



بررسی تاثیرات نیروگاه خورشیدی نفوذ بالای متصل به شبکه توزیع

محمد کرابی^۱ (کارشناس ارشد)، حامد امیری^۲ (کارشناس ارشد)، مریم السادات اخوان حجازی^۳ (استادیار)

چکیده

در چند دهه اخیر با توجه به افزایش قابل ملاحظه قیمت سوخت‌های فسیلی و مسائل زیست محیطی ناشی از استفاده از اینگونه سوخت‌ها و همچنین در چند سال گذشته با وقوع فجایع زیست محیطی در ارتباط با استفاده از سوخت اتمی برای تولید برق و مسائل مربوط به دفع پسماندهای هسته‌ای، میل به استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر و بدون آلودگی زیست محیطی بخصوص انرژی خورشیدی بسیار افزایش یافته است. انرژی فتوولتائیک یکی از انرژی‌های پاک و کارآمد است که به سرعت در حال گسترش می‌باشد. با افزایش درصد نفوذ این نیروگاهها در شبکه برق مسائلی پیش می‌آید که ممکن است منجر به بروز خطا و اشکالاتی در سیستم توزیع گردد. یکی از اشکالاتی که ممکن است پیش بیاید مسئله افزایش ولتاژ در نقطه اتصال و همچنین اثر گذر ابر می‌باشد. در این مقاله یک سیستم کنترلی برای کنترل شبکه پیشنهادی شامل نیروگاه خورشیدی با نفوذ بالا در شبکه طراحی شده است و حداکثر مجاز مقدار درصد نفوذ نیز در بارهای مختلف برای آن بدست آمده است. اثر گذر ابر نیز بر روی این سیستم مشاهده و شبیه سازی و خروجی های مفیدی منتج شده است. شبیه سازی در محیط نرم افزار متلب انجام شده است.

واژه‌های کلیدی: نیروگاه خورشیدی - درصد نفوذ - شبکه توزیع - اضافه ولتاژ

۱- گروه برق، واحد تهران شرق، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران (m_ka_1978@yahoo.com)

۲- گروه برق، دانشگاه شهاب دانش، قم، ایران (hamedamiri00@yahoo.com)

۳- دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران (mhejazi@kashanu.ac.ir)



۱- مقدمه

فتوولتائیک یا به اختصار PV^۱، یکی از انواع سامانه‌های تولید برق از انرژی خورشیدی می‌باشد. در این روش با بکارگیری سلول‌های خورشیدی، تولید مستقیم الکتریسیته از تابش خورشید امکان پذیر می‌شود. مقدار انرژی تابشی خورشید بر روی کره زمین ۶۰۰۰ برابر کل مصرف انرژی‌های سالیانه بر روی زمین است که این مطلب نشان دهنده اهمیت توجه به این منبع در تامین نیازهای روزمره بشر است. در حال حاضر سیستم‌های فتوولتائیک و مقدار انرژی تامین شده توسط آنها به نسبت سایر منابع تولید انرژی بسیار کمتر می‌باشد. اما با افزایش روز افزون استفاده از این انرژی مقدار نفوذ انرژی خورشیدی در شبکه افزایش می‌یابد. این مقدار نفوذ می‌تواند در شرایط کاری شبکه توزیع نقش زیادی داشته باشد. این نقش می‌تواند در حد افزایش یا کاهش پروفیل ولتاژ، پدیده فلیکر، عملکرد بیش از حد تجهیزات، عدم عملکرد ادوات حفاظتی و یا بسیاری از موارد دیگر گردد. با افزایش روز افزون استفاده از انرژی فتوولتائیک و با بزرگتر شدن اندازه وسعت این نیروگاه‌ها مسائل ناخواسته‌ای در سیستم توزیع بوجود می‌آید. در سیستم‌های توزیع برق که برنامه‌ریزی و زمان‌بندی توان از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است و حاشیه سود شرکت‌های توزیع به دقت آنها در پیش بینی توان مصرفی و بالانس کردن میزان تولید برق با آن میسر می‌گردد، تغییرات توان از جمله مسائل جدی برای شرکت‌های توزیع در زمینه بهره برداری از منابع تولید انرژی فتوولتائیک است. پنل‌های خورشیدی بصورت آبی به تغییرات در میزان تابش واکنش نشان می‌دهند. این تغییرات صرف نظر از اندازه و توان نیروگاه خورشیدی می‌تواند برای شرکت‌های توزیع مسئله برانگیز باشد. این بدان دلیل است که در هوای نیمه ابری این پنل‌ها با تغییرات تابش ناگهانی زیاد در طول روز مواجه می‌شوند و این مسئله با تاثیری که بر روی توان تولیدی این واحدها دارد می‌تواند بر روی سیستم توزیع اثرات قابل توجهی داشته باشد [۱،۲]. در ادامه به مقالات مختلفی که پیش از این به این موضوع پرداخته اند اشاره ای می‌کنیم.

در مقاله [۳] به بررسی تاثیر مقادیر مختلف نفوذ نیروگاه‌های فتوولتائیک در سیستم توزیع انرژی الکتریکی می‌پردازد، در این مقاله نیروگاه‌ها از طریق فیدر به یک مدل ساده شده از شبکه متصل می‌گردند. در این مقاله به بررسی مدل استفاده شده در شبیه سازی‌ها، مقدار نفوذ، روش کنترلی و انواع مدل شبکه و تاثیر هرکدام بر ولتاژ و فرکانس شبکه در حضور نیروگاه‌های خورشیدی می‌پردازد. در این پژوهش این نتیجه حاصل شده است که در یک شبکه با گسترش جغرافیایی بالاتر تاثیرات سیستم فتوولتائیک بر فرکانس و ولتاژ شبکه کمتر می‌گردد.

در مقاله [۴] یک استراتژی کنترلی برای کنترل نمودن نرخ شیب در خروجی اینورتر استفاده شده است. در این روش در زمانی که شیبی رخ می‌دهد، میزان شیب با استفاده از کنترل نمودن تجهیزات ذخیره سازی انرژی و رابطه معکوسی که شیب دارد خروجی پنل را کنترل می‌نماید.

در مقاله [۵] تاثیرات گذر ابر بر روی سیستم فتوولتائیک به عنوان یکی از مسائل عمده ای که کاربرد این سیستم را محدود می‌نماید شناخته شده است. این امر می‌تواند به تغییرات ولتاژ و یا بیش از حد کار کردن ادوات تنظیم ولتاژ منجر گردد. در این مقاله با استفاده از داده‌های واقعی ترانسفورماتور شبکه توزیع و همچنین داشتن میزان تابش خورشیدی در بازه های یک دقیقه ای توانسته تاثیر آن را بر سیستم توزیع محلی بررسی نماید. مقدار نفوذ در این مقاله ۲۰ درصد در نظر گرفته شده است، و این نتیجه حاصل شده است که فلیکر ولتاژ در شبکه مسئله ساز نمی‌باشد اما اضافه کار کردن تپ چنجرها در ترانس های توزیع با ۵ دقیقه تاخیر می‌تواند مسئله ساز شود.

در مقاله [۶] ابتدا بررسی‌های مقدار مصرف بار و همچنین نمودارهای تابش انجام شده و سپس مقدار بهینه ذخیره کننده انرژی بدست آمده است.

در مقالات متعدد به بررسی اتصال سیستم فتوولتائیک به شبکه و همچنین درصد نفوذهای مختلفی که یک سیستم فتوولتائیک در شبکه برق می‌تواند داشته باشد پرداخته شده است. ولی از جمله مشکلاتی که در شبکه به وجود می‌آید می‌توان به مساله نوسان توان^۱، افزایش ویا کاهش پروفیل ولتاژ، عدم عملکرد ادوات حفاظتی، تنظیم فرکانس شبکه و.. اشاره کرد. در این پژوهش یک سیستم کنترلی برای کنترل نیروگاه خورشیدی با نفوذ بالا در شبکه طراحی شده است. و حداکثر مقدار مجاز درصد نفوذ نیروگاه خورشیدی نیز در بارهای مختلف برای آن بدست آمده است.

۲- مدل سازی پنل خورشیدی

یک پنل خورشیدی از چندین سلول فتوولتائیک که دارای اتصال بیرونی سری یا موازی و یا سری-موازی تشکیل شده است. با در نظر گرفتن پارامترهای مدار معادل پنل خورشیدی مشخصه پنل خورشیدی بدست می‌آید.

$$I = I_{pv} - I_o \left[\exp\left(\frac{V + R_s I}{aV_t}\right) - 1 \right] - \frac{V + R_s I}{R_p} \quad (1)$$

که در آن I_{pv} جریان فتوولتائیک، I_o جریان اشباع معکوس، $V_t = \frac{N_s K T}{q}$ ولتاژ حرارتی، N_s تعداد سلول های سری شده، R_p و R_s مقاومت معادل های سری و موازی پنل خورشیدی می‌باشند. و I_o و I_{pv} با شدت نور و تغییرات دما به صورت زیر مرتبط می‌باشند.

$$I_{pv} = (I_{pv,n} + K_I \Delta T) \frac{G}{G_n} \quad (2)$$

$$I_o = I_{o,n} \left(\frac{T}{T_n}\right)^3 \exp\left[\frac{qE_g}{aK} \left(\frac{1}{T_n} - \frac{1}{T}\right)\right] \quad (3)$$

که در آن $I_{pv,n}$ جریان فتوولتائیک در شرایط استاندارد ($T_n=25^\circ C$ و $G_n=1000 W/m^2$)، K_I ضریب نسبت جریان اتصال کوتاه به دما، $\Delta T = T - T_n$ میزان اختلاف دما با دمای استاندارد، G شدت نور و E_g فاصله نوارهای انرژی سیلیسیم بر حسب الکترون بر ولت می‌باشند. $I_{o,n}$ جریان اشباع معکوس می‌باشد که از رابطه (۴) محاسبه می‌شود:

$$I_{o,n} = \frac{I_{sc,n}}{\exp\left(\frac{V_{oc,n}}{aV_t}\right)} \quad (4)$$

که در آن $I_{sc,n}$ و $V_{oc,n}$ به ترتیب جریان اتصال کوتاه و ولتاژ مدار باز در شرایط استاندارد می‌باشند. انتخاب مقدار a که بین ۱ تا ۱/۵ می‌باشد به سایر پارامترهای مدل وابسته است. انتخاب صحیح آن افزایش دقت مدل را به همراه دارد. همچنین به جای رابطه (۴) استفاده از رابطه (۵) که در آن K_V ضریب نسبت ولتاژ مدار باز به دما می‌باشد دقت مدل را افزایش می‌دهد.

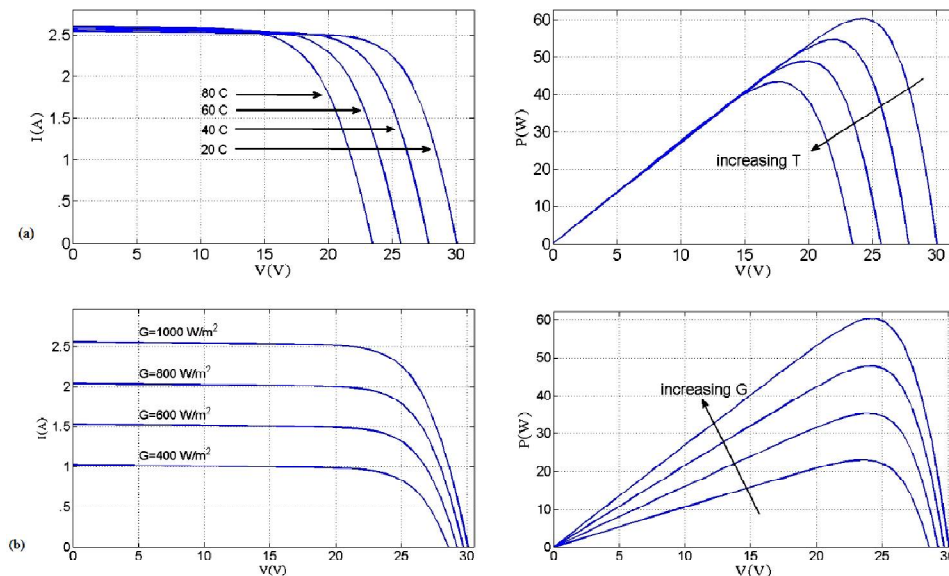
$$I_o = \frac{I_{sc,n} + K_I \Delta T}{\exp(V_{oc,n} + K_V \Delta T) / aV_t - 1} \quad (5)$$

ولتاژ مدار باز و جریان اتصال کوتاه از نقاط مهم مشخصه I-V پنل خورشیدی هستند. این نقاط با تغییر شرایط جوی تغییر می‌کنند. با استفاده از روابط (۶) و (۷) که از روابط مدل استخراج می‌شوند می‌توان جریان اتصال کوتاه و ولتاژ مدار باز را در شرایط جوی مختلف محاسبه کرد.

$$I_{sc} = (I_{sc,n} + K_I \Delta T) \frac{G}{G_n} \quad (6)$$

$$V_{oc} = V_{oc,n} + K_V \Delta T \quad (7)$$

شکل (۱) مشخصه ولتاژ-جریان و ولتاژ-توان را برای مقادیر مختلف شدت نور و دما نشان می‌دهد.



شکل ۱ - تغییرات شدت نور و دما در برابر منحنی های P-V و I-V (a) تاثیر دما و (b) تاثیر شدت نور

همانطور که در شکل دیده می‌شود ولتاژ مدار باز با دما رابطه عکس دارد (شکل ۱- a) یعنی با افزایش دما ولتاژ مدار باز و همچنین ماکزیمم توان کاهش می‌یابد، اما جریان اتصال کوتاه با شدت نور رابطه مستقیم دارد (شکل ۱- b) و با افزایش شدت نور جریان اتصال کوتاه و ماکزیمم توان افزایش می‌یابد [۷].
به هر حال توان خروجی در واحد های فتوولتائیک به شدت نور در سطح سلول خورشیدی و دمای سلول خورشیدی وابسته است. بنابراین بمنظور بهینه سازی بازدهی سیستم انرژی تجدید شدنی ضروری است تا نقطه حداکثر توان در منبع ورودی ردیابی و تعیین مکان شود.

۳- اتصال به شبکه سیستم‌های تولید پراکنده

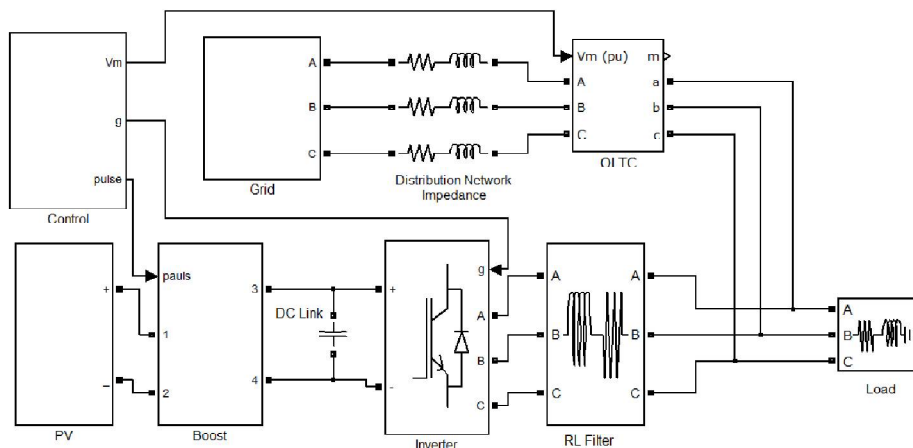
اتصال هر منبع جدای از بحث تبدیل انرژی تجدیدپذیر و یا سایر چشمه‌های انرژی به انرژی الکتریکی، به یک سیستم تولید پراکنده تحت عنوان میکروگرید، با مسائل متعددی همراه است. از مسائلی که در جریان اتصال میکروگریدها به شبکه مطرح می‌شود بحث وجود بارهای غیرخطی که با وجود ادوات الکترونیک قدرت و بارهایی از این دسته است. بارهای غیرخطی

از جمله بارهایی هستند که امروزه موارد کاربرد آنها در صنعت بسیار رو به گسترش می‌باشد. این بارها بدلیل شرایط ساختاری که دارند با ایجاد سیگنال ولتاژ و یا جریان غیر سینوسی به شبکه، هارمونیک‌هایی را تزریق می‌کنند که اتلاف انرژی و عدم کارکرد صحیح بخش‌های مختلف سیستم و شبکه را در پی خواهد داشت.

برای استفاده بهینه از انرژی تولید شده توسط پنل‌های خورشیدی، لازم است که نیروگاه خورشیدی به شبکه قدرت متصل شود. اتصال به شبکه در دو سطح توزیع و فوق توزیع صورت می‌گیرد. از سوی دیگر، اتصال نیروگاه خورشیدی با توان بالا در شبکه توزیع، مسائل خاص خود را دارد، در اینجا با تعریف نیروگاه خورشیدی با نفوذ بالا^۱ روبرو می‌شویم. طبق تعریف، هرگاه نیروگاه خورشیدی در شبکه توزیع، درصد قابل توجهی از بار فیدری که به آن متصل است را تامین کند، به آن نیروگاه نیروگاه با نفوذ بالا می‌گویند. افزایش ولتاژ و همچنین هارمونیک‌های ولتاژ و جریان که بر روی کیفیت توان تحویلی به مصرف کننده تاثیر دارند از جمله مسائلی هستند که با وارد کردن نیروگاه خورشیدی با نفوذ بالادر شبکه توزیع اتفاق می‌افتد.

۴- سیستم مورد مطالعه

سیستم مورد مطالعه در این مقاله در شکل (۲) نشان داده شده است. همانطور که از شکل پیداست سیستم فتوولتائیک با استفاده از یک مبدل Boost به باس DC متصل گردیده است. این باس دارای یک خازن می‌باشد که انرژی مورد نیاز حالت گذرا را تامین می‌نماید. سپس یک اینورتر قرار گرفته است که که جریان DC را به جریان AC تبدیل کرده و انرژی را به بار و شبکه که پذیرای نوع انرژی AC می‌باشد تبدیل می‌نماید. پس از آن از یک فیلتر پسیو برای فیلتر نمودن هارمونیک‌های تولید شده توسط مبدل الکترونیک قدرت استفاده شده است. این فیلتر یک فیلتر RL می‌باشد. از آنجا که این سیستم به PCC در اینجا یک نود بار، یک نود میکروگرید خورشیدی و یک نود شبکه می‌باشد. اتصالات شبکه به PCC^۲ با استفاده از یک OLTC^۳ انجام شده است. این تجهیزات امکان تغییر دادن تپ ترانسفورماتور را برای سیستم به صورت زیر بار فراهم می‌آورد. امپدانس‌های شبکه توزیع در اینجا با یک مجموعه امپدانس‌های معادل مدل سازی شده است. واحد کنترلی نیز کار کنترل مجموعه فتوولتائیک و همچنین OLTC را انجام می‌دهد.



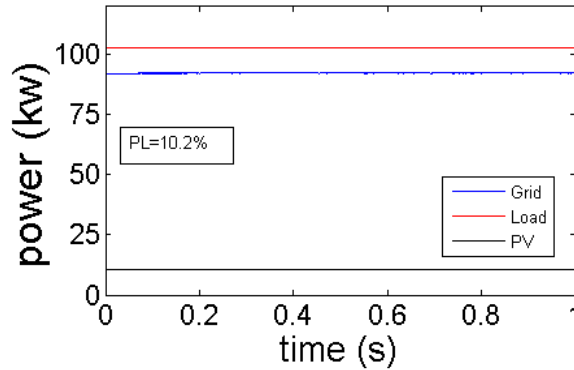
شکل ۲ - بلوک دیاگرام سیستم مورد مطالعه نیروگاه خورشیدی با نفوذ بالای متصل به شبکه

1 : High Penetration
2 : Point of Common Coupling
3 : On-Load Tap-Changing

۴-۲- تاثیر نفوذ بالای سیستم فتوولتائیک بر ولتاژ

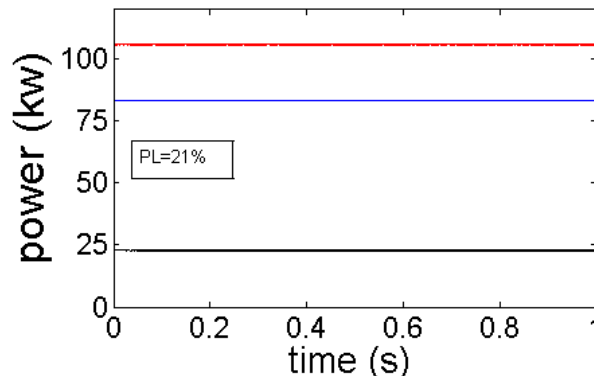
در حالت کلی می‌توان تاثیر استفاده از منابع تولید پراکنده را با در نظر گرفتن مزایا و معایبی که به همراه دارد مثبت ارزیابی کرد. مخصوصاً با این دید که درصد زیادی از منابع تولید پراکنده از انرژی‌های نو و تجدید پذیر برای انرژی خود استفاده می‌کند که به نوبه خود نقش بسیار تعیین کننده‌ای در کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی و اتمی دارد که در مسائل کلان جهانی مانند گرم شدن زمین و یا آب شدن یخ های قطبی که گستره جغرافیایی وسیعی از ساکنان کره زمین را تهدید می‌کند می‌توان بسیار مثبت واقع شود [۸].

درصدهای نفوذ مختلفی در سیستم مورد مطالعه شبیه سازی شده اند. در شکل (۳) نمودار توان PV، توان شبکه و بار نشان داده شده است. مقدار نفوذ در این شبیه سازی ۱۰/۲ درصد می‌باشد. همانطور که مشاهده می‌گردد مقدار توان درخواستی بار معادل ۱۰۰ کیلو وات می‌باشد. در حدود ۹۰ کیلو وات از این توان درخواستی توسط شبکه تامین می‌گردد و مابقی توسط واحد خورشیدی تامین می‌گردد. ولتاژ نقطه PCC در این شبیه سازی در شکل (۶) نشان داده شده است که برابر ۳۸۵ ولت می‌باشد.



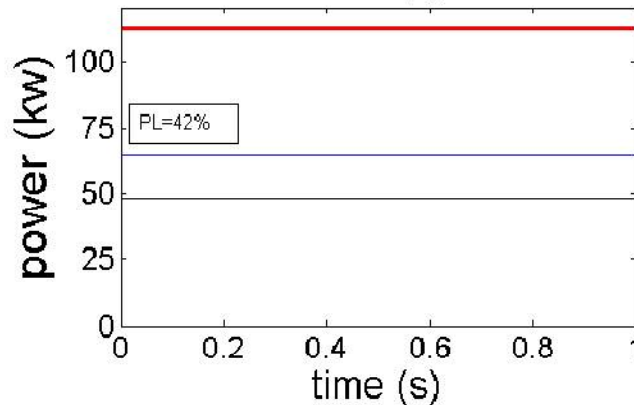
شکل ۳ - نمودار توان شبکه، بار و واحد فتوولتائیک در بار ۱۰۰ کیلو وات و نفوذ ۱۰/۲ درصد

در شکل (۴) نمودار توان تولیدی واحد فتوولتائیک با بار نامی ۱۰۰ کیلو وات و مقدار نفوذ ۲۱ درصد به همراه توان شبکه و بار نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود توان تولیدی توسط فتوولتائیک در حدود ۲۵ کیلو وات می‌باشد. ولتاژ شبکه متناظر با این شبیه سازی معادل ۳۹۲ ولت است. همانطور که مشاهده می‌گردد توان مورد نیاز بار در این شبیه سازی بعلاوه اینکه ولتاژ شبکه از ولتاژ نامی بیشتر است مقدار بار مصرفی در اینجا به حدود ۱۰۸ کیلو وات میرسد.

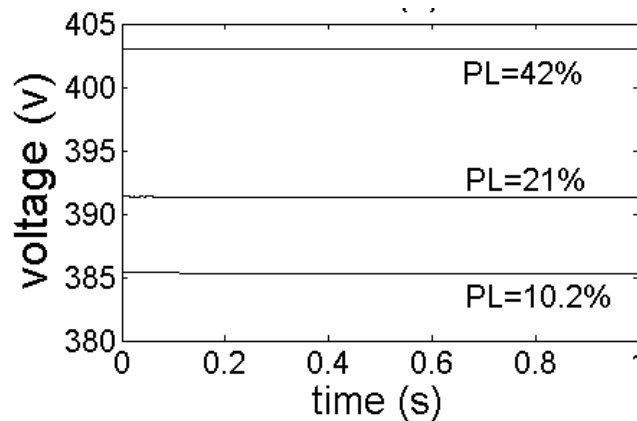


شکل ۴ - نمودار توان شبکه، بار و واحد فتوولتائیک در بار ۱۰۰ کیلو وات و نفوذ ۲۱ درصد

در شکل (۵) توان تولیدی سیستم فتوولتائیک به همراه توان مورد نیاز بار و توان تامینی از جانب شبکه نشان داده شده است. مقدار بار از میزان نامی خود که ۱۰۰ کیلو وات بوده است به مقدار ۱۱۵ کیلو وات رسیده است و علت آن هم همانطور که ذکر شد بیشتر شدن میزان ولتاژ شبکه در PCC می‌باشد. توان تولیدی در واحد فتوولتائیک در حدود ۵۰ کیلو وات و توان تامین شده از سمت شبکه در حدود ۶۵ کیلو وات می‌باشد. مقدار نفوذ در این شبکه برابر با ۴۲ درصد بدست آمده است. در شکل بعدی نیز مقدار ولتاژ PCC برابر با ۴۰۳ ولت بدست آمده است.

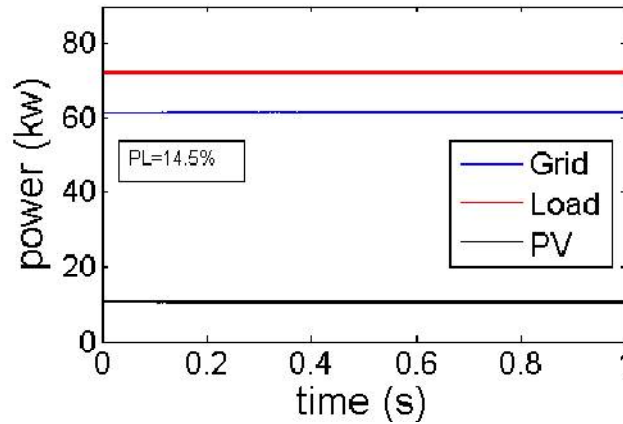


شکل ۵ - نمودار توان شبکه، بار و واحد فتوولتائیک در بار ۱۰۰ کیلو وات و نفوذ ۴۲ درصد



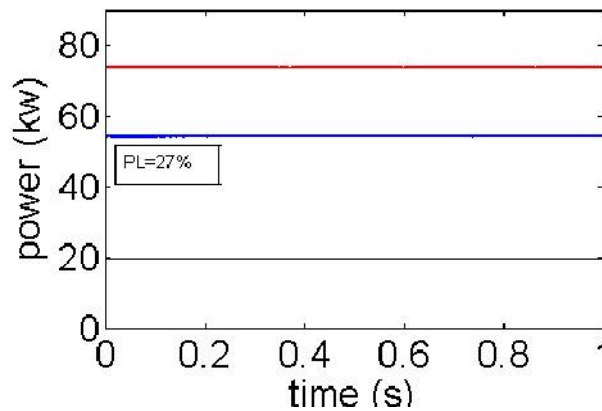
شکل ۶ - نمودار ولتاژ PCC با بار ۱۰۰ کیلو وات

برای بار ۷۰ کیلو وات نیز به شکل مشابه شبیه سازی های لازم انجام شده است و مقادیر نفوذ سیستم فتوولتائیک به همراه مقدار توان مورد نیاز بار و سهم شبکه و نیروگاه فتوولتائیک بدست آمده است. در شکل (۷) نمودار مربوطه برای مقدار نفوذ ۱۴ درصد نشان داده شده است. مقدار توان تامینی از سمت شبکه برابر با ۶۰ کیلو وات بوده و سهم نیروگاه فتوولتائیک در این میان در حدود ۱۰ کیلو وات می‌باشد. مقدار ولتاژ در نقطه PCC در این سیستم برابر ۳۸۶ ولت است که در محدوده مجاز می‌باشد.



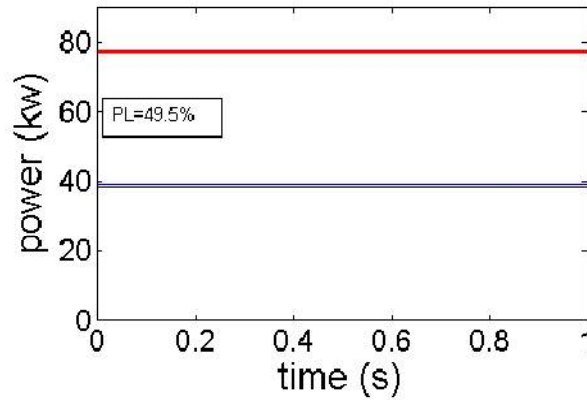
شکل ۷ - نمودار توان شبکه، بار و واحد فتوولتائیک در بار ۷۰ کیلو وات و نفوذ ۱۴/۲ درصد

در شکل (۸) نمودار توان تولیدی توسط واحد فتوولتائیک به همراه توان مورد نیاز بار و همچنین سهم شبکه نشان داده شده است. در این نمودار مشخص است که مقدار توان مورد نیاز شبکه با توجه به افزایش ولتاژ در نقطه PCC برابر با ۷۴ کیلو وات می‌باشد. سهم شبکه از این مقدار در حدود ۵۴ کیلو وات بوده که معادل ۲۷ درصد نفوذ سیستم فتوولتائیک می‌باشد. ولتاژ نقطه PCC در این شبیه سازی برابر ۳۹۱ ولت است.

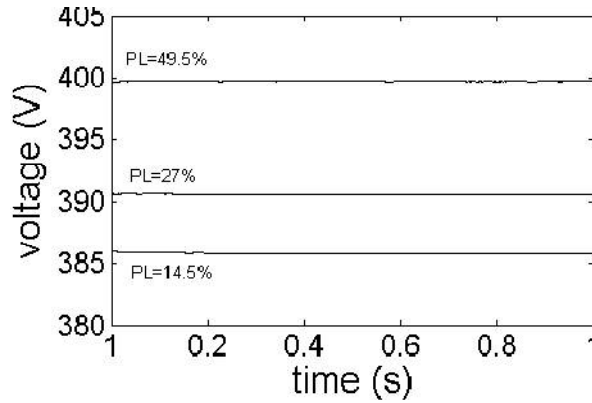


شکل ۸ - نمودار توان شبکه، بار و واحد فتوولتائیک در بار ۷۰ کیلو وات و نفوذ ۲۷ درصد

در شکل (۹) مقدار توان تولید شده در سیستم فتوولتائیک متصل به شبکه با نفوذ ۴۹/۵ درصد در بار نامی ۷۰ کیلو وات نشان داده شده است. مقدار بار نامی با توجه به افزایش قابل ملاحظه ولتاژ از ۳۸۰ ولت به ۴۰۰ ولت در حدود ۷۸ کیلو وات شده است. مقدار سهم شبکه در حدود ۴۰ کیلو وات است که مقداری در حدود ۴۹/۵ درصد را شامل می‌شود.



شکل ۹- نمودار توان شبکه، بار و واحد فتوولتائیک در بار ۷۰ کیلو وات و نفوذ ۴۹/۵ درصد



شکل ۱۰- نمودار ولتاژ PCC با بار ۷۰ کیلو وات

جداول (۲و۱) در اینجا نشانگر توان بار و ولتاژ شبکه در نقطه PCC می‌باشد. در این جداول درصد نفوذ سیستم فتوولتائیک نیز آمده است. سه نوع بارگذاری متفاوت در اینجا لحاظ شده است. همانطور که ملاحظه می‌گردد با افزایش درصد نفوذ سیستم فتوولتائیک ولتاژ اندازه‌گیری شده در PCC نیز افزایش می‌یابد. در این میکروگرید بر طبق استاندارد ANSI مقدار مجاز برای افزایش ولتاژ ۴ درصد بوده که مقدار ۳۹۵ ولت می‌باشد. از این جدول منتج می‌شود که مقدار مجاز برای حداکثر درصد نفوذ در بار ۱۰۰ کیلو وات برابر ۲۸ درصد و برای بار ۷۰ کیلو وات مقدار حداکثر درصد نفوذ برابر ۳۸ درصد می‌باشد.

جدول شماره ۱: درصدهای نفوذ و مقدار ولتاژ میکروگرید برای بار نامی ۱۰۰ کیلو وات

PV POWER	LOAD POWER	VOLTAGE	PL
0	100.05	380.1	0
10.5	102.8	385.3	10.21401
22.8	106	391.3	21.50943
35.25	109.2	397.2	32.28022
41.5	110.8	400.13	37.45487
47.7	112.4	403	42.43772
58.6	115.5	407.6	50.73593

جدول شماره ۲: مقادیر مختلف درصد نفوذ به همراه ولتاژ میکروگرید در بار نامی ۷۰ کیلو وات

PV POWER	LOAD POWER	VOLTAGE	PL
0	70.04	380.39	0



10.5	72.15	385.8	14.55301
19.72	73.95	390.5	26.66667
29.05	75.6	395.15	38.42593
38.4	77.4	399.75	49.6124
47.75	79.1	404.19	60.36662

درصد نفوذ نیروگاه فتوولتائیک می‌تواند به به حد بیشتری برسد به شرط اینکه مقدار تپ ترانس را در مقدار درستی تنظیم کنیم. برای مثال اگر مقدار دلخواه برای درصد نفوذ برابر با ۶۰ درصد باشد باید مقدار تپ ترانس را به شکلی تنظیم کنیم که اجازه کار به سیستم را در شرایط افزایش ولتاژ بدهد. از آنجاییکه مقدار انرژی تولید شده توسط واحد خورشیدی بستگی مستقیم به شدت نور خورشید دارد و این مقدار در طول یک روز ثابت نیست لذا پیشنهاد می‌گردد که مقدار تپ ترانس در این گونه مواقع برای بیشترین میزان شدت خورشید در آن روز مدنظر قرار گیرد. در این گونه مواقع محدودیت اصلی در مقدار ابری بودن هوا می‌باشد و اثر گذر ابر بیشترین مقدار را دارد.

۹- نتیجه‌گیری

یکی از مهمترین منابع تولید پراکنده واحدهای فتوولتائیک می‌باشد. برای اینکه این سیستم از نظر اقتصادی قابل رقابت باشد بهتر است که به شبکه متصل شود و از سوی دیگر در اندازه‌های بزرگ به شبکه عرضه گردد که به نفوذ بالای سیستم فتوولتائیک مشهور می‌باشند. برای جای دادن واحدهای بزرگ فتوولتائیک در شبکه توزیع لازم است رفتار و تاثیرات اینگونه نیروگاه‌ها در شبکه توزیع به دقت مورد مطالعه قرار گیرد. در این پژوهش تاثیرات افزایش نفوذ یک سیستم فتوولتائیک متمرکز بر روی شبکه توزیع از بعد پدیده افزایش ولتاژ مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به تغییرات تابش خورشید ممکن است توان سیستم فتوولتائیک و ولتاژ شبکه دستخوش تغییرات شود، در مناطق صنعتی برای جبران افت ولتاژ اعمال شده به سیستم ممکن است باعث جزیره‌ای شدن و قطع بار نیز گردد لذا لازم است از ادوات ذخیره سازی انرژی مانند باتری استفاده گردد. این باتری‌ها این امکان را هرچند به صورت موقت به سیستم فتوولتائیک می‌دهند که بتواند کمبود توان میکروگرید را به صورت محلی جبران نماید.

مراجع

- [1] Chalmers S, Hitt M, Underhill J, Anderson P, Vogt P, Ingersoll R. The effect of photovoltaic power generation on utility operation. IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems 1985; PAS-104(March (3)):524-30.
- [2] Patapoff N, Mattijetz D. Utility interconnection experience with an operating central station MW-Sized photovoltaic plant. IEEE Transactions on Power Systems and Apparatus 1985; PAS-104(August (8)):2020-4.
- [3] Pourmousavi, S. A., A. S. Cifala, and M. H. Nehrir. "Impact of high penetration of PV generation on frequency and voltage in a distribution feeder." North American Power Symposium (NAPS), 2012. IEEE, 2012.
- [4] Alam, M. J. E., K. M. Muttaqi, and D. Sutanto. "A Novel Approach for Ramp-Rate Control of Solar PV Using Energy Storage to Mitigate Output Fluctuations Caused by Cloud Passing." (2014): 1-12.
- [5] Ari, G. K., and Yahia Baghzouz. "Impact of high PV penetration on voltage regulation in electrical distribution systems." Clean Electrical Power (ICCEP), 2011 International Conference on. IEEE, 2011.
- [6] Lin, Shaobo, et al. "Configuration of energy storage system for distribution network with high penetration of PV." Renewable Power
- [7] Mohamed A. Eltawil, Zhengming Zhao, Grid-connected photovoltaic power systems: Technical and potential problems—A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010) 112-129
- [8] EPRI report EL-6754. Photovoltaic generation effects on distribution feeders, Volume 1: Description of the Gardner, Massachusetts, Twenty-First Century PV Community and Research Program, March; 1990.