

ردیابی توان ماکزیمم سلول های خورشیدی به روش الگوریتم فازی

علی حاجتی شیمنی^۱، محمدعلی عباسیان^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد برق دانشگاه آزاد واحد اسلامی خوراسگان (اصفهان)، alishimani77@yahoo.com

^۲ استادیار دانشگاه آزاد واحد اسلامی خوراسگان (اصفهان)، m_a_abbasian@yahoo.com

چکیده:

دریافت حداکثر توان از سیستم های فتوولتائیک امری مهم و اساسی در افزایش راندمان این سیستم ها است به این دلیل تغییر مشخصه خروجی سلولهای خورشیدی تحت عوامل متعددی همچون تغییرات تابش، دما و میزان بار متصل به سلول خورشیدی، این سیستم ها بحدت در نقطه ماکزیمم کار میکنند بنابراین ردیابی ماکزیمم توان (MPPT) در افزایش راندمان این سیستم ها نقش مهمی را ایفا می کند روشهای مختلفی به منظور دنبال کردن نقطه بیشینه توان ارائه شده است هر کدام از این روشها از نظر دقت، سرعت ردیابی و هزینه دارای مزایا و معایبی میباشد، در این مقاله ردیابی ماکزیمم توان از روش الگوریتم فازی مورد مطالعه قرار گرفته و در پایان شبیه سازی نیز ارائه شده است و در روش الگوریتمهای Fuzzy و P&O مقایسه گردید مشخص گردید میزان سرعت و بازدهی الگوریتم Fuzzy بهتر و بهبود یافته تر از P&O میباشد.

واژه های کلیدی: الگوریتم فازی، ردیابی نقطه حداکثر توان و سلولهای خورشیدی

میتوان به سوخت رایگان و بدون آلایندهی آن اشاره نمود و از معایب آن می توان به هزینه اولیه بالا و بازده پایین سیستم اشاره نمود. هر سال سلولهای تولیدی نسبت سال های گذشته بازده بالاتر و قیمت پایین تر پیدایمی کنند، ولی باز هم بازده پایین و قیمت نسبتاً بالا هر سلول وجود دارد. ضعف علمی و تکنیکی در تبدیل به علت کمبود دانش و تجربه میدانی، متغیر و متناوب بودن مقدار انرژی به دلیل تغییرات جوی و فصول سال و جهت تابش موجب شده است که نتوانیم استفاده مناسب از این موهبت خدایی به شکل مناسب استفاده کنیم. از این رو باید آنچه در اختیار داریم حداکثر بهره را ببریم برای این منظور باید سیستم مکانیکی داشت که صفحات خورشیدی را در هر زمان در سمت نور مستقیم

مقدمه: امروزه با گسترش صنعت و افزایش جمعیت نیاز به انرژی روز به روز افزایش می یابد. با توجه به اینکه انرژی های حاصل از سوخت فسیلی روبه پایان است، از این رو جهان نظر خود را به سمت انرژی های تجدید پذیر برده است. از انرژی های تجدید پذیر میتوان به انرژی حاصل از نور خورشید اشاره نمود. انرژی حاصل از نور خورشید به دو صورت استفاده میشود. حالت اول استفاده از انرژی خورشید برای مصارف خانگی، صنعتی و نیروگاهی و حالت دوم تبدیل مستقیم نور حاصل از پرتوهای خورشید به الکتریسته به واسطه سلول خورشیدی PV است. از مزیت های سلول های خورشیدی

خورشید قرار دهنده این سیستم ردیاب خورشید گفته میشود. همچنین باید سیستم الکترونیکی داشت تا خروجی صفحات خورشیدی را در نقطه کاری مناسب که حداکثر توان انتقالی را داشته باشد قرار دهد. برای قراردادن صفحات خورشیدی در نقطه حداکثر توان مشکلاتی وجود دارد و آن غیر خطی بودن مشخصه خروجی سلول خورشیدی و همچنین تغییر پذیر بودن این مشخصه نسبت به تابش نور و حتی دمای سلول می باشد. از این رو باید سیستمی برای کنترل سلولهای خورشیدی در نظر گرفته که علاوه بر قراردادن سلول خورشیدی در بهترین نقطه کار، در صورت تغییر این نقطه به واسطه شرایط آب و هوایی بتواند ردیابی مستمر نقطه حداکثر توان انتقالی سیستم را به سرعت یافته و سلول خورشیدی را در نقطه بهینه قرار دهد. این نوع یافتن مستمر را "ردیابی حداکثر توان انتقالی" MPPT می نامند.

روشهای ردیابی حداکثر توان انتقالی MPPT

تاکنون تکنیکهای مختلفی برای ردیابی حداکثر توان انتقالی انرژی خورشید ارائه و اجرا گردیده است اصول کلی روشها را میتوان به چهار دسته تقسیم نمود.

دسته اول روشهای هستند که به یک الگوریتم پایه ای را دنبال میکنند از این نوع روش ها میتوان به روش آشفته و رعایت (P&O) همچنین صعود تپه و رسانایی افزایشی (INC) نام برد.

دسته دوم روشهای مبتنی بر مدل سازی سلول خورشیدی هستند در این روش ها با مدل کردن سلول خورشیدی و برقراری روابط موجود در مدل ارائه شده ویژگی های سلول خورشیدی قابل پیش بینی خواهد بود و سیستم را مبنی بر مدل طراحی و اجرای کنند. مشکل اصلی این نوع روشها نداشتن انعطاف با تغییر سلول خورشیدی با سلول دیگر است بطوریکه هر پیاده سازی مختص به همان سلول خورشیدی است که از پیش برای آن طراحی شده است علاوه بر مشکل بیان شده یافتن مدل و پارامترهای سلول خورشیدی قبل از طراحی خود مشکل دیگری است.

دسته سوم روشهای مبتنی بر رابطه موجود بین نقطه کار و پارامترهای سلول خورشیدی است روشهای مانند جریان اتصال کوتاه، مدار باز از این دسته اند.

دسته چهارم روشهای کنترل هوشمند است. در این نوع روشها، کنترل منطق فازی یا منطق فازی و شبکه های عصبی به کار رفته است

روش الگوریتم پسخور و لثا²: این روش آسانترین سیستم MPPT بیان کرده که در این سیستم ولتاژ پایانه های آرایه PV در نقطه ای که بیشترین توان را دارد باشد تنظیم میشود این روش برای سیستم های خورشیدی که شرایط تابشی و دمایی ثابتی دارند مناسبتر است.

روش پسخور توان⁴: از مشتق dp/dv به عنوان مرجع سیستم کنترل استفاده میشود. در این سیستم کنترل ولتاژ خروجی کنترل شده به گونه ای تنظیم میشود که مشتق معرفی شده به صفر نزدیک میشود، بیشترین توان در این زمان حاصل میشود. این در حالی است که این سیستم با محاسبات پیچیده همراه است که دستیابی به MPPT را با سختی همراه می سازد. روش آشوب و مشاهده⁵: این روش به صورت گسترده در ردیاب های توان سلولهای PV استفاده میشود که دلیل آن سادگی سیستم کنترل و تعداد کم پارامترهای اندازه گیری می باشد و وجود این که ردیابی نقطه حداکثر توان بوسیله روش آشوب و مشاهده حاصل می شود. اما همچنین این نقاط حالت بهینه ندارد و آرایه PV دارای تلفات است، همچنین در این روش لازم است شرایط جوی ثابت یا با تغییرات آهسته همراه باشد. برای چیره شدن بر تلفات روش آشوب و مشاهده از روش دیگری بنام روش هدایت افزایشی استفاده میشود.

روش رسانایی افزایشی بهبود یافته⁶: در روش رسانایی افزایشی بهبود یافته ولتاژ یا جریان خروجی آرایه PV به گونه ای تنظیم میشود که نسبت جریان به ولتاژ خروجی PV برابر هدایت افزایشی dI/dv شود. با مشاهده هر گونه انحراف، نسبت جریان به ولتاژ به گونه ای تغییر میکند که این نسبت برابر dI/dv شود. زیرا در این نقطه حداکثر توان حاصل میشود.

2- voltage Feedback Method

3- Power Feedback Method

4- Perturb Obsere Method

5- Incremental conductance Method

1- Maximum Power Point Tracking

میشود. از آنجایی که گرفتن سیگنال پسخوراژ شدت تابش و دمایی آرایه کار ساده ای نیست، بنابراین باید از روش های استفاده شود که بدون گرفتن پسخوراژ دما و تابش، کنترلر بتواند همواره ورودی مناسب جهت ردیابی نقطه بیشینه توان را رابرای مبدل فراهم کند.

این بخش می تواند شامل سنسورها، تولید کننده موج PWM و سیستم پیاده کننده ردیابی نقطه حداکثر توان باشد. این بخش با دارا بودن سیستم کنترلی MPTT بسته به روش موجود با اندازه گیری پارامترهای مورد نیاز نقطه کار مناسب که همان نقطه حداکثر توان خروجی سلول خورشیدی است یافت میکند. سپس با توجه به این شرایط با اعمال فرمان مناسب راتغییر سیکل کاری به مبدل موج PWM، این مبدل ولتاژ خروجی سلول خورشیدی را به نقطه کار مناسب سوق می دهد.

مدل سلول خورشیدی

برای مدل سازی یک سلول خورشیدی ابتدا باید مدل یک سلول ارائه نمود هر سلول خورشیدی را با یک مدار معادل الکتریکی مدل نمود مدل های مختلف برای سلول های خورشیدی بیان شده است در شکل (۲) یک نمونه از این مدل ها ارائه شده است.

در مدار این سلول خورشیدی دو مقاومت وجود دارد که یکی در مدار بصورت سری قرار گرفته است و دیگری بصورت موازی در مدار قرار گرفته است. مقاومت سری در مسیر جریان میباشد و با توجه به مدار معادل در واقع این مقاومت جمع کننده جریان میباشد و مقاومت موازی نیز در راستای نشت جریان و کاهش اتلاف جریان در مدار معادل ذکر شده قرار گرفته است.

مدل سازی سلول خورشیدی:

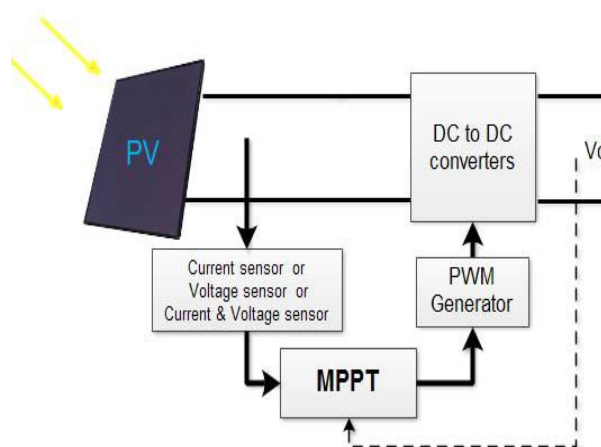
در مدل های سلول خورشیدی یکی از مدل های که اغلب استفاده میشود. مدل تک دیود است که به سبب دقت مناسب بیشتر مورد استفاده قرار میگیرد. برای این مدل جریان خروجی سلول خورشیدی از رابطه (۱) بدست می آید.

$$I = I_{pv} - I_o \left\{ \exp \left(\frac{V + R_s I}{V_t a} \right) - 1 \right\} - \frac{V + R_s I}{R_p}$$

همانطور که میدانیم منحنی جریان-ولتاژ آرایه هاویه تبع آن نقطه بیشینه توان به شدت تابش و دمای آرایه PV وابستگی زیادی دارد. بنابراین وظیفه کنترلر ردیابی نقطه ماکزیمم توان انتقال نقطه کار آرایه به سمت زانوی منحنی I-V یا همان نقطه ماکزیمم منحنی توان بر حسب ولتاژ است. در سیستم های فتوولتائیک خروجی کنترل کننده به یک مبدل الکترونیکی (بوست) جهت تنظیم سطح ولتاژ اعمال

ساختار سیستم تولید توان خورشیدی

ساختار سیستم های تولید توان خورشیدی را به شیوه های مختلفی رامیتوان پیاده سازی نمود. بطور کلی، این ساختارها مطابق شکل (۱) قابل نمایش است. این ساختار به سه بخش پانل خورشیدی، مبدل DC به DC و کنترلر ردیاب حداکثر توان قابل تقسیم است.

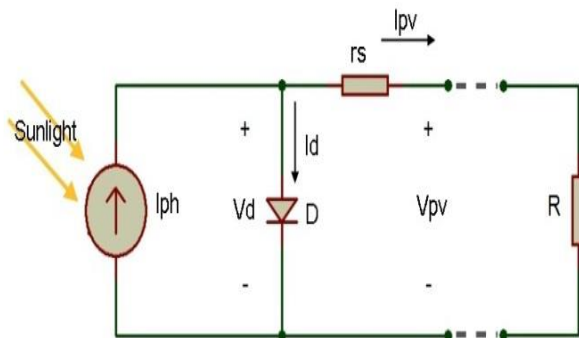


شکل (۱) نمونه ساختار سیستم تولید توان خورشیدی

مبدل DC به DC

انواع مختلفی از مبدل های DC به DC وجود دارد، اما به علت پایین بودن خروجی سلول خورشیدی بطور معمول از مبدل افزایش ولتاژ Boost در ساختار سیستم تولید توان خورشیدی استفاده می گردد. علت استفاده از مبدل افزایش ولتاژ علاوه بر افزایش ولتاژ خروجی سیستم، متغیر بودن مقاومت ورودی مبدل باتغییر سیکل کاری سیگنال PWM اعمالی است. این ویژگی مبدل این قابلیت رامیدهد که باتغییر سیکل کاری بتوان ولتاژ نقطه کار سلول خورشیدی راتغییر داد.

کنترل ورودیاب نقطه حداکثر توان



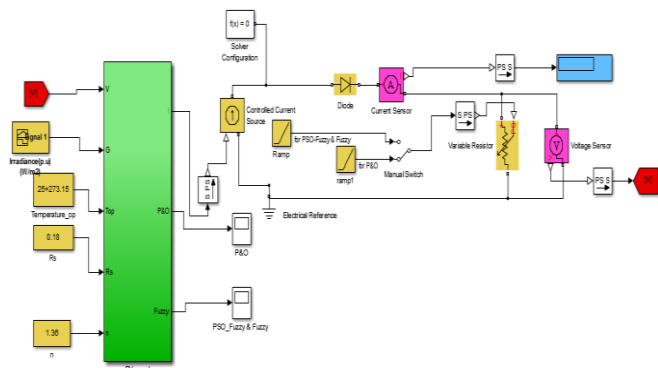
شکل (2) یک نمونه از سلول خورشیدی

باتوجه به روابط (۱) تا (۵) می توان یک سلول خورشیدی را شبیه سازی کرد در این شبیه سازی از سلول خورشیدی BP3115 که پارامترهای الکتریکی آن در جدول (۱) آمده استفاده شده است. بلوک دیاگرام سیستم شبیه سازی شده بشکل (۳) میباشد.

مقدار	پارامتر	مشخصات
۱۶۰	Pmax	حداکثر توان خروجی
۳۶	Vmp	ولتاژ در حداکثر توان
۴,۵	Imp	جریان در حداکثر توان
۳,۸	Isc	جریان اتصال کوتاه
۲۱,۱	Voc	ولتاژ مدار باز
-0.365	Kv	ضریب دمایی ولتاژ مدار باز
0.024	KI	ضریب دمایی جریان اتصال کوتاه

جدول (۱) مشخصات سلول خورشیدی از نوع BP3115

شکل (۳) - بلوک دیاگرام سیستم مورد مطالعه و شبیه سازی شده



(۱)

V و I به ترتیب مقادیر جریان و ولتاژ خروجی سلول خورشیدی میباشد I_{po} و I_{po} به ترتیب جریان خورشیدی و جریان اشباع هستند A فاکتور ایده آل دیود است. V_t ولتاژ گرمایی سلول است که از رابطه (۲) بدست می آید.

$$V_t = \frac{N_s \cdot K \cdot T}{q} \quad (۲)$$

N_s تعداد سلولهای با اتصال سری است R_p و R_s به ترتیب مقاومت معادل سری و موازی سلول می باشند T دمای محیط بر حسب کلون و q بار الکترون است. I_{pv} به صورت رابطه (۳) بدست می آید.

$$I_{pv} = \{I_{pv,n} + K_i(T - T_n) \frac{G}{G_n}\} \quad (۳)$$

$I_{pv,n}$ مقدار جریان خورشیدی در شرایط استاندارد T_n مقدار دمای نامی (۲۵ درجه سانتی گراد) K_i ضریب دمای جریان اتصال کوتاه G_n مقدار تابش نامی (۱۰۰۰ وات بر متر مربع) G تابش محیط است I_o بصورت رابطه (۴) است.

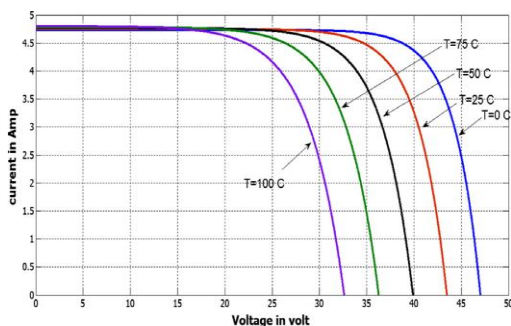
$$I_o = I_{o,n} \left(\frac{T_n}{T} \right)^3 \exp \left[\frac{q \cdot E_g}{ak} \left(\frac{1}{T_n} - \frac{1}{T} \right) \right] \quad (۴)$$

که در آن E_g پهنای باند نیمه هادی است و برابر با ۱,۱۲ الکترون ولت در نظر گرفته میشود. I_{on} جریان اشباع در شرایط نامی

است و از رابطه (۵) بدست می آید.

$$I_{on} = \frac{I_{sc,n}}{\exp(V_{oc,n}/V_t, n) - 1} \quad (۵)$$

به ترتیب $I_{sc,n}$ و $V_{oc,n}$ مقادیر ولتاژ مدار باز و جریان اتصال کوتاه در شرایط نامی هستند در رابطه (۱) تا (۵) که در بالا آمده است. مقادیر نامی از طریق برگ مشخصات سلول خورشیدی بدست می آیند. تنها مقادیری که نیاز به محاسبه دارند دو مقدار R_{sh} و R_s میباشد که در مقالات مختلف روشهای مختلفی برای آنها ارائه شده است بنابراین یک مدل سلول خورشیدی رامی توان بصورت یک منبع تولید توان DC که تنها دودرودی تابش و دما را مدل کرد.



شکل (۶) منحنی جریان - ولتاژ سلول خورشیدی به ازای دمای ۰ درجه سانتی تا ۱۰۰ درجه سانتی گراد

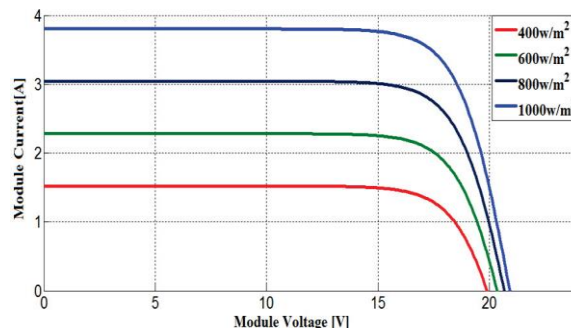
شکل (۶) منحنی توان - ولتاژ سلول فوق به ازای دمای ۰ درجه سانتی گراد تا ۱۰۰ درجه سانتی گراد نشان داده شده است.

بررسی روش FLC^1 مبتنی بر MPPT:

سیستمهای فتوولتائیک دارای هزینه نسبتاً بالایی هستند. تقریباً ۵۷ درصد هزینه صرف مدلهای این سیستمها میشوند ۳۰ درصد صرف تهیه باتری این مدلهای میشود و نیز ۷ درصد صرف کنترل گرههای MPPT این مدلهای میشود و ۶ درصد صرف نصب مدلهای سلولهای خورشیدی میگردد. بنابراین ارائه یک کنترل گر MPPT با کارایی بالا میتواند به کاهش هزینه های کلی سیستم کمک کند. الگوریتم فازی میتواند بعنوان یک کنترل گر برای بدست آوردن حداکثر توان استفاده کرد تا بتوانیم سیستم فتوولتائیک را تحت شرایط آب و هوایی مختلف استفاده بهینه بنماییم، استفاده از کنترل گرههای منطق فازی طی دهه اخیر افزایش چشمگیری یافته است بدلیل از قبیل ساده بودن آنها، برخورد با ورودی های غیر دقیق، عدم نیاز به مدل ریاضی دقیق و برخورد با غیر خطی بودن با توجه به ماهیت غیر خطی مدلهای سلولهای خورشیدی و شرایط محیطی که عمل ردیابی را بسیار مشکل میسازد. پس بنابراین FLC یک ابزار جالب توجه برای دستیابی به حداکثر توان و حذف پیچیدگی در محاسبات است و نیازی به مدل ریاضی ندارد.

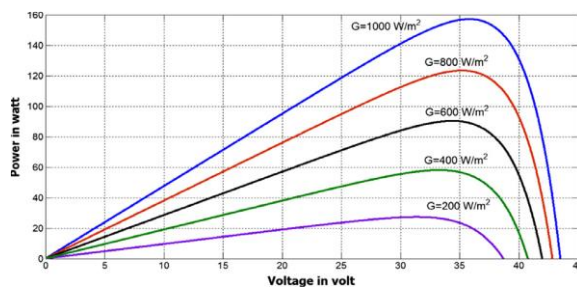
فرآیند FLC را میتوان به سه مرحله فازی سازی، ارزیابی قاعده و بی فازی سازی تقسیم کرد. این مولفه ها ساختار آن مرحله فازی سازی شامل در نظر گرفتن یک ورودی موج

شرایط استاندارد برای عملکرد یک سیستم خورشیدی در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد و سطح تابش 1000 W/m^2 فراهم میشود. شکل (۴) منحنی جریان - ولتاژ سلول فوق و شکل (۵) منحنی توان - ولتاژ این سلول در شرایط استاندارد نشان داده شده است.



شکل (۴) منحنی جریان - ولتاژ سلول مورد نظر با زای سطوح

تابش مختلف



شکل (۵) منحنی توان - ولتاژ نمونه سلول خورشیدی با زای سطح

تابش مختلف

سطح تابش مشخصه این سلول خورشیدی با تابش تغییر میکند یعنی وقتی سطح تابش کم شود توان خروجی نیز کم میشود و با افزایش سطح تابش سلول خورشیدی توان افزایش می یابد در نتیجه توان تولیدی سلول خورشیدی با سطح تابش رابطه مستقیم دارد.

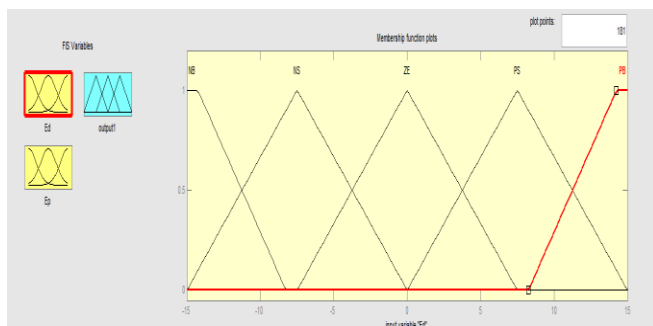
(ΔV) و تغییرات در توان خروجی مدل سلول خورشیدی شبیه سازی شده (ΔP) است خروجی پیشنهادی (ΔU) است که با سیگنال مدولاسیون مرتبط می باشد و برای تعدیل کننده PWM که جهت تولید پالسهای سوئیچینگ بکار میرود.

اگر متغیرهای ورودی مطابق زیر تعریف نماییم:

$$\Delta V = V(K) - V(K-1)$$

$$\Delta P = P(K) - P(K-1) \quad (6)$$

هنگام فرآیند سازی، متغیرهای ورودی عددی که به متغیرهای زبانشناسی تبدیل شده اند به توابع عضویت وابسته اند شکل های (۷)، (۸) و (۹) به ترتیب عضویت ΔP ، ΔU و ΔV را نشان می دهند پنج سطح فازی برای تمام متغیرهای ورودی و خروجی استفاده شده است NB (بزرگ منفی)، NS (کوچک منفی)، ZE (صفر) PS (کوچک مثبت) و PB (بزرگ مثبت).



شکل (۷) متغیرهای ورودیهای ΔV

دارم مثل تغییر در خواندن ولتاژ و ترکیب آن با تابع عضویت ذخیره شده برای تولید ورودی فازی می باشد. برای تبدیل ورودی مواج به ورودی فازی در ابتدا باید توابع عضویت برای هر ورودی تعیین شوند. تعداد توابع عضویت بکار گرفته به دقت کنترل گریستگی دارد اما معمولاً بین ۵ و ۷ متفاوت است در این مقاله به تعداد ۵ در نظر گرفته شده است. مرحله دوم پردازش منطق فازی، ارزیابی قاعده است که در پردازنده های فازی از قواعد زبانشناسی برای مجموعه مشخصی از مقدار ورودی استفاده می کند. نتیجه ارزیابی قاعده یک خروجی فازی برای هر نوع عمل متوالی است.

مرحله بعدی در پردازش منطق فازی غیر فازی سازی است که در آن مقدار مورد انتظار یک متغیر خروجی از طریق جدا کردن موج در موضوع بحث مجموعه های فازی خروجی بدست می آید. در این فرآیند تمام مقدار خروجی های فازی، توابع عضویت خروجی مربوطه خود را تغییر می دهند. یکی از متداولترین روشهای غیر فازی سازی مرکز ثقل یا روش گرانیگاه نامیده می شود.

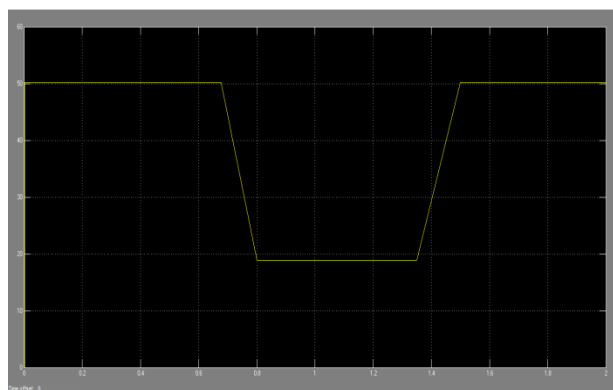
منطق فازی که در طراحی کنترل گره های مختلف MPPT بکار گرفته است می تواند تابع مجموعه ای از قواعد زبانشناسی برای بدست آوردن چرخه مورد نیاز استفاده شود و متغیرهای ورودی FLC می تواند متفاوت باشند مثلاً در یک الگوریتم ورودیهای الگوریتم مذکور خطا (E) باشد تغییر در خطا (ΔE) می باشد خطا (E) به عنوان تغییر در توان سیستم فتوولتائیک (PV) برای تغییر ولتاژ سیستم فتوولتائیک ($\frac{\Delta P}{\Delta V}$) محاسبه می شود. تغییر در چرخه کار، خروجی FLC می باشد. در موارد دیگر تغییر در جریان به جای تغییر در ولتاژ PV برای محاسبه خطا استفاده شده است. در روشهای نیز از ورودی های دیگر برای FLC استفاده می کنند مثلاً تغییر در ولتاژ (ΔV) و تغییر در توان (ΔP) در حالیکه خروجی از FLC تغییر در نسبت وظیفه مبدل توان (ΔD) یا تغییر در ولتاژ مبداء (ΔV) می باشد.

روش پیشنهادی MPPT مبتنی بر منطق فازی:

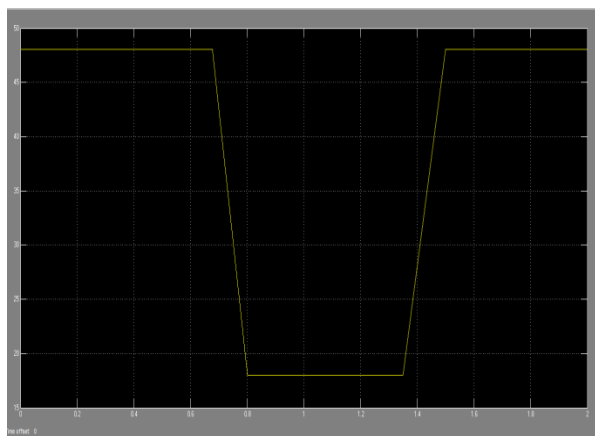
در این مقاله یک روش جدید مبتنی بر الگوریتم فازی برای ردگیری ماکزیمم توان سلول خورشیدی تحت شرایط آب و هوایی متغیر نشان داده شده است ورودیهای پیشنهادی الگوریتم فازی عبارتند از تغییرات ولتاژ سلول

$\frac{\Delta P}{\Delta V}$	NB	NS	ZE	PS	PB
NB	PB	PS	NB	NS	NS
NS	PS	PS	NB	NS	NS
ZE	NS	NS	NS	PB	PB
PS	NS	PB	PS	NB	PB
PB	NB	NB	PB	PS	PB

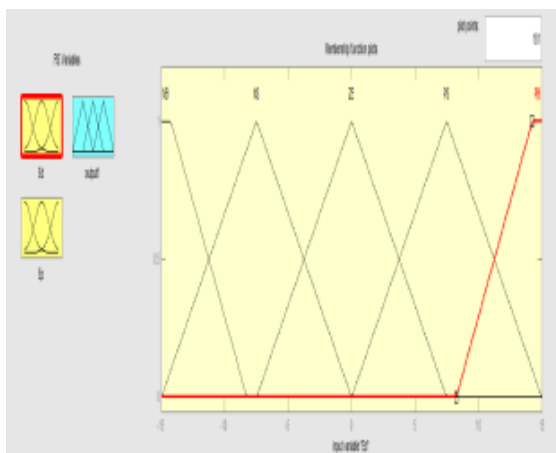
جدول (۲) مربوط به قوانین فازی سازی سیستم شبیه سازی موردنظر



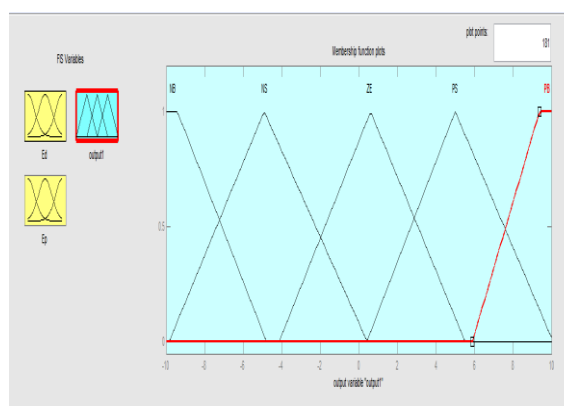
شکل (۱۰) خروجی مربوط به الگوریتم P&Q



شکل (۱۱) خروجی مربوط به الگوریتم فازی



شکل (۸) متغیرهای ورودیهای (Δp)



شکل (۹) متغیرهای خروجی به ازای ورودیهای سیستم (ΔU)

طرح تئوری یک قواعدبراساس این حقیقت است که تغییرولتاژباعث افزایش توان میشود،حرکت تغییربعدی درهمان جهت حفظ میشود،درغیراینصورت تغییربعدی برعکس است پس ازطرح تئوریک،تمام قواعدتوسط آزمایش وخطاتنظیم میشوند تا کارائی مطلوب حاصل شود. سیستم قواعدپیشنهادی درجدول (۲) نشان داده شده اندقواعدفازی برای ردگیری توان درنقطه حداکثرهای p_v تحت شرایط آب وهوایی پیاده شده اندهنگام پیاده سازی این قواعد،تابش خورشیدکه به سرعت متغیراست درنظرگرفته شده است.

نتیجه‌گیری:

در این مقاله مطابق مدار معادل یک سلول خورشیدی از نوع بامشخصات قید شده در جدول (۱) شبیه سازی گردید و مطابق قوانین فازی با دادن ورودیهای مشخصه سلول خورشیدی (دو ورودی ΔV و ΔP) از طریق نرم افزار متلب و الگوریتم فازی خروجی (ΔU) مورد نظر مشخص گردید کارایی این سیستم در سطوح تابش متفاوت و در زمانهای مختلف تست گردید و از آنجا که در بلوک دیاگرام شبیه سازی شده الگوریتمهای Fuzzy و P&O تعبیه گردیده بود مشخص گردید میزان سرعت و بازدهی الگوریتم Fuzzy بهتر و بهبود یافته تر از P&O میباشد.

مراجع:

[۱] A. Noman M. Mashaly February 2013; Accepted 27 February 2013 Hindawi Publishing Corporation International Journal of Photoenergy Volume 2013, Article ID 549273, 11 pages

[۲] mei 'q. shan 'm'liu' 'guerrero'j.m' "a novel Improved variable step_ size incremental resistance (inr) mppt method for pv systems , " iee trans ind. electron , vol. 58 , no. 6 , june. 2011 , pp. 2427_2434.

[۳] Mahmoud, Y., Xiao, W., Zeineldin, H. H., "A Simple Approach to Modeling and Simulation of Photovoltaic Modules", IEEE trans. sustainable energy, vol. 3. no. 1 , january 2012 , pp. 185 _ 186

[۴] hiyama, t, kitabyashi, k, "neural network based estimation of maximum power generation, " iee trans on energy conversion, vol. 12, sept 1997, pp 241_247

[۱] حسن ایجاد، امین حاجی زاده، "رديابی حداکثر توان در سیستم تولید توان خورشیدی برپایه تقریبگر فازی تابع ولتاژ نقطه کار باشدت تابش"، مجله سیستم های هوشمند در مهندسی برق سال سوم، شماره دوم، تابستان ۹۱

[۲] امین زیدآبادی و همکاران "مقایسه روش کنترل متعارف و کنترل مستقیم در ردیابی نقطه بیشینه توان در نیروگاههای خورشیدی مستقل از شبکه" دومین همایش ملی انرژی های نو و پاک ۱۴ آذر ۹۲ همدان.

