Conference on recent Trends and Developments in Sustainable Green Technologies, PP. 266-269, JANUARY 2015
- [12] Pitalua Diaz N., Lagunas Jimenez R., October (2013). *Tuning Fuzzy Control Rules via Genetic Algorithms: An Experimental Evaluation*, Research Journal of Recent Sciences, Vol. 2(10),81-87, October 2013
- [13] Tejpal Singh Cheema, May (2014). *Fuzzy Logic Based MPPT Algorithm for Solar PV Systems*, International Journal of innovative research& Development, vol3, PP 367-370, May 2014