ششمین کنفرانس ملی
علوم انسانی و آموزش و پرورش با محوریت توسعه پایدار
6th National Conference on
Humanities and Education With a focus on sustainable development
www.mpconf.ir

استفاده از روش کنترلی مبتنی بر کنترل تناسبی انتگرال گیر به وسیله ذخیره کننده ها، جهت کنترل بهینه میکرگرید در حالت مجزا از شبکه بالا دست

مهدی میرزائی(نویسنده مسئول)[۱]، ایرج محمودی[۲]، مصطفی اسماعیل زاده[۲]، عسگر رضازاده[۲]، جواد عطالو[۲]

[۱] دکتری برق-قدرت، مربی فنی و حرفه‌ای، مرکز شماره ۲۶ هوراند، سازمان فنی و حرفه‌ای، استان آذربایجان شرقی، هوراند، ایران

[۲] کارشناسی، مهارت آموز فنی و حرفه‌ای، مرکز شماره ۲۶ هوراند، سازمان فنی و حرفه‌ای، استان آذربایجان شرقی، هوراند، ایران

Email Group (mirzaeymehdi@yahoo.com)

چکیده

یکی از مسایل مهم در ریزشبکه ها کنترل ولتاژ و فرکانس یا بعبارت دیگر تعادل بین توان تولید شده و مصرف شده در میکرگرید است. در این مقاله یک روش کنترلی مبتنی بر سیستم ذخیره ساز انرژی برای کنترل ریزشبکه در حالت جدا از شبکه اصلی پیشنهاد شده است. کنترل کننده ی پیشنهادی از کنترل کنندهای کنترل تناسبی انتگرال گیر جهت بالانس توان استفاده می کند که در مرحله ی اول سیستم ذخیره ساز کنترل اولیه ی توان را انجام می دهد و در مرحله دوم همزمان با به صفر میل کردن ظرفیت ذخیره ساز منابع تولید توان نظیر دیزل ژنراتورها وارد عمل شده و وظیفه ی بالانس توان را به عهده می گیرند. تا از دست رفتن میکرگرید جلوگیری نمایند. نتایج شبیه سازی صحت عملکرد کنترل کننده را تایید می کند.

کلمات کلیدی: ریزشبکه، ذخیره ساز، دیزل ژنراتور، کنترل کننده.

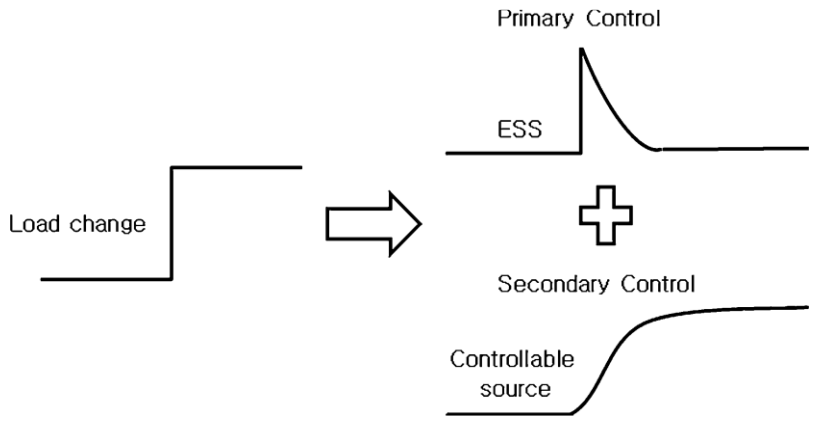
۱. مقدمه

بعضی اوقات بخاطر مسائل فنی و اقتصادی، توسعه شبکه های تولید و انتقال مشکل بوده و حل مساله تامین رشد بار با قیمت قابل قبول در آینده سخت بوده و لذا در این گونه موارد ریزشبکه می تواند جهت تامین تقاضای رشد بار بکار گرفته شود[۲].

ریزشبکه بخشی از یک سیستم قدرت است که شامل یک یا چند واحد منبع تولید پراکنده بوده و انتظار می رود که پس از جدا شدن از سیستم بتواند در حالت بهره برداری باقی بماند. پدیده جدا شدن از شبکه که منجر به تشکیل ریزشبکه می شود می تواند ناشی از رویدادهای کلیدزنی برنامه ریزی شده و یا غیر برنامه ریزی شده باشد[۳]. اگر یک ریزشبکه توانایی عملکرد بصورت مستقل از شبکه را داشته باشد، هنگام قطع شبکه می توان گفت قابلیت اطمینان و کیفیت تولید برق در شبکه بسیار بالا می رود.

یک ریزشبکه می تواند در دو حالت ایزوله و متصل عمل کند. در حالت مستقل، ریزشبکه بارها را بدون دریافت توان از شبکه تغذیه می کند. این شبکه مستقل و ایزوله باید علاوه بر تامین توان مورد نیاز مصرف کنندگان، کنترل فرکانس و ولتاژ را نیز به عهده گیرد. در حالت غیرمستقل، ریزشبکه در حالیکه متصل به شبکه اصلی برق می باشد، با شبکه بالادست تبادل توان داشته و فرکانس و ولتاژ توسط شبکه بالادست کنترل می گردد[۴].

در این مقاله یک روش کنترلی مبتنی بر سیستم ذخیره ساز انرژی برای کنترل ریزشبکه در حالت جدا از شبکه اصلی پیشنهاد شده است. در واقع تعادل تولید و مصرف در ریزشبکه پس از جدایی از شبکه اصلی به طور لحظه ای برقرار نمی شود در این حالت ، ذخیره ساز به علت داشتن پاسخ بسیار سریع جهت تبادل توان با ریزشبکه به عنوان کنترل اولیه فرکانس عمل می کند . سپس DG های کنترل پذیر نظیر پیل سوختی ، میکروتوربین یا دیزل ژنراتور به تدریج با تغییر تدریجی توان خروجی خود ، توان خروجی ذخیره ساز را به صفر می رسانند. استراتژی کنترلی میکرگرید شامل تولیدات پراکنده و منبع ذخیره ساز انرژی در شکل ۱ نشان داده شده است. در حالت مجزا از شبکه تعادل سریع توان بین منابع بار به علت اینرسی پاین منابع برقرار نمی شود. در نتیجه فرکانس و ولتاژ نوسان داشته و در صورت عدم تامین توان لازم، ممکن است میکرگرید خاموش گردد. کنترل اینورتر منبع ذخیره ساز به گونه ای است که در چند میلی ثانیه میتواند توان مورد نیاز را تامین کند.با توجه به اینکه دیزل ژنراتور و پیل سوختی دارای پاسخ کندی هستند منبع ذخیره ساز انرژی نقش مهمی را در کنترل ولتاژ و فرکانس میکرگرید در حالت مجزا از شبکه ایفا می کند. در حالت مجزا از شبکه با بالانس توان توسط ذخیره ساز می توان فرکانس و ولتاژ میکرگرید را تنظیم کرد. اما ظرفیت ذخیره ساز باید توان پاسخ گویی به تغییرات بار را داشته باشد.



شکل ۱ : استراتژی کنترل میکرگرید

۲. مفهوم میکرگرید

یک ریزشبکه عبارتست از یک سیستم توزیع شامل منابع مختلف تولید پراکنده (فتوولتائیک، باد، پیل های سوختی، میکروتوربین ها، ...) و ذخیره‌سازهای انرژی الکتریکی (باتری، ابرخازن ، چرخ طیار) که مجموعه ای از بارهای الکتریکی خانگی، تجاری، صنعتی و یا ترکیبی از آنها را تغذیه می کند. منابع تولید پراکنده موجود در ریزشبکه واحدهای کوچکی هستند که معمولا کوچکتر از ۱۰۰ کیلووات بوده و می توانند شامل منابع ذخیره ساز انرژی نیز باشند. یک مزیت ذاتی این سیستم این است که طرح بهتری برای تامین نیازهای بار با تولیدات محلی ارائه می دهد و هر ریزشبکه می تواند دارای یک مالک باشد که بصورت خصوصی وارد بازار شده و با منابع تولید پراکنده خود در تولید و عرضه انرژی شرکت می نماید[۲].

به عبارت دیگر، ریزشبکه بخشی از یک سیستم قدرت است که شامل یک یا چند واحد منبع تولید پراکنده بوده و انتظار می رود که پس از جدا شدن از سیستم بتواند در حالت بهره برداری باقی بماند. پدیده جدا شدن از شبکه که منجر به تشکیل ریزشبکه می شود می تواند ناشی از رویدادهای کلیدزنی برنامه ریزی شده و یا غیر برنامه ریزی شده باشد[۳].

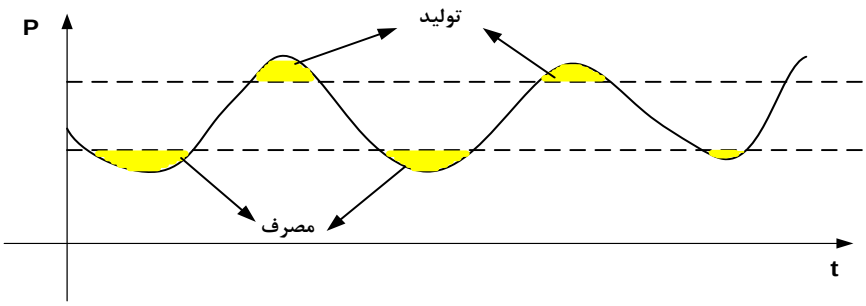
۳. ذخیره ساز های انرژی و دلایل استفاده از آنها

میکرگرید از تعدادی واحد تولید پراکنده نظیر توربین بادی، سیستم فتوولتاییک، دیزل ژنراتور و پیل سوختی تشکیل می شود که قابلیت کنترل داشته و تامین کننده ی توان الکتریکی و در صورت نیاز گرمایی می باشد. یکی از مسایل مهم در ریزشبکه ها کنترل ولتاژ و فرکانس یا بعبارت دیگر تعادل بین توان تولید شده و مصرف شده در میکرگرید است. در حالت متصل به شبکه شبکه اصلی تعادل توان را برقرار می نماید، اما در حالت ایزوله، تعادل بین تولید و مصرف به عهده ی ریزشبکه می باشد. از آنجایی که منابع غیر تجدیدپذیر تولید مورد استفاده در ریزشبکه نظیر پیل سوختی و دیزل ژنراتور دارای پاسخ کندی هستند. قادر به تامین سریع توان بالانس و در نتیجه کنترل ولتاژ و فرکانس ریزشبکه نیستند. از طرف دیگر منابع تجدید پذیر نظیر سیستم فتوولتاییک و توربین بادی (فاقد ذخیره ساز) دارای خروجی متغییر با زمان بوده و نمی توانند برای بالانس توان مورد استفاده قرار گیرند. بنابراین در ریزشبکه ها از منابع ذخیره ساز انرژی از قبیل باتری و چرخ طیار استفاده می شود. که دارای سرعت پاسخ بالایی بوده و قادر است توان بالانس را به سرعت تامین کند.

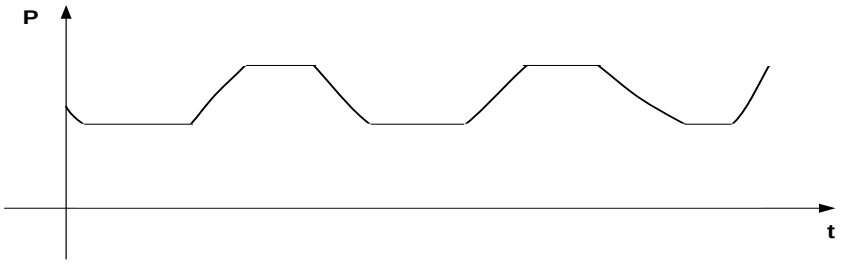
یک تفاوت عمده میان سیستم قدرت با سایر سیستم های عرضه و تقاضا در لزوم برابری عرضه و تقاضا در هر لحظه می باشد چنانچه میزان تولید بیشتر از مصرف باشد امکان ذخیره مازاد انرژی جز از طریق منابع ذخیره ساز انرژی میسر نیست. دلایل استفاده از منابع ذخیره ساز در سیستم های قدرت شامل هموارسازی منحنی بار (شکل۲و۳)، ایجاد قابلیت حمل و نقل از طریق باتری ها برای خودرو برقی و در نهایت افزایش قابلیت اطمینان از طریق جایگزینی تولید در شبکه می باشد.

اساسا تغییرات میزان مصرف باید توسط راه های زیر جبران شود:

- رزرو چرخان
- ورود و خروج نیروگاه ها
- ذخیره سازهای انرژی (جا به جایی)



شکل۲ : منحنی بار



شکل۳ : هموار سازی منحنی بار توسط ذخیره ساز انرژی

در میکرگرید ها نیز علاوه بر دلایل فوق به دو دلیل دیگر استفاده از ذخیره ساز ها ضرورت دارد. اول پاسخ کند DG-ها به سیگنال کنترلی در حالت ایزوله از شبکه و دوم دینامیک سریع ریزشبکه و تغییرات سریع آن چون بی اینرسی است.
استفاده از ذخیره کنندهای انرژی در سیستم قدرت، هم از دیدگاه تولید کننده و هم از دیدگاه مصرف کننده دارای مزایای مختلفی می باشد. از جمله اثرات حضور ذخیره سازهای انرژی در شبکه، افزایش راندمان ژنراتور ، بهبود کیفیت توان و کاهش بار پیک می باشد. وجود یک ذخیره کننده مطمئن در شبکه که انرژی تولیدی دیگر ژنراتور ها را ذخیره می کند در افزایش راندمان ژنراتورها و نیز طول عمر شان تاثیر بسزایی دارد. این عمل همچنین از دید مصرف کنندگان باعث افزایش ضریب اطمینان سیستم و پایداری دینامیکی آن بوده و ضمنا انرژی تحویلی به مصرف کننده با کیفیت بیشتر و بدون خاموشی خواهد بود ونیز کنترل فرکانس و ولتاژ که از مسایل حیاتی شبکه است را با سرعت پاسخ بالای این تجهیزات می توان تا سطح مطلوبی بهبود بخشید.

۴. استراتژی کنترل بارها در ریزشبکه

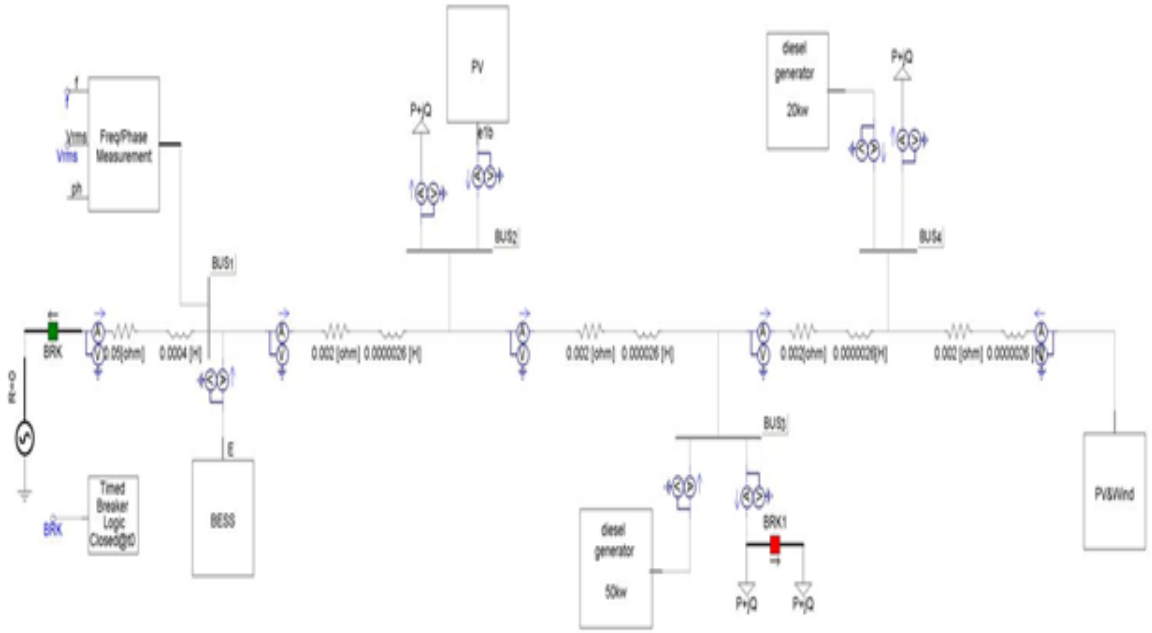
DER ها در ریزشبکه به دو صورت کنترل می شوند [۴]:

۱. کنترل توان اکتیو/ راکتیو (P/Q) : در این نوع کنترل ، توان اکتیو و راکتیو خروجی DER در مقدار معینی تنظیم می شوند. DERمی تواند مقدار مرجع توان راکتیو را به صورت محلی (مثلاً یک حلقه کنترل محلی ولتاژ) یا از طرف کنترل کننده مرکزی MCC دریافت کند.
۲. کنترل ولتاژ/ فرکانس (V/f) : ذخیره سازها و ریزمنبع های اینورتری که در باس dc خود دارای باتری هستند ، می توانند به صورت V/f کنترل شوند . در این نوع کنترل ، دامنه و فرکانس مرجع برای ولتاژ خروجی توسط مشخصه های افتی تعیین می شود.

۵. ساختار سیستم مورد مطالعه

شکل۴ ساختار سیستم مورد مطالعه را نشان می دهد. سیستم شامل فتوولتاییک، سیستم ترکیبی توربین بادی و فتوولتاییک، دو دیزل ژنراتور، سیستم ذخیره ساز انرژی و سه بار می باشد.
برای مدل سازی شبکه بالا دست از یک منبع ولتاژ سری با یک امپدانس استفاده شده است، همچنین برای قطع و وصل میکرگرید از شبکه بالا دست یک کلید با منبع ولتاژ سری شده است، سیستم ذخیره ساز انرژی به صورت یک منبع جریان قابل کنترل مدل شده

است و برای مدل سازی دیزل ژنراتور سنکرون از مدل موتور احتراقی و ژنراتور سنکرون که در کتابخانه PSCAD موجود است استفاده شده است.

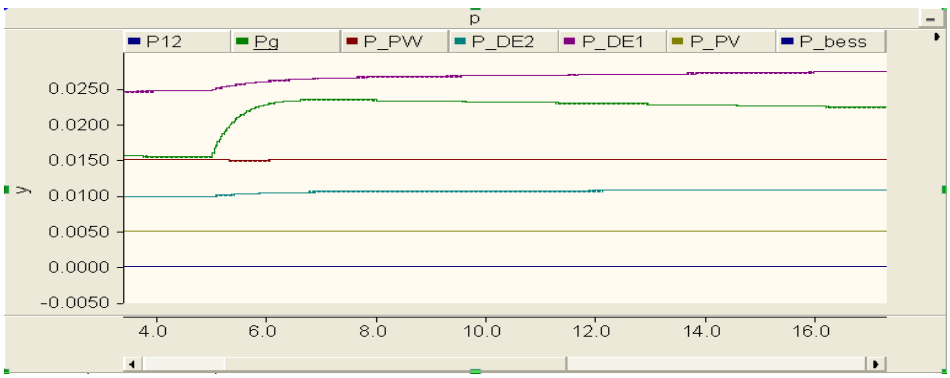


شکل۴ : ساختار سیستم مورد مطالعه

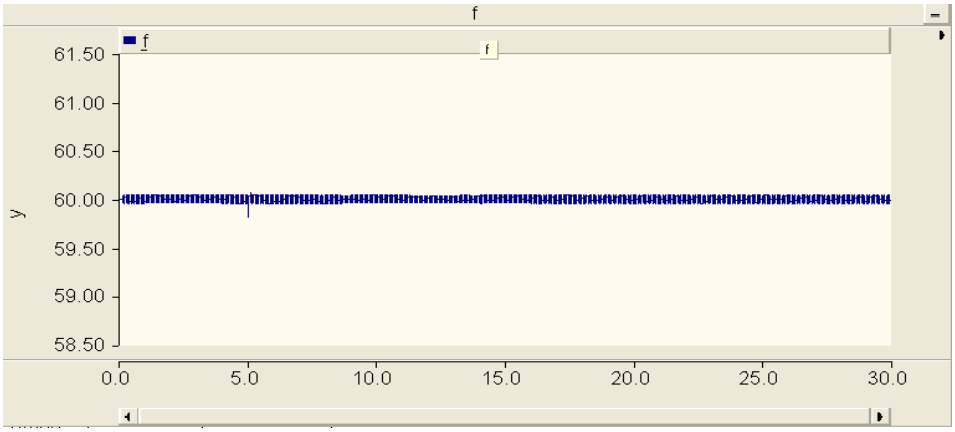
برای تست سیستم مورد مطالعه در حالت جدا از شبکه، سیستم را در دو حالت با ظرفیت ذخیره ساز مناسب و بدون ظرفیت ذخیره ساز مناسب بررسی کردیم که نتایج آن درستی عملکرد کنترل کننده را تایید می کند.

۶. عملکرد میکرگرید در حالت متصل به شبکه

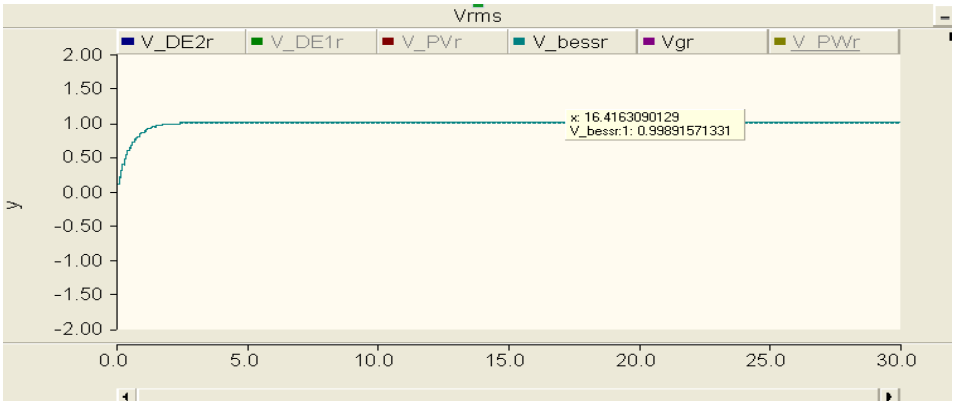
در این حالت میکرگرید به شبکه اصلی متصل می باشد ودر ثانیه ۵ ، بارها ۲۰ کیلووات افزایش می یابد . وظیفه ی کنترل توان و فرکانس در این حالت به عهده شبکه اصلی می باشد. شکل های (۷ – ۵) به ترتیب نمودار توان، فرکانس و ولتاژ را در این حالت نشان می دهد. شبکه بالادست با تامین توان مورد نیاز از انحراف ولتاژ و فرکانس جلوگیری می کند.



شکل۵ : توان اکتیو منابع میکرگرید و ذخیره ساز



شکل۶ : فرکانس ریزشبکه



شکل۷ : ولتاژ ریزشبکه

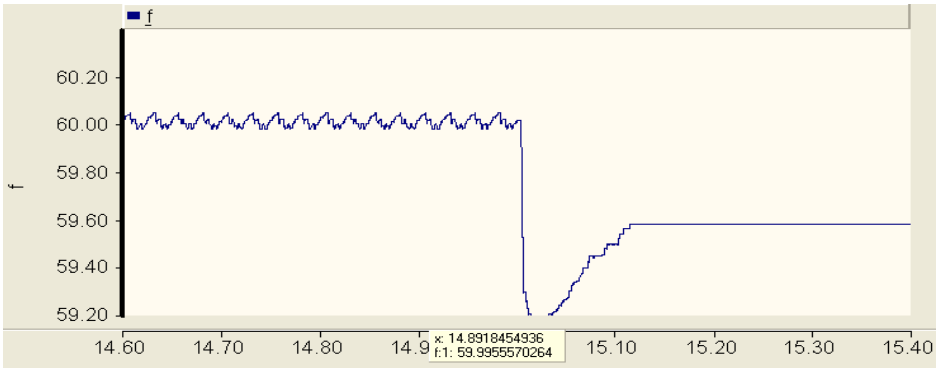
۷. عملکرد مستقل ریزشبکه با ظرفیت ذخیره ساز مناسب و نامناسب

در این حالت در ثانیه ۵ میکرگرید از شبکه بالا دست جدا شده و سپس در ثانیه ۱۵ توان اکتیو کل بارها ۱۰ کیلووات افزایش می یابد. شکل های (۱۱-۸) نمودار توان در این حالت را نمایش می دهد. مطابق شکل کل افزایش بار به خاطر ایجاد حالت جزیزه ای در ثانیه ی ۵ ،توسط منبع ذخیره ساز انرژی تامین می شود و توان خروجی منابع تولید پراکنده ثابت می ماند. منبع ذخیره ساز قادر به تامین حداکثر ۲۰ کیلووات می باشد.

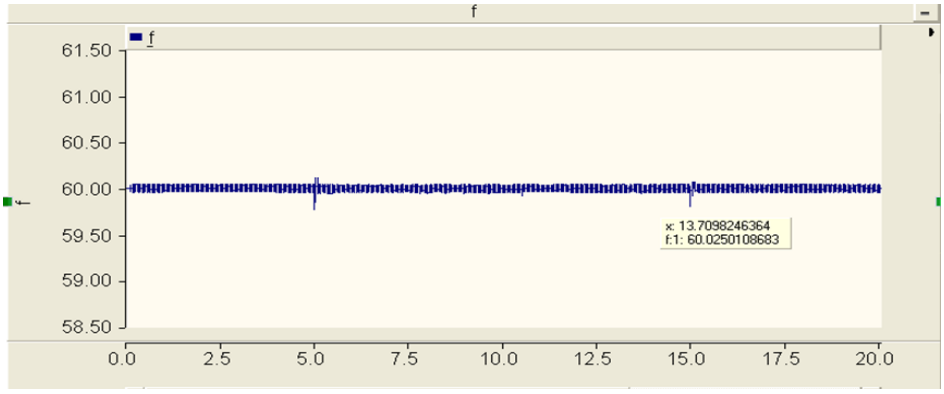
در حالتی که ظرفیت ذخیره ساز کافی نباشد در ثانیه ۱۵ بدلیل عدم ظرفیت کافی برای جبران افزایش ۱۰ کیلوواتی بار، تنها حدود ۵ کیلووات آن را جبران کرده و مابقی توسط دیزل ژنراتور ها تولید می شود . بدلیل اینرسی پایین دیزل ژنراتورها فرکانس شبکه ، همانطور که در شکل نمایش داده شده است، از دست رفته و از محدوده مجاز خارج می گردد.

در حالتی که ظرفیت ذخیره ساز کافی باشد سیستم ذخیره ساز پس از بالانس ۱۵ کیلوواتی افزایش بار ناشی از از دست دادن شبکه بالا دست، به تدریج با کنترل ثانویه توان خروجی اش را به صفر می رساند و در ثانیه ۱۵ می تواند افزایش بار را جبران نماید.

شکل۸ : توان اکتیو منابع میکرگرید و ذخیره ساز



شکل۹ : از دست رفتن فرکانس به دلیل عدم ظرفیت کافی منبع ذخیره ساز



شکل۱۰ : فرکانس میکرگرید در ذخیره ساز با ظرفیت مناسب

۸. نتیجه‌گیری

در این مقاله یک روش کنترلی مبتنی بر سیستم ذخیره ساز انرژی برای کنترل ریزشبکه در حالت جدا از شبکه اصلی پیشنهاد شد و مشاهده گردید که سیستم ذخیره ساز انرژی در صورتی که دارای ظرفیت مناسب باشد می تواند در حالت جزیره ای شدن، به علت سرعت پاسخ دهی بالا کنترل توان را برعهده بگیرد و بستر را برای سایر منابع تولید توان از قبیل دیزل ژنراتور آماده سازد و نهایتا به پایداری میکرگرید ها کمک کند.

۹. پیشنهاد جهت ادامه ی کار

کنترل کننده ی پیشنهادی از کنترل کنندهای کنترل تناسبی انتگرال گیر جهت بالانس توان استفاده می کند از آنجایی که کنترل کننده ی های کنترل تناسبی انتگرال گیر علی رغم سادگی، دارای ضرایب ثابتی هستند در نتیجه برای تمام حالت های پیش آمده درای پاسخ مطلوبی نیستند. پیشنهاد می شود ضرایب این کنترل کننده ها بوسیله ی الگوریتم های بهینه سازی نظیر ژنتیک و PSO بصورت آنلاین تغییر کنند که نتیجه ی آن مینیمم شدن میزان انحراف ولتاژ و فرکانس خواهد بود.

۱۰. مراجع

۱. *Faisal A. Mohamed, "MICROGRID MODELLING AND ONLINE MANAGEMENT", PHD thesis, Helsinki University of Technology Control Engineering, 2008.*

2. *Jiayi H., Chuanwen J., and Rong X. "A review on distributed energy resources and Microgrid", Available online in Renewable and Sustainable Energy Reviews Journal, 2007.*

۳. *R.H, " Microgrid", Power Engineering Society Winter Meeting, IEEE, Vol.1, pp.305-308, Jan. 2002.*

۴. *A. Peças Lopes, J.; L. Moreira, C.; G. Madureira, A." Defining control strategies for MicroGrids islanded operation". IEEE Transactions on Power Systems, May2006, vol. 21, no. 2, pp. 916-624.*

5. *MG BOOK.*

6. *Marwali M. N. and Keyhani A., "Control of Distributed Generation Systems- Part 1: Voltage and Currents Control", IEEE Trans. Power Electron., Vol. 19, pp.1541-1550, Nov. 2004.*

7. *Marwali M. N., Jung J., and Keyhani A., "Control of Distributed Generation Systems- Part 1: Load Shering Control", IEEE Trans. Power Electron., Vol. 19, pp.1551-1561, Nov. 2004.*

8. *Melipoloulos A. P.S., "Challenges in Simulation and Design of Micro-Grids", in proc. IEEE Power Eng. Soc. Winter Meeting, New York, Vol.1 , pp. 309-314, 2002.*

9. *Katiraei F., Iravani M.R., and Lehn P.W., "Micro-Grid Autonomous Operation during and Subsequent to Islanding Process", IEEE Trans. Power Delivery, Vol.20, No.1, pp. 248-257, Jan. 2002.*

10. *sumiti lanmichance "improvement stability microgrids by employing storage" master thesis, luisiana tech university, august 2012.*

11. *ANVAE MG.*

12. *Multi_Input Direct DC-AC Converter With High Frequency Link For Clean Power Generation System M.Sarhang Zadeh.*

13. *F. Katiraei, R. Iravani, N. Hatziargyriou, A. Dimes. "Microgrids management," IEEE Power Energy Mag., vol. 6, no.3, pp. 54–65, May-Jun. 2008.*