



پنجمین کنفرانس تخصصی حفاظت و کنترل سیستمهای قدرت



انجمن مهندسين برق و الكترونیک ایران
شاخه تهران

تهران - دانشکده برق و کامپیوتر دانشگاه شهید بهشتی ۲۱ و ۲۲ دی ماه ۱۳۸۹

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

ارزیابی و بهبود هماهنگی ادوات حفاظتی با حضور DG در یک شبکه واقعی

اکبر زارع کابدول* بهمن جمشیدی عینی* محمود رضا حقی فام** بهشید احمد خان بیگی*

* شرکت توزیع نیروی برق غرب استان تهران

** دانشگاه تربیت مدرس

کرج ایران

واژه های کلیدی: هماهنگی حفاظتی، فیوز، شبکه های شعاعی، تولید پراکنده

چکیده

شبکه حالت شعاعی خود را از دست داده و لازم است همسو با تغییرات شبکه، هماهنگی تجهیزات حفاظتی نیز تغییر یابد تا وضعیت حفاظتی شبکه پایدار بماند. این مقاله بر آن است که با استفاده از نرم افزار ETAP اثر حضور DG بر هماهنگی حفاظتی فیوزهای یکی از فیدرهای منطقه نظرآباد را مورد بررسی قرار دهد. نتایج نهایی نشان دهنده لزوم مطالعات بعد از نصب DG و بازنگری در نوع، مکان و تنظیمات تجهیزات حفاظتی در جهت پایدار ماندن هماهنگی حفاظتی شبکه می باشد.

حفاظت سیستم های قدرت یکی از جنبه های بسیار مهم آن می باشد، بگونه ای که چگونگی اجرای طرح ها و کیفیت عملکرد تجهیزات حفاظتی مقوله هایی همچون قابلیت اطمینان، کنترل پذیری و پایداری سیستم های قدرت را تحت تاثیر قرار می دهد. اخیراً با توجه به سیاست های اتخاذ شده مبنی بر گسترش منابع تولید پراکنده، بازبینی مطالعات هماهنگی بین تجهیزات حفاظتی و اتخاذ تصمیم های مناسب جهت بهره گیری حداکثری منابع DG، لازم می باشد. اصولاً طرح های حفاظتی منتخب برای سیستم های توزیع انرژی الکتریکی فعلی به جهت ماهیت آن، عمدتاً بصورت سستی و با فرض شعاعی بودن شبکه می باشد در حالی که بعد از نصب واحد DG بخش عمده ای از



پنجمین کنفرانس تخصصی حفاظت و کنترل سیستمهای قدرت



انجمن مهندسين برق و الكترونيك ايران
شاخه تهران

تهران - دانشكده برق و كامپيوتر دانشگاه شهيد بهشتی ۲۱ و ۲۲ دی ماه ۱۳۸۹

دانشكده مهندسی برق و كامپيوتر

مقدمه

و بدین وسیله از قطع غیر ضروری قسمتهای مختلف شبکه و بارهای الکتریکی مربوطه جلوگیری بعمل آید و موجبات استفاده حداکثری از این منابع در شبکه گردد. با توجه به اینکه در حال حاضر اکثر شبکه های فشار متوسط از فیوز به عنوان تنها تجهیز حفاظتی در شبکه سود می برند، ضرورت دارد که ابتدا نحوه هماهنگی فیوز - فیوز، مورد بررسی قرار گرفته و سپس در ادامه با شبیه سازی یک شبکه واقعی در نرم افزار ETAP، از نتایج آن در جهت هماهنگی تجهیزات حفاظتی موجود سود جست.

در طی چند سال گذشته در کشور ما توجه زیادی به مزایای تولیدات پراکنده صورت گرفته است. بعضی از مزایای عنوان شده شامل موارد زیر است:

۱- ارزشمند نمودن ذخایر انرژی بواسطه کاهش پیک بار در زمانهای پر مصرف.

۲- پشتیبان اضطراری به هنگام بروز خاموشی های تحمیل شده به شبکه.

۳- به تعویق انداختن افزایش ظرفیت شبکه برق.

۴- افزایش قابلیت اطمینان شبکه.

۵- کاهش افت ولتاژ [۱].

هماهنگی فیوز - فیوز

عموماً فیوزها جزو تجهیزات حفاظتی پرکاربرد در شبکه توزیع برق می باشند و بدلیل ساختار ساده و هزینه کمتری که نسبت به سایر ادوات حفاظتی دارند، جزو اولویت های طرح های حفاظتی بخصوص در شبکه های توزیع برق می باشند. بطور کلی یک فیوز دو مشخصه اصلی را شامل می شود:

۱- حداقل زمان لازم برای ذوب شدن المان فیوز (MM)

۲- حداکثر زمان کل لازم برای برطرف شدن خطا توسط فیوز (TC) [۳].

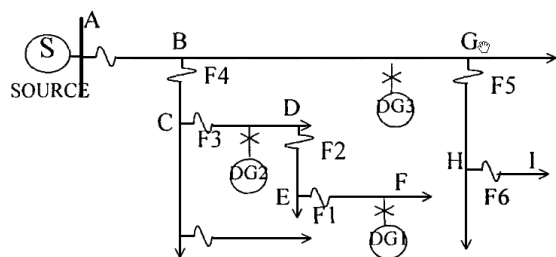
شکل ۱a بخش کوچکی از یک شبکه توزیع واقعی را نشان می دهد. این شبکه، فاقد DG بوده و به صورت کلی ۲ نمونه از

البته دسترسی به مزایای DG به آسانی امکان پذیر نبوده و بایستی این منابع از قابلیت اطمینان بالا و ظرفیت مناسب برخوردار بوده و در محل مناسبی نصب گردند [۲]. یکی از جنبه های مهم دیگری که باید به آن توجه زیادی شود، پایدار ماندن هماهنگی بین تجهیزات حفاظتی بعد از نصب واحد DG می باشد، بگونه ای که در مواقع بروز خطا جریان تزریقی DG که متناسب با اندازه و موقعیت نصب و نوع DG می تواند مختلف باشد، موجب خطا در عملکرد تجهیزات حفاظتی نگردد



خطاهایی که دامنه جریان خطای آن در محدوده $I_{f_{min}}$ و $I_{f_{max}}$ می باشد، صورت گرفته است. محدوده $I_{f_{min}}$ (حداقل جریان خطا) و $I_{f_{max}}$ (حداکثر جریان خطا) را اصطلاحاً رنج هماهنگی بین فیوزها گویند.

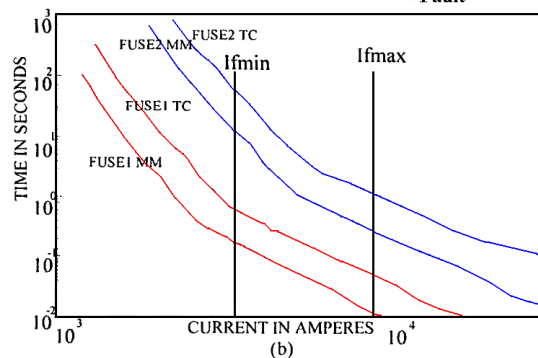
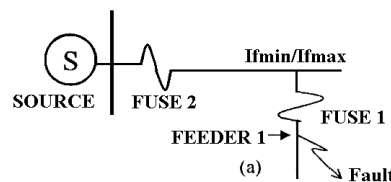
با اتصال DG به سیستم توزیع مذکور، دامنه جریانهای خطا برای هر نوع خطایی که قبلاً وجود داشت، تغییر خواهد یافت. حتی این امکان که جهت جریانهای جاری شده در سیستم عکس حالت بدون DG باشد، وجود خواهد داشت. به عنوان مثال احتمال این که جریان خطا از سمت بار (پایین دست شبکه) به سمت منبع (بالادست شبکه) جاری شده و فیوز خطایی را که در شبکه پایین دست رخ داده به اشتباه در شبکه بالا دست خود دیده و عملکرد غلط داشته باشد دور از انتظار نبوده و در چنین شرایطی هماهنگی موجود بین آنها بکلی از بین خواهد رفت.



شکل ۲: بخشی از یک شبکه توزیع بزرگ با DG

شکل ۲ بخشی از یک شبکه توزیع بزرگ را نشان می دهد. برای توضیح بیشتر موارد فوق، ابتدا فرض می کنیم شبکه توزیع فاقد DG می باشد. در این حالت، زوج فیوزهای F_1-F_2 ، F_2-F_3 ، F_3-F_4 ، F_4-F_5 ، F_5-F_6 و F_6-F_7 را می توانیم به عنوان زوجهای هماهنگی در نظر بگیریم. در این حالت، دامنه جریانهای خطا برای هر نوع خطایی که قبلاً وجود داشت، تغییر خواهد یافت. حتی این امکان که جهت جریانهای جاری شده در سیستم عکس حالت بدون DG باشد، وجود خواهد داشت. به عنوان مثال احتمال این که جریان خطا از سمت بار (پایین دست شبکه) به سمت منبع (بالادست شبکه) جاری شده و فیوز خطایی را که در شبکه بالا دست خود دیده و عملکرد غلط داشته باشد دور از انتظار نبوده و در چنین شرایطی هماهنگی موجود بین آنها بکلی از بین خواهد رفت.

فیوزهای مجموعه برای تحلیل مطالعات هماهنگی در نظر گرفته شده اند [۴]. هماهنگی ایجاد شده بین دو فیوز مزبور باید بنحوی باشد که برای هر خطای حادث شده در فیدر ۱، فیوز ۱ زودتر از فیوز ۲ عمل کرده و خطا را از سیستم پاک کند. این امر زمانی ممکن است که مشخصه TC فیوز ۱ با حاشیه امنیت مشخصی زیر مشخصه TC فیوز ۲ قرار گیرد. حاشیه امنیت بگونه ای در نظر گرفته می شود که زمان رفع خطای حداکثر برای فیوز اصلی (فیوز ۱) از ۷۵٪ زمان ذوب حداقل فیوز پشتیبان (فیوز ۲) تجاوز نکند [۵].



شکل ۱: هماهنگی فیوز - فیوز در شبکه توزیع شعاعی بدون DG

این حاشیه امنیت تضمین کننده عملکرد فیوز اصلی قبل از فیوز پشتیبان می باشد [۳]. شکل ۱b گراف هماهنگی بین فیوزهای موجود را نشان می دهد. در این شبکه هماهنگی لازم برای تمامی



در مورد بند ۱ موارد اشاره شده می توان گفت با وجود افزایش حداقل و حداکثری جریان خطا در سکشن HI، هماهنگی بین فیوزهای F۵ و F۶ تا حد زیادی حفظ می شود و این بدان دلیل است که هنوز فیوزهای مربوطه فقط خطای پایین دست خود را حفاظت می کنند. نکته مهم این بخش، افزایش مقادیر حداقل و حداکثری جریان خطا و متناسب با آن تغییر رنج هماهنگی بین فیوزهای F۶ و F۵ و در نتیجه تغییر گراف هماهنگی بین آن دو می باشد. (رنج هماهنگی، محدوده بین حداقل جریان خطا و حداکثر جریان خطا می باشد که در این بازه منحنی های مربوط به فیوزها هماهنگ بوده و در خارج از این بازه ممکن است این هماهنگی وجود نداشته باشد). اگر افزایش جریان خطا قابل توجه باشد، این امکان وجود دارد که رنج هماهنگی از محدوده منحنی مشخصه فیوز بزرگتر و در نتیجه فیوز مربوطه با مقدار نامی فعلی نتواند هماهنگی لازم را برای خطای حادث شده ایجاد کند و نیاز به تعویض آن باشد.

در مورد بند ۲ موارد فوق می توان گفت یک تعارض خیلی آشکار وجود دارد. می دانیم یکی از بارزترین و مهمترین مشخصه طرح های حفاظتی در محدود کردن حوزه خطا و ایزوله کردن قسمت آسیب دیده از بقیه شبکه می باشد. حال برای اینکه از این مهم پیروی کنیم، لازم است برای خطاهایی که در سکشن CD رخ می دهد فیوز F۳ زودتر از فیوز F۴ و برای خطاهایی که در سکشن AB رخ می دهد فیوز F۴ زودتر از F۳ عمل کند.

F۴-F۵ و F۳-F۴ بگونه ای که قبلاً گفته شد، با هم هماهنگ می باشند. با نفوذ منابع DG به شبکه فوق و نصب آنها در نقاط نشان داده شده، سیستم با تغییرات زیر مواجه خواهد بود.

۱- مقادیر حداکثر و حداقل جریان خطا در سکشن HI به دلیل وجود منابع DG بالادست، افزایش خواهد یافت. از اینرو فیوزهای F۵ و F۶ دامنه جریان خطای بالاتری نسبت به قبل را تجربه خواهند کرد.

۲- برای خطاهایی که در سکشن CD رخ می دهد، فیوزهای F۳ و F۴ آن را به عنوان خطای پایین دست خود خواهند دید، در حالی که همین فیوزها خطاهای حادث شده در سکشن AB را به عنوان خطای بالادست خود تلقی خواهند کرد. دامنه جریان خطای دیده شده توسط فیوزهای F۳ و F۴ برای خطاهایی که در سکشن AB و CD رخ می دهد، یکسان خواهد بود. فیوزهای F۱-F۲ نیز شرایطی نظیر فیوز های F۴ و F۳ خواهند داشت.

۳- برای خطاهایی که در سکشن DE رخ می دهند، فیوز F۲ دامنه جریان خطای بیشتری را نسبت به F۳ تجربه خواهد کرد، در حالی که برای خطاهای حادث شده در سکشن BC، فیوز F۳ دامنه جریان خطای بیشتری را نسبت به F۲ متحمل خواهد شد.

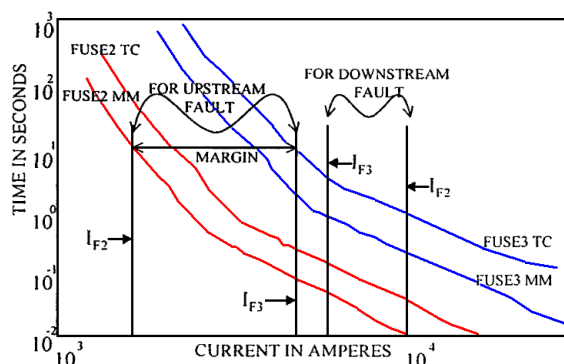


F^3 عمل می کند)، و این همان انتظاری است که ما برای عملکرد صحیح فیوزها در مواجهه با خطای پایین دست داشتیم. البته در اینجا فرض بر این است که افزایش جریان خطا بدلیل وجود منابع تولید پراکنده فراتر از منحنی عملکرد فیوزها نباشد.

برای خطاهای حادث شده در شبکه بالادست، جریان خطای عبوری از F^3 بزرگتر از جریان خطای عبوری از F^2 خواهد بود ($IF^3 > IF^2$)، اختلاف بین این دو متناسب با اندازه و نوع DG^2 خواهد بود [۶]. در این حالت همانگونه که از شکل ۳ استنباط می شود، اگر اختلاف بین جریان خطای IF^2 و IF^3 بیشتر از مارجین نشان داده شده باشد، فیوز F^3 زودتر از فیوز F^2 عمل کرده و هماهنگی بین آن دو پایدار می ماند (با وجود اینکه منحنی F^3 بالای منحنی F^2 می باشد)، لازم به ذکر است که اگر اختلاف بین دامنه این دو جریان کمتر از مارجین مذکور باشد، عملکرد فیوز F^2 قبل از F^3 بوده و هماهنگی آنها از دست خواهد رفت.

با توجه به موارد اشاره شده در بالا، مخصوصاً مواقعی که خطا در بالادست رخ می دهد، مقدار جریان خطای تزریقی از منابع DG نقش اساسی در پایدار ماندن هماهنگی بین فیوزها بازی خواهد کرد بگونه ای که می تواند هماهنگی بین آنها را تضمین کند یا باعث از دست رفتن هماهنگی شود.

از آنجایی که هر دو فیوز جریان خطای یکسانی را در مواجهه با خطاهای پایین دست و بالادست خود مشاهده می کنند، این مورد امکان پذیر نخواهد بود. مورد مذکور برای فیوزهای F^1 و F^2 و خطاهای حادث شده در سکشن های EF و CD نیز صادق است.

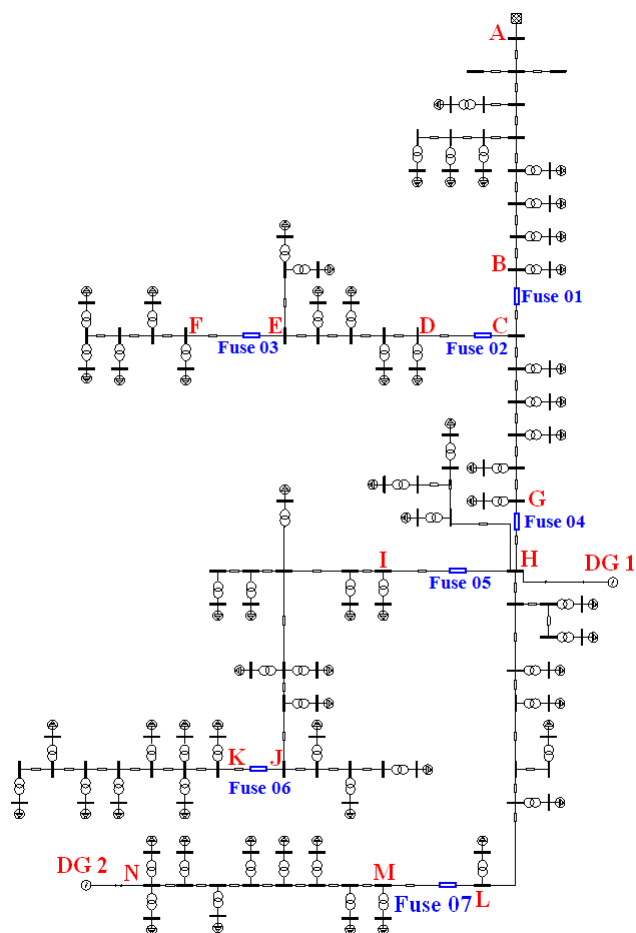


شکل ۳. مارجین هماهنگی بین فیوزها با در نظر گرفتن اثر DG

شکل ۳ موارد اشاره شده در بند ۳ را نشان می دهد. این شکل مشخصه فیوزهای F^2 و F^3 و هماهنگی بین آنها را بدون در نظر گرفتن DG نشان می دهد. همانگونه که در بند ۳ اشاره شد، برای خطاهای پایین دست فیوز F^2 جریان خطای بیشتری را نسبت به فیوز F^3 تجربه می کند ($IF^2 > IF^3$)، اختلاف بین این دو جریان ($IF^2 - IF^3$) متناسب با نوع و اندازه DG^2 می باشد. با توجه به اینکه در این حالت برای تمامی زمانها $IF^2 > IF^3$ می باشد لذا هماهنگی این دو فیوز برای خطاهای حادث شده در شبکه پایین دست هیچوقت از بین نمی رود (همیشه F^2 قبل از



شبیه سازی کامپیوتری



شکل ۴: دیاگرام تک خطی فیدر فشار متوسط پست نظر آباد

همانگونه که در شکل مشخص شده است سکشن AB فاقد فیوز بوده و حفاظت آن به عهده رله پست فوق توزیع می باشد. برای شاخه فرعی CDEF فیوزهای ۰۱، FUSE ۰۲ و ۰۳ FUSE باهم هماهنگ شده اند. برای شاخه فرعی HIJK فیوزهای ۰۱، FUSE ۰۴، FUSE ۰۵ و ۰۶ FUSE هماهنگ بوده و در نهایت برای شاخه HLMN فیوزهای

برای انجام مطالعات هماهنگی تجهیزات حفاظتی، یکی از فیدرهای فشار متوسط منطقه برق نظر آباد و پست فوق توزیع نظر آباد انتخاب و در نرم افزار ETAP شبیه سازی شده است. این فیدر با طول متوسط ۹ کیلومتر و ظرفیت منصوبه ۱۶ مگا ولت آمپر، در حال حاضر از دو منبع تولید پراکنده با ظرفیت ۱.۷ مگاوات سود می برد. تنها تجهیز حفاظتی استفاده شده در طول فیدر فیوز می باشد که انتخاب سایز آن با توجه به دامنه جریان آن قسمت از شبکه و در نظر گرفتن اضافه جریان ناشی از انجام مانور بوده است. شکل ۴ دیاگرام تک خطی شبکه مزبور را که در نرم افزار ETAP شبیه سازی شده است نشان می دهد.

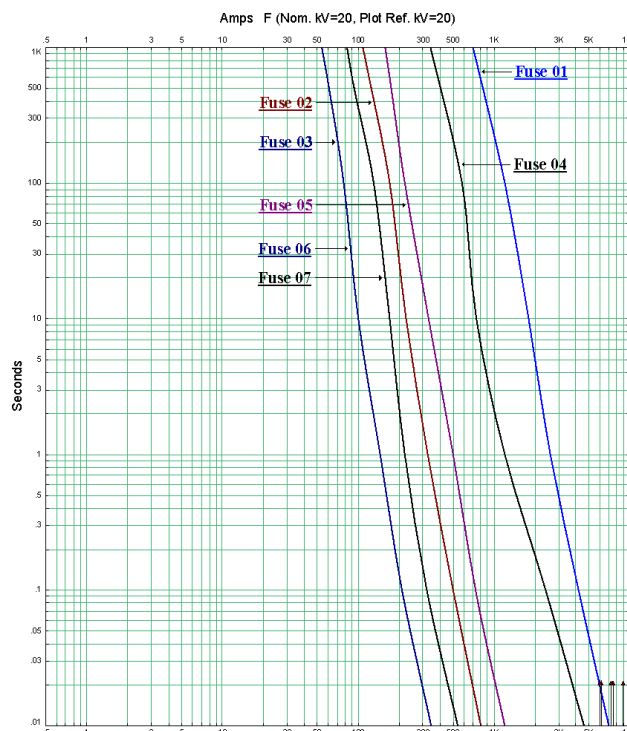


جریان های خطای بوجود آمده در فیوزهای فوق الذکر و همچنین زمان عملکرد آنها را که از منحنی مشخصه نشان داده شده در شکل ۵ بدست آمده است نشان می دهد. همانگونه که از مقادیر زمان عملکرد فیوزها مشخص است، قبل از نصب DG تمامی فیوزهای شبکه بصورت هماهنگ، خطای های موجود در طول شبکه را پوشش داده و حتی المقدور بخش کوچک و خطا دار شبکه را از بقیه جدا می کنند. بعد از نصب واحد DG طبیعتاً سطح اتصال کوتاه شبکه به دلیل تزریق جریان از طریق این واحدها بالا خواهد رفت.

جدول ۱: نتایج پخش بار اتصال کوتاه بدون حضور DG

خطا در باس F رخ داده است.		
فیوز	جریان خطای عبوری	زمان عملکرد
FUSE ۰۱	۶.۶۲ KA	۰.۰۱۲ sec
FUSE ۰۲	۷.۱۱ KA	۰.۰۱۱ sec
FUSE ۰۳	۷.۱۹ KA	۰.۰۱۰ sec
خطا در باس H رخ داده است.		
فیوز	جریان خطای عبوری	زمان عملکرد
FUSE ۰۱	۶.۵۱ KA	۰.۰۱۵ sec
FUSE ۰۴	۶.۷۶ KA	۰.۰۱۱ sec
خطا در باس K رخ داده است.		
فیوز	جریان خطای عبوری	زمان عملکرد
FUSE ۰۱	۵.۳۷ KA	۰.۰۳۲ sec
FUSE ۰۴	۵.۵۷ KA	۰.۰۱۲ sec
FUSE ۰۵	۵.۷۸ KA	۰.۰۱۱ sec
FUSE ۰۶	۵.۹۰ KA	۰.۰۱۰ sec
خطا در باس M رخ داده است.		
فیوز	جریان خطای عبوری	زمان عملکرد
FUSE ۰۱	۵.۲۳ KA	۰.۰۳۶ sec

۰۱ FUSE، ۰۴ FUSE و ۰۷ FUSE هماهنگ می باشند. اندازه نامی این فیوزها به ترتیب برای ۰۱ FUSE تا ۰۷ FUSE برابر ۲۰۰A، ۵۰A، ۲۵A، ۱۶۰A، ۸۰A، ۲۵A و ۴۰A می باشد. منحنی مشخصه این فیوزها با استفاده از نرم افزار ETAP در شکل ۵ نشان داده شده است.



شکل ۵: منحنی مشخصه فیوزهای ۰۱ FUSE الی ۰۷ FUSE

مطالعات بر روی این شبکه در ابتدا بدون حضور تولید پراکنده انجام می شود که شامل پخش بار اتصال کوتاه با وجود خطا در باسهای F، H، K و M می باشد. جدول شماره ۱ دامنه



۸۰A افزایش یابد. انتخاب یکی از دو مورد فوق وابستگی زیادی به قابلیت اطمینان DG های نصب شده در شبکه دارد، به نحوی که با فرض بالا بودن قابلیت اطمینان DG های متصل شده و حضور همیشگی آنها در شبکه، انتخاب گزینه اول بهترین انتخاب خواهد بود. چون با فرض حضور همیشگی DG ها در شبکه، بار سگشن های HIJK و HLMN از طریق آنها تامین شده و در حالت عادی از فیوز ۰۴ FUSE جریان خیلی کمتری نسبت به حالت بدون DG عبور خواهد کرد و به عبارتی کاهش سایز آن از ۱۶۰A به ۷۵A باعث اضافه بار شدن آن در حالت عادی نخواهد شد. اگر احتمال قطع DG ها از شبکه بالا باشد و به عبارتی قابلیت اطمینان آنها کمتر از حد انتظار باشد گزینه دوم بهترین گزینه خواهد بود. اگر خطا در باس K رخ دهد با وجود افزایش دامنه جریان خطا در فیوزهای ۰۵ FUSE و ۰۶ FUSE و کاهش آن در فیوز ۰۴ FUSE هماهنگی آنها پایدار خواهد ماند و این نشان دهنده آن است که افزایش یا کاهش جریان خطا به واسطه حضور DG به حدی نیست که از منحنی عملکرد فیوزها فراتر رود.

FUSE ۰۴	۵.۴۳ KA	۰.۰۱۱ sec
FUSE ۰۷	۵.۷۵ KA	۰.۰۱۰ sec

تغییرات عمده ای که بعد از به مدار آمدن DG ها شاهد آن خواهیم بود، شامل موارد زیر می باشد. لازم به ذکر است که برای مقایسه دامنه جریانهای خطا و زمان عملکرد فیوزها، نتایجی که بعد از نصب DG بدست آمده با نتایج قبلی در جدول شماره ۲ آورده شده است.

۱- برای خطاهای حادث شده در باسهای F و K مسیرهای CDEF و HIJK مثل قبل حالت شعاعی خود را حفظ می کنند و تنها دامنه جریان در فیوزهای ۰۲ FUSE، ۰۳ FUSE و ۰۵ FUSE، ۰۶ FUSE بالا رفته و در فیوز ۰۱ FUSE پایین خواهد آمد. در دو حالت فوق فیوز ۰۷ FUSE که قبلاً فاقد جریان خطا بود، جریان خطا را مشاهده خواهد کرد. این حالت برای خطای حادث شده در باس F و فیوز ۰۴ FUSE نیز صادق است. زمان عملکرد فیوزهای ۰۴ FUSE و ۰۷ FUSE به نحوی که در جدول ۲ نشان داده شده است بگونه ای است که برای هر خطای حادث شده در باس F اگر به هر دلیلی فیوزهای اصلی فاقد عملکرد باشند فیوز ۰۷ FUSE زودتر از فیوز ۰۴ FUSE عمل می کند و این خلاف عملکرد صحیح فیوزها می باشد. محاسبات نشان می دهد برای رفع این مشکل دو راه حل وجود دارد، اول اینکه سایز فیوز ۰۴ FUSE از ۱۶۰A به ۷۵A کاهش یابد، دوم اینکه سایز فیوز ۰۷ FUSE از ۴۰A به



FUSE ۰۷	۰.۰۰	۰.۵۳۴		۰.۰۱۱
---------	------	-------	--	-------

۲- برای خطاهای حادث شده در باس H همانطور که در جدول شماره ۲ نشان داده شده است دامنه جریان های خطا و به تبع آن زمان عملکرد فیوز های ۰۱ FUSE و ۰۴ FUSE تفاوتی با مقادیر قبلی نداشته است. در این حالت خطاهایی که در سکشن HL رخ می دهد به عنوان خطای پایین دست و خطاهایی که در سکشن AB رخ می دهد به عنوان خطای بالادست برای فیوزهای ۰۱ FUSE و ۰۴ FUSE به شمار خواهد رفت. با توجه به نتایج نشان داده شده در جدول شماره ۲، هماهنگی این دو فیوز برای خطاهای پایین دست حفظ می شود ولی اگر خطایی در بالا دست (باس B) رخ دهد، مشاهده می شود که زمان عملکرد فیوز ۰۴ FUSE زودتر از ۰۱ FUSE بوده و بدین ترتیب هماهنگی آنها از دست خواهد رفت. در این حالت فیوز ۰۴ FUSE قطع شده و DG های نصب شده بصورت جزیره ای سکشن های HIJK و HLMN را تغذیه خواهند کرد. لذا باید دقت لازم در انتخاب محل فیوز ۰۴ FUSE را داشت که بعد از عملکرد آن DG های مربوطه بتوانند جوابگوی مصرف آن بخش از شبکه باشند.

۳- مورد آخر به خطاهای حادث شده در سکشن های MN (باس M) و CG (باس G) و هماهنگی بین فیوزهای

خطا در باس F رخ داده است.				
فیوز	جریان خطا (KA)		زمان عملکرد (sec)	
	Without DG	With DG	Without DG	With DG
FUSE ۰۱	۶.۶۲	۶.۵۴	۰.۰۱۲	۰.۰۱۳
FUSE ۰۲	۷.۱۱	۷.۵۶	۰.۰۱۱	۰.۰۱۱
FUSE ۰۳	۷.۱۹	۷.۶۴	۰.۰۱۰	۰.۰۱۰
FUSE ۰۴	۰.۰۰	۱.۰۷		۱.۵۷۰
FUSE ۰۷	۰.۰۰	۰.۴۲		۰.۰۳۰
خطا در باس K رخ داده است.				
فیوز	جریان خطا (KA)		زمان عملکرد (sec)	
	Without DG	With DG	Without DG	With DG
FUSE ۰۱	۵.۳۷	۵.۲۹	۰.۰۳۲	۰.۰۳۵
FUSE ۰۴	۵.۵۷	۵.۴۹	۰.۰۱۲	۰.۰۱۲
FUSE ۰۵	۵.۷۸	۶.۲۵	۰.۰۱۱	۰.۰۱۱
FUSE ۰۶	۵.۹۰	۶.۳۷	۰.۰۱۰	۰.۰۱۰
FUSE ۰۷	۰.۰۰	۰.۴۴		۰.۰۲۳
خطا در باس H رخ داده است.				
فیوز	جریان خطا (KA)		زمان عملکرد (sec)	
	Without DG	With DG	Without DG	With DG
FUSE ۰۱	۶.۵۱	۶.۵۱	۰.۰۱۵	۰.۰۱۵
FUSE ۰۴	۶.۷۶	۶.۷۶	۰.۰۱۱	۰.۰۱۱
خطا در باس B رخ داده است.				
فیوز	جریان خطا (KA)		زمان عملکرد (sec)	
	Without DG	With DG	Without DG	With DG
FUSE ۰۱	۰.۰۰	۱.۶۳۰		۱۸.۰۰
FUSE ۰۴	۰.۰۰	۱.۳۲۰		۰.۷۰۰
خطا در باس M رخ داده است.				
فیوز	جریان خطا (KA)		زمان عملکرد (sec)	
	With DG	With DG	With DG	With DG
FUSE ۰۴	۵.۴۳	۵.۳۸	۰.۰۱۱	۰.۰۱۱
FUSE ۰۷	۵.۷۵	۵.۹۷	۰.۰۱۰	۰.۰۱۰
خطا در باس G رخ داده است.				
فیوز	جریان خطا (KA)		زمان عملکرد (sec)	
	With DG	With DG	With DG	With DG
FUSE ۰۴	۰.۰۰	۱.۳۷۰		۰.۶۰۰

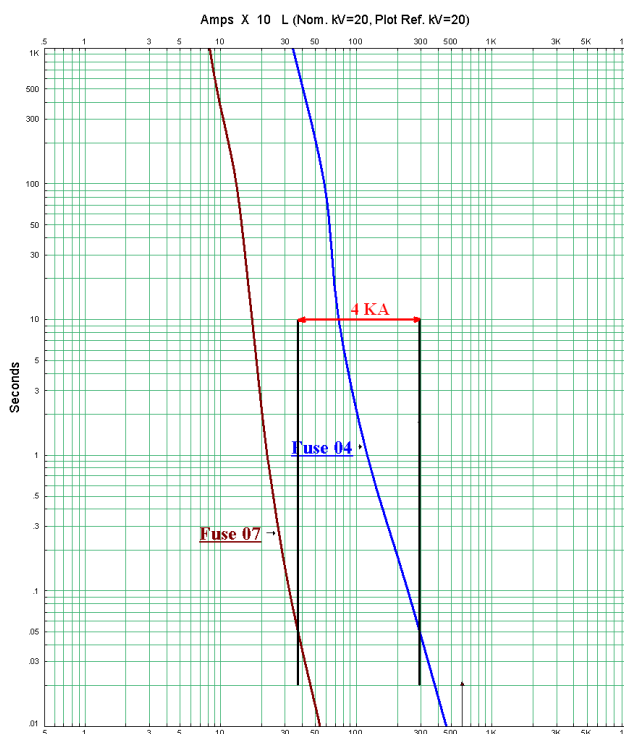


بدلیل اینکه منحنی مشخصه فیوز ۰۴ FUSE بالای منحنی مشخصه فیوز ۰۷ FUSE می باشد و از طرفی اختلاف بین دامنه جریانهای خطا کمتر از مارجین نشان داده شده در شکل شماره ۶ می باشد لذا عملکرد فیوز ۰۷ FUSE سریعتر از فیوز ۰۴ FUSE بوده و بدین ترتیب هماهنگی حفاظتی بین این دو فیوز برای خطاهای حادث شده در سکشن CG از دست خواهد رفت. برای پایدار ماندن هماهنگی حفاظتی در این حالت ۲ انتخاب خواهیم داشت. اول اینکه منابع DG را طوری انتخاب کنیم که میزان جریان تزریقی از طرف منابع تولید پراکنده در موقع خطا بالا باشد بنحوی که اختلاف بین دامنه های جریان خطا در فیوزها بیشتر از مارجین نشان داده شده در شکل شماره ۶ (۴KA) باشد. دوم اینکه وضعیت فعلی شبکه را سنجیده و با توجه به اختلاف دامنه جریان های خطا در فیوز های ۰۴ FUSE و ۰۷ FUSE سائز آنها را طوری انتخاب کنیم که مارجین بدست آمده از منحنی مشخصه فیوزها کوچکتر از اختلاف دامنه جریانهای خطا (۸۳۶A=۵۳۴A-۱۳۷۰A) باشد.

نتیجه گیری

با اتصال DG به شبکه، دامنه جریان خطای عبوری در بعضی از فیوزها بیشتر و در بعضی موارد کمتر خواهد شد. لذا لازم است بعد از نصب DG مطالعات اتصال کوتاه به منظور بررسی

۰۴ FUSE و ۰۷ FUSE می پردازد. برای خطاهای حادث شده در باس M جریان عبوری از فیوز ۰۷ FUSE همواره بیشتر از ۰۴ FUSE بوده و باتوجه به اینکه منحنی مشخصه فیوز ۰۷ FUSE زیر منحنی مشخصه ۰۴ FUSE می باشد، لذا ۰۷ FUSE زودتر از فیوز ۰۴ FUSE عمل کرده و بدین ترتیب هماهنگی آنها برای هر نوع خطا در محدوده MN پایدار می ماند.



شکل ۶: منحنی مشخصه فیوزهای ۰۴ FUSE و ۰۷ FUSE

برای خطاهای حادث شده در باس G جریان خطای عبوری از فیوز ۰۴ FUSE بیشتر از فیوز ۰۷ FUSE می باشد ولی



مراجع

۱- El-Samahy, Ehab El-Saadany, "The Effect of DG on Power Quality in a Deregulated Environment", Power Engineering Society General Meeting, June ۲۰۰۵, IEEE, pp. ۷۱۴-۷۲۱.

۲- Michael T. Doyle, "Reviewing the Impacts of Distributed Generation on Distribution System Protection", Power Engineering Society Summer Meeting, ۲۰۰۲, IEEE, vol. ۱, pp. ۱۰۳-۱۰۵.

۳- A.A. Girgis & S.M. Brahma, "Effect of Distributed Generation on Protective Device Coordination in Distribution System", Proc. Large Engineering Systems Conf. on Power Engineering, Halifax, Canada, ۲۰۰۱, IEEE.

۴- P. M. Anderson, Power System Protection, McGraw-Hill, IEEE Press, ۱۹۹۹.

۵- Juan M. Gers, Edward J. Holmes, "Protection of Electricity Distribution Networks" Institution of Engineering and Technology, ۲۰۰۴, pp. ۱۱۸-۱۱۹.

۶- P. Barker, and R. W. DE Mello, "Determining the Impact of Distributed Generation on Power System: part ۱-Radial Power System", Presented at IEEE PES summer power meeting, Seattle, WA, July, ۲۰۰۰.

هماهنگی تجهیزات حفاظتی و محاسبه مقادیر جدید جریانهای اتصال کوتاه مجددا انجام شود. محاسبات نشان می دهد در بعضی موارد افزایش یا کاهش جریان خطا از حد منحنی عملکرد فیوزها فراتر نرفته و فیوزهای مجموعه با همان سایز قبلی می توانند هماهنگی لازم را جهت رفع خطا بوجود آورند ولی در بعضی از موارد سایز جدید تجهیزات که برای پایدار ماندن هماهنگی حفاظتی لازم می باشد، باید محاسبه و استفاده شود. لازم به ذکر است که در اکثر موارد، تصمیم گیری های انجام شده به منظور پایدار ماندن هماهنگی حفاظتی وابستگی شدیدی به قابلیت اطمینان DG های متصل شده به شبکه خواهد داشت.

در مواقعی که بروز خطا باعث تغذیه جزیره ای بخشی از شبکه از طریق DG می شود، باید تجهیز حفاظتی (در اینجا فیوز FUSE ۰۴) که منجر به این اتفاق می شود با مطالعه دقیق جایابی گردد، به نحوی که بعد از جزیره ای شدن، واحد یا واحدهای DG نصب شده بتوانند جوابگوی مصرف آن قسمت از شبکه باشند.

دامنه جریان خطای تزریقی از منابع DG به هنگام وجود خطا می تواند نقش اساسی را در پایدار ماندن هماهنگی بین فیوزها، داشته باشد بگونه ای که می تواند هماهنگی بین آنها را تضمین کرده یا باعث از دست رفتن آن شود.