

بررسی حداکثر توان تزریقی سیستم‌های فتوولتائیک بر شبکه‌ی توزیع ۱۵ باسه از نظر کیفیت توان

سید عباس صدرايي^۱، مجید تقی پور^۲ مرتضی کاظمی^۳ و بهرام علیزاده^۴

^۱برق منطقه ای مازندران، sadraei2@gmail.com

^۲برق منطقه ای مازندران، taghipoorma@yahoo.com

^۳شرکت توزیع برق مازندران، morteza_kazemi_203@yahoo.com

^۴برق منطقه ای مازندران، padideh_online@yahoo.com

چکیده- رشد استفاده از دستگاه‌های الکترونیک قدرت در بیشتر منابع تجدیدپذیر انرژی، در شبکه‌های توزیع، در ولتاژ و جریان اختلالاتی بوجود خواهد آورد و منجر به مشکلات کیفیت توان در سیستم توزیع خواهد شد. کیفیت توان به عواملی مانند توپولوژی سیستم توزیع، نوع مشترک، تجهیزات الکترونیکی تحت استفاده، منطقه جغرافیایی و طول خطوط برق شبکه توزیع بستگی دارد. یکی از مشکلات کیفیت توان هارمونیک‌ها می‌باشند. هارمونیک مشکلاتی از قبیل کاهش عمر ترانس و موتورهای القایی، تخریب شکل موج ولتاژ و درست عمل نکردن سیستم حفاظتی بوجود خواهد آورد. در این مقاله تأثیر سیستم‌های فتوولتائیک بر هارمونیک شبکه‌ی توزیع نمونه ۱۵ شینه استاندارد IEEE بررسی خواهد شد. همچنین حداکثر مقدار توان خورشیدی قابل نصب در سیستم در تمام شین‌های شبکه توسط الگوریتم ژنتیک جستجو خواهد شد. آنالیز حوزه‌های مورد مطالعاتی نشان می‌دهد حداکثر توان خورشیدی که در شبکه مورد مطالعه قابل نصب است کمتر از ۱۰ درصد توان مورد نیاز بار است

کلید واژه: الگوریتم ژنتیک، سیستم‌های فتوولتائیک (PV)، کیفیت توان، هارمونیک

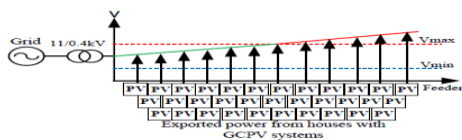
۱- مقدمه

بوجود خواهد آورد و منجر به مشکلات کیفیت توان در سیستم توزیع خواهد شد. در شبکه‌های توزیع، وجود اینورتر، DC بودن برق سیستم‌های PV و تبدیل آن به برق AC، باعث بوجود آوردن هارمونیک‌هایی در شبکه می‌شوند. همچنین رفتارهای غیرخطی و بارهای حساس می‌توانند هارمونیک جریان تولید کرده و امپدانس شبکه در ترکیب با هارمونیک‌های جریان تولید اعوجاج ولتاژ در نقطه اتصال مشترک خواهد کرد. هارمونیک مشکلاتی از قبیل کاهش عمر ترانس و موتورهای القایی تخریب شکل موج ولتاژ و درست عمل نکردن سیستم حفاظتی بوجود خواهد آورد. در واقع هارمونیک‌ها اثرات نامطلوبی بر کیفیت توان شبکه دارند. در این مقاله با توجه به سطح نفوذ بالای سیستم‌های فتوولتائیک در سیستم‌های توزیع طی سال‌های آینده و نیاز به روش‌های مدیریت مناسب

طراحی و بهره‌برداری از سیستم‌های قدرت با بازدهی حداکثری و قابلیت اطمینان و ایمنی بالا به موازات توسعه‌ی روزافزون منابع تولید پراکنده، تغییرات و پیشرفت‌های زیادی را در ساختار سیستم‌های قدرت به دنبال داشته است. در واقع از مهمترین مزایای استفاده از این منابع می‌توان به کاهش تلفات توان سیستم، بهبود ولتاژ، کاهش هزینه‌های مربوط به تجهیزات قدرت، رویکرد مناسب سیستم در راستای کیفیت بهتر بار موجود در شبکه اشاره کرد [۱]. با رشد فزاینده‌ی صنعت نیمه‌هادی در سال‌های اخیر و کاهش هزینه‌های تولید ادوات الکترونیک قدرت، امروزه سیستم‌های فتوولتائیک در شبکه‌های قدرت کاربردهای گسترده‌تری پیدا نموده‌اند. رشد استفاده از دستگاه‌های الکترونیک قدرت در بیشتر منابع تجدیدپذیر انرژی از جمله سیستم‌های فتوولتائیک، در شبکه‌های توزیع، در ولتاژ و جریان اختلالاتی

۲۰۲۱ آبان ماه ۱۳۹۴ - دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)

اتصال و استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر^۱ (RES) نظیر سیستم فتوولتائیک متصل به شبکه^۲ (GCPV) در حال افزایش می باشد. با این حال یکپارچه سازی سطح نفوذ بالای PV های متصل به بخش ولتاژ پایین شبکه توزیع^۳ (LVDN) می تواند مشکلاتی را به همراه داشته باشد. یکی از این مشکلات افزایش ولتاژ فیدر توزیع و در نتیجه برگشت توان در تقاضای بار کم و تولید بالا است. در [۲] تأثیر سطح نفوذ بالای سیستم های PV در شبکه توزیع LV انگلستان جهت بررسی کیفیت ولتاژ مسکونی شبکه توزیع با توجه به سطح نفوذ PV و سطح تابش خورشید بررسی می شود. در این مقاله برای شبیه سازی از نرم افزار سیمولینک متلب استفاده شده است. نفوذ بالای سیستم GCPV در یک شبکه توزیع ولتاژ پایین ممکن است بر کیفیت توان و قابلیت اطمینان شبکه توزیع تأثیر بگذارد. شکل (۲-۲) اضافه ی ولتاژ در اثر نفوذ بالای سیستم های فتوولتائیک را نشان می دهد. که این اضافه ولتاژ می تواند بر روی لوازم خانگی تأثیر گذاشته و منجر به دیگر چالش های فنی نظیر امنیت و حفاظت شبکه گردد.



شکل (۲-۲) اضافه ی ولتاژ به دلیل نفوذ سیستم های PV [۲]

انرژی الکتریکی و اهمیت بهبود کیفیت توان به مطالعه و بررسی تعیین مقدار بهینه ی نفوذ سیستم های فتوولتائیک در شبکه های توزیع در خصوص کیفیت توان پرداخته شده است. در روش پیشنهادی یک سیستم توزیع نمونه ۱۵ شینه استاندارد IEEE، ۱۱ کیلوولت در نرم افزار SIMULINK MATLAB مدل سازی خواهد شد. در این شبکه ابتدا بهترین مقدار و مکان ها برای نصب منبع خورشیدی تعیین می گردند و سپس حداکثر توان خورشیدی که در شبکه مورد مطالعه قابل نصب است بدست می آید.

۲- مروری بر تحقیقات انجام شده:

مطالعات انجام شده در حوزه ی سیستم های فتوولتائیک در بخش توزیع

۲-۱- اثر سیستم های فتوولتائیک بر بخش توزیع

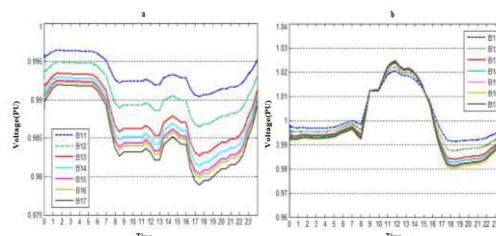
امروزه اثر سیستم فتوولتائیک بر عملکرد شبکه توزیع و مشکلات ناشی از آن یکی از مهمترین مسائل برای شرکت های برق بوده و توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده است. این موضوع به این دلیل است که میزان نصب سیستم های فتوولتائیک کوچک با بازه توان ۱ تا ۵۰ کیلووات بر بام خانه ها به دلیل سیاست گذاری دولت ها برای مصرف کننده های مناطق مسکونی افزایش چشمگیری داشته است. ولتاژ یکی از مهم ترین معیارها از نقطه نظر کیفیت توان در ارائه خدمات توسط شرکت توزیع می باشد، بنابراین در سال های اخیر با حضور منابع تولید پراکنده در شبکه توزیع توجه زیادی به بررسی اثر این واحدها بر ولتاژ صورت گرفته است. همان طور که قبلاً هم بیان شد

^۱ Renewable Energy Sources

^۲ Grid-Connected PhotoVoltaic

^۳ Low Voltage Distribution Network

نتایج شبیه‌سازی در حضور PV و بدون حضور PV به ترتیب در شکل‌های a ۳-۲ و b ۳-۲ ارائه شده است.



شکل (۳-۲) منحنی پروفیل ولتاژ (a) پروفیل ولتاژ در فیدر ۲۳۰/۴۰۰ ولت بدون سیستم PV (b) پروفیل ولتاژ در فیدر ۲۳۰/۴۰۰ ولت با سطح نفوذ ۲۵ درصدی سیستم PV [۲]

سیستم فتوولتائیک قادر به بهبود عملکرد شبکه با کاهش تلفات انرژی، هزینه کم تعمیرات و نگهداری، بارگیری کمتر ترانس، تغییر کمتر تپ ترانس در طول ساعت‌های پیک شبکه و ... می‌باشد. در این حالت سیستم‌های فتوولتائیک می‌توانند عوارض جانبی نظیر آلودگی هارمونیکی، هزینه سرمایه‌گذاری بالا، بهره‌وری پایین، و قابلیت اطمینان پایینی داشته باشند. این موارد ممکن است مانع استفاده گسترده سیستم‌های فتوولتائیک شود. علاوه بر آن تغییرات تابش خورشید می‌تواند نوسانات برق و فلیکر ولتاژ و اثرات نامطلوبی را با نفوذ بالای PVها در سطح شبکه دارا باشد. یکی از مشکلات ناشی از اثر سیستم‌های فتوولتائیک در شبکه توزیع جریان هجومی می‌باشد. اختلاف کم بین ولتاژ سیستم فتوولتائیک و ولتاژ شبکه یک جریان هجومی را در زمان اتصال بوجود می‌آورد و در صورتی که این جریان بیشتر از ستینگ (OVERCURRENT) باشد می‌تواند باعث ایجاد فشارهای حرارتی و تریپ حاصل از جریان هجومی شود.

در [۳] کیفیت دینامیکی توان یک سیستم فتوولتائیک متصل به شبکه توزیع مورد مطالعه قرار گرفته است. که در آن یک سیستم فتوولتائیک ۱/۸MW متصل به یک سیستم توزیع شعاعی ۱۶ شینه تحت تابش‌های متفاوت خورشید با استفاده از نرم‌افزار متلب مورد بررسی قرار می‌گیرد.

در [۴] تجزیه و تحلیل توان سیستم فتوولتائیک متصل به شبکه توزیع مورد بررسی قرار گرفته است. شبکه نمونه مورد مطالعه در این تحقیق شبکه ۱۶ شینه می‌باشد. در این شبکه PV متصل به شین ۱۱ است. و در سه سطح بار (۶، ۱۲، ۱۸ درصد از کل بار) تزریق توان را انجام خواهد داد. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهند که با افزایش سطح نفوذ سیستم‌های فتوولتائیک توان اکتیو و ضریب توان در شین‌های ۱ و ۲ کاهش یافته و توان راکتیو کمی افزایش می‌یابد. همچنین مقدار هارمونیک اندازه‌گیری شده ۱۵/۰۶ درصد است که طبق استاندارد IEEE Std.519 باید در حدود ۵ درصد باشد. در [۵] نوسانات تابش خورشید و پاسخ هارمونیکی یک سیستم توزیع شعاعی متصل به سیستم فتوولتائیک مورد بررسی قرار گرفته و آلودگی‌های هارمونیکی بر اساس تابش خورشید در سه حالت تابش کم، متوسط و زیاد ارزیابی خواهد شد. همچنین تأثیر تابش خورشید بر کیفیت توان مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این تحقیق مقدار تابش برای روز عادی با تابش کم خورشید اندازه‌گیری شده و مقدار کل اعوجاج هارمونیکی^۴ THD ارزیابی شد. شبکه مورد نظر ۲۵ شینه بوده و

^۴ Total Harmonic Distortion

۲۰۲۰ آبان ماه ۱۳۹۴ - دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)

جدول (۱-۳) حدود مجاز اعوجاج ولتاژ برای سیستم های فتوولتائیک متصل به شبکه فشار ضعیف

| حد مجاز اعوجاج درصد ولتاژ هارمونیک ها نسبت به ولتاژ نامی در فرکانس ۵۰ هرتز | | | |
|--|---------------------|-----|--------------|
| ولتاژ کلی ولتاژ (THD) | اعوجاج تکی ولتاژ | | ولتاژ ولت |
| | زوج | فرد | |
| ۵ | ۰/۵ | ۳ | ۳۸۰ |

۴- مدل سازی سیستم فتوولتائیک

سیستم فتوولتائیک متصل به شبکه، توان تولید شده از آرایه های فتوولتائیک^۵ را به شبکه منتقل می کند. بلوک دیاگرام این سیستم در شکل ۴-۱ نشان داده شده است.



شکل (۴-۱) دیاگرام سیستم فتوولتائیک

نرم افزار متلب ۲۰۱۵ جهت مدل سازی آرایه فتوولتائیک بلوکی تحت عنوان PV array را ارائه می دهد. اطلاعات مورد نیاز جهت مدل سازی این بلوک عبارتند از:

۴-۱- نوع ماژول سیستم فتوولتائیک

۴-۳- تعداد ماژول های سری در هر رشته

۴-۴- تعداد رشته های موازی

با دو ترانس توزیع به قدرت ۵۰۰ و ۱۰۰۰ کیلوولت آمپر مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج بدست آمده از مقادیر هارمونیک برای سه حالت تابش کم، متوسط و بالا نشان می دهند، مقدار هارمونیک وقتی تابش زیاد است کمتر از حالت های کم و متوسط خواهد بود. اثر هارمونیک هنگامی که ترانس ۵۰۰ و ۱۰۰۰ کیلو ولت آمپر استفاده می شود مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج این بخش نشان می دهند، شین هایی که در انتهای شبکه شعاعی و متصل به سیستم فتوولتائیک هستند هارمونیک های بیشتری نسبت به شین های دیگر دارند. علاوه بر آن شبکه با قدرت کمتر (ظرفیت ترانس) مصونیت کمتری نسبت به شبکه با قدرت بیشتر دارد. در [۶] اثرات نفوذ بالای PV بر روی کیفیت توان شبکه توزیع مورد مطالعه قرار گرفته است. در این تحقیق سیستم ۱۶ شینه شعاعی در حضور PV با استفاده از نرم افزار متلب مدل سازی می شود. اطلاعات تابشی خورشید از گروه هواشناسی مالزی دریافت شده است. نتایج شبیه سازی نشان می دهند، توان تولید شده از PV ها در مقیاس های زیاد باعث افزایش ولتاژ، سوسو زدن ولتاژ و کاهش ضریب توان خواهند شد.

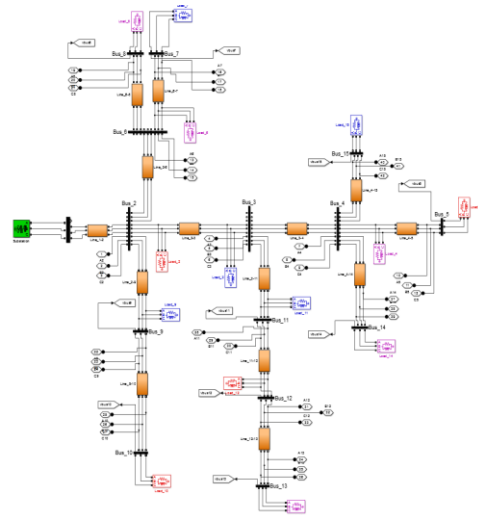
۳- هارمونیک در حضور سیستم های

فتوولتائیک

محدودیت های هارمونیک، مربوط به هارمونیک های جریان و ولتاژ می باشند. جدول (۱-۳) حدود مجاز اعوجاج ولتاژ برای سیستم های فتوولتائیک متصل به شبکه ی فشار ضعیف را نشان می دهد که می تواند به دو صورت اعوجاج تکی ولتاژ یا مقدار کلی اعوجاج هارمونیک ولتاژ ارائه شود.

۲۰۲۱ آبان ماه ۱۳۹۴ - دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)

برای حل مسئله‌ی تعیین ضریب نفوذ بهینه‌ی سیستم‌های فتوولتائیک از شبکه‌ی ۱۵ شینه استاندارد IEEE استفاده شده است. سطح ولتاژ نامی و فرکانس نامی شبکه نمونه به ترتیب ۱۱KV و ۶۰ هرتز می‌باشند. در سیستم مفروض، امکان نصب سلول فتوولتائیک در همه شین‌ها به غیر از شین شماره ۱ مقدور می‌باشد. بنابراین ۱۴ سیستم فتوولتائیک در شین‌های شماره ۲ تا شماره ۱۵ نصب شده است. شکل ۵-۱ محل‌های ممکن نصب سلول خورشیدی را نشان می‌دهد.

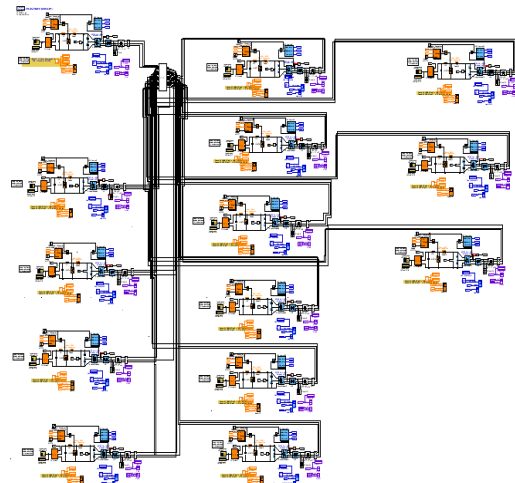


شکل (۵-۲) مدل شبکه‌ی ۱۵ شینه استاندارد IEEE در محیط نرم‌افزار سیمولینک متلب

هر یک از بلوک‌های PV که در شکل ۵-۳ نشان داده شد، شامل یک آرایه فتوولتائیک به همراه بلوک جستجوی حداکثر توان می‌باشد. همچنین برای هر بلوک PV از مبدل بوست در جهت افزایش ولتاژ خروجی و اینورتر سه فاز به منظور تبدیل ولتاژ DC به ولتاژ سه فاز AC استفاده شده است. در نهایت از طریق ترانسفورمر به شبکه برق وصل شده و تبادل انرژی می‌کند.

مشخصات ماژول مورد نظر در شرایط استاندارد) تابش 1000 w/m^2 و دمای سلول ۲۵ درجه سانتی‌گراد) که شامل ولتاژ مدار باز (V_{oc})، جریان اتصال کوتاه (I_{sc})، ولتاژ متناظر با نقطه‌ی توان ماکزیمم (V_{mp}) و جریان متناظر با نقطه‌ی توان ماکزیمم (I_{mp}) است. پارامترهای مربوط به مدل‌سازی یک ماژول که شامل مقاومت سری (R_s)، مقاومت موازی (R_p)، جریان اشباع دیود (I_{sat})، جریان نوری تولید شده (I_{ph}) و ضریب کیفیت دیود (Q_d) است.

۵- معرفی شبکه‌ی مورد مطالعه



شکل (۵-۱) شبکه توزیع ۱۵ شینه و محل نصب سیستم‌های فتوولتائیک

مدل سیستم شبیه‌سازی شده سیستم ۱۵ شینه در شکل ۵-۷ نشان داده شده است. این سیستم دارای بارهای سه فاز ۱.۲ MW در تمامی باس‌ها می‌باشد که تمامی آن‌ها از طریق شبکه که به شینه شماره یک متصل است تغذیه می‌شوند. جزئیات اطلاعات بارها و خطوط در پیوست آمده است.

مبدل بوست به شرح زیر می باشد: مقدار سلف سری برابر 0.005Ω ، مقدار مقاومت Ron دیود برابر $4 \Omega^{-1}$ ، مقدار خازن موازی برابر $F \times 10^{-3}$ می باشند. ولتاژ خروجی مبدل بوست توسط اینورتر کنترل منبع ولتاژ (VSC^6) سه سطحی با سوئیچ های IGBT به ولتاژ متناوب با فرکانس ۶۰ هرتز تبدیل می شود. در شکل (۴-۶) بلوک دیاگرام اینورتر سه سطحی نشان داده شده است. هر بازوی اینورتر از چهار کلید IGBT به همراه دیودهای موازی معکوس مربوط به هر کلید و همچنین دو دیود نقطه خنثی تشکیل شده

جدول (۲-۵) مشخصات ترانسفورماتور افزایش دهنده

| | | |
|---------------------------------------|--------------------------------------|-------------|
| توان نامی (کیلوولت آمپر) | ۱۰۰ KVA | |
| مقاومت اهمی مغناطیس شونددگی (پریونیت) | ۵۰۰ | |
| اندوکتانس مغناطیس شونددگی (پریونیت) | ۵۰۰ | |
| پارامترهای سیم پیچ اولیه | ولتاژ خطی مؤثر سیم پیچ اولیه (ولت) | ۱۱ KV |
| | مقاومت اهمی سیم پیچ اولیه (پریونیت) | pu ۰/۰۰۱ |
| | اندوکتانس سیم پیچ اولیه (پریونیت) | ۰/۰۳ pu |
| پارامترهای سیم پیچ ثانویه | ولتاژ خطی مؤثر سیم پیچ ثانویه (ولت) | ۲۶۰ V |
| | مقاومت اهمی سیم پیچ ثانویه (پریونیت) | pu ۰/۰۰۱ |

جدول (۱-۵) پارامترهای آرایه فتوولتائیک (PV)

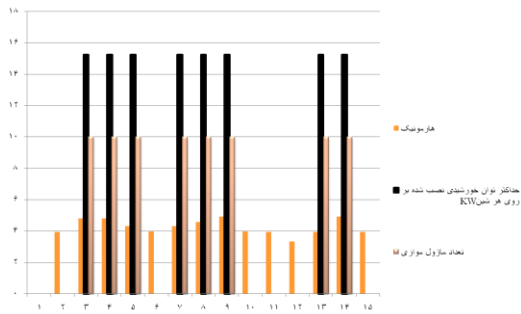
| نوع آرایه | SunPower SPR-305-WHT | |
|--------------------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| تعداد سلول ها در هر ماژول | ۹۶ | |
| تعداد ماژول های سری در هر رشته | ۵ | |
| تعداد رشته های موازی | nx^* | |
| مشخصات ماژول در شرایط استاندارد | ولتاژ مدار باز | ۶۴/۲ |
| | جریان اتصال کوتاه | ۵/۹۶ |
| | ولتاژ متناظر با نقطه حداکثر توان | ۵۴/۷ |
| پارامترهای مدل سازی ماژول فتوولتائیک | جریان متناظر با نقطه حداکثر توان | ۵/۵۸ |
| | مقاومت سری (Rs) | ۰/۰۳۸ |
| | مقاومت موازی (Rp) | ۹۹۳/۵ |
| | جریان اشباع دیود ($Isat$) | $3/1949 \times 10^{-8}$ |
| | جریان نوری تولید شده (Iph) | ۵/۹۶۰۲ |
| | ضریب کیفیت دیود (Qd) | ۱/۳ |

* تعداد رشته های موازی

میزان تابش اعمال شده به آرایه فتوولتائیک ثابت و برابر با 1000 w/m^2 و دما ۲۵ درجه سانتیگراد در نظر گرفته شده است. ولتاژ خروجی آرایه توسط مبدل بوست افزایش می یابد. مقدار پارامترهای مدار

* Voltage Source Converter

۲۰۲۱ آبان ماه ۱۳۹۴ - دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)



شکل (۶-۲) جایابی حداکثر توان PV طبق الگوریتم ژنتیک

۸- نتیجه گیری

نتایج شبیه سازی در این سناریو حاکی از آن است که شین شماره ۷ با توان خورشیدی نصب شده ۴۵/۷۵۰ kw، به عنوان مناسب ترین مکان برای نصب سلول فتوولتائیک می باشد و شین شماره ۱۳ با توان خورشیدی نصب شده ۱۲/۲ kw از لحاظ نصب پانل خورشیدی در بدترین وضعیت می باشد. می توان چنین استنباط کرد که مناسب ترین شین ها برای نصب سلول های خورشیدی به ترتیب شین های ۷، ۵، ۴، ۸ و ۹ می باشند. ولی، در سناریو بعدی سلول های خورشیدی به صورت پراکنده در سیستم توزیع پخش شده اند و توان سلول ها به گونه ای انتخاب شده اند که مقدار اعوجاج هارمونیکی کل در تمامی شین ها کمتر از ۵ درصد شده است. برای یافتن مکان نصب سلول های خورشیدی و مقدار توان هر کدام از آنها از الگوریتم ژنتیک استفاده شده است. بر این اساس توانی معادل با ۱۰۶ کیلووات چیزی در حدود ۱۰ درصد توان مورد نیاز بار، توسط سلول خورشیدی ایجاد شده است. لازم به توضیح میباشد اینورتر استفاده شده در این شبیه سازی از نوع سه سطحی با کلید زنی IGBT میباشد و در نمونه های دیگر مثل شش و یا دوازده سطحی نتایج دیگری استخراج میشود.

۹- پیشنهادات

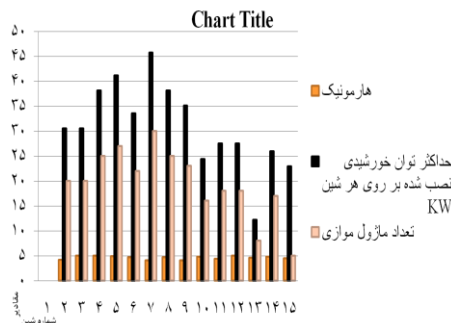
موارد زیر را می توان به عنوان موضوع تحقیق برای انجام مطالعات آتی پیشنهاد داد:

| | |
|-------------------|--------|
| اندوکتانس سیم پیچ | ۰/۰۳pu |
| ثانویه (پریونیت) | |

۶- تعیین ضریب نفوذ بهینه ی سیستم های فتوولتائیک در هر شین

همانطور که پیشتر اشاره شد شبکه مورد مطالعه شامل ۱۵ شین می باشد که امکان نصب سلول خورشیدی در ۱۴ شین وجود دارد. در این سناریو می خواهیم حداکثر توان خورشیدی که می توان در هر شین نصب کرد را با شرط اعوجاج هارمونیکی کل کمتر از ۵ درصد در هر شین بدست آوریم. لازم به ذکر است که تعداد ماژول سری برابر ۵ ثابت باقی می ماند و با تغییر تعداد ماژول های موازی، مقدار توان خروجی تغییر پیدا می کند. ابتدا با قرار دادن سلول فتوولتائیک در شین شماره ۲ حداکثر توان خورشیدی قابل نصب در این شین را پیدا کرده ایم. تعداد ماژول موازی در این حالت برابر با ۲۰ می باشد و THD ولتاژ برابر با ۴،۲٪ بدست آمده است. در صورت افزایش تعداد ماژول موازی از این تعداد، مقدار THD بیشتر از ۵٪ خواهد شد میزان توان خورشیدی تزریقی در این شین برابر با ۳۰/۵ کیلووات می باشد.

۷- نتایج شبیه سازی



شکل (۶-۱) جایابی حداکثر توان PV به صورت

سستی

۲۰۲۱ آبان ماه ۱۳۹۴ - دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)

[۵] M. Patsalides, A. Stavrou, G. Makrides, V. Efthimiou, "Harmonic Response of Distributed Grid Connected Photovoltaic Systems",

[۶] Masoud Farhoodnea. Azah Mohamed. Hussain Shareef. Hadi Zayandehroodi, "Power Quality Impact of Grid-Connected Photovoltaic Generation System in Distribution Networks",

۱- استفاده از الگوریتم بهینه سازی دیگر و مقایسه نتایج آن ها

۲- مطالعات پیشنهادی بر روی شبکه نمونه واقعی و مقایسه نتایج بدست آمده با نتایج تجربی مطالعات با در نظر گرفتن تغییرات بار شبکه

۳- تحقیق و بررسی در حضور توربین بادی و تأثیر وجود منابع تولید پراکنده متنوع در مطالعات انجام شده

۴- در نظر گرفتن محاسبات مربوط به عدم قطعیت منابع موجود در شبکه

۵- استفاده از مدل های دیگر اینورتر

منابع

[۱] محمدیان فروشانی حسین، " بهبود عملکرد کنترل ردیاب حداکثر توان در سیستم فتوولتائیک متصل به شبکه"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شریف، مهر ۱۳۹۱.

[۲] S. Ali, N. Pearsall and G. Putrus, " Impact of High Penetration Level of Grid-Connected Photovoltaic Systems on the UK Low Voltage Distribution Network", Santiago de Compostela (Spain), 28th to 30th March, 2012.

[۳] H. Kageyama, T. Yamada, T. Oozeki, K. Kato, and Y. Hishikawa, "Measurement of Inrush-Current Waveforms for Modeling Reactance Characteristics of PV Modules," presented at the 26th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, 2011.

[۴] Masoud FARHOODNEA1, Azah MOHAMED1, Hussain SHAREEF1, Hadi ZAYANDEHROODI, "Power Quality Analysis of Grid-Connected Photovoltaic System in Distribution Networks", PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY, ISSN 0033-2097, R. 89 NR 2a/2013