

# بیست و یکمین کنفرانس مهندسی برق ایران

ICEE 2013

جستجو

عنوان مقاله:

نویسنده:  
قدیمی

کد مقاله:

عنوان مقاله	نویسندگان	کد مقاله
بهبود مشخصات دینامیکی سیستم PV متصل به شبکه توزیع	ابولفضل سلامی، سعید عباسی، علی اصغر قدیمی	A3S.12

## بهبود مشخصات دینامیکی سیستم PV متصل به شبکه توزیع

ابولفضل سلامی<sup>۱</sup>، سعید عباسی<sup>۲</sup> و علی اصغر قدیمی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشگاه صنعتی اراک، salami@arakut.ac.ir

<sup>۲</sup> دانشگاه اراک، s-abbasi@arshad.araku.ac.ir

<sup>۳</sup> دانشگاه اراک، a-ghadimi@araku.ac.ir

چکیده - در این مقاله یک روش کنترلی برای دو واحد موازی سیستم PV متصل به شبکه توزیع ارائه شده است. سیستم کنترلی ارائه شده شامل یک حلقه کنترل داخلی جریان و یک حلقه کنترل خارجی ولتاژ می باشد. کنترل جریان به منظور تزریق جریان مناسب به شبکه، با روش کنترلی تناسبی-انتگرالی پیاده سازی شده است. حلقه خارجی کنترل ولتاژ به منظور ردیابی بیشترین توان و ثابت نگه داشتن ولتاژ خازن لینک DC اعمال شده است. شبیه سازی در شرایط تغییرات شدید تابش برای دو واحد آرایه PV موازی، با اعمال MPPT مجزا متصل به یک اینورتر در محیط MATLAB/Simulink انجام شده و صحت عملکرد آن در تزریق توان و جریان به شبکه و تعادل جریان تزریقی در PCC و ثابت ولتاژ خازن لینک DC نشان داده شده است.

کلید واژه- سیستم فوتوولتائیک، کنترل جریان، کنترل کننده تناسبی-انتگرالی، مشخصات دینامیکی سیستم PV

از متد P&O برای دریایی بیشترین توان قابل جذب (MPPT)<sup>۲</sup> به منظور دریافت بهترین راندمان استفاده شده است.

### ۱- مقدمه

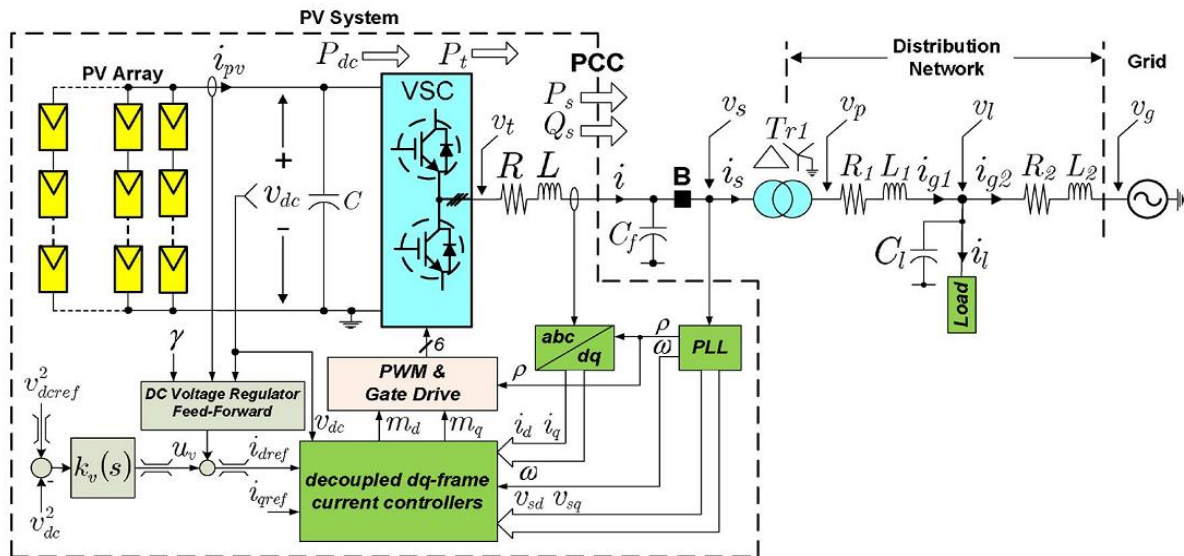
در [۳] نوزده روش مختلف برای MPPT از جمله P&O ارائه شده است. برخی مطالعات به بررسی جامعی راجع به مدارهای مبدل تک فاز و سه فاز استفاده شده در PV پرداخته اند. اخیراً با در نظر گرفتن PVها به عنوان واحدهای تولید پراکنده (DG)<sup>۳</sup> کارهای تحقیقاتی در مورد طرح های جزیره ای در سیستم های تک فاز PV انجام شده است که عمده تمرکز این مطالعات در مورد سیستم های تک فاز PV است و عکس العمل آنها نسبت به شبکه توزیع و تاثیرشان بر کیفیت توان می باشد. به دنبال آن مطالعات کمی در مورد کنترل و پایداری سیستم های PV انجام شده است. در [۴] و [۵] پایداری دینامیکی سیستم های PV تک فاز توزیع بررسی شده است. [۴] آنالیز مقادیر ویژه را برای مشخصات دو واحد که با کابل DC متصل اند را بررسی کرده و بار و شبکه توزیع را مدل نکرده است. [۵] تاثیر تغییرات امپدانس شبکه را روی پایداری حلقه بسته برای سیستم های تک فاز PV بررسی کرده است. در [۶] تنظیم ولتاژ ورودی اینورتر انجام شده ولی درباره کنترل جریان خروجی

در پی گرم شدن کره زمین منابع انرژی تجدید پذیر بیشتر مورد توجه قرار گرفته اند. در این میان سیستم های تولید انرژی فوتوولتائیک که از نظر سیاست های اقتصادی بصرفه اند رشد بسزایی داشته اند. بر اساس پیش بینی ها تا سال ۲۰۵۰ ظرفیت 30GW نیروگاه انرژی خورشیدی در بریتانیا نصب خواهد شد [۱]. در سطوح پایین PV های نصب شده بر پشت بامها هستند که روی شبکه توزیع و بارها تاثیر می گذارند. این PVها توانایی جریان معکوس توان را ندارند ولی این موضوع در سیستم های PV باید در سطح وسیع مورد بررسی قرار گیرد. بنابراین با افزایش PVهای ظرفیت بالا در سیستم می بایست تاثیر کنترل آنها روی فیدرها، مصرف کنندگان، مشخصه های دینامیکی سیستم، حالت گذرا و تقابل با شبکه و بار مورد بررسی قرار گیرد [۲]. تاثیر مقدار تولید زیاد PV روی پایداری و امنیت سیستم قدرت باید به دقت بررسی شود چراکه پاسخ ژنراتور PV به اختلالات شبکه می تواند این حوادث را تشدید کند. که در [۱] به ارائه مدل برای بررسی توانایی پاسخ ژنراتور به تغییرات تابش و تغییرات ولتاژ شبکه پرداخته شده و همچنین

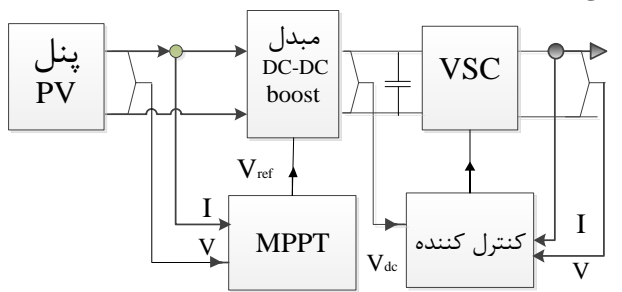
<sup>2</sup> Maximum Power Point Tracking

<sup>3</sup> Distributed Generator

<sup>1</sup> Photovoltaic



شکل ۱: دیاگرام تک خطی سیستم PV تکی متصل به بار و شبکه [2]



شکل ۲: سیستم PV متصل به شبکه

PV به صورت معادله (۱) است و توان خروجی PV را به صورت تابعی از  $V_{dc}$  بیان می‌کند.

$$P_{PV} = f(v_{dc}, S, \vartheta) = n_p I_{ph} v_{dc} - n_p I_{rs} v_{dc} \left[ \exp\left(\frac{q}{k\theta A} \frac{v_{dc}}{n_s}\right) - 1 \right] \quad (1)$$

روش P&O که برای MPPT برگزیده شده است معمولترین روش MPPT است [۱]. در [۳] این روش در کنار روش‌های Hill Climbing و Incremental Conductance به عنوان رایج‌ترین روش‌ها آورده شده است. با مطالعات انجام شده و از روی مطالعات انجام شده مشخص شده است که MPPT با روش IC به تغییرات ناگهانی ولتاژ پاسخ مناسبتری می‌دهد ولی P&O سرعت عملکرد بیشتری دارد و ساده‌تر و رایج‌تر است [۳]. شکل ۱ اتصال سیستم PV به شبکه توزیع در نقطه اتصال به شبکه و باس بینهایت را نشان می‌دهد. اجزای مهم سیستم PV را پنل‌ها و VSC و سلف متصل سه‌فاز تشکیل می‌دهند. آرایه PV تشکیل شده است از  $n_p$  سلول موازی و  $n_s$  سلول سری، برای ایجاد ولتاژ و جریان مناسب. آرایه PV با یک خازن DC-LINK به VSC متصل شده است و VSC توسط سیگنال

اینورتر و دینامیک توان خروجی آن بررسی انجام نشده است. در [۷] مدل دقیق مبدل بوست ZVT و کنترلر اینورتر تمام پل در مد abc ارائه شده ولی مدل‌سازی دینامیکی سیستم و بررسی دینامیک آن در تغییرات شدید تابش انجام نشده است. در [۲] و [۸] پایداری مدل دینامیکی سیستم‌های تکی PV سه فاز با مدل کنترلی بر اساس روش کنترل ولتاژ بررسی شده ولی تابع تبدیل و حلقه کنترلی برای سیستم PV معرفی نکرده است. همچنین تاثیر امیدانس شبکه روی پایداری حلقه بسته بررسی شده ولی در هیچ یک از مطالعات آنالیز پایداری و روش طراحی کنترلر بررسی نشده است. در این مقاله روش کنترل موثر بر اساس کنترل مد جریان برای دو واحد موازی PV سه فاز متصل به شبکه توزیع ارائه شده است که نشان می‌دهد با عملکرد پیشخور ارائه شده دینامیک‌های شبکه و سیستم PV از یکدیگر تاثیر نمی‌پذیرند.

## ۲- ساختار سیستم PV و کنترلرها

ساختار کلی و ساده از یک سیستم PV که متد MPPT را نیز در بر دارد در [۱] ارائه شده است. ساختار آن به این صورت است که جریان DC خارج شده از آرایه PV وارد اینورتر شده و یک پیشخور از آن نیز برای MPPT به منظور تعیین ولتاژ مرجع وجود دارد. خروجی اینورتر ولتاژ متناوب است که به شبکه یا بار متصل است و این فرایند در شکل ۲ نشان داده شده است [۹]. در [۱] مدل کلی و بسیار ساده سیگنال بزرگ سیستم PV آورده شده که آرایه PV با مشخصه جریان ولتاژ آن توصیف می‌کند و نشان می‌دهد که توان حقیقی خروجی

ولتاژ DC-LINK و قفل کننده حلقه فاز (PLL)<sup>5</sup> است [۱۱]. هدف اصلی کنترل، ثابت نگه داشتن ولتاژ DC-LINK و ماکزیمم کردن توان خروجی با اعمال نوعی روش MPPT است. کنترل و هماهنگی VSC و PWM بوسیله PLL صورت می-گیرد [۱۲]. ولتاژ مرجع مورد نیاز تنظیم کننده ولتاژ، از فرایند MPPT بدست می-آید و در کنترل کننده اصلی VSC اختلاف بین ولتاژ DC-LINK و مقدار مرجع متناظر آن، توسط جبرانگر  $k_v(s)$  پردازش و با سیگنال پیشخور تقویت می-شود و  $i_{dref}$  را تشکیل می-دهد. این جبرانساز پیشخور با مشخصه‌های غیر خطی و ناپایدار ساز PV مقابله می-کند و علاوه بر آن پایداری را افزایش می-دهد [۱۳]. در این روش با کنترل  $i_d$  کنترل  $P_s$  و  $P_{PV}$  و با کنترل  $i_q$  کنترل  $Q_s$  انجام می-شود.

### ۱-۳- کنترل ولتاژ DC-Link

در طرف دوم معادله (۳) دو بخش اول، مربوط به توان حقیقی تزریقی آرایه‌های PV و بخش‌های سوم و چهارم توان جذب شده توسط R و L متصل به VSC می-باشند. با صرف نظر از دو قسمت آخر معادله (۳) و تنظیم  $V_{sq}$  توسط PLL روی مقدار صفر، اگر  $\tau_i$  کوچک باشد  $i_d = i_{dref}$  است، که در آن  $i_{dref}$  ورودی است و در معادله (۵) آمده  $(\gamma = 0 یا 1)$  و  $V_{dc}^2$  متغیر حالت و همچنین خروجی است و  $V_{sd}$  ورودی خارجی (اغتشاش) است.

$$i_{dref} = u_v + \gamma \frac{P_{PV}}{3 \frac{v_{sd}}{2}} \quad (۵)$$

با توضیحات داده شده و با توجه به معادله (۵) معادله کاهش مرتبه یافته بصورت معادله (۶) خواهد بود.

$$\frac{C}{2} \frac{dv_{dc}^2}{dt} \approx (1 - \gamma) f(v_{dc}, S, \vartheta) - \frac{3}{2} (v_{sd} u_v) \quad (۶)$$

اگر  $\gamma = 1$  باشد مشخصه‌های غیر خطی آرایه PV روش ولتاژ DC-Link بی‌تاثیر می‌شوند و  $v_{sd}$  نیز تاثیر غیر خطی کمی دارد. شکل ۴ بلوک دیاگرام کنترل ولتاژ DC-Link را نشان می‌دهد. همچنین در شکل ۴ تابع تبدیل حلقه بسته کنترل جریان  $(G_i(s))$  به صورت زیر است.

$$\frac{I_d(s)}{I_{dref}} = \frac{I_q(s)}{I_{qref}} = G_i(s) = \frac{1}{\tau_i + 1} \quad (۷)$$

سینوسی مدوله شده (SPWM)<sup>۴</sup> تولیدی کنترل کننده کنترل می‌شود [۱۰]. در شکل ۱،  $P_s$  و  $Q_s$  توان تحویلی سیستم PV به شبکه است و R و L به ترتیب مقاومت و اندوکتانس راکتور متصل‌اند. خازن  $C_f$  نقش کاهش امپدانس خط و حذف هارمونیک‌های تولیدی PV و جلوگیری از انتقال آنها به شبکه را دارد. ولتاژ تولیدی سیستم PV توسط یک ترانس کاهنده به شبکه وصل می‌شود و  $C_l$  خازن اصلاح ضریب توان بار است [۱۰].

### ۲-۱- مدل سازی دینامیکی VSC (ولتاژ و جریان)

دینامیک ولتاژ DC-LINK به صورت معادله (۲) بیان می‌شود.

$$\frac{C}{2} \frac{dv_{dc}^2}{dt} = f(v_{dc}, S, \vartheta) - P_{dc} \quad (۲)$$

با صرف نظر از تلفات VSC می‌توان نتیجه گرفت که:

$$\frac{C}{2} \frac{dv_{dc}^2}{dt} = f(v_{dc}, S, \vartheta) - \frac{3}{2} \text{Re}\{\vec{v}_s \vec{i}^*\} - \frac{3}{2} \text{Re}\{R \vec{i}^*\} - \frac{3}{2} \text{Re}\left\{L \frac{d\vec{i}}{dt} \vec{i}^*\right\} \quad (۳)$$

در نتیجه با توجه به معادله (۳) می‌توان با کنترل جریان، توان و ولتاژ PV را کنترل کرد. دینامیک جریان متناوب VSC به صورت معادله (۴) است. که در آن  $\vec{m}$  بیانگر فازور سیگنال تولیدی PWM است، بنابراین:

$$L \frac{d\vec{i}}{dt} = -R\vec{i} + \frac{v_{dc}}{2} \vec{m} - \vec{v}_s \quad (۴)$$

$$\vec{v}_i = \frac{v_{dc}}{2} \vec{m}$$

معادله‌های (۳) و (۴) فضای حالت سیستم PV را تشکیل می-دهند که  $\vec{i}$  و  $V_{dc}^2$  متغیرهای حالت و  $\vec{m}$  ورودی کنترلی و S و  $\vec{V}_s$  ورودی‌های خارجی‌اند.

### ۲-۲- مدل بار و شبکه توزیع

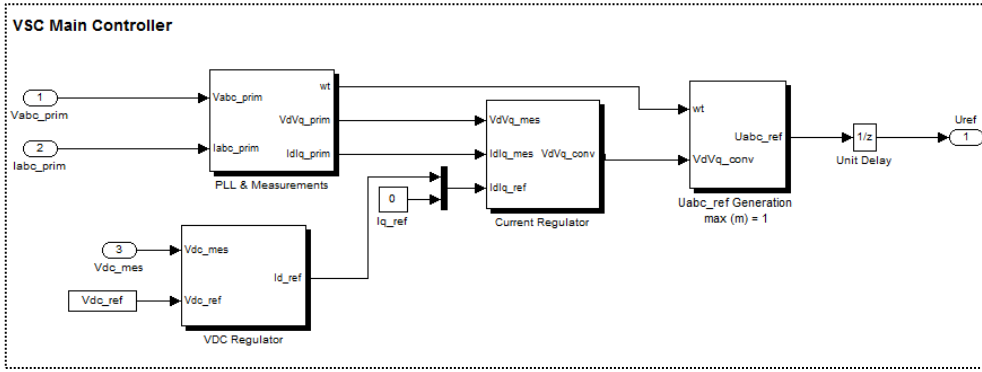
دو بار ثابت در فواصل پنج کیلومتر و نوزده کیلومتر خط انتقال به ترتیب به میزان 2MW و 30MW+j2Mvar قرار دارد. با انتخاب  $V_l$  و  $V_s$  و  $i_{g1}$  و  $i_{g2}$  به عنوان متغیرهای حالت، با توجه به بلوک کل سیستم مدل شبکه توزیع حاصل می‌شود.

### ۳- عملکرد سیستم کنترل PV

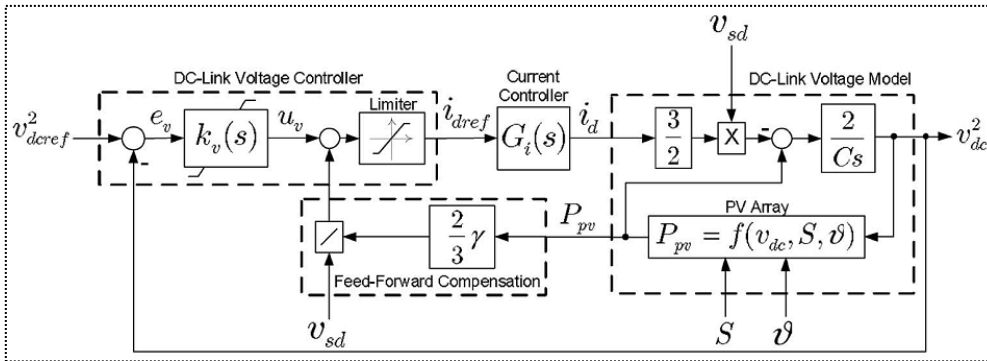
شامل سه بخش حلقه کنترل داخلی جریان و کنترل خارجی

<sup>5</sup> Phase-Locked Loop

<sup>4</sup> Sinusoidal Pulse-Width Modulation



شکل ۳: مدل دینامیکی کنترل کننده VSC در MATLAB/Simulink



شکل ۴: بلوک دیاگرام کنترل ولتاژ DC-Link [2]

به خاطر وجود فاکتور  $L\omega$  دینامیک  $i_d$  و  $i_q$  غیر خطی و کوپل شده است. برای خطی سازی و دکوپله کردن آن  $m_d$  و  $m_q$  (ورودی‌های کنترل) را به صورت معادله (۹) تعریف می‌کنیم.

$$\begin{aligned} m_d &= \frac{2}{v_{dc}} (u_d - L\omega i_q + v_{sd}) \\ m_q &= \frac{2}{v_{dc}} (u_q + L\omega i_d + v_{sq}) \end{aligned} \quad (9)$$

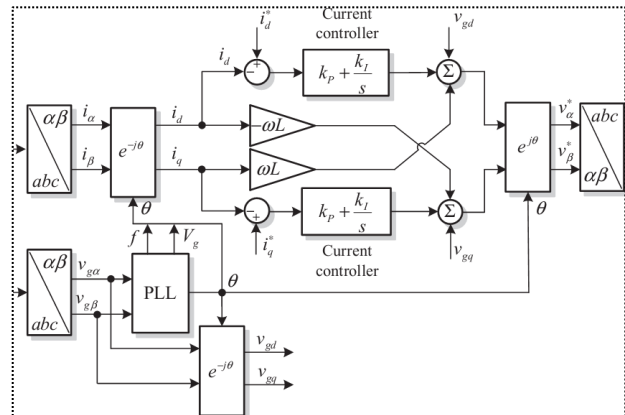
حال با توجه به معادله (۱۰) دو سیستم خطی، مجزا و مرتبه اول داریم که  $i_d$  و  $i_q$  به ترتیب با  $u_d$  و  $u_q$  کنترل می‌شوند. شکل ۵ بلوک دیاگرام کنترل جریان را نشان می‌دهد.

$$L \frac{di_d}{dt} = -Ri_d + u_d \quad (10)$$

$$L \frac{di_q}{dt} = -Ri_q + u_q \quad (11)$$

#### ۴- سنجش اعتبار مدل و آنالیز عملکرد

برای نشان دادن تاثیر عملکرد سیستم کنترلی ارائه شده، شبیه-سازی کل سیستم نشان داده شده در شکل ۱ در محیط MATLAB-Simulink در بازه زمانی صفر تا سه ثانیه‌ای برای تغییرات شدید تابش بر دو آرایه موازی مجزا انجام شده است.



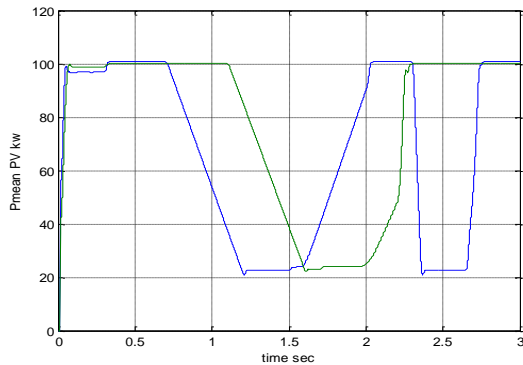
شکل ۵: بلوک دیاگرام کنترل جریان VSC

#### ۳-۲- کنترل جریان VSC

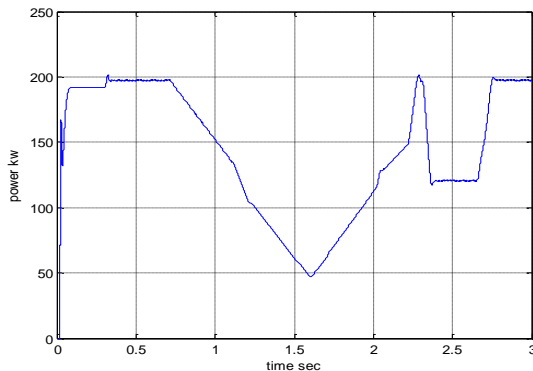
کنترل جریان علاوه بر کنترل  $i_d$  و  $i_q$  و صفر کردن خطای حالت ماندگار، با محدود کردن جریان‌های مرجع، از VSC در برابر اضافه بار و خطاهای خارجی محافظت می‌کند. کنترل جریان بر اساس معادله (۴) و با تبدیل به مد dq به صورت معادله (۸) است.

$$\begin{aligned} L \frac{di_d}{dt} &= -Ri_d + L\omega i_q + \frac{v_{dc}}{2} m_d - v_{sd} \\ L \frac{di_q}{dt} &= -Ri_q - L\omega i_d + \frac{v_{dc}}{2} m_q - v_{sq} \end{aligned} \quad (8)$$

شکل ۸ میزان ولتاژ واحدهای سلول خورشیدی را نشان می‌دهد که در هر تغییر تابش مشخص است ولتاژ در کمتر از ۰/۱ ثانیه نشست کرده است و مقدار مناسب را دنبال می‌کند و در شکل ۹ توان تحویلی هر آرایه PV بصورت جداگانه نشان داده شده است.



شکل ۹: مشخصه توان تحویلی ردیابی شده برای دو آرایه خورشیدی



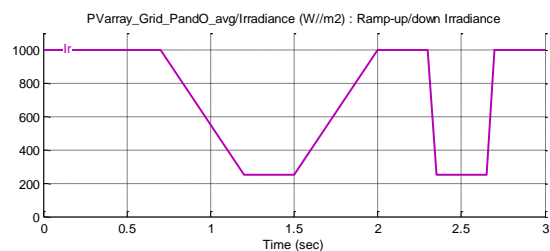
شکل ۱۰: توان کل تحویلی به بارها و شبکه (KW)

شکل ۱۰ توان تحویلی کل سیستم PV به شبکه را نشان می‌دهد که ناشی از تغییرات خطی تابش و عملکرد سیستم MPPT است. این سیستم همچنین توانایی یک کردن ضریب توان بار محلی متصل را با صفر قرار دادن توان راکتیو مرجع که توسط  $i_{qref}$  کنترل می‌شود را داراست. ( $i_{qref} = 0$ )

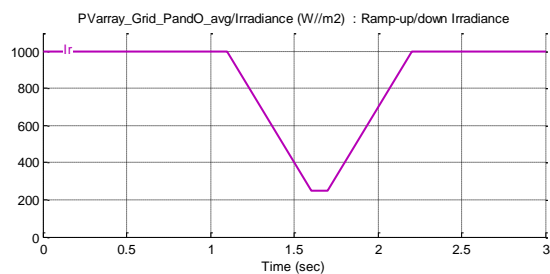
در شبیه‌سازی‌های انجام شده ولتاژ خروجی سیستم، سینوسی و ثابت بوده است. شکل ۱۱ بیانگر تاثیر مستقیم تغییرات تابش بر روی میزان جریان تزریقی اینورتر می‌باشد و همچنین نشان داده که بعد از گذشت زمان در حدود ۰/۰۲ ثانیه خطای حالت ماندگار به صفر می‌رسد. میزان جریان تزریقی با فرض ثابت بودن دما، مدوله شده تغییرات خطی تابش برآیند می‌باشد.

نتایج شبیه‌سازی در شکل ۱۲ حاکی از تاثیر عملکرد پیشخور ولتاژ در کنترلر ولتاژ DC-Link دارد. همچنین مشاهده می‌شود که بعد از گذشتن حالت گذرا، در حدود ۰/۰۲ ثانیه ولتاژ

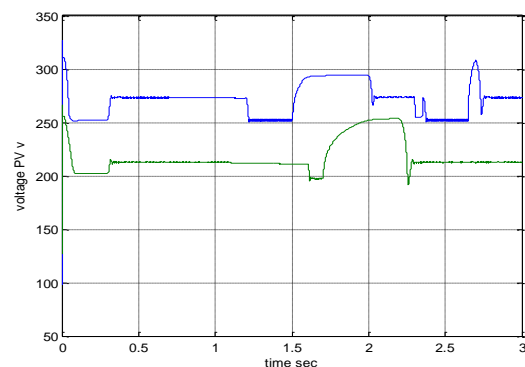
برای بررسی مشخصه‌های دینامیکی سیستم و بررسی رفتار متقابل آن با شبکه و همچنین مقاوم بودن متد کنترلی در برابر تغییرات پارامترها، آنالیز مقادیر ویژه سیستم کلی برای بار موتور القایی، در [2] آورده شده که نتیجه می‌دهد متغیرهای حالت سیستم PV مشارکت فعال در مدهای ویژه داشته و متغیرهای حالت شبکه و بار، مشارکت ناچیزی دارند. این بدان معناست که مقادیر ویژه سیستم PV و مدهای ویژه متناظر آنها تاثیر ضعیفی از پارامترهای شبکه می‌پذیرند. بنابراین اگر مدهای ویژه سیستم PV مناسب و پایدار باشند اغتشاشات شبکه و بار و تغییرات تابش تاثیر منفی روی آنها نخواهد داشت. الگوی تابشی خطی متغیر برای دو واحد آرایه سلول خورشیدی که بصورت موازی متصل‌اند در شکل ۶ و شکل ۷ در دمای ثابت ۲۵ درجه سانتیگراد در نظر گرفته شده است. هر آرایه خورشیدی دارای ردیاب بیشترین توان با روش P&O به صورت مجزا، هر یک بر روی یک مبدل DC-DC می‌باشد.



شکل ۶: الگوی متغیر تابش نور برای آرایه خورشیدی اول



شکل ۷: الگوی متغیر تابش نور برای آرایه خورشیدی دوم



شکل ۸: مشخصه ولتاژ برای آرایه خورشیدی موازی

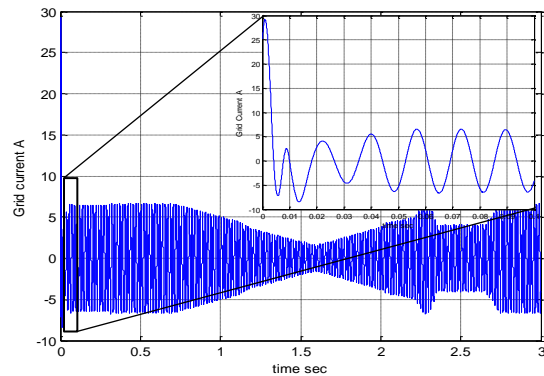
نوع بار یا فاصله بین بار و سیستم، پایداری سیستم PV حفظ خواهد شد.

اندازه‌گیری شده در سمت DC اینورتر، ولتاژ مرجع را دنبال می‌کند و کنترلر ریپل ولتاژ سمت DC را حذف می‌کند.

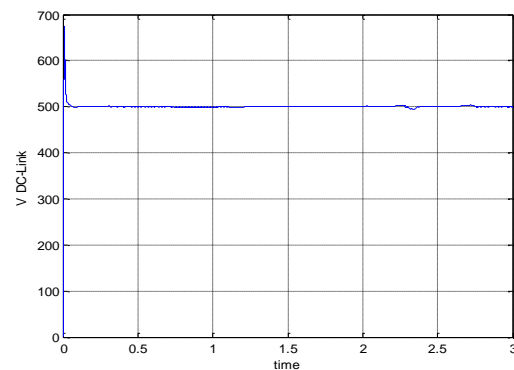
## مراجع

- [1] Y. T. Tan, D. S. Kirschen and N. Jenkins, "A Model of PV Generation Suitable for Stability Analysis" *IEEE Trans. on Energy Conversion*, Vol. 19, No. 4, pp. 748-755, 2004.
- [2] A. Yazdani and D. P. Prajna, "A Control Methodology and Characterization of Dynamics for a Photovoltaic (PV) System Interfaced with a Distribution Network" *IEEE Trans. on Power Delivery*, Vol. 24, No. 3, pp. 1538-1551, 2009.
- [3] T. Esumi and P. L. Chapman, "Comparison of Photovoltaic Array Maximum Power Point Tracking Techniques" *IEEE Trans. on Energy Conversion*, Vol. 22, No. 2, pp. 439-449, 2007.
- [4] L. Wang and Y.-H. Lin, "Dynamic Stability Analysis of Photovoltaic Array Connected to a Large Utility Grid" *Proc. IEEE Power Eng. Soc. Winter Meeting*, Taiwan, pp. 476-480, 2000.
- [5] M. Liserre, R. Teodorescu and F. Blaabjerg, "Stability of Photovoltaic and Wind Turbine Grid-Connected Inverters for a Large Set of Grid Impedance Values" *IEEE Trans. Power Electron*, Vol. 21, No. 1, pp. 263-272, 2006.
- [6] M.G. Villalva, T.G. de Siqueira and E. Ruppert, "Voltage regulation of photovoltaic arrays: small-signal analysis and control design" *IET Power Electron.*, Vol. 3, Iss. 6, pp. 869 - 880, 2010.
- [7] B. Yang, W. Li, Y. Zhao, X. He, "Design and Analysis of a Grid-Connected Photovoltaic Power System" *IEEE Trans. Power Electron*, Vol. 25, No. 4, pp. 992-1000, 2010.
- [8] R. Kadri, J.-P. Gaubert, G. Champenois, "An Improved Maximum Power Point Tracking for Photovoltaic Grid-Connected Inverter Based on Voltage-Oriented Control" *IEEE Trans. on Industrial Electron*, Vol. 58, No. 1, pp. 66-75, 2011.
- [9] W. Libo, Z. Zhengming and L. Jianzheng, "A Single-Stage Three-Phase Grid-Connected Photovoltaic System with Modified MPPT Method and Reactive Power Compensation" *IEEE Trans. on Energy Conversion*, Vol. 22, No. 4, pp. 881-886, 2007.
- [10] R. Teodorescu, M. Liserre and P. Rodriguez, *Grid Converters for Photovoltaic and Wind Power Systems*, John Wiley and Sons, 2011.
- [11] O. Wasynczuk and N. A. Anwah, "Modeling and Dynamic Performance of a Self-Commutated Photovoltaic Inverter System" *IEEE Trans. on Energy Conversion*, Vol. 4, No. 3, pp. 322-328, 1989.
- [12] S.-K. Chung, "A Phase Tracking System for Three Phase Utility Interface Inverters" *IEEE Trans. on Power Electronics*, Vol. 15, No. 3, pp. 431-438, 2000.
- [13] S. -c. Zheng, P. -z. Wang and L. -s. Ge, "Study on Pwm Control Strategy of Photovoltaic Grid-Connected Generation System" *IEEE Int. Conf.*, China, 2006.

[۱۴] م. سلیمی، س. م. ت. بطحایی، ع. صالحی و م. د. اسکندری "یک روش کنترلی جدید برای اتصال میدل های فتوولتائیک به شبکه سراسری" کنفرانس بین‌المللی برق، اصفهان، پاییز ۱۳۸۸.



شکل ۱۱: جریان تحویلی به شبکه



شکل ۱۲: ولتاژ DC-Link

جبران‌ساز پیشخور ارائه شده برای DC-Link تاثیر مشخصه‌های غیر خطی را بر روی آرایه PV حذف می‌کند که امکان کنترل بهینه را برای محدوده وسیعی از بهره‌برداری می‌دهد.

## ۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله یک سیستم کنترلی برای سیستم سه فاز PV با دو آرایه موازی متصل به شبکه توزیع و بار ارائه شده است. این سیستم شامل یک کنترلر داخلی حلقه جریان برای مجزا کردن دینامیک‌های سیستم PV از شبکه و حفاظت سیستم PV از خطاهای خارجی همچنین یک کنترلر خارجی کنترل ولتاژ برای پیشینه کردن توان خروجی و ثابت نگه داشتن ولتاژ DC-Link می‌باشد. جبران‌ساز پیشخور برای DC-Link ارائه شده است که تاثیر مشخصه‌های غیر خطی را بر روی آرایه PV حذف می‌کند و امکان کنترل بهینه را برای محدوده وسیعی از بهره‌برداری می‌دهد. با جداسازی دینامیک‌های سیستم PV از شبکه، اغتشاشات شبکه تاثیر منفی روی سیستم PV نخواهد گذاشت. بنابراین با وجود تغییرات شدید تابش و تغییرات طول خط و نسبت  $X/R$  یا