Archive of SID

انجمن کیفیت ایران

IRSQ Iranian Society for Quality

دهمین کنفرانس ملی کیفیت و بهره وری
تهران ۲۷ آبان ماه سال ۱۳۹۴

انجمن مهندسی بهره وری صنعت برق ایران

ارائه الگوی جدید مدیریت تولید توان در ریزشبکه الکتریکی جهت ارتقای بهره‌وری از منابع تولید پراکنده انرژی

امیر خالدیان[۱]، دانشجوی دکتری، مسعود علی اکبر گلکار[۲]، استاد

۱-دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر - دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی- تهران- ایران
akhaledian@mail.kntu.ac.ir –
۲- دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر - دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی- تهران- ایران
golkar@kntu.ac.ir –

چکیده: در این مقاله، روش جدیدی از اختصاص توان بین منابع تولید پراکنده انرژی در ریزشبکه الکتریکی ارائه می شود. با توجه به وجود منابع دارای تاخیر زمانی در تولید انرژی، مدیریت توان در ریزشبکه های مستقل دارای اهمیت بالایی است. با استفاده از ساختار کنترل توان معرفی شده می‌توان توانایی ریزشبکه برای مواجهه با انواع سناریوهای تغییر بار الکتریکی را افزایش داد. روش جدید نیاز به بکارگیری از ذخیره سازهای انرژی در کنار منابع دارای تاخیر زمانی در تولید توان نظیر پیل سوختی را که در روش‌های پیشین متداول است، مرتفع می سازد. بدین ترتیب بهره‌وری از منابع و ظرفیت موجود ریزشبکه ارتقا یافته و کیفیت سرویس دهی به مصرف-کنندگان انرژی حفظ می شود. با استفاده از مکانیزم معرفی شده، تغییر بار در ریزشبکه به طور خودکار تشخیص داده شده وکنترل-کننده در طول زمان گذرای منبع تا رسیدن به حد توان مطلوب وارد عمل می شود. به منظور ارزیابی الگوی پیشنهادی، یک ریزشبکه به عنوان نمونه مورد آزمایش قرار گرفته است. نتایج شبیه سازی به خوبی نشان دهنده بهبود تخصیص توان در ریزشبکه است.

واژه های کلیدی: منبع تولید پراکنده، ریزشبکه الکتریکی، مدیریت توان، بهره وری انرژی.

نام نویسنده‌ی مسئول : مسعود علی اکبر گلکار

نشانی نویسنده‌ی مسئول : دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی

www.SID.ir

Archive of SID

۱. مقدمه

ریزشبکه الکتریکی یک مفهوم جدید در ساختار صنعت برق است که بیانگر مجموعه‌ای از منابع تولید پراکنده و بارهای الکتریکی با قابلیت عملکرد مجزا از شبکه سراسری است [۱]. ریزشبکه ها بسته به نوع طراحی آن ها می توانند به شبکه سراسری متصل شوند و در ارتقای پارامترهای کیفیت توان و یا فروش انرژی در چهارچوب بازار برق مشارکت داشته باشند [۲]. در عملکرد جزیره‌ای ریزشبکه، منابع موجود وظیفه تامین انرژی را به عهده دارند. در این حالت عملکرد تولید کننده ها باید به گونه ای کنترل گردد که توان مورد نیاز بار بین منابع توزیع شود؛ به طوری که این تخصیص توان با توجه به ظرفیت منابع صورت گیرد [۳].

به دلیل ظرفیت محدود تولید در ریزشبکه ها ، منابع باید انعطاف پذیری بالایی در پاسخگویی به تغییرات بار داشته باشند. در غیر این صورت پایداری ریزشبکه بسیار شکننده خواهد بود. در شرایطی که منابع مبتنی بر مبدل های الکترونیک قدرت، قابلیت کنترل پذیری سریع را در اختیار ریزشبکه قرار می دهند، نبود ظرفیت کافی برای تامین تغییرات لحظه‌ای توان بار به عنوان یک چالش جدی مطرح است [۴].

منابعی مانند پیل سوختی به دلیل دارا بودن فعل و انفعالات مکانیکی دارای تاخیر نسبی در تولید توان هستند. عمدتا از ذخیره سازهای انرژی برای بهبود دینامیک این منابع استفاده می‌شود که به دلیل هزینه‌بر بودن این روش چندان مقرون به صرفه نیست [۵]. در حالت دیگر این منابع در کنار منابع سریعتر مانند بادی و خورشیدی استفاده می‌شوند که وجود عدم قطعیت، قابلیت اطمینان چنین سیستم هایی را کاهش می دهد [۶].

در این مقاله یک ساختار جدید برای بهبود تخصیص توان در ریزشبکه الکتریکی ارائه شده است. در این ساختار توان تخصیص یافته به منابع دارای تاخیر زمانی در تولید توان به نحوی است که بدون بهره گیری از ذخیره سازها و تحمیل هزینه اضافه، توازن تولید و مصرف به خوبی برقرار می‌گردد.

۲. مدل مدیریت توان

در این مطالعه ریزشبکه در حالت مجزا از شبکه سراسری در نظر گرفته می شود. بنابراین تولید کننده ها علاوه بر عهده دار بودن تامین کلیه توان اکتیو و راکتیو مورد نیاز، باید ولتاژ و فرکانس را نیز در محدوده مجاز حفظ کنند.

ولتاژ هر تولید کننده دارای ماهیتی محلی (local) است. اما فرکانس منابع نمی تواند مانند ولتاژ بسته به محل قرار گیری تولید کننده در باس های مختلف متفاوت باشد. این نکته در تعیین مقدار توان تولیدی منابع با توجه به توان درخواستی بار، نقش اساسی را ایفا می کند و سبب می گردد که فرکانس خروجی منابع ماهیت جامع (global) پیدا کند. برای درک مناسب تر این مفهوم فرمول (۱) ارائه شده است.

$$\omega_g = \omega_{nom_i} - m_i P_i = \begin{cases} \omega_1 = \omega_{nom_1} - m_1 P_1 \\ \omega_2 = \omega_{nom_2} - m_2 P_2 \\ \vdots \\ \omega_n = \omega_{nom_n} - m_n P_n \end{cases} \quad (۱)$$

در این رابطه ω_g فرکانس جامع ریزشبکه است. ω_{nom} مقدار نامی فرکانس و m ضریب دروپ توان اکتیو است و میزان تاثیر گذاری توان اکتیو (P) روی فرکانس را تعیین می کند. بر اساس فرمول (۱) و پس از تعیین m یا همان ضریب دروپ توان اکتیو برای هر منبع، توان خروجی آن به شکلی است که منجر به داشتن فرکانس خروجی برابر با سایر منابع می شود. این همگرایی فرکانسی به سرعت در تنظیم توان خروجی منابع صورت می گیرد. با توجه به اینکه برخی از منابع مانند پیل-سوختی دارای تاخیر زمانی در تولید توان و رسیدن به حد نامی هستند، بر اساس مشخصه دروپ ارائه شده در فرمول (۱) پایداری فرکانسی ریزشبکه در حضور این منابع با مشکل مواجه می گردد [۷].

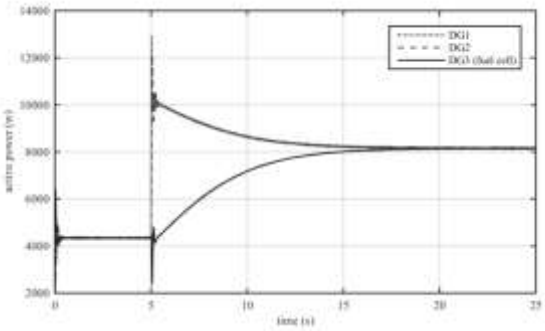
روش پیشنهادی نیاز به استفاده از ذخیره ساز انرژی در کنار پیل سوختی را مرتفع می سازد و مبتنی بر تحلیل رفتار این منبع تولید پراکنده انرژی در مواجهه با تغییرات پله ای بار است. بر این اساس در مدت زمان رسیدن توان پیل سوختی از حد فعلی به حد مطلوب، تامین انرژی فراهم نشده بارهای الکتریکی به عهده منابع با دینامیک سریع خواهد بود. به عبارت دیگر نیاز به نصب ظرفیت پشتیبان برای جبران دینامیک پیل سوختی برطرف می شود. این کار با مدیریت تخصیص انرژی بین منابع در ریزشبکه با ظرفیت نصب شده موجود انجام می شود.

در شکل (۱)، منابع DG1 و DG2 از نوع سیستم هیبرید خورشیدی- باتری هستند که دارای قابلیت پاسخگویی سریع به تغییرات بار است. DG3 پیل سوختی از نوع اکسید جامد

www.SID.ir

Archive of SID

(SOFC) و دارای تاخیر زمانی در رسیدن به توان مطلوب تولیدی است.



شکل (۱): توان تولیدی سه منبع تولید انرژی در ریزشبکه با کنترل کننده پیشنهادی در شرایط تغییر بار

با استفاده از کنترل کننده پیشنهادی، پس از وقوع تغییر بار درسیستم توان پیل سوختی رفته رفته افزایش می یابد. به این ترتیب که بلافاصله پس از تغییر بار، وقوع آن با روش ارائه شده در مقاله تشخیص داده می شود. توان اختصاص یافته به پیل سوختی در لحظه اول پس از تغییر بار برابر مقدار آن قبل از تغییر بار تنظیم می شود. این اختصاص توان کم کم افزایش می-یابد که این افزایش متناسب با ثابت زمانی منبع در تولید توان است. در نهایت تولید منبع به مقدار مطلوب می‌رسد.

۳. نتیجه گیری

با توجه به وجود منابع دارای دینامیک در تولید توان، ساختار جدیدی برای تخصیص توان بین تولید کننده ها در ریزشبکه ارائه شده است. در روش های مرسوم از ذخیره سازها در کنار منابع دارای دینامیک مانند پیل سوختی استفاده می کنند. اما در روش پیشنهادی، از ظرفیت موجود برای جبران تاخیر زمانی منابع در پاسخگویی به تغییرات بار بهره گرفته شده است. به این ترتیب بهره‌وری در ریزشبکه ارتقا یافته و به دلیل عدم استفاده از ذخیره ساز در هزینه صرفه جویی شده است. با اعمال روش تشخیص خودکار تغییر بار ریزشبکه، کنترل کننده پیشنهادی در شرایط گذرا وارد عمل می‌شود و دینامیک تخصیص توان را بهبود می دهد. همچنین منابع با پاسخ کند پس از تغییر بار دچار جهش در توان تخصیصی نمی شوند. با اعمال روش جدید روی یک ریز شبکه آزمایشی، کارایی آن در تخصیص مناسب توان نشان داده شده است.

مراجع

[1] R. H. Lasseter, *"MicroGrids,"* in Power Engineering Society Winter Meeting, 2002. IEEE, 2002, pp. 305-308 vol.1.

[2] M. Niu, W. Huang, J. Guo, and L. Su, *"Research on economic operation of grid-connected microgrid,"* Power System Technology, vol. 34, pp. 38-42, 2010.

[3] F. Katiraei, M. Iravani, and P. W. Lehn, *"Micro-grid autonomous operation during and subsequent to islanding process,"* Power Delivery, IEEE Transactions on, vol. 20, pp. 248-257, 2005.

[4] R. R. Kolluri, I. Mareels, T. Alpcan, M. Brazil, J. de Hoog, and D. Thomas, *"Power sharing correction in angle droop controlled inverter interfaced microgrids,"* in Power & Energy Society General Meeting, 2015 IEEE, 2015, pp. 1-5.

[5] A. A. Moghaddam, A. Seifi, T. Niknam, and M. R. A. Pahlavani, *"Multi-objective operation management of a renewable MG (micro-grid) with back-up micro-*turbine/fuel cell/battery hybrid power source," Energy, vol. 36, pp. 6490-6507, 2011.

[6] M. He, S. Murugesan, and J. Zhang, "Multiple timescale dispatch and scheduling for stochastic reliability in smart grids with wind generation integration," in INFOCOM, 2011 Proceedings IEEE, 2011, pp. 461-465.

[7] R. M. Kamel and B. Kermanshahi, "Design and implementation of models for analyzing the dynamic performance of distributed generators in the micro grid part I: micro turbine and solid oxide fuel cell," Scientia Iranica Transaction D: Computer Science and Engineering, vol. 17, pp. 47-58, 2010.

www.SID.ir