

تأثیر تولید پراکنده بر روی حفاظت سیستم قدرت

چکیده

تقاضای برق روز به روز در حال افزایش است؛ بنابراین ما به منظور تحقق این تقاضا نیاز داریم تا تولید انرژی را بیشتر کنیم. به دلیل این افزایش تقاضا، منابع انرژی تجدیدناپذیر در آستانه‌ی انقراض قرار دارند، بنابراین برای حل این مشکل، بایستی از منابع انرژی تجدیدپذیر استفاده نمود. یکی از مشکلات اتصال DG، وجود منابع انرژی تجدیدپذیر بر روی یک سیستم قدرت می‌باشد. اما اضافه نمودن DG دارای اثر مشخصی بر روی یک سیستم قدرت نیز می‌باشد.

این پژوهش به ارزیابی اثر DG بر روی حفاظت سیستم قدرت می‌پردازد. کار ارائه شده در این پژوهش شامل شبیه‌سازی سیستم قدرت شعاعی در نرم‌افزار PSCAD /EMTDC بوده است. در این شبیه‌سازی، خطای جریان و بار جریان مورد بررسی قرار گرفته است. تأثیر DG بر روی خطای جریان تحت تأثیر خطای LL، LG و LLLG در حالت حاوی و بدون محافظت مورد مطالعه قرار گرفته است. در حالت خطای LLLG، حداکثر مقدار خطای جریان مشاهده شده است. تأثیر محدودکننده‌ی خطای جریان مقاومتی نیز بر روی مقدار خطای جریان بررسی شده است. هم DG و هم منبع در برابر خطای جریان با استفاده از محافظت جریان زیاد به ترتیب با انتخاب مقدار 2kA و 4kA محافظت می‌شوند.

کلمات کلیدی: تولید پراکنده، انرژی تجدیدپذیر، محافظت جریان زیاد.

۱- مقدمه

عملکرد سیستم توزیع به وسیله‌ی تولید پراکنده در روش‌های متنوع تحت تأثیر قرار می‌گیرد. در حالتی که DG با انرژی تجدیدپذیر برای کم نمودن اثر محیط زیستی تولید انرژی ارتباط پیدا کند، نشان‌دهنده‌ی یک هدف بزرگ

برای DG در آینده می‌باشد. سیستم DG باعث بهبود پروفیل ولتاژ می‌شود، اما باعث اختلال در تنظیم ولتاژ می‌گردد [۱]، [۲]. اگر DG نزدیک به بار متصل گردد، تلفات در یک مدار می‌تواند به حد قابل برسد. سیستم موجود با تولید در ایستگاه توزیع بر روی دستگاه تغذیه‌کننده‌ی شعاعی سر و کار ندارد، بنابراین اینگونه سیستم برای مدیریت این انرژی که بایستی به منبع فرستاده شود، طراحی نگردیده است. از این‌رو، اثر قابل توضیح بر روی عملیات محافظت موجود ممکن است بر روی هم قطع نادرست و هم بر روی دستگاه‌های محافظ غیرعملیاتی که محتمل می‌باشند، رخ دهد [۳]. انتخاب DG همانند یک سیستم عملیاتی سبب درست کار کردن بعد از متصل کردن DG به داخل یک شبکه می‌شود. اضافه نمودن DG بر روی سطح اتصال کوتاه، پایداری گذرای سیستم، کیفیت قدرت و ولتاژ تأثیر خواهد گذاشت. این پژوهش، ایده‌ای در مورد تأثیر DG بر روی اتصال کوتاه و رفتار جریان که پارامتر اصلی پراکندگی برای محافظت مؤثر می‌باشند، ارائه می‌دهد. در این حالت، DG یک خطای جریان اضافی در سیستم ارائه می‌دهد. مقدار خطای جریان به پارامترهایی مانند اندازه، نوع و موقعیت DG بستگی دارد. این خطای جریان اضافی بر روی عملکرد محافظت سیستم تأثیر می‌گذارد.

۲- تولید پراکنده

تولید پراکنده [۵] (DG) یکی از فن‌آوری‌های جدید می‌باشد که در چند سال گذشته به وجود آمده است و روز به روز استفاده از آن در شبکه‌های پراکنده در حال افزایش است. این نوع تولید در بسیاری از حالت‌ها مانند خورشیدی (PV) و باد (اشکال باد) با مقیاس کوچک که اندازه‌ی آن تا 10 MV بالا می‌رود، ارائه شده است. تولید پراکنده جهت تولید و ذخیره‌سازی برق برای مشتریان در محل‌های آنها معرفی شده است و می‌تواند به شبکه‌های تأسیسات نیز متصل شود. معافیت‌های بسیاری توسط DG به مشتری ارائه می‌شود، این ویژگی‌های متنوع مزایای زیادی را جهت راه‌اندازی DG به جای ساختن خطوط توزیع جدید سبب می‌شود. این DG می‌تواند جهت فراهم نمودن ذخیره‌ی برق برای مشتریان در ساعات اوج مصرف مورد استفاده قرار گیرد، این نوع توزیع می‌تواند تقاضای مشتری را خارج از شبکه برآورده سازد، همچنین می‌تواند از ایجاد جزیره‌ای شدن عمدی نیز پشتیبانی کند. یکی از مشکلات اصلی در هنگام اتصال DG به شبکه‌ی تأسیسات، در نظر گرفتن دستیابی ایمن و مؤثر می‌باشد.

۳- انواع تولید پراکنده

تولید پراکنده (DG) می‌تواند به دو بخش اصلی مانند معکوس‌کننده براساس DG و ماشین چرخشی DG طبقه‌بندی شود. بعد از فرآیند تولید، معمولاً از معکوس‌کننده‌ها در سیستم‌های DG استفاده می‌شود که در این حالت ولتاژ ممکن است به صورت DC یا AC تولید شود. تولید پراکنده ابتدا به DC سپس به AC تبدیل می‌شود، بنابراین نیازمند تغییر ولتاژ اسمی و فرکانسی با پارامترهای اسمی در داخل یکسوکننده می‌باشد.

الف) فتو ولتائیک

سیستم‌های PV یک سیستم سازگار با محیط زیست می‌باشند، زیرا هیچ مشکلی تا به حال در مورد آنها وجود نداشته است. این سیستم‌های PV از خورشید به‌عنوان منبع سوخت برای تولید ولتاژ DC در محدوده‌ی چند مگاوات استفاده می‌کنند و سپس با بهره‌گیری از یکسوکننده‌ها، جریان را به AC تبدیل می‌نمایند.

ب) توربین بادی

یک توربین بادی از باد به‌عنوان ورودی استفاده می‌کند. جهت به چرخش در آوردن این توربین بادی برای انجام یک حرکت اولیه، آن را به شفت یک ژنراتور متصل می‌کنند. ژنراتور یک ولتاژ خروجی AC را که بستگی به سرعت باد دارد، فراهم می‌نماید. هنگامی که سرعت باد متغیر باشد، ولتاژ تولید شده به جریان DC و سپس دوباره با استفاده از یکسوکننده‌ها به جریان AC تبدیل می‌گردد. محدوده‌ی انرژی بادی تولید شده با استفاده از توربین‌های بادی به بالای چند مگاوات برای هر توربین می‌رسد.

ج) پیل‌های سوختی

نحوه‌ی کار پیل‌های سوختی مشابه یک باتری می‌باشد، اما این پیل با استفاده از هیدروژن که می‌تواند از هر گونه منبع هیدروکربون استخراج شود، به‌صورت پیوسته شارژ می‌گردد که در این حالت شارژ پیل سوختی همراه با هوا (اکسیژن) می‌باشد. پیل سوختی از واکنش هیدروژن و اکسیژن همراه با کمک به الکترولیت هدایت یون جهت تولید یک ولتاژ DC القایی استفاده می‌کند که متناسب با تعداد پیل‌های سوختی می‌باشد.

د) میکرو توربین‌ها

میکرو توربین‌ها براساس فن‌آوری توربین‌های دوار دارای سرعت بالا توسعه پیدا کرده‌اند که با استفاده از یک ژنراتور، ولتاژ خروجی دارای فرکانس بالا را تولید می‌نمایند. این میکرو توربین‌ها معمولاً با استفاده از گاز طبیعی عمل می‌کنند.

ه) ماشین‌های دوار

ماشین‌های دوار نوعی از DGها می‌باشند که شامل ماشین‌های سنکرون و القایی مانند ژنراتورهای سنکرون و القایی می‌باشند. این ماشین‌ها از سوخت به‌عنوان ورودی جهت تولید الکتریسیته در محدوده‌های مختلف که از کیلووات تا چندین مگاوات شروع می‌شود، استفاده می‌نمایند. از ماشین‌های دوار عمدتاً به‌عنوان یک وضعیت مستقل یا سیستم‌های تولید پشتیبان استفاده می‌شود.

۴- اثر تولید پراکنده بر سیستم قدرت

اضافه نمودن DG به سیستم‌های پراکنده دارای اثرات مختلف بر روی آن می‌باشد. این اثرات ممکن است در سیستم‌های قدرت مثبت یا منفی باشد [۶]، [۱۱] و می‌توان برای آنها، مزیت‌های و زیان‌هایی بر روی تولید پراکنده در نظر گرفت. این بخش به بررسی اثرات DG بر روی ویژگی‌های مختلف شبکه می‌پردازد.

الف) تأثیر DG بر روی تنظیم‌کننده‌ی ولتاژ

در سیستم توزیع شعاعی، از روش تنظیم‌کننده‌ی اصلی در ترانسفورماتورهای تغییردهنده‌ی تپ بار در ایستگاه‌ها همراه با تنظیم‌کننده‌ی خط اضافی بر روی توزیع و سوئیچ کردن تغذیه‌کننده‌های خازن استفاده می‌شود [۹]. ولتاژ درون یک محدوده از طریق دستگاه‌های ذکر شده نگهداری می‌شود. معیار تنظیم‌کننده‌ی ولتاژ براساس جریان توزیع قدرت شعاعی در ایستگاه به‌همه‌ی بارها بستگی دارد، اضافه نمودن DG سبب تغییرات مشخصه‌های شعاعی شده و پایداری و جریان‌های قدرت سیستم در جهت‌های مختلف را از دست می‌دهد و طرح جریان قدرت جدیدی در یک سیستم ایجاد می‌نماید. از دست دادن پایداری سیستم بر روی تکنیک تنظیم‌کننده‌ی ولتاژ، تأثیر مؤثری می‌گذارد.

ب) تأثیر DG بر روی تلفات

یکی از اثرات اصلی تولید پراکنده ایجاد تلفات در تغذیه کننده می باشد. یکی از معیارهای اصلی جهت قرار دادن DG در یک سیستم ارائه دادن یک عملکرد بهتر همراه با کاهش تلفات می باشد و در این صورت عملکرد سیستم به سمت بهینه شدن پیش خواهد رفت. بنابراین ما با کاهش دادن این تلفات، یک موقعیت بهینه برای DG را پیدا می کنیم.

ج) تأثیر DG بر روی هارمونیک ها

تولید پراکنده (DG) می تواند یک منبع هارمونیک شبکه باشد؛ هارمونیک ها می توانند از طریق واحد تولید خود (ژنراتور) یا از طریق اجزای الکترونیکی قدرت مانند معکوس کننده ها که جهت انتقال الکترونیته ی تولید شده DC به AC که به یک شبکه تزریق می شوند، تولید شوند. فن آوری های معکوس کننده ی قدیمی براساس SCR، درجه های بیشتری از هارمونیک ها را تولید می کنند، در حالی که فن آوری های جدید معکوس کننده که براساس IGBTها (ترانزیستور دوقطبی گیت عایق) و تکنیک مدولاسیون پهنای پالسی عمل می کنند سبب ایجاد موج سینوسی تولید شده می شوند.

د) تأثیر DG بر روی سطح های اتصال کوتاه شبکه

نفوذ DG در یک شبکه دارای اثر مستقیم بر روی سطح های اتصال کوتاه شبکه می باشد که سبب افزایش خطاهای جریان در مقایسه با شبکه ی عادی می شود که در این شرایط در ایستگاه فقط واحد تولید وجود دارد. این افزایش حتی اگر ظرفیت تولید DG کوچک باشد، به دست خواهد آمد [۱۲]. مشارکت DG در خطاها به بعضی از فاکتورها مانند ظرفیت تولید DG (اندازه ی DG)، فاصله ی DG تا موقعیت خطا و نوع DG بستگی دارد.

۵- تأثیر تولید پراکنده بر روی محافظت

الف) قطع نادرست تغذیه کننده

وقتی که DG به تغذیه کننده ی پراکنده متصل می گردد، ممکن است یک قطع نادرست بر روی یک تغذیه کننده ی سالم ایجاد شود. اگر خطا بر روی هر تغذیه کننده ی مجاور ایجاد شود، در این صورت خطای جریان از طریق متصل کردن DG در تغذیه کننده مشارکت ایجاد می کند [۱۰]. اگر مقادیر خطای جریان مشارکت کننده بزرگتر از توان

دستگاه محافظت باشد، در این صورت تغذیه‌کننده‌ی سالم از سرویس تا زمانی که خطا از تغذیه‌کننده‌ی سالم رفع نشود، خارج می‌گردد.

ب) مشکلات قطع تغذیه‌کننده

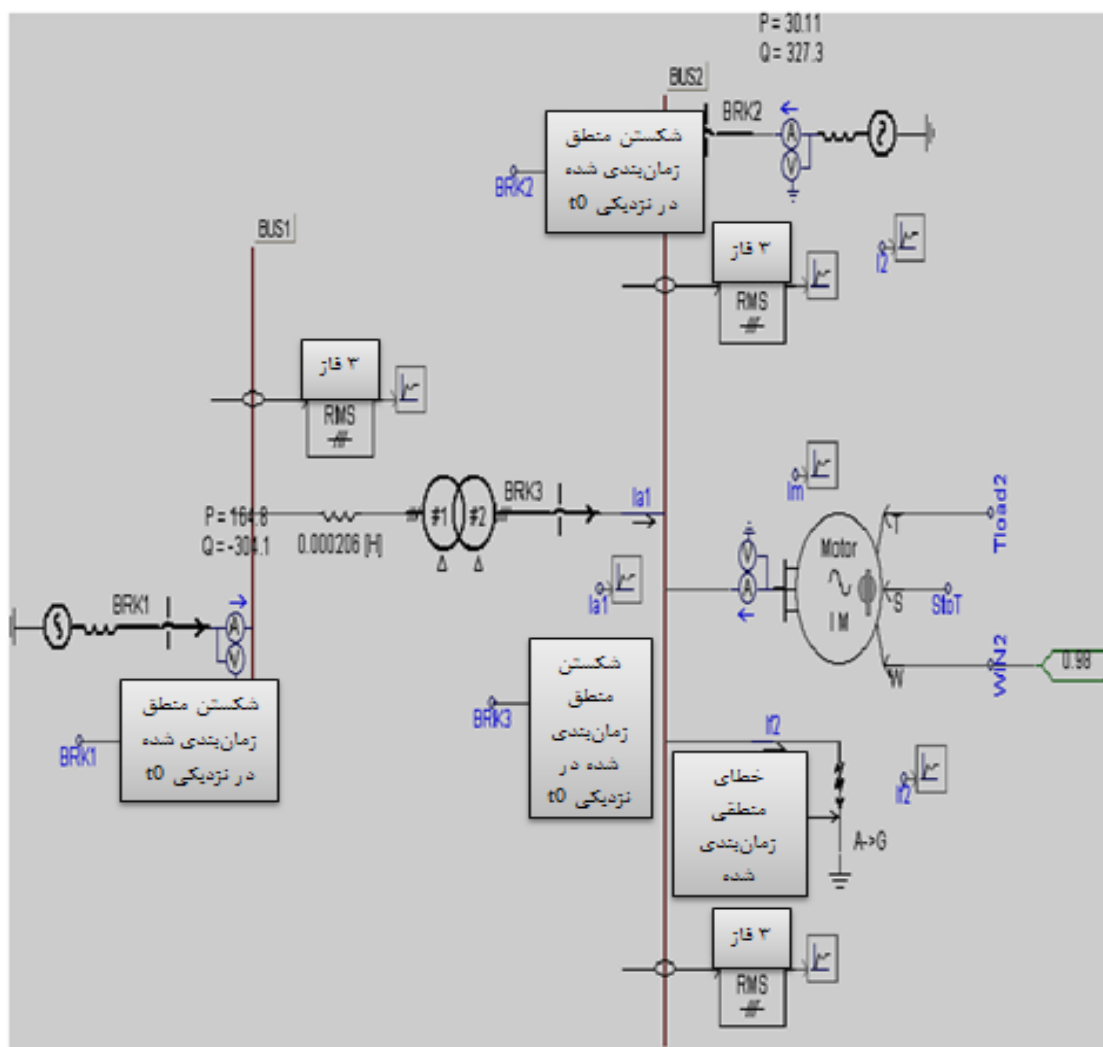
عبارت مشکلات قطع مربوط به عدم اتصال DG است که به دلیل انرژی ضربه‌ای در امکانات DG ایجاد می‌شود [۷]، [۸]. در شبکه‌ی توزیع، انرژی ضربه‌ای به دلیل اتلاف زیاد بار مانند یک موتور در حضور یک DG ایجاد می‌شود. این اتلاف جریان انرژی زیاد در یک شبکه سبب تقویت کردن انقطاع می‌شود. یک خطا در خارج از منطقه‌ی محافظت شده ایجاد می‌گردد و ممکن است سبب مشکلات قطع DG مانند اتلاف ناگهانی تولید از طریق DG شود.

ج) جزیره‌ای شدن ناخواسته

وقتی که DG متصل می‌گردد، جزیره‌ای شدن ناخواسته در یک شبکه‌ی توزیع ایجاد می‌شود، چون نگهدارنده یا تغذیه‌کننده دچار شکست می‌شود و به همین دلیل بخشی از سیستم انرژی در شبکه قطع می‌شود و آن بخش توسط DG تغذیه می‌شود [۱۳]، [۱۴]. از این جزیره‌ای شدن به صورت کلی اجتناب می‌شود، چون این حالت از ولتاژ و فرکانس عملیاتی و مسئله‌ی کیفیت انرژی حد غیرقابل قبول استفاده می‌کند.

۶- سیستم مورد مطالعه

در شکل ۱ شبیه‌سازی PSCAD در دو سیستم قدرت شعاعی باس نشان داده شده است. تنظیمات سیستم شبیه‌سازی شده در ضمیمه ارائه شده است. در این سیستم، منبع به باس ۱ متصل است و بار موتور القایی به باس ۲ متصل شده است. همچنین DG به باس ۲ وصل شده است.



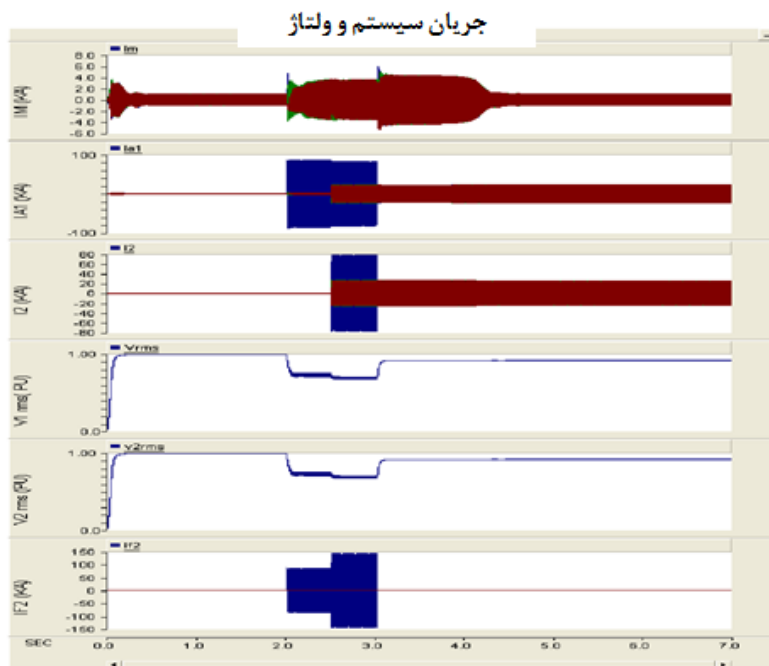
شکل ۱: شبیه‌سازی PSCAD در دو باس سیستم.

۷- شبیه‌سازی نتایج

کار انجام شده در این پژوهش شامل هشت حالت زیر می‌باشد.

حالت اول. در این حالت اولیه، فقط منبع به سیستم متصل شده است که خطای آن در ۲ ثانیه و برای مدت زمان ۱ ثانیه ایجاد می‌شود و DG (تولید باد) در ۲/۵ ثانیه اضافه شده است. ما در این بخش، خطاهای LL، LG و LLLG را در نظر می‌گیریم و DG را در زاویه‌های صفر، ۴۵ و ۹۰ درجه در فاز لحظه‌ای آبی که نزدیک به لحظه‌ی ۲/۵ ثانیه می‌باشد، قرار می‌دهیم.

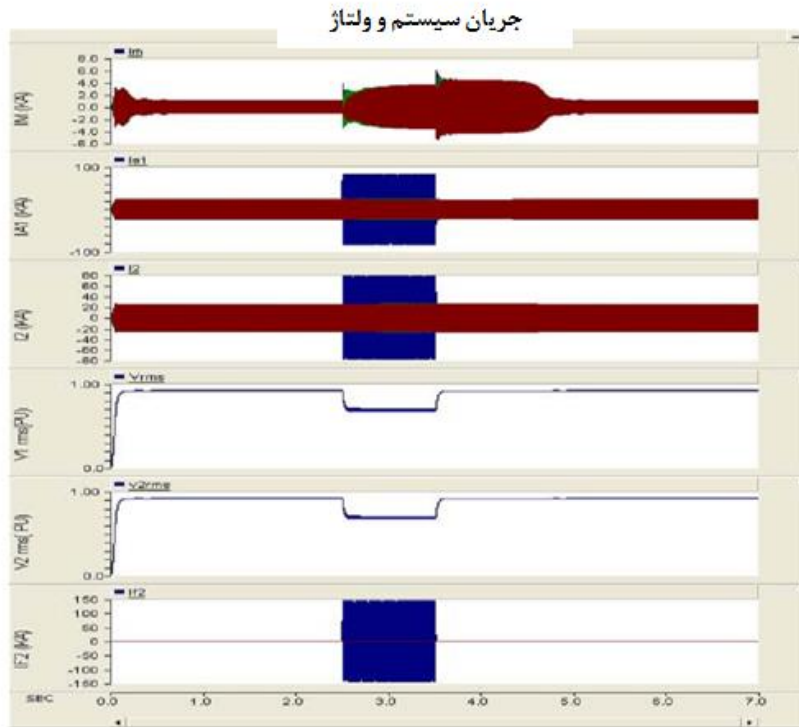
شکل ۲ بیانگر شکل موجی جریان می‌باشد که توسط موتور القایی، جریان ذخیره شده به وسیله‌ی منبع، جریان ذخیره شده به وسیله‌ی DG، ولتاژ RMS طرف فرستنده، ولتاژ RMS طرف دریافت‌کننده و خطای جریان تحت تأثیر خطای L-G در مدت زمان بین ۲ الی ۳ ثانیه به دست آمده است.



شکل ۲: جریان‌ها و ولتاژهای شکل موج تحت تأثیر خطای L-G و DG.

حالت دوم. در این حالت، ابتدا منبع و DG به سیستم متصل می‌شوند و خطا در $2/5$ ثانیه شبیه‌سازی می‌گردد. ما در این بخش، خطاهای LL، LG و LLLG را در نظر می‌گیریم و شبیه‌سازی را در زاویه‌های صفر، 45° و 90° انجام می‌دهیم.

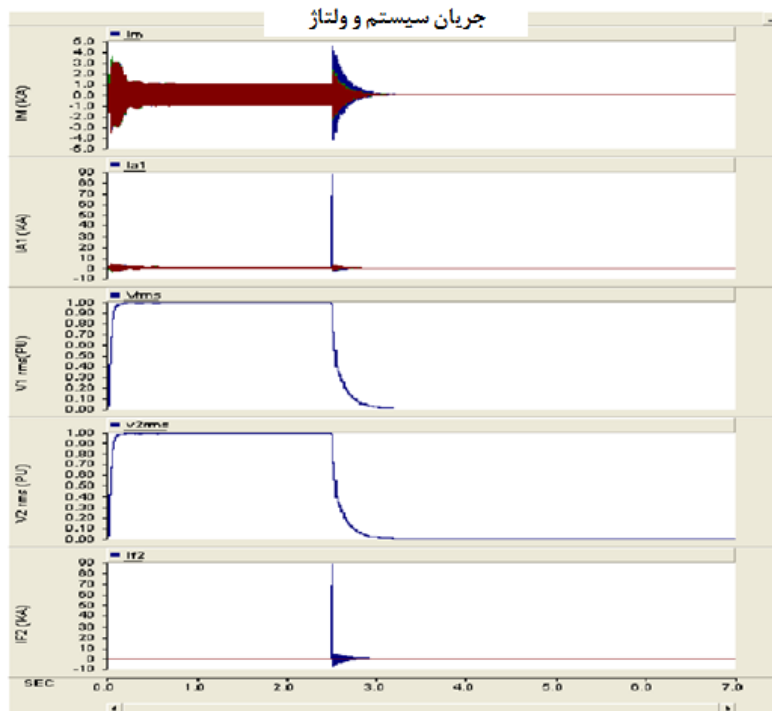
شکل ۳ بیانگر شکل موجی جریان می‌باشد که توسط موتور القایی، جریان ذخیره شده به وسیله‌ی منبع، جریان ذخیره شده به وسیله‌ی DG، ولتاژ RMS طرف فرستنده، ولتاژ RMS طرف دریافت‌کننده و خطای جریان تحت تأثیر خطای L-G در مدت زمان بین $2/5$ الی $3/5$ ثانیه به دست آمده است.



شکل ۳: جریان‌ها و ولتاژهای شکل موج سیستم و DG تحت تأثیر خطای L-G

حالت سوم. در این حالت، منبع به سیستم متصل شده است که خطای آن در $2/5$ ثانیه و برای مدت زمان ۱ ثانیه ایجاد می‌شود. ما در این بخش، خطاهای LL، LG و LLLG را در نظر می‌گیریم و شبیه‌سازی را در زاویه‌های صفر، 45° و 90° درجه انجام می‌دهیم. سیستم با استفاده از محافظت جریان زیاد تسهیل می‌گردد.

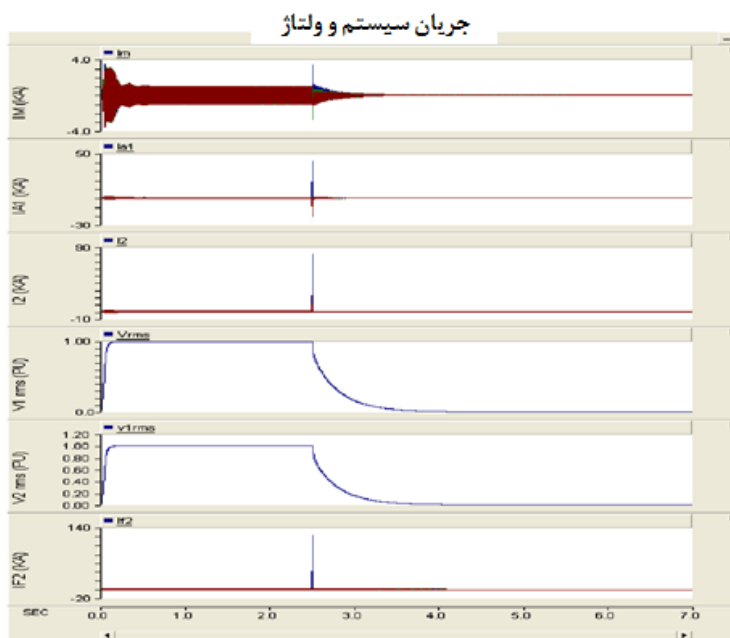
شکل ۴ بیانگر شکل موجی جریان می‌باشد که توسط موتور القایی، جریان ذخیره شده به‌وسیله‌ی منبع، ولتاژ RMS طرف فرستنده، ولتاژ RMS طرف دریافت‌کننده و خطای جریان تحت تأثیر خطای L-G در $2/5$ ثانیه و عملیات محافظت جریان زیاد ایجاد می‌شود.



شکل ۴: جریان‌ها و ولتاژهای شکل موج سیستم تحت تأثیر خطای L-G و محافظت جریان زیاد

حالت چهارم. در این حالت، ابتدا منبع و DG به سیستم متصل می‌گردند و شبیه‌سازی در ۲/۵ ثانیه انجام می‌گیرد. ما در این بخش، خطاهای LL، LG و LLLG را در نظر می‌گیریم و شبیه‌سازی را در زاویه‌های صفر، ۴۵ و ۹۰ درجه انجام می‌دهیم.

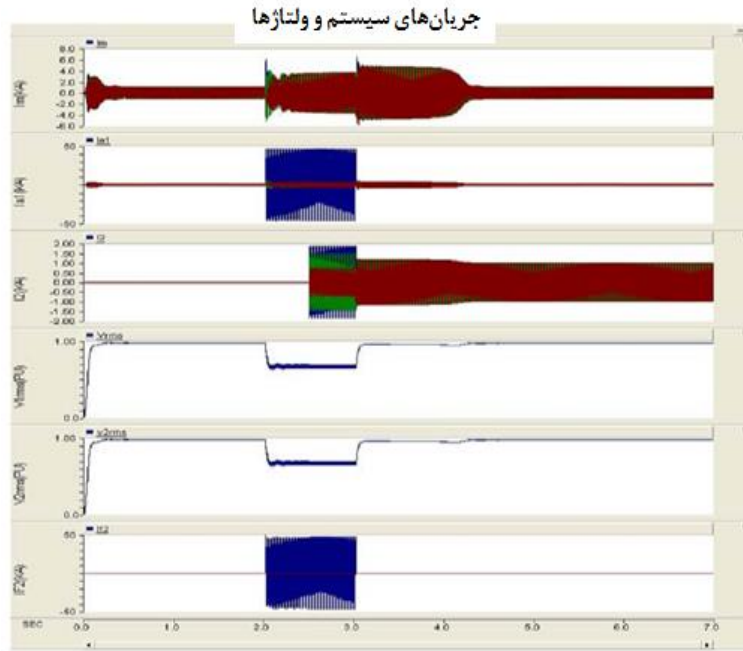
شکل ۵ بیانگر شکل موجی جریان می‌باشد که توسط موتور القایی، جریان ذخیره شده به وسیله‌ی منبع، جریان ذخیره شده به وسیله‌ی DG، ولتاژ RMS طرف فرستنده، ولتاژ RMS طرف دریافت‌کننده و خطای جریان تحت تأثیر خطای L-G در ۲/۵ ثانیه و عملیات محافظت جریان زیاد ایجاد می‌شود.



شکل ۵: جریان‌ها و ولتاژهای شکل موج سیستم همراه با DG تحت تأثیر خطای L-G و محافظت جریان زیاد

حالت پنجم. در این حالت، ابتدا فقط منبع به سیستم متصل شده است که خطای آن در ۲ ثانیه و برای مدت زمان ۱ ثانیه ایجاد می‌شود و DG (تولید باد) در ۲/۵ ثانیه اضافه شده است. ما در این بخش، خطاهای LL, LG و LLLG را در نظر می‌گیریم و DG را در زاویه‌های صفر، ۴۵ و ۹۰ درجه در فاز لحظه‌ای آبی که نزدیک به لحظه‌ی ۲/۵ ثانیه می‌باشد، قرار می‌دهیم. یک محدودکننده‌ی خطای جریان مقاومتی 5Ω به سری‌های منبع و DG اضافه گردیده است.

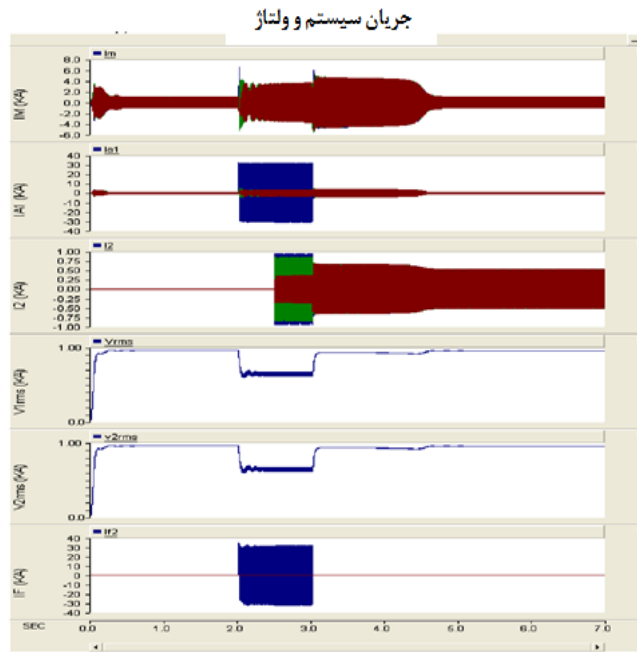
شکل ۶ بیانگر شکل موجی جریان می‌باشد که توسط موتور القایی، جریان ذخیره شده به‌وسیله‌ی منبع، جریان ذخیره شده به‌وسیله‌ی DG، ولتاژ RMS طرف فرستنده، ولتاژ RMS طرف دریافت‌کننده و خطای جریان تحت تأثیر خطای L-G در مدت زمان بین ۲ الی ۳ ثانیه و مقاومت FCL حاوی 5Ω به‌دست آمده است.



شکل ۶: جریان‌ها و ولتاژهای شکل موج تحت تأثیر خطای L-G، DG و مقاومت FCL حاوی 5Ω

حالت ششم. در این حالت، ابتدا فقط منبع به سیستم متصل شده است که خطای آن در ۲ ثانیه و برای مدت زمان ۱ ثانیه ایجاد می‌شود و DG (تولید باد) در $2/5$ ثانیه اضافه شده است. ما در این بخش، خطاهای LL، LG و LLLG را در نظر می‌گیریم و DG را در زاویه‌های صفر، 45° و 90° در فاز لحظه‌ای آبی که نزدیک به لحظه‌ی $2/5$ ثانیه می‌باشد، قرار می‌دهیم. یک محدودکننده‌ی خطای جریان مقاومتی 10Ω به سری‌های منبع و DG اضافه گردیده است.

شکل ۷ بیانگر شکل موجی جریان می‌باشد که توسط موتور القایی، جریان ذخیره شده به‌وسیله‌ی منبع، جریان ذخیره شده به‌وسیله‌ی DG، ولتاژ RMS طرف فرستنده، ولتاژ RMS طرف دریافت‌کننده و خطای جریان تحت تأثیر خطای L-G در مدت زمان بین ۲ الی ۳ ثانیه و مقاومت FCL حاوی 10Ω به‌دست آمده است.



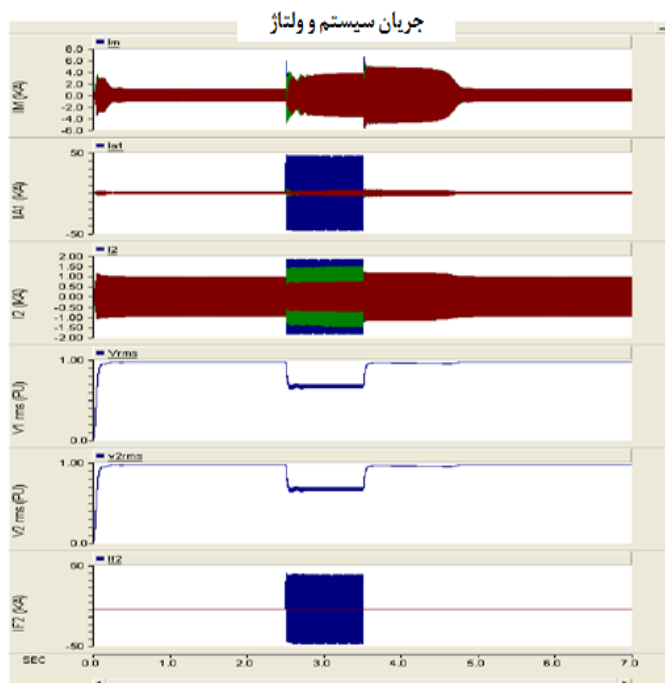
شکل ۷: جریان‌ها و ولتاژهای شکل موج تحت تأثیر خطای L-G، DG و مقاومت FCL حاوی 10Ω .

مقایسه بین مقدار خطاهای جریان در حالت بدون محدودکننده‌ی خطای جریان و در حالت حاوی محدودکننده‌ی خطای جریان مقاومتی 5Ω و 10Ω تحت تأثیر خطاهای LL، LG و LLLG در جدول زیر نشان داده شده است. جدول ۱: مقایسه بین خطاهای جریان در حالت‌های اول، پنجم و ششم.

جریان در حالت‌های قبلی			نوع خطا
خطای جریان‌های حاوی 10 اهم FCL (مقدر حداکثر برحسب KA)	خطای جریان‌های حاوی 5 اهم FCL (مقدر حداکثر برحسب KA)	خطای جریان‌ها بدون FCL (مقدر حداکثر برحسب KA)	
۳۴/۷۵	۴۸/۷۱	۸۸/۶۲	خطای LG
۲۲/۴۱	۳۴/۲۷	۷۹/۷۹	خطای LL
۲۷/۰۷	۴۰/۲۲	۸۹/۱۴	خطای LLLG

حالت هفتم. در این حالت، ابتدا منبع و DG به سیستم متصل می‌شوند و خطا در $2/5$ ثانیه شبیه‌سازی می‌گردد. ما در این بخش، خطاهای LL، LG و LLLG را در نظر می‌گیریم و شبیه‌سازی را در زاویه‌های صفر، 45 و 90 درجه انجام می‌دهیم. یک محدودکننده‌ی خطای جریان مقاومتی 5Ω به سری‌های منبع و DG اضافه گردیده است.

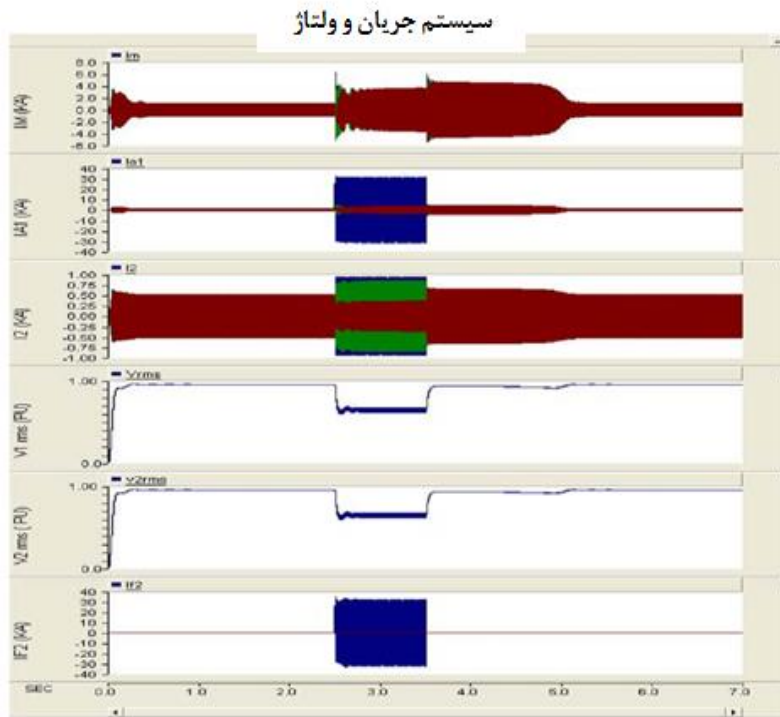
شکل ۸ بیانگر شکل موجی جریان می‌باشد که توسط موتور القایی، جریان ذخیره شده به وسیله‌ی منبع، جریان ذخیره شده به وسیله‌ی DG، ولتاژ RMS طرف فرستنده، ولتاژ RMS طرف دریافت‌کننده و خطای جریان تحت تأثیر خطای L-G در مدت زمان بین ۲/۵ الی ۳/۵ ثانیه و مقاومت FCL حاوی 5Ω به دست آمده است.



شکل ۸: جریان‌ها و ولتاژهای شکل موج سیستم همراه با DG تحت تأثیر خطای L-G و مقاومت FCL حاوی 5Ω

حالت هشتم. در این حالت، ابتدا منبع و DG به سیستم متصل می‌شوند و خطا در ۲/۵ ثانیه شبیه‌سازی می‌گردد. ما در این بخش، خطاهای LL، LG و LLLG را در نظر می‌گیریم و شبیه‌سازی را در زاویه‌های صفر، ۴۵ و ۹۰ درجه انجام می‌دهیم. یک محدودکننده‌ی خطای جریان مقاومتی 10Ω به سری‌های منبع و DG اضافه گردیده است.

شکل ۹ بیانگر شکل موجی جریان می‌باشد که توسط موتور القایی، جریان ذخیره شده به وسیله‌ی منبع، جریان ذخیره شده به وسیله‌ی DG، ولتاژ RMS طرف فرستنده، ولتاژ RMS طرف دریافت‌کننده و خطای جریان تحت تأثیر خطای L-G در مدت زمان بین ۲/۵ الی ۳/۵ ثانیه و مقاومت FCL حاوی 10Ω به دست آمده است.



شکل ۹: جریان‌ها و ولتاژهای شکل موج سیستم همراه با DG تحت تأثیر خطای L-G و مقاومت FCL حاوی

10Ω

مقایسه بین مقدار خطاهای جریان در حالت بدون محدودکننده‌ی خطای جریان و در حالت حاوی محدودکننده‌ی خطای جریان مقاومتی 5Ω و 10Ω تحت تأثیر خطاهای LL، LG و LLLG در جدول زیر نشان داده شده است.

جدول ۲: مقایسه بین خطاهای جریان در حالت‌های دوم، هفتم و هشتم.

جریان در حالت‌های قبلی			نوع خطا
خطای جریان حاوی ۱۰ اهم FCL (مقدر حداکثر برحسب KA)	خطای جریان حاوی ۵ اهم FCL (مقدر حداکثر برحسب KA)	خطای جریان بدون FCL (مقدر حداکثر برحسب KA)	
۳۵/۴۲	۵۰/۱۵	۱۴۵/۱۸	خطای LG
۲۲/۸۰	۳۵/۴۰	۱۳۴/۹۵	خطای LL
۲۷/۶۴	۵۰/۱۸	۱۴۵/۸۳	خطای LLLG

۸- نتیجه گیری

حضور تولید پراکنده ممکن است سبب افزایش خطاهای جریان حتی بیش از ظرفیت مدارشکن شود. بنابراین انتظار می رود که دستگاه های محافظت موجود دارای تنش الکتریکی بیشتری نسبت به معمولی ها باشند.

حالت های ارائه شده در این پژوهش نشان می دهد که اضافه کردن DG به وسیله ی موتور القایی باعث ایجاد جریان می گردد که هم منبع و هم DG در این حالت مشارکت دارند. همچنین مشاهده شده است که مشارکت DG بر روی خطا با اضافه نمودن DG باعث بیشتر شدن مقدار خطای جریان گردیده است. با استفاده از محافظت بیش از حد جریان لحظه ای، هم منبع و هم DG محافظت شده اند.

حضور DG باعث افزایش سطح خطای جریان می شود و منجر به پدیدار شدن مشکل محافظت می گردد. برای حل این مشکلات یک حالت محکم FCL ارائه شده است که به سری های DG متصل می شود. مزیت عمده ی FCL پیشنهاد شده، سادگی ساختار و کنترل و پاسخ سریع می باشد. همچنین این نوع از FCL بر روی مطلوبیت ولتاژ و جریان در عملکردهای سیستم نرمال تأثیر ندارد.

۹- ضمیمه

تنظیمات سیستم مورد مطالعه

مؤلفه	توان
منبع سه فازی	60Hz, 20MVA, 12KV
ترانسفورماتور ($\Delta-\Delta$)	60Hz, 69KV/12KV, 1500MVA
موتور القایی قفس سنجابی	ولتاژ فاز RMS = 6.9282 KV جریان فاز RMS = 0.7596 KV فرکانس زاویه ای = 376.99 rad/s توان اسمی موتور = 1809 hp
تولید پراکنده (تولید باد)	60Hz, 20MVA, 12KV

X. References

- [1] P.P. Barker and R.W. de Mello, "Determining the impact of Distributed generation on power systems: Part 1-radial distribution systems," in Proc. IEEE Power Engineering Society Summer Meeting, 2000, pp.1645-1654.
- [2] T. A. Short, Electric Power Distribution Handbook. Boca Raton, FL: CRC Press LLC, 2004.
- [3] IEEE Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems, IEEE Standard 242-2001, June. 2001
- [4] M.K.Donnely, J. E. Dagle, D.J. Trudnowski and G.J. Roger "Impacts of the distributed utility on Transmission system Stability" Power Systems, IEEE Transactions on, Volume: 11, Issue: 2, May 1996, Pages: 741 – 746
- [5] G. Pepermans, J. Driesen, D. Haeseldonckx, R. Belmans and W. D'haeseleer, "Distributed generation: definition, benefits and issues," Energy Policy, vol. 33, issue 6, Apr. 2005, pp. 787-798.
- [6] K. Kauhaniemi and L. Kumpulainen, "Impact of Distributed Generation on the Protection of Distribution Networks," in Proc. 2004 IET International Conference on Development in Power System Protection, vol. 1, pp.315-318.
- [7] W.G. Hartmann, "How to Nuisance Trip Distributed Generation," in Proc. 2003 IEEE Rural Electric Power Conference, pp. C.5-1 –C.5-11.
- [8] W. G. Hartmann, "How Not to Nuisance-Trip Distributed Generation," in Proc. 2005 IEEE Technical Conference on Industrial and Commercial Power System, pp. 52-61.
- [9] C.P. Lawrence, M. M. A. Salama, R. El. Shatshat "Studying the Effects of Distributed Generation on Voltage Regulation," International Journal of Electrical Engineering Education, vol. 46, no. 1, pp. 11-29, Jan. 2009.
- [10] G. Kaur and M. Vaziri Y., "Effect of Distributed Generation (DG) Interconnections on Protection of Distribution Feeders," in Proc. 2006 IEEE Power Engineering Society General Meeting, pp. 8.
- [11] Zayandehroodi, Hadi, Azah Mohamed, Hussain Shareef, and Marjan Mohammad jafari. "Impact of distributed generations on power system protection performance." International Journal of the Physical Sciences 6, no. 16 (2011): pp. 3873-3881.
- [12] P. P. Barker, R. W. de Mello, "Determining the impact of Distributed generation on power systems: part1-radial distribution systems," IEEE Trans. Power Delivery, vol. 15, pp. 486-493, Apr. 2000.
- [13] P. Mahat, Zhe Chen and B. Bak-Jensen, "Review of islanding detection methods for distributed generation." in Proc. 2008 Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies, DRPT. pp. 2743-2748.
- [14] Wojciech Piasecki, Marek Florkowski, Marek Fulczyk, Pentti Mahonen and Wieslaw Nowak, "Mitigating Ferroresonance in Voltage Transformers in Ungrounded MV Networks," IEEE Transactions on Power Delivery, vol.22, no.4, Oct'2007.