ارائه طرح حفاظتی ریزشبکه‌ها در حالت جزیره ای شدن

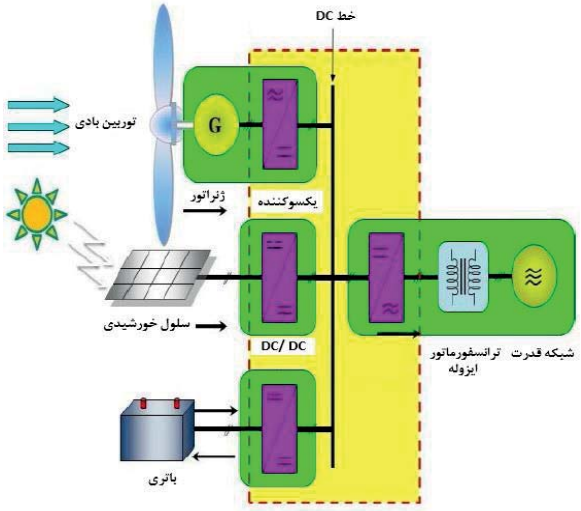
آزاد رحیمی
هیئت علمی، دپارتمان مهندسی برق دانشگاه فنی و حرفه ای کردستان، ایران،Azad2705@Gmail.com

چکیده: از چالشهای جدی شبکه های توزیع هوشمند شامل منابع تولید پراکنده تجدیدپذیر، مسئله پیاده سازی طرح های حفاظتی مناسب و مطمئن برای کنترل و هماهنگی انعطاف پذیر توسط شبکه های توزیع هوشمند می باشند. لذا جهت کنترل فعال و حفاظت تطبیقی میبایست در ریز شبکه ها به عنوان بخشی از شبکه های توزیع فعال، از تکنولوژی شبکه های هوشمند استفاده نمود در این مقاله یک طرح حفاظتی با استفاده از رله های میکروپروسسوری بوسیله ی شبکه ی توزیع برای حفاظت ریزشبکه‌ها در حالت جزیره ای شدن به هنگام خطای امپدانس بالا پیشنهاد گردیده است. این طرح حفاظتی بر مبنای حفاظت تفاضلی با در نظر گرفتن ایجاد یک کانال ارتباطی با پروتکلهای مخابراتی بر روی یک سیستم توزیع واقعی در نرم افزار مطلب پیاده و شبیه سازی شده است. در طرح پیشنهادی، مشاهده می شود که تمامی تجهیزات حفاظتی قابلیت تشخیص، تنظیم و عملکرد خود را به هنگام خطای مدار باز را به درستی دارا می باشند.

کلید واژه‌ها: *حفاظت حالت جزیره‌ایِ ریزشبکه‌ها، رله میکروپروسسوری، خطای امپدانس بالا*

۱. مقدمه

ریزشبکه‌ها، شبکه هایی با مقیاس کوچک در سطح فشار ضعیف می باشـــند که عمدتاً بارهای گرمایی و الکتریکی نواحی کوچک نظیر خانه ها، مدارس، دانشـگاهها و مناطق تجاری و اقتصـادی و ... را تامین می کنند. از نقطه نظر بهره برداری، منابع کوچک تولید انرژی می بایســت همراه با واســطه های الکترونیک قدرت (***PELs***) جهت تضمین کیفیت توان به کار گرفته می شوند که قابلیت انعطاف پذیری انها این امکان را فراهم می ســازد که به صورت یک واحد کنترل شده مستقل، به شبکه اصلی متصل شوند و نیازهای قابلیت اطمینان و کیفیت توان شبکه را برطرف نمایند[۱]. کنترل و حفاظت یک ریز شبکه از دیدگاه شبکه اصلی به عنوان یک بار کنترل شده مستقل در شبه قدرت، باید مطابق با قوانین موجود در شبکه قدرت بوده و نباید هیچ گونه اختلالی در کیفیت توان و امنیت شـــبکه ایجاد نماید. اما از دیدگاه مشترکین، ریزشبکه‌ها قابلیت افزایش کیفیت توان، کاهش تلفات در فیدرها و همچنن بهبود پروفیل ولتاژ را فراهم می آورند. ریز شبکه ها می توانند در دو حالت متصل به شبکه و جزیره ای بهره برداری می شـــوند. به هنگام رخداد خطایی در شـــبکه اصـــلی، ریزشبکه‌ها به سرعت در نقطه اتصال مشترک از شبکه اصلی جدا شده و به صورت جزیره ای بهره برداری می شوند[۲].



شکل ۱: ساختار ساده یک ریزشبکه نمونه

از آنجا که الزامات حفاظتی ریزشبکه‌ها و شبکه های توزیع مرسوم در عین سازگاری مشخصه ها و عملکرد اکثر تجهیزات حفاظتی، با وجود منابع تولید پراکنده مبتنی بر اینورتر، با یکدیگر متفاوت خواهد بود. روشی که در مرجع شماره[۳] پیشنهاد گردیده است، استفاده از هارمونیکهای ولتاژ خروجی اینورتر برای حفاظت ریزشبکه با مبدلهای الکترونیک قدرت است. در مرجع شماره[۴] ، بر مبنای انتقال سیگنال با استفاده از خطوط قدرت و حفاظت دیفرانسیل برای حفاظت فیدرها ارایه شده است. در مرجع شماره[۵] یک فیلتر تبدیل ویولت برای حذف مولفه هایی DC میرا شونده در ریزشبکه با حضور مبدلهای الکترونیک قدرت پیشنهاد گردیده است. در مراجع [۷] و[۸] ، در سیستم حفاظت ریزشبکه، یک واحد مرکزی حفاظت برای تعیین تاخیرهای زمانی وضریبهای عملکردی با وجود ارتباط مخابراتی بین رله ها و واحد حفاظتی ارایه شده است. در مراجع [۹] و[۱۰] به ترتیب از جریان و یک محدودکننده جریان خطا یکسویه برای حفظ هماهنگی حفاظتی در شبکه بالادستی و در [۱۱] اطلاعات گذرای خطا و فیلترهای مورفولوژی برای تشخیص خطا استفاده شده است. در مرجع [۱۲] نیز با استفاده از الگوریتم بهینه سازی ذرات برای ریز شبکه، با استفاده از اطلاعات ولتاژ، زمان عملکرد رله جریان ظوری تطبیق داده شده است که تا حدودی تفاوت سطح اتصال کوتاه را جبران نماید. در این مقاله، از رله های دیجیتال با کانال مخابراتی بدون تاثیر نویز بر مبنای حفاظت دیفرانسیل استفاده شده است و حفاظ ولتاژی به عنوان حفاظت پشتیبان در نظر گرفته شده است.

۲. الزامات حفاظت در حالت جزیره ای شدن

عملکرد قابل اطمینان سیستم حفاظتی ریز شبکه ها، نیازمند ظرفیت جریان خطای کافی درحالت جزیره ای شدن ریط شبکه می باشد. این در حالیست که بکارگیری رله های اضافه جریان در ریز شبکه مستلزم آنست که دامنه جریان خطا در آن دست کم ۳ تا ۵ برابر جریان بار ماکزیمم باشد. اما ظرفیت جریان خطای توسط واحدهای اینورتری معمولاً کمتر از ۵۰٪ درصد جریان نامی است. این امر به نوبه خود سبب کاهش جریان خطای تغذیه شده توسط منابع تولید پراکنده در مقایسه با زنراتورهای شبکه اصلی می شود. حال اگر تعداد منابع تولید پراکنده مبتنی بر اینورتر در ریز شبکه بیشتر شود، سطح جریان خطا هنگام تغییر ریز شبکه از حالت متصل به شبکه جزیره ای کاهش قابل توجهی می یابد. که این امر عملکرد و حساسیت رله های اضافه جریان را تحت تاثیر قرار داده و عملکرد آنها را نامناسب میگرداند. بنابر این حفاظت ریز شبکه درحالت جزیره ای نیازمند استفاده از طرحهای حفاظتی جدیدی است که برپایه حفاظت جزیان بنا نشده اند. از طرفی دیگر، سرعت عملکرد تجهیزات حفاظتی به منظور عملکرد قابل اطمینان سیستم حفاظتی از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. این مهم، احداث یک مسیر ارتباطی سریع بین شبکه اصلی و کلید فیدر اصلی ریز شبکه ر واقع در PCC را الزامی می سازد[۲و۱۳] .

۳. طرح حفاظتی پیشنهادی

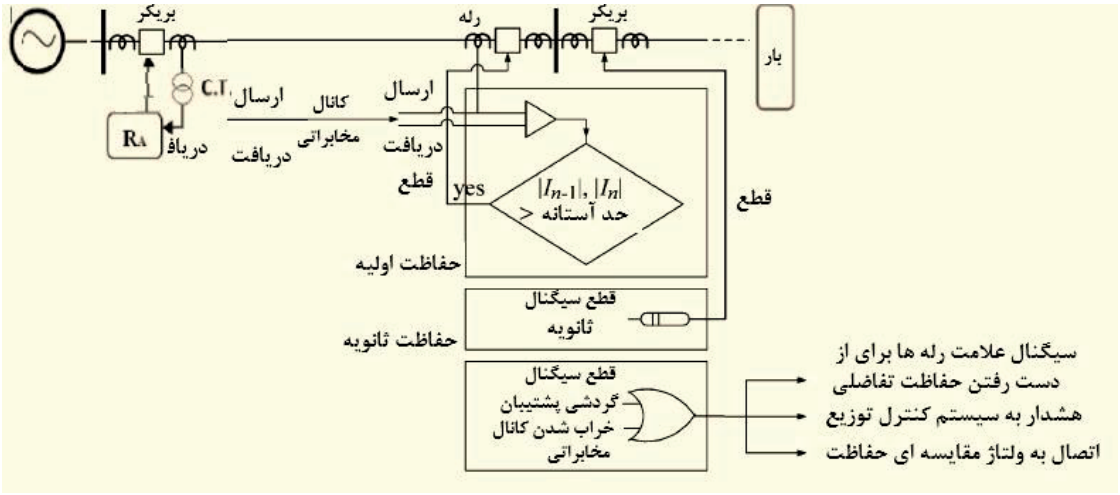
طرح حفاظتی پیشنهادر رله های دیجیتالی از متد های استانداردی جهت محافظت از افزایش ولتاژ یا جریان بهره می گیرند. آنها همچنین قابل برنامه ریزی بوده و از طریق فیبر نوری یا شبکه اینترنت بهم متصل هستند. در این پروژه استفاده ار رله های دیجیتالی اندازه گیری فازورهای سنکرون شده و رله های میکروپروسسوری برای کشف تمامی عیوب در HIF[۱] استفاده شده است. این رله ها دارای نوسان نگارهایی هستند که حوادث را ثبت می کند[۱۴]. با استفاده از این رله ها در انتهای هر بخشی از خط یک محاظت بسیار خوبی انجام می گیرد. در طرح حفاظتی اولیه از یک رله ای استفاده شده که جریان را با سمپل ۱۶ یا بیشتر در هر دوره از طریق کانال مخابراتی به رله دیگر در آنسوی خط ارسال می کند. برای مسافت های زیر ۱۸مایل انتقال کمتر از ۰/۱ میلی ثانیه در انتقال سیگنال و چند میکروثانیه نیز برای پردازش طول می کشد.. به عبارت دیگر در این حالت نیازی به سنکرون کردن اندازه گیری ها در دو طرف خط برای خطوط توزیع با طول کم نیست. برای خطوط با طول بیشتر از ۱۸ مایل نیاز است. در این حالت ایجاد رله های تفاضلی بسیار سودمند می باشند [۱۵].

حفاظت اولیه برای هر فیدر بستگی به حفاظت تفاضلی همزمان دارد. اگر مقدار هر دو سمبل بالاتر از سطح آستانه باشد سطح

[۱] High Impedance Faults

لغزش به سوییچ ها فر ستاده می شود. پیش بینی می شود که این سوییچ ها برای وسایل اخیر در تکنولوژی سوییچینگ (مانند وقفه های خلا) و نرخ سمپلینگ بالاتر مفید باشند. آنها همچنین برای ایجاد وقفه جریان-طی ۳ الی ۵ سیکل سریع تر عمل می کنند.

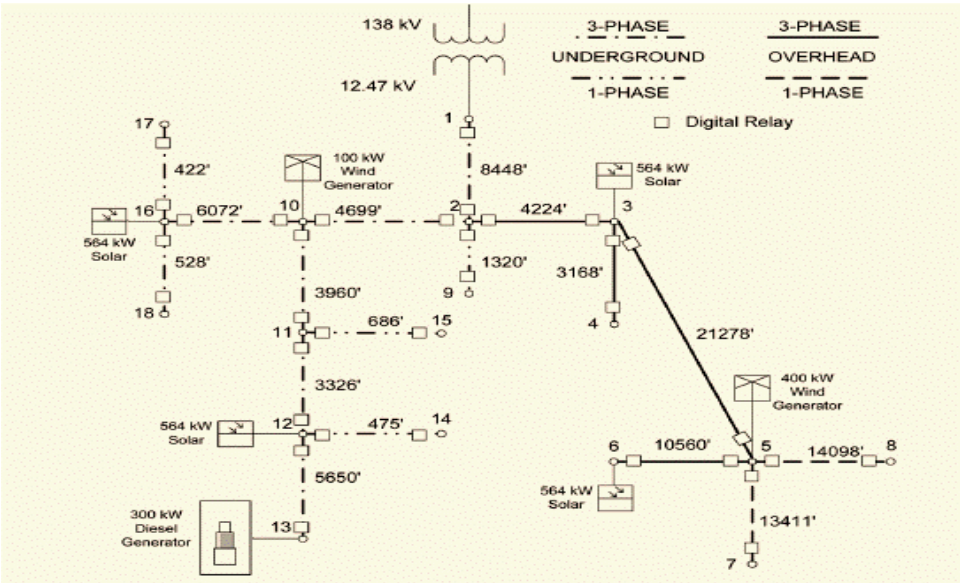
در هنگام بروز خرابی در وسیله سوییچینگ، یک سیگنال گردشی پشتیبان به رله های مجاور در همان باس فرستاده می شود. این سیگنال پس از یک تاخیر زمانی معین فرستاده می شود که بیشتر از ۰/۳ و کمتر از ۰/۶ ثانیه است بشرطی که جریان تفاضلی اندازه گیری شده اکنون بالاتر از سطح آستانه باشد. هر چند که این زمان از لحاظ عملی مناسب است ولی با بکارگیری رله های با امپدانس بالا و مدارشکن ها تاخیر ممکن است کوتاه تر شود. اگر رله یا لینک مخابراتی خراب شود این هشدار به دیگر رله های متصل شده به طرح تفاضلی فرستاده می شود. همچنین یک هشدار به مرکز کنترل ارسال می شود. رله های دیگر متکی بر ولتاژ محافظتی کامپیوتر هستند تا زمانی که سیستم احیا شود. ولتاژ محافظتی مقایسه شونده که ولتاژ موثر می باشد نسبت به ولتاژ در هر رله دیگر از رله های متصل شده مقایسه می شود. برای ولتاژهای کمتر از ۰/۷ پریونیت رله با کمترین ولتاژ بعد از ۰/۶ ثانیه و کمتر از ۰/۹ ثانیه به گردش در می آید. هر منبع در تولید پراکنده با وسایل ولتاژی گردشی برای کمتر از ۰/۷ پریونیت و کمتر از یک ثانیه تاخیر مجهز شده است . الگوی این طرح حفاظتی در شکل ۲ ترسیم شده است[۱۵].



شکل ۲: طرح حفاظتی پیشنهادی

۳,۱. سیستم شبکه ی جزیره‌ای

یک سیستم نمونه در شکل ۴ نمایش داده شده است..



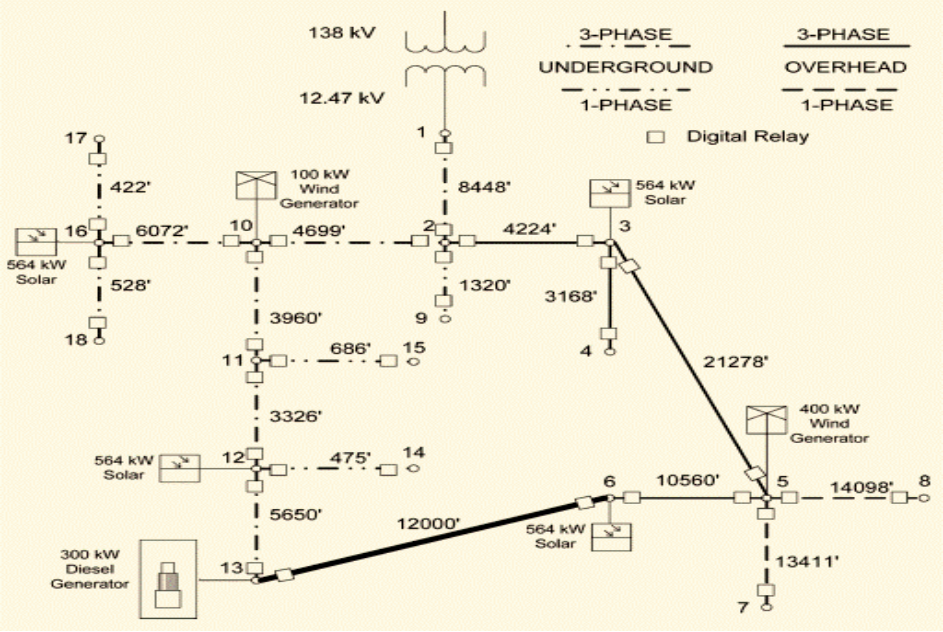
شکل ۳: دیاگرام میکروگرید آنلاین با منابع DG اضافه شده

یک سیستم توزیع ۱۸ باسی است که با اضافه کردن چند منبع توزیع پراکنده(DG) به یک ریزشبکه تبدیل شده است. مدل های منابع تغذیه از کتابخانه ی استاندارد بلوک ها و مثال های متلب برداشته شده اند. سیستم بار نامتعادل MVA ۳/۰۳ را حمل می کند و به یک ترانسفورمر MVA ۱۰ متصل استباس بار ها در جدول ۱ نشان داده شده اند. در این سیستم، ۴ پنل خورشیدی که که با اینورتر بسته شده اند،۲ توربین بادی، و یک ژنراتور دیزل به باس های مختلف وصل اند. پنل های خور شیدی به مبدل های ۳ فاز و صل شده اند و۲۲۵۶ کیلو وات انرژی فراهم می کنند. توربین های بادی ژنراتور های القایی هستند و ۵۰۰ کیلووات را فراهم می کنند. در حالت جزیره ای شدن،۳۰۰ کیلو وات توان اضافی توسط ژنوراتور های دیزل فراهم می شود. این انتخاب برای مدل کردن یک سیستم واقعی است که در ان مشترک های مالک ژنراتور های توزیع به حالت ریز شبکه در آمده اند[۱۶ و ۱۷]. در این شبکه ی زنجیره ای که مطابق شکل ۳ بصورت شعاعی متصل شده اند، قابلیت اطمینان به سادگی با هر خطایی بدست می آید. برای مثال، یک خطا بر روی خط مابین باس ۵ و ۶ یک پنل بزرگ خورشیدی را از سرویس خارج می کند. این باعث می شود تقریبا ۳۵۰ کیلووات کمبود در ریز شبکه داشته باشیم که بصورت جزیره ای در آمده است. حالات مشابه به این حالت را وقتی خواهیم داشت که هر یک از خط ها حین عملکرد در فاز جزیره ای حذف شوند[۱۸].

جدول ۱: بارهای باس ریزشبکه

باس	فاز A		فاز B		فاز C	
	P (kW)	Q (kvar)	P (kW)	Q (kvar)	P (kW)	Q (kvar)
۳	۱۱۵	۷۵	۱۲۰	۶۷	۹۲	۹۷
۴	۹۵	۳۰	۳۲	۸۵	۳۳	۳۵
۶	۴۵	۱۵	۷۸	۲۲	۶۴	۲۰
۷	۱۰۰	۶۷				
۸			۸۷	۳۳		
۹						۱۷۸
۱۳	۷۵	۳۵	۷۵		۱۷۵	۳۵
۱۴	۱۱۰	۵۲				
۱۵						
۱۶	۸۹	۶۳	۸۸	۶۲	۸۹	۶۳
۱۷			۳۱۵	۱۲۶		
۱۸	۲۱۱	۱۰۰				

برای کم کردن این مشکل یک خط اضافی قرار داده شده است تا یک ساختار حلقه مانند ایجاد شود. این خط باید در جایی اضافه شود که تا حد ممکن به بسیاری از منابع توزیع تولید که به شعاع مرکزی حلقه متصل اند، وصل شود تا بیشترین قابلیت اطمینان را بتوان داشت. برای تست سیستم تحت مطالعه، بین باس ۶ و ۱۳ قرار گرفته است. سیستم جدید در شکل ۴ نمایش داده شده است. یک ریزشبکه با ساختار حلقه ای در مقابل (N-2) خطا یا آلودگی محافظت شده است. یک ساختار حلقه ای اضافی هم می تواند قابلیت اطمینان سیستم را در حالت عملکرد پایدار، که در این مقاله بر روی آن تمرکز نشده است، کمک کند [۱۹ و ۲۰].



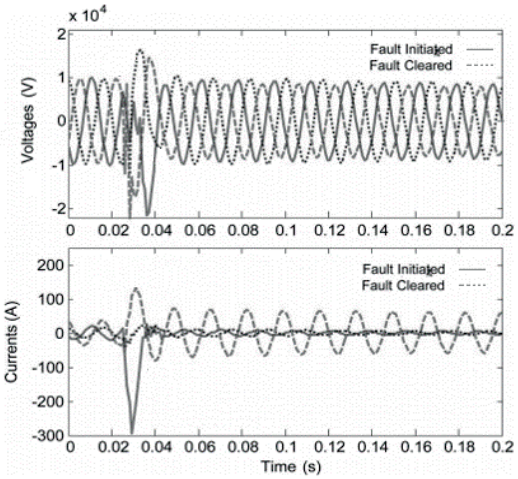
شکل ۴: دیاگرام تک خطی ریزشبکه با یک خطی اضافه شده مابین باس ۶ و ۱۳ با ساختار یک حلقه

۴. شبیه سازی و نتایج

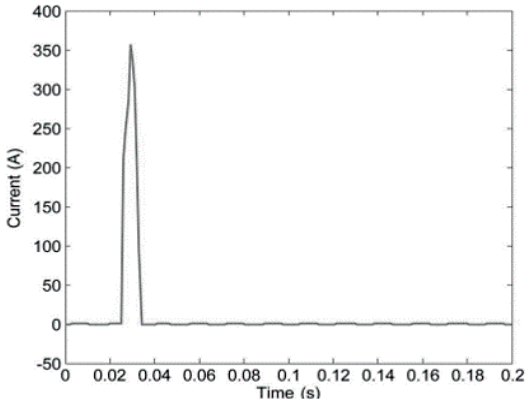
تست سیستم در شبیه ساز متلب انجام شده است. سیستم با استفاده از سیمولینک ode3 و پله های زمانی ثابت ۱ میکروثانیه شبیه سازی شده است. بررسی کامل ایجاد خطا برای همه ی مکان های سیستم و برای همه ی ۴ مدل خطا انجام شده است. خطای مدار باز تک خط به زمین نیز شبیه سازی شده است. همچنین، موارد کلیدزنی ابزار و خطاهای رله شبیه سازی شده اند تا از بازدهی سیستم حفاظت پشتیبانی شود. مورد خاص خطای تک خط به زمین(L-G) بین باس های ۳و۵ دقیقاً برای هر ۴ موردی که قبلا بحث شده است توضیح داده شده است. اندازه گیری ولتاژ و جریان روی باس ۱۰ قرار دارد تا راندمان و کارایی طرح پیشنهدی در آن نشان داده شود. شکل ۴ شبکه ساختار حلقه ای شکل گرفته را نشان می دهد. حالت اولیه خطای کلید زنی تجهیزات در همان مکان در شکل ۸ نشان داده شده است. خطا برای ۰/۳ ثانیه اضافی قبل از برطرف شدن ادامه میابد. همچنین چون عملکرد دومین یا پشتیبان بارهای اضافی را گیر می اندازد و ژنراتور خاموش است، تنها جریان جاری روی خط ۲-۱۰ به بار فاز C در باس ۹ تغذیه می شود.

۴,۱. حالت شعاعی و جزیره ای شده :

در این مورد، طرح اولیه حفاظت هیچ مشکل ایزولاسونی برای همه ی خطاها ندارد. رله ها قادرند همه ی خطاهای نقص ساخت را بعد از ۲ نمونه تشخیص و در سیکل گیر بیاندازند. جریان و ولتاژ در باس ۱۰ برای عملکرد معمولی رله ها برای یک خطای L – G در فاز A در شکل ۵ روی خط ۲-۱۰ اندازه گیری می شوند. جریان خطای تفاضلی که در رله ی باس ۳ اندازه گیری شده بر رله خط ۳-۲ در شکل ۶ نمایش داده شده است. از شکل ۵ دیده می شود که بعد از بر طرف شدن خطا، اغت ولتاژ را در اثر تولید پایین بر روی شبکه ی جزیره ای باقیمانده داریم. این نوع از شکل موج معمولا برای سیستم های شعاعی است. در تمام مکان های خطا، نتایجی بر اساس افزایش تولید روی زیر شبکه ها و کاهش تولید بر روی سایرین بدست می آید. این سناریو لزوم داشتن ساختار حلقه ای را برای ایجاد تعادل تولید تحت کمبود وضعیت خط توضیح می دهد.

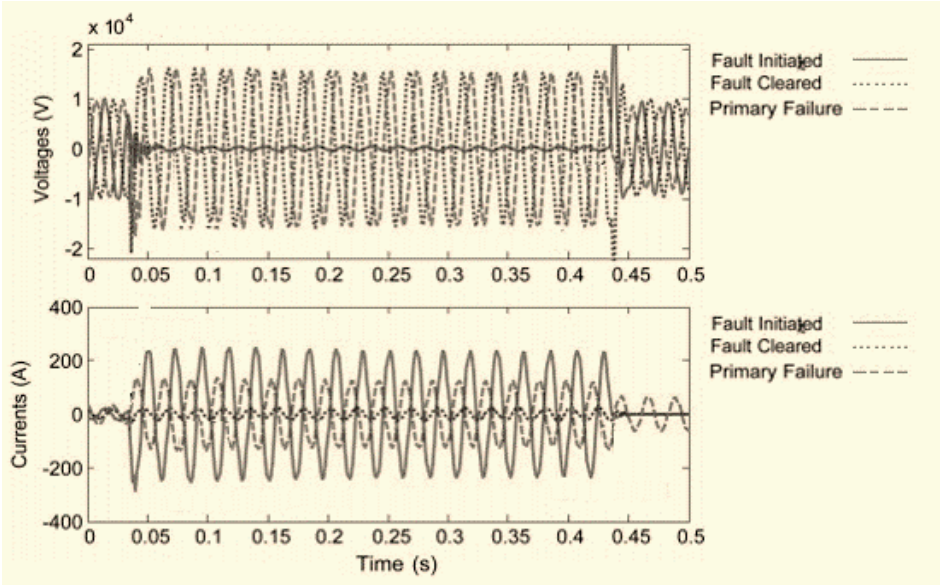


شکل ۵: ولتاژ و جریان خط ۲- ۱۰ روی خطای L – G روی خط ۳-۵ با عملکرد رله اولیه

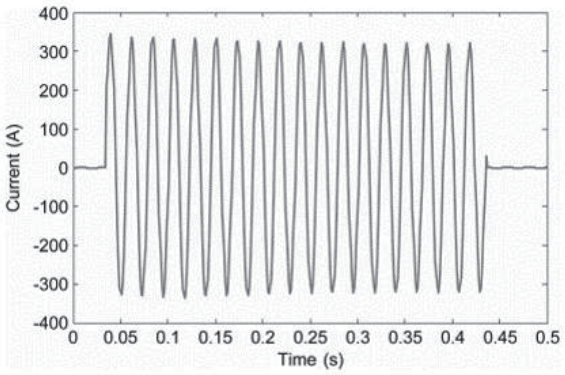


شکل ۶: جریان تفاضلی روی باس ۳ در خط ۳-۵ در ریزشبکه جزیره ای با ساختار شعاعی

حالت اولیه خطای کلید زنی تجهیزات در همان مکان در شکل ۷ نشان داده شده است. خطا برای ۰/۳ ثانیه اضافی قبل از برطرف شدن ادامه میابد. همچنین چون عملکرد دومین یا پشتیبان بارهایاضافی را گیر می اندازد و ژنراتور خاموش است، تنها جریان جاری روی خط ۲-۱۰ به بار فاز C در باس ۹ تغذیه می شود. شکل موج ولتاژ مشابه در تمام مکان های دیگر در این مورد با جریان های متفاوتی که به مکانشان وابسته است دیده می شود. در حالت خطای رله، حفاظت سوم، در شکل ۸ نمایش داده شده است. جریان خطا در این مورد برای ۰/۶ ثانیه قبل از برطرف شدن ادامه دارد. ولتاژ و جریان ایجاد شده مثل حالت خطای ابزار کلید زنی می باشد که در شکل ۹ نشان داده شده است.



شکل ۷: ولتاژ و جریان خط ۲- ۱۰ روی خطای L – G روی خط ۳-۵ در حالت خرابی اتصال اولیه و موفقیت قطعی توسط پشتیبان



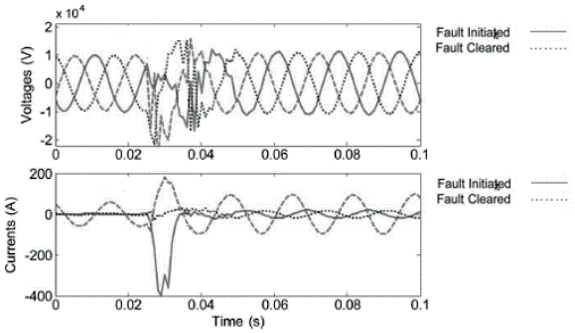
شکل ۸: جریان تفاضلی روی باس ۳ در خط ۳-۵ در حالت خرابی اتصال اولیه و موفقیت قطعی توسط پشتیبان

۴,۲. حالت شعاعی و شبکه ی متصل شده:

تفاوت اصلی بین عملکرد شبکه متصل شده و حالت جزیره ای این است که ناحیه ی ریزشبکه که همچنان به شبکه اصلی وصل است مطابقت بار تولیدی کاملی دارد چرا که توان اضافی می توان به سیستم تزریق و یا از آن گرفته شود. در این حال، آن بخش جدا شده از شبکه در این مورد همیشه تولید بیش از حد و یا خیلی کمتری تولید می کند تا اینکه بتواند از دست دادن بار را جبران کند.

۴,۳. ساختار حلقه ای و جزیره ای:

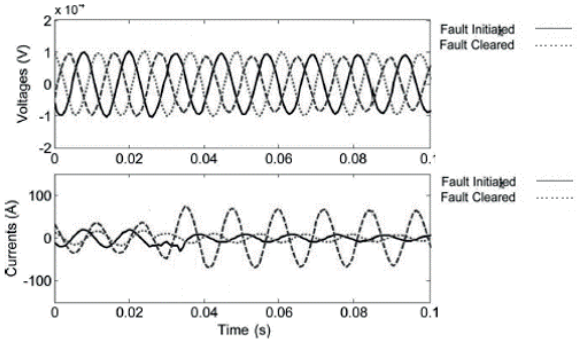
ساختار حلقه ای اطمینان بیشتری را خصوصا در بارهای حلقه اصلی دارد. برای خرابی ها در هر خط حلقه، همه بارها در سرویس باقی مانده و بالانس بارتولید باقی می ماند که به اندازه حفاظت اولیه عمل کند. زمان گذارا بزرگ تر است به دلیل fv'aj معکوس توان در طول خطوط هنگامی که سوییچ های همزمان باز هستند. ولتاژ و جریان ها برای خرابی L-G در حالت عملکرد عادی در شکل ۹ نشان داده شده است.



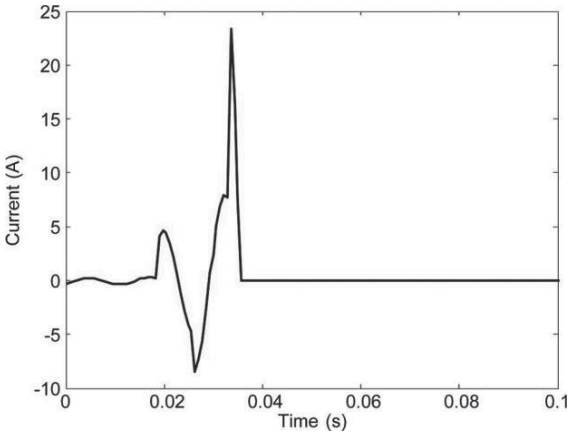
شکل ۹: نمایش ولتاژها و جریان ها برای خرابی L-G در حالت عملکرد عادی

۵. خطای امپدانس بالا

برای خرابی های امپدانس بالا، رله ها قادرند مادامی که جریان خرابی کلی بیشتر از ۱۰ درصد میزان نوعی شود تفاوت را حس کنند. این جریان نوعی در بعضی موارد فقط ۲۰ آمپر است. این تفاوت ها حتی زمانی که ترانسفورماتورهای جریان در نزدیک سطح نامی خود کار کرده و بنابراین در ناحیه خطی بوده یعنی جایی که خطاها کوچک هستند قابل کشف هستند. شکل موج های ولتاژ و جریان برای خرابی خط امپدانس بالا به زمین در فاز A در شکل ۱۰ آورده شده است. همچنین جریان تفاضلی در رله در شکل ۱۱ نشان داده شده است.



شکل ۱۰: شکل موج ولتاژ و جریان در خطای امپدانس بالا



شکل ۱۱: جریان تفاضلی رله در باس ۳ بر خط ۳-۵ برای خطای امپدانس بالا با عملکرد نرمال جریان آستانه

۶. نتیجه گیری

در این مقاله یک طرح حفاظتی با استفاده از رله های دیجیتالی بوسیله ی شبکه ی توزیع برای حفاظت ریزشبکه‌ها در حالت جزیره ای شدن به هنگام خطای امپدانس بالا پیشنهاد گردیده است. این طرح حفاظتی بر مبنای حفاظت تفاضلی با در نظر گرفتن ایجاد یک کانال ارتباطی با پروتکلهای مخابراتی بر روی یک سیستم توزیع واقعی در نرم افزار مطلب پیاده و شبیه سازی شده است. در طرح پیشنهادی، مشاهده می شود که تمامی تجهیزات حفاظتی قابلیت تشخیص، تنظیم و عملکرد خود را به هنگام خطای مدار باز را به درستی دارا می باشند. در حالت شعاعی جزیره ایی بعد از بر طرف شدن خطا، افتادن ولتاژ را بر روی شبکه ی جزیره ای باقیمانده داریم. که در این سناریوی پیشنهادی لزوم داشتن ساختار حلقه ای را برای ایجاد تعادل تولید تحت کمبود وضعیت خط توضیح می دهد. در ساختار حلقه ای برای خرابی ها در هر خط حلقه، همه بارها در سرویس باقی مانده و بالانس بارتولید باقی می ماند که به اندازه حفاظت اولیه عمل کند. آن بخش جدا شده از شبکه در این مورد همیشه تولید بیش از حد و یا خیلی کمتری تولید می کند تا که بتواند از دست دادن بار را جبران کند. برای خطاهای امپدانس بالا، رله ها قادرند تفاوت را احساس کنند. این تفاوت ها حتی زمانی که ترانسفورماتورهای جریان در نزدیک سطح نامی خود کار کرده و بنابراین در ناحیه خطی بوده یعنی جایی که خطاها کوچک هستند قابل کشف هستند.

۷. مراجع

[1] Karthik.P., Belwin J. Brearley, 2014, Microgrid Protection Using Communication-Assisted Digital Relays. International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering. , Vol.: 2278 – 8876, Issue: 4,.

[۲] اس. چاودوری، اس.پی. چاودوری، پی کراســـلی، ترجمه: مجید گندمکار، محمد ر ضا میوه، سهراب میر سعیدی،۱۳۹۱، ریزشبکه‌ها و شبکه های توزیع فعال، انتشارات تهران، قدیس

[3] H.Al-Nasseri,.; M.A.Redfern., 2008, Harmonics content based protection scheme for Micro-grids dominated by solid state converters, 12th Power System Conference, MEPCON 2008, Pages: 50 – 56.

[4] A.Prasai.Yi Du, A.Paquette. E.Buck, R.G.Harley.D.Divan., 2010, Protection of meshed microgrids with communication overlay, Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)., Pages 64 –71.

[5] Han Yi, Hu Xuehao, Zhang Dongxia, 2011,Study on applying wavelet transform to the protection algorithm of microgrid dominated by inverter–interfaced DGs ,International Conference on Power System Technology (POWERCON, Pages 1 – 6.

[6] T.S.Ustun, C.Ozansoy, A.Zayegh., 2012 ,Modeling of a Centralized Microgrid Protection System and Distributed Energy Resources According to IEC 61850-7-420, IEEE Transactions on Power Systems, Vol: 27 , Issue: 3, Page(s): 1560 – 1567.

[7] T.S.Ustun, C.Ozansoy, A.Zayegh., 2013 ,Fault current coefficient and time delay assignment for microgrid protection system with central protection unit, I EEE Transactions onPower Systems, Vol: 28, Issue: 2, Pages:598 – 606.

[8]- Taha Selim Ustun, Cagil Ozansoy, Aladin Ustun., 2013, Fault Current Coefficient and Time Delay Assignment for Microgrid Protection System With Central Protection Unit, IEEE Transactions on Power Systems 28(2):598-606.

[9] C.Buque, O.Ipinnimo., S.Chowdhury, S.P.Chowdhury., 2012, Modeling and simulation of an Adaptive Relaying Scheme for a Microgrid , Power and Energy Society General Meeting, IEEE , Pages: 1 – 8.

[10]- T.Ghanbari, E.Farjah , 2013 ,Unidirectional Fault Current Limiter: An Efficient Interface Between the Microgrid and Main Network, IEEE

Transactions on Power Systems, Vol.28,Issue:2, Pages: 1591 –1598.

[11] X.Li., A.Dysko, G.Burt, 2012, Enhanced protection for inverter dominated microgrid using transient fault information, 11th International Conference on Developments in Power Systems Protection, DPSP, Pages: 1 – 5.

[۱۲] توحید سلیمانی اقدم، حسین کاظمی کارگر، ۱۳۹۲، رله جدید جریان زیاد با مشـخصـه جریان و ولتاژ برای حفاظت ریز شبکه ، دومین کنفرانس منطقه ای سیرد، تهران.

[13] E. Sortomme, G. J. Mapes, B. A. Foster, and S. S. Venkata, 2008 ,Fault analysis and protection of a microgrid, in Proc. North Amer. Power Symp., Sep., pp. 1–6.

[14] Vahidi, B. and Esmaeeli, E.,2010, MATLAB-SIMULINK-Based Simulation For Digital Differential Relay Protection of Power Transformer for Educational Purpose. In: J ComputApplEngEduc.

[15] E. Sortomme,.; S.S.Venkata,.; J.Mitra, 2010, Microgrid Protection Using Communication-Assisted Digital Relays “,Transactions on Power Delivery, IEEE , Vol: 25, Pages: 2789 – 2796, Issue: 4,.

[16] Sidhu, T.S.; Sachdev, M.S.; Wood, 1991,H.C. Design of a microprocessor-based overcurrent relay. In: IEEE Western Canada Conference. p. 41 – 46.

[17] H. Nikkhajoei and R. H. Lasseter, 2007 ,Microgrid protection, in Proc. IEEE Power Eng. Soc. General Meeting. , pp. 1–6.

[18] M. A. Redfern and H. Al-Nasseri, 2008 ,Protection of micro-grids dominated by distributed generation using solid state converters, in Proc. IET9thInt.Conf.Develop.PowerSyst.Protection, ,pp.670–674.

[19] H. H. Zeineldin, E. F. El-Saadany, and M. M. A. Salama, 2006 ,Distributed generation micro-grid operation: Control and protection,” in Proceeding soft the Power Systems Conference :Advanced Metering, Protection, Control, Communication, and Distributed Resources, ,Mar.2006, pp. 105–111.

[20] N. I. Elkalashy, M. Lehtonen, H. A. Darwish, M. A. Izzularab, and A. I. Taalab, “Modeling and experimental verification of high impedance arcing fault inmedium voltage networks,”IEEE Trans.Dielectr.Electr. Insulat., vol. 14, no. 2, pp. 375–383, Apr. 2007.