

ردیابی نقطه بیشینه توان (MPPT) در سیستمهای فتوولتائیک، با استفاده از کنترلر پیش بین (MPC)

مسلم قاسمی دانشگاه شهید باهنر کرمان کرمان - ایران	سعید رضا صید نژاد دانشگاه شهید باهنر کرمان کرمان - ایران	ملیحه مغفوری فرسنگی دانشگاه شهید باهنر کرمان کرمان - ایران	جابر غضنفری دانشگاه شهید باهنر کرمان کرمان - ایران
---	--	--	--

واژه‌های کلیدی: سیستمهای فتوولتائیک، ردیابی نقطه بیشینه توان (MPPT)، کنترل پیش بین (MPC)، Solar cell.

چکیده

با توجه به هزینه بالای سیستمهای فتوولتائیک، بهره‌گیری از حداکثر راندمان این منابع قدرت یک ضرورت اساسی و غیر قابل انکار بشمار می‌آید. سلولهای خورشیدی به ندرت در نقطه ماکزیمم توان کار می‌کنند، زیرا توان خروجی سلول به شدت تحت تاثیر دو عامل تابش و دمای محیط تغییر می‌کند. بنابراین در افزایش راندمان این سیستمها، ردیابی نقطه حداکثر توان (MPPT)^۱، نقش مهم و کلیدی را ایفا می‌کند.

روشهای ردیابی نقطه ماکزیمم توان معرفی شده تا به اکنون از نقطه نظر دقت و سرعت ردیابی تحت الشعاع بوده‌اند، و در عمل نتوانسته‌اند هر دو عامل ذکر شده را بهبود بخشند. از آنجمله می‌توان به روشهای کسری از جریان اتصال کوتاه و ولتاژ مدار باز، بالا رونده قله، آشفتن و مشاهده، رسانایی افزایشی، روش سلول پایلوت، منطبق فازی، شبکه‌های عصبی و... اشاره کرد. در این میان روش رسانایی افزایشی (INC)^۲ از سرعت و دقت نسبتاً خوبی برخوردار بوده، اما به خوبی

نمی‌تواند بین دو عامل ذکر شده مصالحه ایجاد کند.

در این مقاله علاوه بر بهبود بخشیدن الگوریتم رسانایی افزایشی، جهت ردیابی و استخراج جریان نظیر نقطه توان ماکزیمم به معرفی یک روش جدید مبتنی بر کنترل پیش بین (MPC)^۳، پرداخته. لازم به ذکر است که روش ارائه شده به صورت Real-Time بوده، و نتایج حاصل از شبیه‌سازی، دقت و سرعت این روش را تصدیق خواهد کرد.

۱ - مقدمه:

علاوه بر هزینه بالا، غیر خطی بودن مشخصه خروجی آرایه‌های فتوولتائیک، وابستگی آنها به شدت تابش و دمای محیط باعث شده‌اند که استفاده از این سیستمها بدون به کارگیری روشهای کنترلی مناسب و مبدلهای الکترونیک قدرت مقرون به صرفه نباشند.

جهت استفاده از حداکثر توان آرایه‌های خورشیدی، سیستم بایستی در نقطه ماکزیمم توان به تعادل برسد. با استناد

^۳ Model Predictive Control

^۱ Maximum Power Point Tracking
^۲ Incremental Conductance

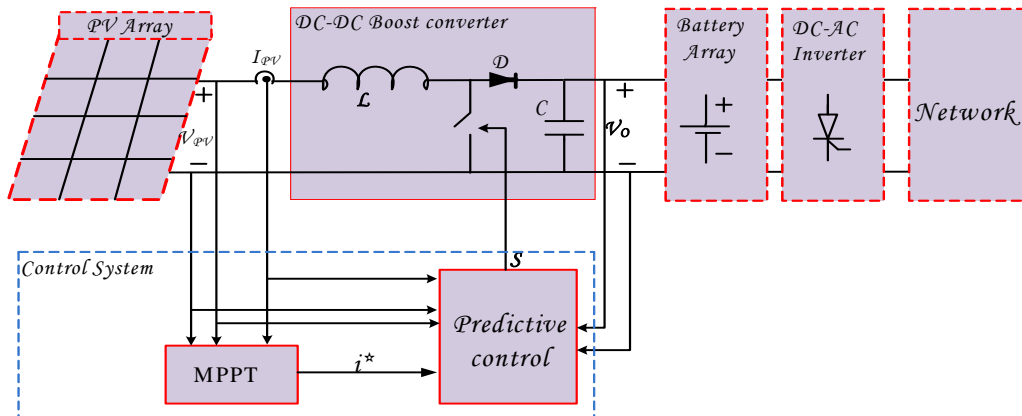
بیست و ششمین کنفرانس بین‌المللی برق

بخشیدن به کارکرد این سیستمها طراحان از کنورترهای DC-DC استفاده می کنند. این وسیله به طور پیوسته می تواند ورودی بار را با ماکزیمم توان تولیدی پانل تطبیق دهد، با تطبیق دادن بار و پانل های خورشیدی بوسیله کنترلرهای دنبال کننده توان ماکزیمم (MPPT)، می توان کارایی سیستم را تحت تاثیر قرار داده و سبب افزایش راندمان سیستم شد.

سیستمهای فتوولتائیک معمولاً با یک مبدل DC-DC، [1] باتری و اینورتر به شبکه برق متصل می شوند. شکل (۱) در ولتاژ آرایه خورشیدی برنامه ریزی شده است.

به این مطلب که منحنی مشخصه سلول فتوولتائیک به میزان تشعشع دریافتی از خورشید و دمای سلول بستگی دارد، نقطه ماکزیمم توان آرایه نیز دستخوش تغییرات خواهد بود و همچنین نقطه کارکرد بیشتر بارها در تمامی سطوح تشعشع و دما از نقطه ماکزیمم توان آرایه در هنگام کار دور می باشد، لذا همین امر مانع استفاده از حداکثر توان خروجی آرایه می شود.

پیرو این موضوع رسیدن به یک تطابق بهینه توان در تمامی تشعشع ها و دماها کار دشواری است مگر اینکه در طراحی از یک دستگاه تطابق دهنده بهینه توان استفاده شود. برای بهبود



شکل (۱): اجزای سیستم فتوولتائیک و نحوه اتصال آن به شبکه توزیع

در دو روش P&O و HIC نوسانهای حالت پایا به دلیل آشفتن های متناوب همواره وجود دارد.

- رسانایی افزایشی (INC)؛ [4,5] مبنای کارکرد این روش تغییرات صفر توان آرایه برحسب ولتاژ در نقطه ماکزیمم توان است. در این روش دقت و سرعت ردیابی نقطه ماکزیمم توان تحت تغییرات سریع محیطی نسبتاً بهتر شده است. هر چند این روش از پیچیدگی اجراء بیشتری نسبت به روش P&O برخوردار است ولی با پروسسورهای دیجیتالی پیشرفته به راحتی قابل پیاده سازی است.

• شبکه های عصبی؛ [6,7]

• منطق فازی؛ [7,8]

روشهای متعددی برای ردگیری نقطه توان ماکزیمم پیشنهاد شده اند، از آن جمله می توان به روشهای زیر اشاره کرد.

- کسری از جریان اتصال کوتاه و ولتاژ مدار باز؛ این روش به دلیل اندازه گیری جریان اتصال کوتاه و ولتاژ مدار باز نیاز به جدا نمودن آرایه از سیستم دارد لذا مقداری از توان به هدر می رود (سکومن و همکاران، ۱۹۸۲)
- بالا رونده قله (HIC)^۱؛ [2] این روش بر اساس تغییر در دوره کار کانورتر توان کار می کند.
- آشفتن و مشاهده (P&O)^۲؛ [3] این روش بر اساس تغییر

^۱ Hill Climbing

^۲ Perturbation & Observation

بیست و ششمین کنفرانس بین‌المللی برق

دیودها هستند که مقداری بین ۱ تا ۲ دارند.

همانطور که گفته شد، مشخصه I-V سلول خورشیدی تحت تاثیر دو عامل تابش و دما تغییر می کند این وابستگی به دما و تابش با روابط زیر مدل شده اند. [12]

$$I_{ph}(S) = I_{ph} \times \left(\frac{S}{S_{ref}}\right) \quad (2)$$

$$I_{ph}(T_c) = I_{ph} \{1 + T_{Ip1}(T_c - T_m)\}$$

$$R_s(T_c) = R_s \times \left(\frac{T_c}{T_m}\right)^{T_{Rs}}, R_p(T_c) = R_p \times \left(\frac{T_c}{T_m}\right)^{T_{Rp}}$$

$$I_{si}(T_c) = I_{si} \left(\frac{T_c}{T_m}\right)^{C_i} \times \exp\left\{E_G \left(\frac{T_c}{T_m} - 1\right) / n_i V_t\right\}$$

$$C_i = T_{Isi} / n_i, \quad i = 1, 2. \quad (3)$$

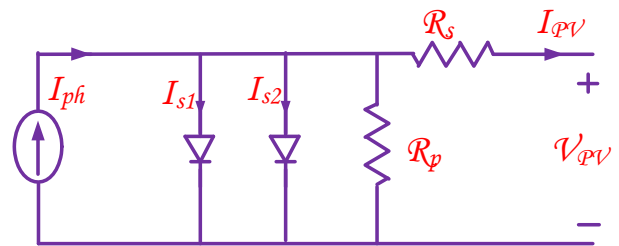
در معادلات (۲،۳)، S میزان تابش خورشید بر حسب وات بر متر مربع، T_c دمای سلول بر حسب کلوین، $T_m = 25^\circ C$ و $S_{ref} = 1000 W / m^2$ شرایط استاندارد کاری سلول خورشیدی هستند و E_G باند انرژی که بزرگتر از ۰.۱ev است. $T_{Ip1}, T_{Is1}, T_{Is2}, T_{Rs}, T_{Rp}$ ضرایب بدون بعد حرارتی مربوط به جریانها و مقاومت‌های سلول هستند که برای هر سلول این مقادیر مشخص و ثابت اند. معمولا اطلاعاتی را که تولید کنندگان آرایه های خورشیدی در اختیار مصرف کنندگان قرار می دهند عبارتند از: جریان اتصال کوتاه نامی ($I_{sc,n}$)، ولتاژ و جریان در نقطه ماکزیمم توان (I_{MPP}, V_{MPP})، ولتاژ مدار باز نامی ($V_{oc,n}$) و ماکزیمم توان خروجی تجربی (P_{max}). که این اطلاعات در شرایط استاندارد اخذ می شوند. برای افزایش جریان و ولتاژ خروجی آرایه های خورشیدی و به تبع آن دریافت توان بیشتر، سلولها را به ترتیب به صورت موازی و سری به یکدیگر متصل می کنند. در این مقاله از ترکیب ۲۵ سلول خورشیدی به صورت موازی استفاده شده است، که مشخصات آرایه ایجاد شده در جدول (۱) ارائه شده است.

روشهای عصبی و منطق فازی بر مشخصات غیر خطی آرایه خورشیدی تکیه کرده اند و جایگاه نسبتا خوبی را جهت ردیابی نقطه ماکزیمم بدست آورده اند.

در این مقاله روش ارائه شده بر مبنای کنترلر پیش بین (MPC)، [9-11] پایه ریزی شده و نتایج حاصل از شبیه سازی آن در Matlab نشان دهنده سرعت و دقت این روش است.

۲- مشخصه جریان-ولتاژ آرایه های فتوولتائیک

شکل (۲) نشان دهنده مدار معادل دو دایودی یک سلول خورشیدی است. [12] آرایه های خورشیدی از ترکیب سری و موازی این سلولها تشکیل می شوند



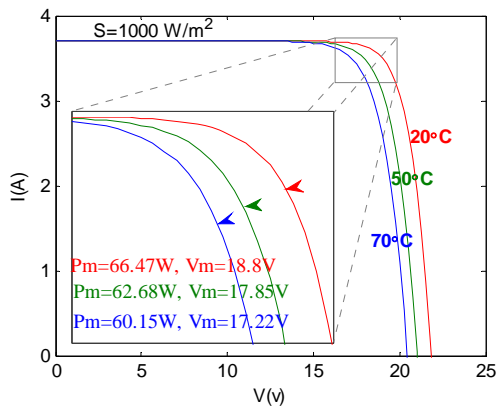
شکل (۲): مدار معادل دو دایودی یک سلول خورشیدی

در مدل ارائه شده، شکل (۲) I_{s1}, I_{s2} جریان اشباع دیودها I_{ph} جریان اتصال کوتاه و R_s, R_p مقاومت موازی و سری سلول می باشند. معادله مشخصه I-V سلول خورشیدی ارائه شده به صورت زیر قابل بیان است.

$$I = I_{ph} - I_{s1} \left\{ \exp\left(\frac{V + R_s I}{n_1 V_t}\right) - 1 \right\} - I_{s2} \left\{ \exp\left(\frac{V + R_s I}{n_2 V_t}\right) - 1 \right\} - \frac{V + R_s I}{R_p} \quad (1)$$

در این رابطه، $V_t = KT / q$ ولتاژ حرارتی که در دمای ۳۰۰ درجه کلوین برابر ۲۶mv است و در آن $k = 1.38 * 10^{-23}$ ثابت بولتزمن بر حسب ژول بر کلوین و $q = 1.6 * 10^{-16}$ بار یک الکترون بر حسب کولن می باشد. n_1, n_2 ضرایب ایده آلی

بیست و ششمین کنفرانس بین‌المللی برق



شکل (۴): مشخصه جریان-ولتاژ آرایه خورشیدی در دماهای متفاوت

از روشهای گفته شده در این مقاله روش رسانیابی افزایشی به دلیل داشتن سرعت مناسب در تغییرات سریع جوی مورد استفاده قرار گرفته است. این روش (INC) بر اساس نسبت تغییرات ولتاژ به جریان پایه ریزی شده، با توجه به این که تغییرات توان نسبت به ولتاژ در نقطه ماکزیمم توان صفر است ($dp/dv = 0$) بنابراین این می توان نوشت:

$$dp/dv = d(iv)/dv = i + v \cdot di/dv = 0 \quad (3)$$

زمانی که رابطه $v/i = -dv/di$ برقرار گردد، نسبت تغییرات توان بر حسب تغییرات ولتاژ صفر خواهد شد و نقطه بیشینه توان بدست خواهد آمد. شکل (۵) روند الگوریتم رسانیابی بهبود یافته را نشان می دهد.

که در فلچارت شکل (۵)، K زمان نمونه برداری در لحظه t و $k-1$ زمان نمونه برداری در Δt لحظه قبل است. i^* جریان مرجع ورودی کنترلر پیش بین (MPC) است، که این جریان از تغییر در جریان لحظه ای ($i_L(k)$) حاصل می شود نه از تغییر در جریان مرجع لحظه قبل ($i^*(k-1)$) این تغییر به سیستم این توانایی را می دهد که با استپ های بزرگتر (i_{inc}) نقطه بیشینه توان (MPP) را با سرعت بیشتری ردیابی کند.

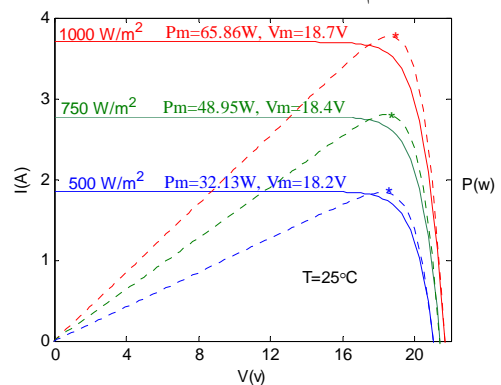
جدول (۱): مشخصات آرایه فتولتائیک استفاده شده، جهت شبیه سازی

۳.۷	A	جریان اتصال کوتاه آرایه
۲۲	V	ولتاژ مدار باز آرایه
۳.۴	A	جریان نظیر نقطه ماکزیمم توان
۷		
۱۸.	V	ولتاژ نظیر نقطه ماکزیمم توان
۷		
۶۵	w	ماکزیمم توان
۳	--	ضریب (توان) حرارتی جریان اشباع (T_{Isi})

(شبیه سازیها در متلب و از سلول خورشیدی موجود در این محیط استفاده شده است).

۳- ردیابی نقطه ماکزیمم توان (MPPT) با روش رسانیابی افزایشی بهبود یافته (INC)

همانطور که می دانیم منحنی جریان-ولتاژ آرایه ها و به تبع آن نقطه بیشینه توان به شدت تابش و دما وابستگی زیادی دارد. بنابر این وظیفه کنترلر در ردیابی نقطه ماکزیمم توان انتقال نقطه کار آرایه به سمت زانوی منحنی جریان-ولتاژ یا همان نقطه ماکزیمم منحنی توان بر حسب ولتاژ است. شکل (۳، ۴) در سیستم های فتولتائیک خروجی این کنترلر به یک مبدل DC-DC (بوست) جهت تنظیم سطح ولتاژ اعمال می شود. از آنجایی که گرفتن سیگنال پسخور از شدت تابش و دمای آرایه کار ساده ای نیست، بنابراین باید از روشهایی استفاده شود که بدون گرفتن پسخور از دما و تابش، کنترلر بتواند همواره خروجی مناسب جهت ردیابی نقطه بیشینه توان را برای مبدل فراهم کند.



شکل (۳): نمودار جریان و توان آرایه خورشیدی بر حسب ولتاژ در

تابش های متفاوت

بیست و ششمین کنفرانس بین المللی برق

در حالت سوئیچ باز: (S=1)

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{v_{PV}}{L} - \frac{v_O}{L} \quad (4)$$

$$\frac{dv_{PV}}{dt} = -\frac{i_L}{C_1} + \frac{i_{PV}}{C_1} \quad (5)$$

$$\frac{dv_O}{dt} = \frac{i_L}{C_2} - \frac{v_O}{RC_2} \quad (6)$$

و در حالت سوئیچ بسته: (S=0)

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{v_{PV}}{L} \quad (7)$$

$$\frac{dv_{PV}}{dt} = -\frac{i_L}{C_1} + \frac{i_{PV}}{C_1} \quad (8)$$

$$\frac{dv_O}{dt} = -\frac{v_O}{RC_2} \quad (9)$$

گسسته سازی معادلات زمان پیوسته روابط ۹-۴، با زمان نمونه برداری T_s ، به صورت روابط زیر قابل بیان است.

$$i_L(k+1) = i_L(k) + \frac{T_s}{L} v_{PV}(k) - \frac{T_s}{L} v_O(k) \quad (10)$$

$$v_{PV}(k+1) = -\frac{T_s}{C_1} i_L(k) + v_{PV}(k) + \frac{T_s}{C_1} i_{PV}(k) \quad (11)$$

$$v_O(k+1) = \frac{T_s}{C_2} i_L(k) + (1 - \frac{T_s}{RC_2}) v_O(k) \quad (12)$$

$$i_L(k+1) = i_L(k) + \frac{T_s}{L} v_{PV}(k) \quad (13)$$

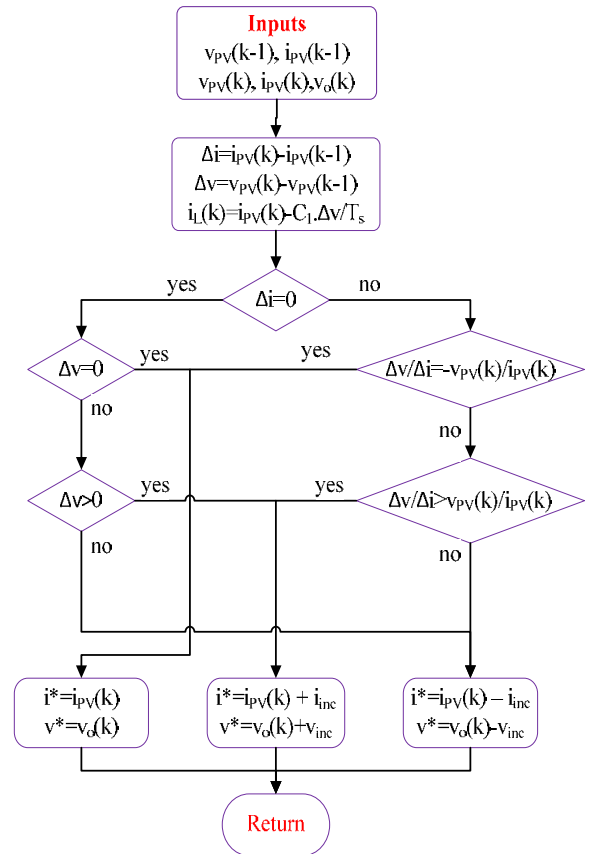
$$v_{PV}(k+1) = -\frac{T_s}{C_1} i_L(k) + v_{PV}(k) + \frac{T_s}{C_1} i_{PV}(k) \quad (14)$$

$$v_O(k+1) = (1 - \frac{T_s}{RC_2}) v_O(k) \quad (15)$$

معادلات زمان گسسته مبدل بوست را می توان به صورت

ماتریسی زیر خلاصه کرد.

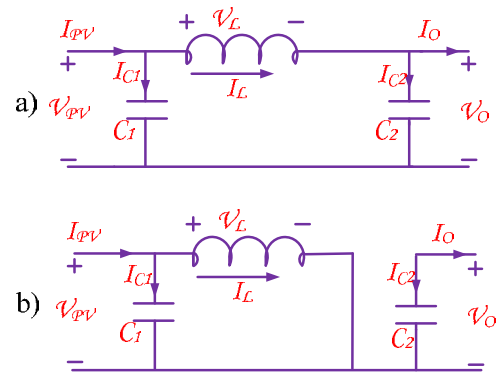
$$\begin{bmatrix} i_L(k+1) \\ v_{PV}(k+1) \\ v_O(k+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \frac{T_s}{L} & -\frac{T_s}{L} \\ -\frac{T_s}{C_1} & 1 & 0 \\ \frac{T_s}{C_2} & 0 & (1 - \frac{T_s}{RC_2}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_L(k) \\ v_{PV}(k) \\ v_O(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{T_s}{C_1} \\ 0 \end{bmatrix}^T \cdot i_{PV}(k) \quad (16)$$



شکل (۵): فلوجارت الگوریتم رسانایی افزایشی بهبود یافته

۴- مبدل DC-DC بوست، طراحی و پیاده سازی کنترلر پیش بین (MPC)

ساختار مبدل بوست نشان داده شده در شکل (۱) به دو حالت سوئیچ باز و بسته مطابق شکل (۶) نشان داده شده است. شکل (۶.a، ۶.b) به ترتیب مدار معادل مبدل بوست در حالت سوئیچ باز (s=1) و سوئیچ بسته (s=0) را نشان می دهند. معادلات مدار معادل این دو حالت به صورت روابط ۹-۴ آورده شده است.



شکل (۶): مدار معادل مبدل بوست در دو حالت

(a) سوئیچ باز s=1 ، (b) سوئیچ بسته s=0

بیست و ششمین کنفرانس بین‌المللی برق

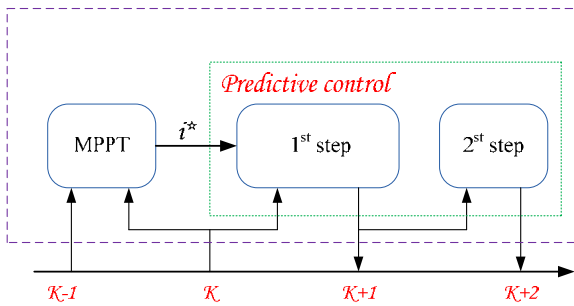
$$v_{pv}(k+n+1) = -\frac{Ts}{C_1} i_L(k+n) + v_{pv}(k+n) + \frac{Ts}{C_1} i_{pv}(k+n) \quad (18)$$

$$v_o(k+n+1) = s \frac{Ts}{C_2} i_L(k+n) + (1 - \frac{Ts}{RC_2}) v_o(k+n) \quad (19)$$

اگر افق کنترل را ۲ انتخاب کنیم در این صورت تابع هزینه به فرم زیر اصلاح می‌شود.

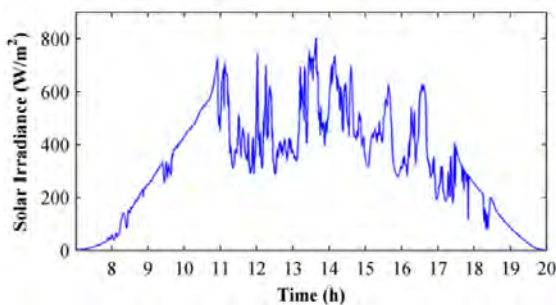
$$J_{s=0,1}^2 = w_A |v_o(k+2)_s - v^*|^2 + w_B |i_L(k+2)_s - i^*|^2 + J_{s=0,1}^1 \quad (20)$$

در رابطه بالا $J_{s=0,1}^1$ تابع هزینه مربوط به یک گام جلوتر و جریان و ولتاژ رابطه (۲۰) مربوط به دو گام جلوتر (k+2) است. شکل (۸) حالتی را نشان می‌دهد که افق کنترل ۲ انتخاب شود.



شکل (۸): ترتیب زمانی بین کنترلرهای (MPPT و MPC)

خروجی آرایه‌های خورشیدی با توجه به شرایط آب و هوایی تغییر می‌کند، بر این اساس از جمله مشخصاتی که بر بازدهی پنلها تاثیر مستقیم می‌گذارد میزان تابش دریافتی آرایه از خورشید در طول روز است. شکل (۹) تغییرات تابش خورشید در طول یک روز بهاری از طلوع تا غروب خورشید را نشان می‌دهد.

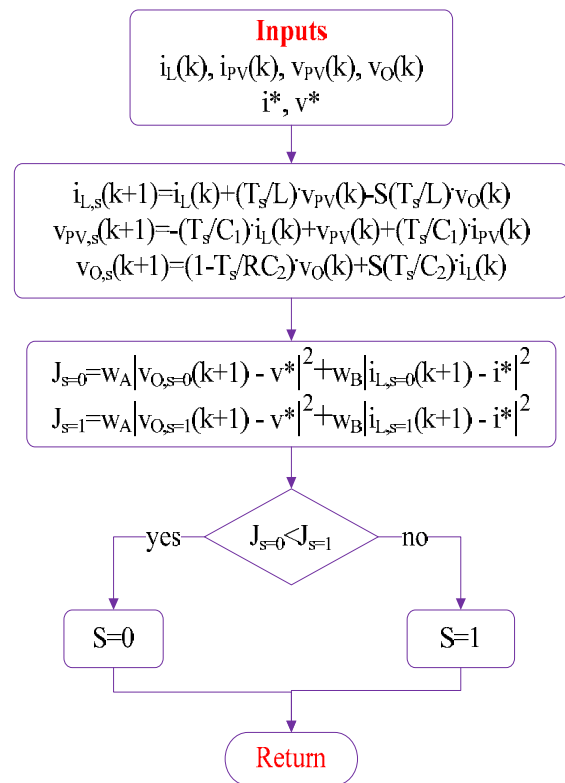


شکل (۹): تغییرات شدت تابش در طول یک روز بهاری

طبق معادله (۱۶)، در زمان نمونه برداری بعدی (k+1)، متغیرهای کنترلی (i_L, v_{pv}, v_o) می‌توانند پیش‌بینی شوند. تابع هزینه تعریف شده J ، رابطه (۱۷)، برای دو حالت سوئیچ باز و بسته تعیین می‌کند که در گام بعدی سوئیچ باز باشد یا بسته.

$$J_{s=0,1}^1 = w_A |v_o(k+1)_s - v^*|^2 + w_B |i_L(k+1)_s - i^*|^2 \quad (17)$$

فلوچارت مربوط به الگوریتم MPC در شکل (۷) این روند را توضیح می‌دهد.



شکل (۷): فلوچارت الگوریتم کنترل پیش بین جهت کنترل سوئیچ مبدل

تابع هزینه J ، تابعی از جریان و ولتاژ مرجع بدست آمده از الگوریتم INC و متغیرهای کنترلی بدست آمده از الگوریتم MPC است. w_B, w_A ضرایب جریمه مربوط به خطای ولتاژ و جریانند که به ترتیب دارای بعد $[1/V]$ ، $[1/A]$ هستند. در روش MPC می‌توان افق کنترل را به n افزایش داد. در این صورت معادلات زمان گسسته (۱۵-۱۰) به شکل روابط (۱۹-۱۷) باز نویسی می‌شوند.

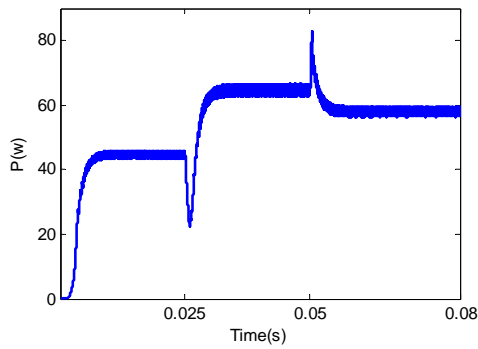
$$i_L(k+n+1) = i_L(k+n) + \frac{Ts}{L} v_{pv}(k+n) - s \frac{T_s}{L} v_o(k+n) \quad (17)$$

بیست و ششمین کنفرانس بین‌المللی برق

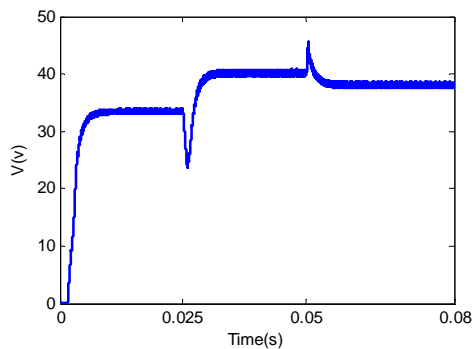
۵- نتایج حاصل از شبیه سازی در محیط متلب

همانطور که در شکل (۹) مشاهده شد، میزان تغییرات لحظه ای تابش خورشید زیاد است بنابراین این کنترلر طراحی شده جهت ردیابی نقطه ماکزیمم توان باید نسبت به تغییرات سریع تابش از سرعت و دقت بالایی برخوردار باشد.

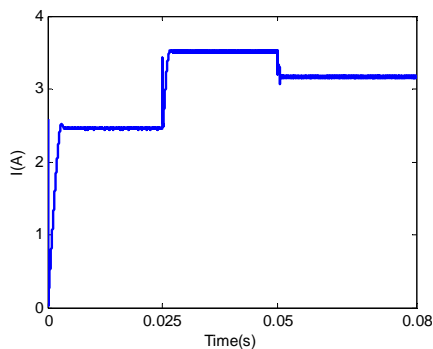
در تصدیق سرعت و دقت روش ارائه شده نسبت به تغییرات شدت تابش (w/m^2) ، تابع پالسی که تغییرات ناگهانی تابش را از ۷۰۰ به ۱۰۰۰ و از ۱۰۰۰ به ۹۰۰ نشان می‌دهد، به سیستم فتوولتائیک اعمال می‌کنیم. شکل (۱۰)



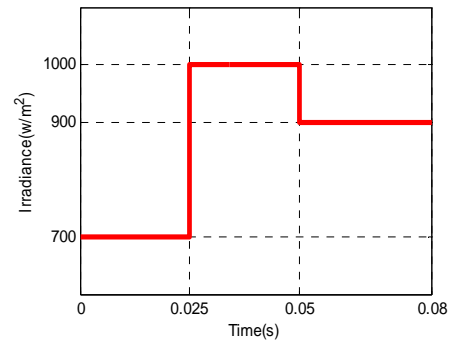
شکل (۱۲): ردیابی ماکزیمم توان دریافتی بار تحت تغییرات تابش



شکل (۱۳): تغییر در ولتاژ بار جهت دریافت توان ماکزیمم تحت تغییرات سریع تابش

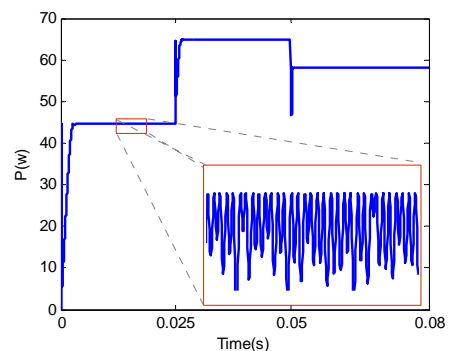


شکل (۱۴): تغییر در جریان آرایه جهت انتقال توان ماکزیمم تحت تغییرات سریع تابش



شکل (۱۰): تغییرات ناگهانی شدت تابش در محیط شبیه سازی جهت بررسی روش کنترل پیش بین

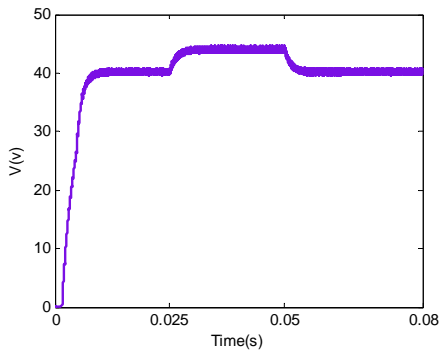
شکل‌های (۱۱-۱۴) نتایج شبیه سازی شده تغییرات توان، ولتاژ و جریان، جهت دریافت ماکزیمم توان از آرایه را در صورت اعمال تابع شدت تابش شکل (۱۰) به سیستم، نشان می‌دهند.



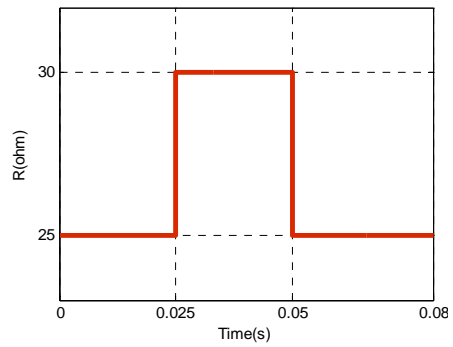
شکل (۱۱): ردیابی ماکزیمم توان آرایه تحت تغییرات سریع تابش

همچنین در اکثر موارد عواملی همچون دما در اندازه مقاومت بار تاثیر گذارند. تغییر در مقاومت بار باعث جابجایی نقطه کار سیستم، و به تبع آن سبب کاهش توان دریافتی بار از آرایه خورشیدی می‌شود. کنترل طراحی شده باید توانایی ردیابی نقطه ماکزیمم توان را در اثر تغییرات بار داشته باشد. با اتصال بار متغیر با زمان، شکل (۱۵) به سیستم فتوولتائیک توانایی کنترلر پیش بین (MPC) را در ردیابی محک می‌زنیم.

بیست و ششمین کنفرانس بین‌المللی برق

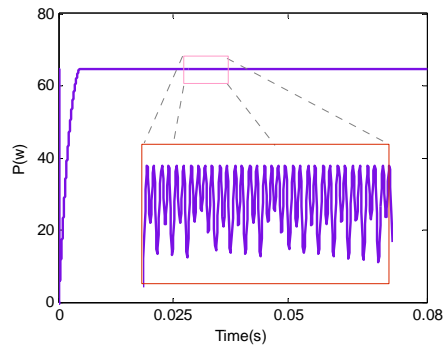


شکل (۱۹): تغییر در ولتاژ بار جهت دریافت توان ماکزیمم تحت تغییرات بار متصل به سیستم



شکل (۱۵): تغییر بار متصل به آرایه فتوولتائیک جهت بررسی عملکرد سیستم

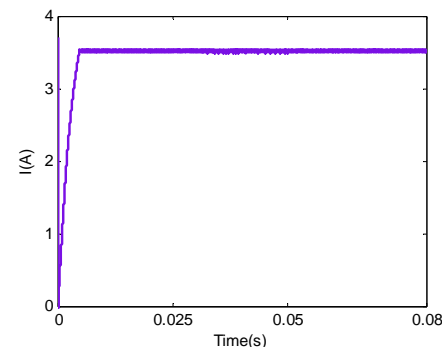
شکل‌های (۱۶-۱۹) نتایج شبیه سازی شده تغییرات توان، ولتاژ و جریان، جهت دریافت ماکزیمم توان از آرایه فتوولتائیک، در صورت تغییر در مقدار مقاومت بار متصل به سیستم از 25Ω به 30Ω و سپس به 25Ω را نشان می دهند. پارامترهای شبیه سازی مبدل بوست و کنترلر پیش بین در متلب که منجر به نتایج بالا شد در جدول (۲) ارائه شده اند.



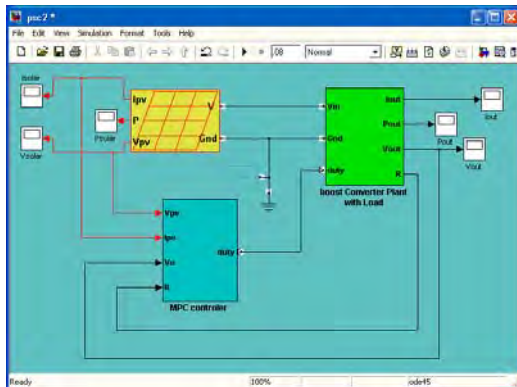
شکل (۱۶): ردیابی ماکزیمم توان آرایه تحت تغییرات بار متصل به سیستم

جدول (۲): اندازه پارامترهای شبیه سازی مبدل بوست و کنترلر پیشبین

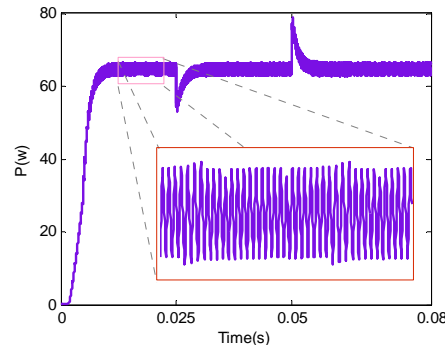
۱۰	μF	C_1
۱۰۰	μF	C_2
۲۰	mH	L
۱۰	μS	T_s
۳	---	W_A
۲۵	---	W_B
۰.۱۵	A	i_{inc}
۰.۱	V	V_{inc}



شکل (۱۷): تغییر در جریان آرایه جهت انتقال توان ماکزیمم تحت تغییرات بار متصل به سیستم



شکل (۲۰): شماتیک شبیه سازی شده سیستم فتوولتائیک و کنترلر پیشبین در محیط متلب



شکل (۱۸): ردیابی ماکزیمم توان دریافتی بار تحت تغییرات بار

نتیجه گیری

از آرایه های خورشیدی به عنوان منابع جریان جهت اتصال به شبکه توزیع استفاده می شود. ضروری است که در استفاده از این سیستمها از حداکثر راندمان آرایه بهره گیری شود. در این مقاله سیستم کنترل پیش بین (MPC) جهت ردیابی نقطه ماکزیمم توان آرایه (MPPT) استفاده شده که نتایج حاصل از شبیه سازی در نرم افزار متلب سرعت و دقت بالای این روش را در ردیابی نقطه ماکزیمم توان به ازای تغییرات سریع جوی و همچنین تغییر در اندازه بار متصل به سیستم تصدیق می کند. بر اساس نتایج حاصل از شبیه سازی ارائه شده با اعمال این تغییرات سیستم با زمان نشست اندکی به پایداری می رسد.

مراجع

- Electron 2003;50(4):749–58.
8. Larbes C, Ait Cheikh S, Obeidi T, Zerguerras A. Genetic algorithms optimized fuzzy logic control for the maximum power point tracking in photovoltaic system. *Renewable Energy* 2009;34:2093e100.
9. Panagiotis E. Kakosimos, Antinios G. Kladas., "Implementation of photovoltaic array MPPT through fixed step predictive control technique", *Renewable Energy* 36, 2508-2514, 17 March 2011.
10. Khalid M, Savkin A. A model predictive control approach to the problem of wind power smoothing with controlled battery storage. *Renewable Energy* 2010;35:1520e6.
11. Teng T-P, Nieh H-M, Chen J-J, Lu Y-C. Research and development of maximum power transfer tracking system for solar cell unit by matching impedance. *Renewable Energy* 2010;35:845e51.
12. Gow, J.A. and C.D. Manning., "Development of a Photovoltaic Array Model for Use in Power-Electronics Simulation Studies", *IEE Proceedings of Electric Power Applications*, Vol. 146, No. 2, pp. 193–200, March 1999.
1. Enrique JM, Duran E, Cardona MS, Andujar JM. Theoretical assessment of the maximum power point tracking efficiency of photovoltaic facilities with different converter topologies. *Sol Energy* 2007;81:31–8.
2. Al-Atrash H, Batarseh I, Rustom K, Statistical modeling of DSP-based Hill-climbing MPPT algorithms in noisy environments, In: *Proc. of Applied Power Electronics Conference and Exposition, IEEE*, vol. 3, Austin, Texas, USA; 2005.p. 1773e7.
3. X. Liu, L.A.C. Lopes, An improved perturbation and observation maximum power point tracking algorithm for PV arrays, in: *Power Electronics Specialists Conference, PESC 04, 2004, IEEE 35th Annual vol. 3, 2004*, pp. 2005–2010.
4. Houssamo I, Locment F, Sechilariu M. Maximum power tracking for photo-voltaic power system: development and experimental comparison of two algorithms. *Renewable Energy* 2010;35:2381e7.
5. Masoum M, Dehbonei H, Fuchs E. Theoretical and experimental analyses of photovoltaic systems with voltage and current-based maximum power-point tracking. *IEEE Transactions On Energy Conversion* 2002;17:514e22.
6. Hiyama T, Kouzuma S, Imakubo T, Ortmeier TH. Evaluation of neural network based real time maximum power tracking controller for PV system. *IEEE Trans Energy Convers* 1995;10(3):543–8.
7. Veerachary M, Senjyu T, Uezato K. Neural-network-based maximum-power-point tracking of coupled-inductor interleaved boost-converter-supplied PV system using fuzzy controller. *IEEE Trans Ind*