



Winter 2023, 3 (4), 43-49

DOR: 20.1001.1.27832570.1401.3.4.4.8

Received: 25 Sep 2022

Accepted: 4 Nov 2022

مقاله پژوهشی

## Power Sharing Between Islanded Microgrid Inverters by Modifying the Droop Control Method

Kiomars Sabzevari

Assistant Professor, Department of Electrical Engineering, Technical and Vocational University(TVU), Tehran, Iran.  
[k.sabzevari52@gmail.com](mailto:k.sabzevari52@gmail.com)

### Abstract:

**Introduction:** Distributed generation appears as the eco-friendly solution to a growing demand of electricity. Within the same idea, microgrids have become one of the most attractive sources of attention since they integrate local supply sources both with cleanliness and robustness. These microgrids can operate either connected to the utility grid, or on their own, namely the islanded mode. In the case of an island microgrid, how to control the DC bus voltage and the energy balance of the microgrid is necessary and essential for its use. Voltage and frequency control as well as active and reactive power sharing between distributed generation sources in island AC microgrids is one of the challenges of microgrid control. One of the control methods of islanded microgrids is to use the common droop control method. Although the droop control method can accurately divide the active power among distributed generation sources; But in the droop control method, reactive power sharing is not accurate.

**Method:** In this article, the adaptive droop control method is used to compensate the voltage drop caused by the line impedance and increase the accuracy of reactive power sharing in the islanded microgrid. Communication between distributed generation sources is used to facilitate the adjustment of adaptive droop control during load changes. In the proposed method, there is an assurance that by cutting the connection between the scattered production sources, if the load does not change, the reactive power sharing will be done accurately. The proposed method has a better performance than the conventional droop control method.

**Results:** The simulation of the proposed control method has been done using Simulink MATLAB. The simulation results show that the proposed control method has accurate reactive power sharing. And it has a better performance than the common droop method.

**Discussion:** In the proposed control method, by compensating the impedance voltage drop of the transmission line to the common point of the units, the power sharing between the inverters is proportional to the capacity of the units. The simulation results show that reactive and active power division is performed accurately with the presence of a communication link between the units. In case of constant load and disconnection between the units, the power sharing between the units is accurate. In the case of disconnection of the communication link between inverters and load change, the proposed control method performs better than the conventional droop control method.

**Keywords:** Droop control, frequency control, voltage control, microgrid, reactive power sharing, active power sharing.

## تقسیم توان بین اینورترهای ریزشبهه جزیره‌ای با اصلاح روش کنترل افقی

دوره سوم، زمستان ۱۴۰۱  
شماره چهارم، صص: ۴۳-۴۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۳  
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۱۳

### کیومرث سبزواری

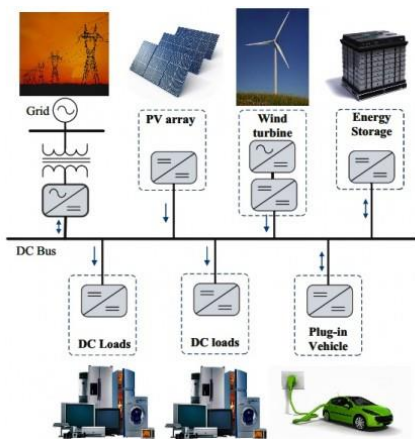
استادیار، گروه مهندسی برق، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، تهران، ایران. [K.sabzevari52@gmail.com](mailto:K.sabzevari52@gmail.com)

**چکیده:** تولید پراکنده یکی از روش‌های تولید برق سازگار با محیط‌زیست و ریزشبهه یکی از جذاب‌ترین منابع تولید انرژی‌اند. ریزشبهه‌ها به صورت متصل به شبکه و جدا از شبکه کار می‌کنند. چالش اصلی در کنترل ریزشبهه‌های جزیره‌ای می‌باشد. در وضعیت جزیره‌ای کنترل ولتاژ و فرکانس ریزشبهه و اشتراک توان بین منابع تولید پراکنده مورد توجه محققین می‌باشد. روش کنترل افقی متداول برای کنترل ریزشبهه جزیره‌ای استفاده می‌شود. هرچند در روش کنترل افقی اشتراک توان اکتیو دقیق است، اما اشتراک توان راکتیو دقیقی ندارد. در این مقاله برای جبران افت ولتاژ ناشی از امپدانس خط و افزایش دقت تقسیم توان راکتیو در ریزشبهه جزیره‌ای از روش کنترل افقی تطبیقی استفاده شده‌است. برای تسهیل تنظیم کنترل افقی تطبیقی در زمان تغییر بار از ارتباط بین منابع تولید پراکنده استفاده می‌شود. در روش پیشنهادی این اطمینان وجود دارد که با قطع ارتباط بین منابع تولید پراکنده در صورت عدم تغییر بار، تقسیم توان راکتیو به‌طور دقیق انجام گیرد. روش پیشنهادی از روش متداول کنترل افقی عملکرد بهتری دارد و نتایج شبیه‌سازی با استفاده از سیمولینک متلب کارایی روش پیشنهادی را تأیید می‌کند.

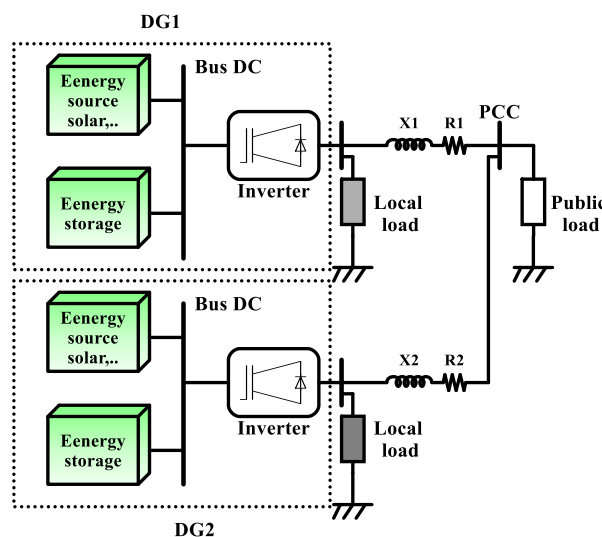
**واژه‌های کلیدی:** کنترل افقی، کنترل فرکانس، کنترل ولتاژ، ریزشبهه، تقسیم توان راکتیو، تقسیم توان اکتیو.

## ۱. مقدمه

کاهش دهد. در شکل (۲) ساختار ریز شبکه AC نشان داده شده است. این ریز شبکه می تواند به صورت متصل به شبکه کار کند و یا مجزا از شبکه به صورت جزیره ای تغذیه بارها را به عهده گیرد. در حالت جزیره ای سیستم کنترل ریز شبکه برای حفظ پایداری ولتاژ و فرکانس بلافاصله توان ها را بین واحدهای تولید پراکنده متناسب با ظرفیت واحدها تقسیم می کند. در ریز شبکه های جزیره ای برای حفظ ولتاژ و فرکانس شبکه و تقسیم توان بین واحدها، از روش کنترل اکتیو متداول استفاده می شود. در بخش بعدی روش کنترل اکتیو و معایب آن تشریح می گردد.



شکل ۱: ساختار ریز شبکه



شکل ۲: ساختار ریز شبکه جزیره ای

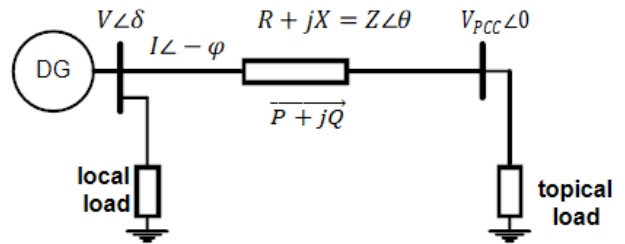
## ۲. روش کنترل اکتیو

اساس عملکرد روش کنترل اکتیو با در نظر گرفتن مدار معادل الکتریکی یک اینورتر متصل به نقطه مشترک توضیح داده می شود. تحلیل روش اکتیو بر مبنای معادل تونن شکل (۳) می باشد.

توان اکتیو و راکتیو تحویلی توسط اینورتر برابر است با:

ریز شبکه های DC با واحد ذخیره سازی می توانند به طور پایدار و با قابلیت اطمینان بالا برق را به صورت متصل به شبکه و یا در حالت جزیره ای در شبکه توزیع نمایند. ریز شبکه ها به دلیل قابلیت اطمینان بالا به طور گسترده ای با ولتاژ سطح پایین DC در سمت کاربر در تغذیه مراکز داده، منازل مسکونی، و وسایل نقلیه الکتریکی و غیره استفاده می شوند [۱-۳-۴]. شکل (۱) ساختار ریز شبکه DC برای کاربردهای فوق را نشان می دهد. این ساختار می تواند به طور مؤثر منابع تولید انرژی تجدید پذیر، بارهای AC و DC را ادغام کند و حتی از طریق اینورتر به شبکه بالادست متصل شود. سیستم از طریق شین DC یکپارچه شده است؛ بنابراین نحوه کنترل ولتاژ باس DC و تعادل انرژی ریز شبکه برای استفاده از آن لازم و ضروری است. کنترل ولتاژ و فرکانس و همچنین تقسیم توان اکتیو و راکتیو بین منابع تولید پراکنده در ریز شبکه های AC جزیره ای از چالش های کنترل ریز شبکه ها است. یکی از روش های کنترل ریز شبکه های جزیره ای استفاده از روش کنترل اکتیو متداول می باشد [۵-۶]. اگرچه روش کنترل اکتیو می تواند توان اکتیو را به طور دقیق بین منابع تولید پراکنده تقسیم کند؛ ولی تقسیم توان راکتیو بستگی به امپدانس خط انتقال می باشد. در ریز شبکه های توزیع که خطوط انتقال اهمی - القایی است، تقسیم توان راکتیو متناسب با ظرفیت واحدهای تولید پراکنده نبوده و این امر ممکن است سبب ناپایداری ریز شبکه گردد [۷]. روش های کنترلی مختلفی برای بهبود عملکرد روش کنترل اکتیو و تقسیم دقیق توان راکتیو بین اینورترهای موازی واحدهای تولید پراکنده در ریز شبکه های جزیره ای در منابع معتبر ارائه شده است [۸-۱۰]. در [۸] ایده امپدانس مجازی برای کاهش خطای تقسیم توان راکتیو ناشی از عدم تطابق امپدانس خروجی اینورترها ارائه شده است. در این روش عدم تطابق امپدانس خط در نظر گرفته نشده است. روش کنترلی در [۹] بر اساس مقاومتی بودن امپدانس خط انتقال ارائه شده است. در صورت مقاومتی بودن امپدانس خط انتقال، توان به طور دقیق بین واحدهای تولید پراکنده تقسیم خواهد شد. روش کنترل اکتیو ارائه شده در [۱۰] خطای تقسیم توان راکتیو را کاهش داده؛ ولی قادر به حذف کامل آن نیست. در [۱۱] برای دستیابی به تقسیم توان راکتیو استراتژی تزریق سیگنال کوچک ولتاژ AC ارائه شده است. هر چند تزریق ولتاژ AC کم مشکل تقسیم خروجی و جریان خط گردد [۱۲]. در این مقاله استراتژی کنترلی بر اساس جبران افت ولتاژ ناشی از امپدانس خط ارائه شده است. استراتژی کنترلی ارائه شده تقسیم دقیق توان راکتیو را بین اینورترهای موازی تولید پراکنده موازی در ریز شبکه جزیره ای تضمین می کند. در صورت قطع ارتباط بین واحدهای تولید پراکنده، در صورتی که بار تغییر نکند، روش کنترل ارائه شده قادر به اشتراک دقیق توان راکتیو خواهد بود و در صورتی که در زمان قطع ارتباط بین واحدها، بار تغییر کند روش کنترل پیشنهادی می تواند خطای تقسیم توان راکتیو بین واحدها را

$$P = \frac{V}{R^2 + X^2} [R(V - V_{PCC} \cos \delta) + X V_{PCC} \sin \delta] \quad \dots \dots \dots (1)$$



شکل ۳: مدار معادل تونن اینورتر متصل به بار

$$Q = \frac{V}{R^2 + X^2} [-R V_{PCC} \sin \delta + X (V - V_{PCC} \cos \delta)] \quad (2)$$

روابط (۱) و (۲) را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$\sin \delta = \frac{X P - R Q}{V V_{PCC}} \quad (3)$$

$$V - V_{PCC} \cos \delta = \frac{R P + X Q}{V} \quad (4)$$

در روش کنترل اکتیو متداول از مقاومت اهمی خط انتقال صرف‌نظر می‌شود و خط کاملاً به صورت القایی لحاظ می‌شود ( $X \gg R$ ). روابط توان اکتیو و راکتیو تحویلی اینورتر به صورت روابط (۵) و (۶) نوشته می‌شود:

$$P = \frac{V V_{PCC}}{X} \sin \delta \quad (5)$$

$$Q = \frac{V}{X} (V - V_{PCC} \cos \delta) \quad (6)$$

در حالت کلی مقاومت اهمی و راکتانس خط انتقال با هم در نظر گرفته می‌شود؛ بنابراین با استفاده از ماتریس متعام خطی T می‌توان توان اکتیو و راکتیو مورد نظر  $P'$  و  $Q'$  را بر حسب P و Q به صورت زیر بیان کرد.

$$T = \begin{bmatrix} \sin \theta & -\cos \theta \\ \cos \theta & \sin \theta \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$\begin{bmatrix} P' \\ Q' \end{bmatrix} = [T] \begin{bmatrix} P \\ Q \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$\begin{bmatrix} P' \\ Q' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sin \theta & -\cos \theta \\ \cos \theta & \sin \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P \\ Q \end{bmatrix} \quad (9)$$

$$\begin{bmatrix} P' \\ Q' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{X}{Z} P & -\frac{R}{Z} Q \\ \frac{R}{Z} P & \frac{X}{Z} Q \end{bmatrix} \quad (10)$$

در صورتی که زاویه توان  $\delta$  کوچک باشد روابط (۵)، (۶) و (۱۰) را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$\delta \cong \frac{Z P'}{V V_{PCC}} \quad (11)$$

$$V - V_{PCC} \cong \frac{Z Q'}{V} \quad (12)$$

معادلات (۱۱) و (۱۲) نشان می‌دهند که فرکانس اینورتر با توان اکتیو متناسب است و ولتاژ اینورتر با توان راکتیو متناسب می‌باشد. یعنی

ولتاژ خروجی اینورتر با توان راکتیو و فرکانس خروجی اینورتر با توان اکتیو قابل کنترل می‌باشد؛ بنابراین می‌توان نوشت:

$$\omega = \omega_0 - m_p P' \quad (13)$$

$$V = V_0 - m_q Q' \quad (14)$$

$m_p$  و  $m_q$  ضرایب اکتیو و توان راکتیو می‌باشد که

به صورت زیر بیان می‌شوند:

$$m_p = \frac{\omega_{\max} - \omega_{\min}}{P_{\max}} \quad (15)$$

$$m_q = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{Q_{\max}} \quad (16)$$

$V$  و  $\omega$ : دامنه ولتاژ و فرکانس خروجی اینورتر  $V_0$  و  $\omega_0$  دامنه ولتاژ نامی و فرکانس نامی اینورتر می‌باشد.

در این حالت امیدانس اینورترها تا نقطه مشترک متفاوت می‌باشد. می‌توان گفت که اشتراک دقیق توان و تنظیم انحراف ولتاژ و توان به دلیل وابسته بودن به پارامترهای سیستم، بسیار مشکل است. در واقع از رابطه (۱۲) داریم:

$$Q' = \frac{V^2 - V V_{PCC} \cos \delta}{Z} \quad (17)$$

با فرض اشتراک توان برای دو اینورتر داریم:

$$m_{q1} Q'_1 = V_0 - V_1 = \Delta V_1 \quad (18)$$

$$m_{q2} Q'_2 = V_0 - V_2 = \Delta V_2 \quad (19)$$

طبق روابط (۱۸) و (۱۹) نشان می‌دهیم که:

$$V_1 = V_2 \rightarrow \Delta V_1 = \Delta V_2 = \Delta V_{\max} \quad (20)$$

$$m_{q1} Q'_1 = m_{q2} Q'_2 \quad (21)$$

با قراردادن (۱۷) در (۲۱) داریم:

$$\frac{m_{q1} (V_1^2 - V V_{PCC} \cos \delta_1)}{Z_1} = \frac{m_{q2} (V_2^2 - V V_{PCC} \cos \delta_2)}{Z_2} \quad (22)$$

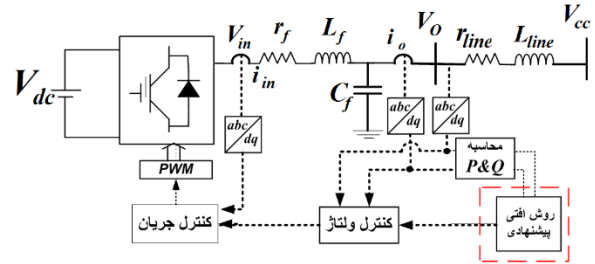
با ترکیب (۲۰) و (۲۲) شرایط زیر را برای اشتراک دقیق توان دارد. اینورتر داریم:

$$\frac{m_{q1}}{Z_1} = \frac{m_{q2}}{Z_2}, \quad \delta_1 = \delta_2, \quad V_1 = V_2 \quad (23)$$

### ۳. روش کنترل پیشنهادی

مطابق رابطه (۲۳) در روش کنترل اکتیو متداول، برای اشتراک دقیق توان باید سه شرط برقرار باشد. یعنی نسبت ضریب اکتیو به امیدانس فیدر، زاویه توان و ولتاژ خروجی واحدها با هم برابر باشند. تحقق این شرایط در ریز شبکه امکان‌پذیر نمی‌باشد؛ بنابراین در روش کنترل اکتیو خطای اشتراک توان راکتیو وجود دارد در این مقاله استراتژی کنترل پیشنهادی بر اساس جبران افت ولتاژ ناشی از امیدانس بین DG و باس مشترک می‌باشد؛ بنابراین در این مقاله از روش کنترل اکتیو تطبیقی به منظور اشتراک دقیق توان راکتیو استفاده می‌شود. بلوک دیاگرام روش کنترل پیشنهادی در شکل (۴) و (۵) نشان داده شده است.

(۱) داده شده است. شبیه سازی با سیمولینک متلب انجام شده است برای بررسی عملکرد سیستم کنترل پیشنهادی سناریوهای احتمالی که ممکن است برای ریزش شبکه جزیره ای به وجود آید در نظر می گیریم. در ریزش شبکه جزیره ای با دو حالت کلی: متصل بودن لینک ارتباطی بین واحدها و قطع لینک ارتباطی بین واحدها و عدم تبادل اطلاعات بین آنها، مواجه هستیم. در هر دو حالت بار ریزش شبکه ممکن است ثابت باشد و یا تغییر کند؛ بنابراین، برای شبیه سازی دو وضعیت کلی در نظر گرفته شده است. در حالت اول فرض می کنیم ارتباط بین واحدها برقرار می باشد. در حالت دوم فرض می کنیم که وقفه ای در ارتباط ایجاد می شود. در هر دو حالت نتایج شبیه سازی را به دست می آوریم.



شکل ۴: بلوک دیاگرام روش کنترل پیشنهادی

جدول ۱: پارامترهای ریزش شبکه

پارامتر	مقدار	پارامتر	مقدار
Input source voltage $V_{dc}(V)$	600	Rate frequency $f_0(HZ)$	50
Filter inductance $L_f(mH)$	1.2	Rate power $P_0(KW)$	4
Filter resistance $R_f(W)$	0.2	Rate voltage $V_0(V)$	310
Filter capacitance $C(\mu F)$	50	Droop coefficient $m_p$	0.0001
Switching frequency $f_0(kHZ)$	5	Droop coefficient $m_q$	0.0017

#### ۱.۴. شبیه سازی ریزش شبکه با ارتباط بدون وقفه

در این حالت فرض می کنیم ارتباط بین واحدهای تولید پراکنده بدون وقفه می باشد. مقادیر بارهای محلی و کلی و امپدانس خطوط مطابق زیر می باشد.

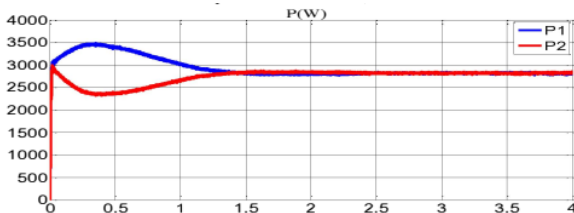
$$R_2=1W, L_2=1mH, R_1=0.8W, L_1=0.8mH$$

$$P_{local1}=1500W, Q_{local1}=1450Var$$

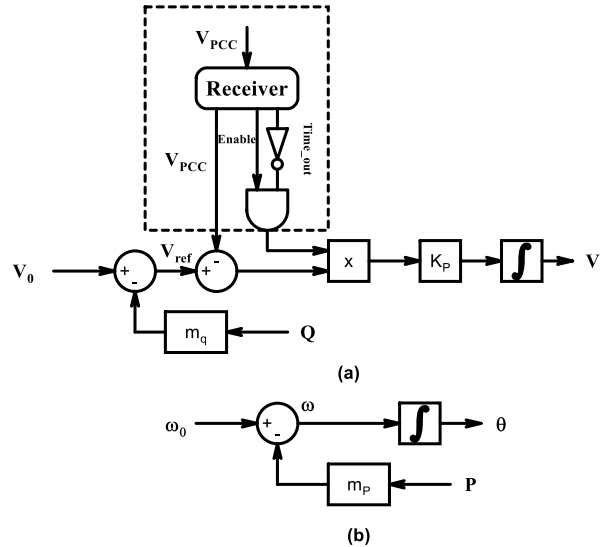
$$P_{local2}=750W, Q_{local2}=600Var$$

$$P_{public}=3350W, Q_{public}=2200Var$$

نتایج شبیه سازی در شکل های (۶) و (۷) نشان داده شده است شکل (۶) و (۷) نشان می دهند که با وجود متفاوت بودن امپدانس خطوط انتقال و بارهای محلی، تقسیم توان اکتیو و راکتیو به طور دقیق انجام می شود.



شکل ۶: توان اکتیو اینورترها



شکل ۵: بلوک دیاگرام روش کنترل اکتیو پیشنهادی a: اشتراک توان راکتیو b: اشتراک توان اکتیو

مطابق شکل (۵) کنترل توان اکتیو مطابق روش کنترل اکتیو متداول می باشد و برای تثبیت فرکانس از بلوک PLL استفاده می شود ولی در حلقه کنترل توان راکتیو، برای جبران افت ولتاژ ناشی از عدم تطابق امپدانس ها، از یک ترم انتگرالی استفاده شده است. مطابق شکل (۵) در زمان جبران سازی یک سیگنال ولتاژ مطابق رابطه (۲۴) به حلقه کنترل توان راکتیو اضافه می شود این ترم انتگرالی، افت ولتاژ ناشی از عدم تطابق امپدانس ها را جبران و خطای اشتراک توان راکتیو را حذف می کند.

$$V = K_p \int (V_{ref} - V_{PCC}) dt \quad (24)$$

$K_p$  بهره انتگرال می باشد و  $V_{ref}$  ولتاژ مرجع تولیدی روش کنترل اکتیو می باشد که از رابطه (۲۵) به دست می آید.

$$V_{ref} = V_0 - m_q Q \quad (25)$$

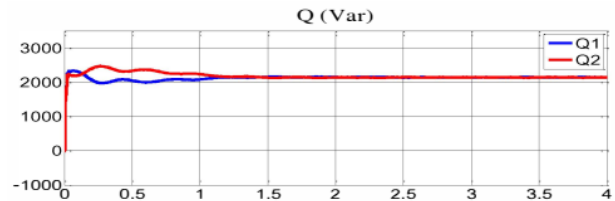
#### ۴. شبیه سازی

در این بخش برای شبیه سازی روش کنترل پیشنهادی ریزش شبکه شکل (۲) با دو واحد تولید پراکنده که به صورت موازی مشترکاً بارهای محلی. کلی را تغذیه می کنند را در نظر می گیریم. پارامترهای ریزش شبکه در جدول

بین واحدها متصل می‌باشد. در این وضعیت ممکن است بار ریز شبکه تغییر یابد. همان‌طور که از نتایج شبیه‌سازی در شکل‌های (۶) و (۷) مشخص است، در این حالت سیستم کنترل پیشنهادی با وجود تغییر بار، توان اکتیو و راکتیو را بین واحدهای تولید پراکنده به طور دقیق تقسیم می‌کند. در سناریوی دوم فرض می‌کنیم که لینک ارتباطی در اثر عوامل ناخواسته برای مدتی قطع می‌شود. در این وضعیت فرض می‌کنیم بار هم تغییر می‌کند. نتایج شبیه‌سازی در شکل‌های (۸) و (۹) نشان می‌دهند که روش کنترل پیشنهادی با قطع لینک ارتباطی و در صورت عدم تغییر بار در این مدت، توان‌ها را به‌طور دقیق بین منابع تقسیم می‌کند. ولی اگر در زمان قطع لینک ارتباطی، بار ریزشبهه تغییر کند. کنترل‌کننده پیشنهادی نمی‌تواند به‌طور دقیق توان راکتیو را بین واحدها تقسیم کند؛ ولی مطابق شکل (۹) اشتراک توان راکتیو روش کنترل پیشنهادی نسبت به روش کنترل اکتیو، بهتر است. نتایج شبیه‌سازی برای ریزشبهه با دو واحد تولید پراکنده موازی به‌دست آمده‌است. در تحقیقات آتی می‌توان سیستم کنترل پیشنهادی را ارتقا داد تا عملکرد آن در حالت قطع لینک ارتباطی و تغییر بار، بهبود داده‌شود.

## References

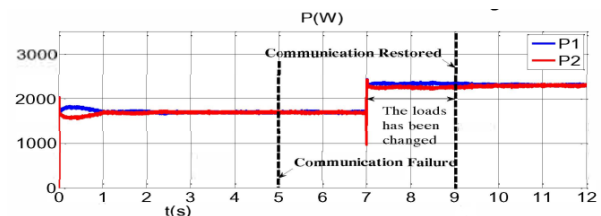
- [1] J. C. Vasquez, J. M. Guerrero, J. Miret, M. Castilla, and L. García De Vicuña, "Hierarchical control of intelligent microgrids," IEEE Industrial Electronics Magazine, vol. 4, no. 4, pp. 23–29, 2010.
- [2] T. L. Vandoorn, J. C. Vasquez, J. De Kooning, J. M. Guerrero, and L. Vandevelde, "Microgrids," Hierarchical control and an overview of the control and reserve management strategies", IEEE Industrial Electronics Magazine, vol. 7, no. 4, pp. 42–55, 2013.
- [3] J. M. Guerrero, M. Chandorkar, T.-L. Lee, and P. C. Loh, "Advanced control architectures for intelligent microgrids - part I: Decentralized and hierarchical control", IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 60, no. 4, pp. 1254–1262, 2013.
- [4] S. Parhizi, H. Lotfi, A. Khodaei, and S. Bahramirad, "State of the art in research on microgrids: A review", IEEE Access, vol. 3, pp. 890–925, 2015.
- [5] H. Han, X. Hou, J. Yang, J. Wu, M. Su, and J. M. Guerrero, "Review of power sharing control strategies for islanding operation of AC microgrids", IEEE Transactions on Smart Grid, vol. 7, no. 1, pp. 200–215, 2016.
- [6] A. Bidram and A. Davoudi, "Hierarchical structure of microgrids control system", IEEE Transactions on Smart Grid, vol. 3, no. 4, pp. 1963–1976, 2012.
- [7] J. Kim, J. M. Guerrero, "Mode adaptive droop control with virtual output impedances for an inverter-based flexible AC microgrid", IEEE Trans. Power Electron, vol. 26, no. 3, pp. 689–701, 2011.
- [8] w. Yao, M. Chen, J. Matas, "Design and analysis of the droop control method for parallel inverters considering the impact of the complex impedance on the power sharing", IEEE Trans. Ind. Electron, vol. 58, no. 2, pp. 576–588, 2015.
- [9] Q.c. Zhong, "Robust droop controller for accurate proportional load sharing among inverters operated in



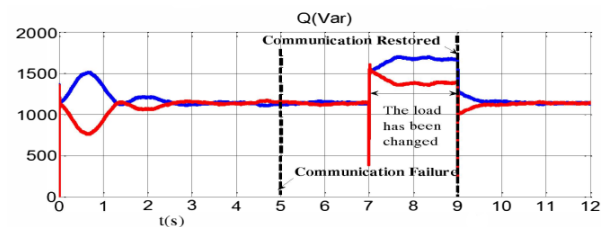
شکل ۷: توان راکتیو اینورترها

## ۲.۴. شبیه‌سازی ریزشبهه با در نظر گرفتن وقفه در ارتباط بین اینورترها

نتایج شبیه‌سازی برای اشتراک توان بین دو اینورتر مشابه با امپدانس متفاوت خطوط که در لحظه  $t=5s$  تا  $t=9s$  ارتباط بین واحدها قطع می‌شود در فاصله زمانی  $t=5s$  تا  $t=7s$  بار ثابت فرض شده و در فاصله  $t=7s$  تا  $t=9s$  بار تغییر می‌کند. نتایج شبیه‌سازی در شکل (۸) و (۹) نشان داده شده‌است.



شکل ۸: توان راکتیو اینورترها



شکل ۹: توان راکتیو اینورترها

همان‌طور که از شکل‌های (۸) و (۹) مشخص است در فاصله  $t=5s$  تا  $t=9s$  که ارتباط بین واحدهای تولید پراکنده قطع شده‌است در فاصله  $t=5s$  تا  $t=7s$  که بار ثابت می‌باشد، تقسیم توان به‌طور دقیق انجام می‌شود و در فاصله  $t=7s$  تا  $t=9s$  که بار تغییر می‌کند هر چند اشتراک توان راکتیو دقیق انجام نشده‌است؛ ولی خطای تقسیم توان راکتیو نسبت به روش کنترل اکتیو متداول کاهش می‌یابد.

## ۵. نتیجه‌گیری

در این مقاله روش کنترل اکتیو تطبیقی پیشنهاد شده‌است در روش کنترل پیشنهادی با جبران افت ولتاژ امپدانس خط انتقال تا نقطه مشترک واحدها، اشتراک توان بین اینورترها متناسب با ظرفیت واحدها می‌باشد.

در این مقاله دو سناریو محتمل در روند کار ریزشبهه جزیره‌ای در نظر گرفته شده‌است. در سناریو اول فرض می‌کنیم که لینک ارتباطی

- parallel”, IEEE Trans. Ind. Electron, vol. 60, no. 4, pp. 1281-1290, 2013.
- [10] J. He, “An enhanced microgrid load demand sharing strategy”, IEEE Trans. Power Electron., vol. 27, no. 9, pp. 3984-3995, 2012.
- [11] A. Tuladhar, H. Jin, “Control of parallel inverters in distributed AC power systems with consideration of line impedance effect”, IEEE Trans. Ind. Appl., vol. 36, no. 1, pp. 131-138, 2000.
- [12] Y. Zhang and H. Ma, “Theoretical and experimental investigation of networked control for parallel operation of inverters”, IEEE Trans. Ind. Electron, vol. 59, no. 4, pp. 1961-1970, 2016.