روشی جدید برای تشخیص وضعیت عملکرد نامتقارن مدارشکن‌های خطوط انتقال

مهتاب خلیلی‌فر[۱] سید محمد شهرتاش[۲] هاجر عبدی[۳] فرشاد آدینه‌پور[۴] ناصر قندهاری[۵]

۱- قطب علمی اتوماسیون و بهره‌برداری سامانه قدرت، دانشگاه علم و صنعت ایران
mahtab_khalilifar@yahoo.com
۲- استاد- قطب علمی اتوماسیون و بهره‌برداری سامانه قدرت، دانشگاه علم و صنعت ایران
shahrtash@iust.ac.ir
۳- شرکت برق منطقه‌ای هرمزگان
h.abdi2014@chmail.ir
۴- شرکت برق منطقه‌ای هرمزگان
hrec.research@yahoo.com
۵- شرکت برق منطقه‌ای هرمزگان
ghandn@yahoo.com

چکیده: در این مقاله روشی جدید برای تشخیص وضعیت عملکرد نامتقارن مدارشکن‌های خطوط انتقال بدون دریافت هیچ‌گونه اطلاعات مخابراتی از پست مقابل، ارائه شده است. روش پیشنهادی با دریافت دستور بازشدن و یا بسته شدن خط فعال شده و با استفاده از اطلاعات ولتاژی سمت خط و باس به ارزیابی وضعیت عملکرد هر یک از پل‌های مدارشکن می‌پردازد. از آنجاییکه این روش مبتنی بر اطلاعات ولتاژی شبکه تصمیم‌گیری می‌نماید و برخلاف روش‌های مبتنی بر جریان، از شرایط مختلف بارگذاری شبکه و وضعیت باز و بسته بودن مدارشکن‌های خط در طرف مقابل تاثیر نمی‌پذیرد. همچنین برخلاف روش‌های تشخیص نامتقارتی مبتنی بر تیغه‌های کمکی، مشکلات مکانیکی، روش پیشنهادی را تحت تاثیر قرار نمی‌دهد. ارزیابی عملکرد الگوریتم پیشنهادی در مدلسازی سناریوهای مختلف، حاکی از عملکرد موفق روش پیشنهادی در مقایسه با روش‌های موجود است. این روش قابل پیاده-سازی در سیستم حفاظت خط است و بکارگیری آن باعث تشخیص به‌موقع بهره‌برداری نامتقارن در شبکه می‌گردد.

واژه های کلیدی: تابع دیفرانسیل ولتاژ، عملکرد نامتقارن مدارشکن، گیرکردن پل مدارشکن، عدم هماهنگی پل‌های مدارشکن.

نوع مقاله: پژوهشی

DOI: 10.52547/jiaeee.18.2.59

تاریخ ارسال مقاله: ۱۳۹۸/۰۴/۲۹
تاریخ پذیرش مشروط مقاله: ۱۳۹۸/۱۰/۱۴
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۱۰/۳۰
نام نویسنده مسئول : سید محمد شهرتاش
نشانی نویسنده مسئول : ایران – تهران – نارمک- خیابان دانشگاه –دانشگاه علم و صنعت ایران – دانشکده مهندسی برق

۱- مقدمه

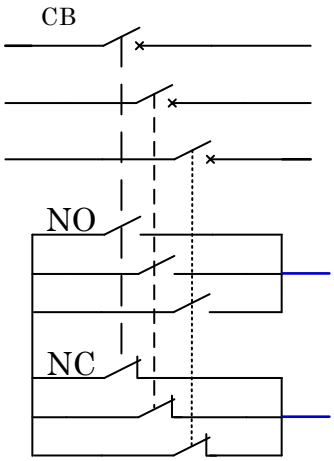
مدارشکن‌های فشار قوی از دارایی‌های ارزشمند شبکه هستند و پایش پیوسته این تجهیزات با توجه به نقش آنها به عنوان تجهیز ایزوله کننده خطا در سیستم حفاظتی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است [۳-۱]. خرابی‌های مدارشکن می‌تواند به صورت عدم عملکرد در برابر فرمان باز و یا بسته شدن، گیر کردن در برابر فرمان باز و یا بسته شدن و ... بروز نماید [۱]. مسئله مورد بحث در این مقاله وقوع هر یک از خرابی‌های اشاره شده به صورت نامتقارن است.

در شرایط بهره‌برداری عادی، هر سه پل مدارشکن یا بسته هستند یا باز. عملکرد نامتقارن مدارشکن به معنای از دست رفتن این تقارن بنابه دلایلی همچون قطعی مدار تریپ و یا مشکل مکانیکی است که نهایتا به گیرکردن یک یا دو پل مدارشکن به هنگام باز شدن یا بسته شدن می‌انجامد. به دلیل هر آنچه ممکن است بصورت اتفاقی در مدار شکن خط رخ دهد (مانند شکستن میله عایقی انتقال قدرت مکانیکی یکی از پل‌ها) با قرارگرفتن در وضعیت بهره‌برداری، در شرایطی می‌تواند باعث ایجاد مشکل و حتی از دست رفتن تجهیزات گران قیمت شبکه همچون راکتورهای جبرانساز گردد. از آنجا که جلوگیری از وقوع خطا و خرابی تصادفی در تجهیزات امری دور از انتظار است، تشخیص سریع خطا (عملکرد نامتقارن مدارشکن)، ضروری است.

در حال حاضر برای تشخیص عملکرد نامتقارن مدارشکن از تابع حفاظتی عدم هماهنگی پل‌های مدارشکن (Pole Discordance)، به عنوان یکی از توابع حفاظتی اصلی رله مدیریت مدارشکن (Breaker Management Relay) استفاده می‌شود. منطق پیاده‌سازی شده در این تابع حفاظتی، متناسب با شرکت سازنده رله عبارتند از:

(أ) ارزیابی مبتنی بر جریان عبوری از مسیر [۷-۴]- در این منطق وجود جریان در یک یا دو فاز بعد از صدور دستور باز شدن به معنی عملکرد نامتقارن تلقی می‌شود. بدیهی است در این رویکرد دامنه کم جریان عبوری از فاز(های) گیرکرده از تشخیص آنها جلوگیری کرده و بزرگترین تهدید محسوب می‌شود. نمونه این شرایط تهدید، عملکرد ناموفق مدارشکن پست خودی پس از عملکرد موفق مدارشکن پست مقابل در باز کردن خط است. در این سناریو به دلیل بازبودن یک طرف خط جریان عبوری از فاز گیرکرده برابر جریان شارژ خط است.

(ب) ارزیابی مبتنی بر وضعیت کنتاکت‌های کمکی مدارشکن [۴، ۶ و ۸]- در این رویکرد موقعیت کنتاکت‌های مدارشکن با استفاده از ۶ تیغه کمکی مدارشکن تشخیص داده می‌شود (مطابق شکل ۱). اتصال این تیغه‌ها به صورت سه تیغه موازی NO سری شده با سه تیغه موازی NC است و در برخی موارد این سیم‌بندی در تابلوی کنترل مدارشکن انجام می‌شود و صرفا یک سیگنال خروجی مبتنی بر عملکرد ناهماهنگ مدارشکن ارسال می‌گردد. در این ساختار اگر هر سه کنتاکت وضعیت مشابهی داشته باشند تیغه باز است و در غیر اینصورت تیغه بسته است. لازم به ذکر است در سند نظامنامه سیستم رله و حفاظت شبکه انتقال برق ایران [۹] بکارگیری تابع حفاظتی عدم هماهنگی پل‌ها مبتنی بر اطلاعات جریانی نهی شده است و تاکید شده است این حفاظت بایستی به‌صورت کنتاکتی باشد. اما مشکل این رویکرد، عدم تشخیص خرابی‌های مکانیکی همچون شکستن میله عایقی انتقال قدرت مکانیکی است. شایان ذکر است، این عیب مکانیکی یک مشکل متداول برای مدارشکن‌ها است.



شکل (۱): دیاگرام اتصال تیغه‌های کمکی در تابع تشخیص عدم هماهنگی پل‌های مدارشکن مبتنی بر وضعیت کنتاکت‌های کمکی

در این مقاله روشی ساده مبتنی بر تجزیه و تحلیل سیگنال‌های ولتاژی سمت خط برای تشخیص مشکل عملکرد نامتقارن مدارشکن ارائه شده است. این روش مستقل از وضعیت مدارشکن‌ها در پست مقابل و نوع خطا و مشکل مدارشکن، به ارزیابی وضعیت عملکردی مدارشکن می‌پردازد.

اگرچه این مقاله صرفا به روشی برای تشخیص وضعیت عملکرد نامتقارن مدارشکن می‌پردازد، اما اقدام اصلاحی پیشنهادی پس از تشخیص وضعیت عملکرد نامتقارن کلید، بسته به آرایش شینه‌بندی پست، بدین ترتیب است که اگر مدارشکن در دستور باز شدن با مشکل عملکرد نامتقارن مواجه شده است دستور بسته شدن به آن ارسال شود و اگر مدارشکن در فرآیند بسته شدن با مشکل مواجه شده است دستور بازشدن برای مدارشکن صادر شود. شایان ذکر است، متناسب به طرح شینه‌بندی پست و موقعیت مدارشکن دارای اشکال، حتی امکان خارج کردن مدارشکن دارای اشکال نیز وجود دارد.

ساختار مقاله حاضر بدین ترتیب است که در بخش دوم توابع تشخیص عدم هماهنگی پل‌های مدارشکن در رله‌های تجاری بررسی شده است و در بخش سوم روش پیشنهادی معرفی شده است. ارزیابی تابع حفاظتی پیشنهادی در مقایسه با رله‌های تجاری به ازای شرایط مختلف در بخش چهارم ارائه شده است.

۲- تابع حفاظتی عدم هماهنگی پل‌های مدارشکن در رله‌های تجاری

در این بخش مشخصات عملکردی تابع تشخیص عدم هماهنگی پل-های مدارشکن در رله‌های تجاری بررسی شده است.

۲-۱- تابع PD بر مبنای اطلاعات جریانی با آستانه-های ثابت

مبنای عملکرد این تابع، که در رله مدیریت مدارشکن REB551 بکارگرفته شده است [۴]، استفاده از اطلاعات جریانی فاز یا اطلاعات وضعیت کنتاکت‌های کمکی مدارشکن است. تشخیص وضعیت عدم-تعادل جریانی در این رله با برقراری همزمان دو شرط زیر تحقق می-پذیرد:

أ. آیا فازی وجود دارد که دامنه جریان آن کوچکتر از ۸۰ درصد بزرگترین دامنه جریان در دوفاز دیگر باشد؟

ب. آیا بزرگترین دامنه جریان فازها، بزرگتر از ۱۰ درصد جریان نامی است؟

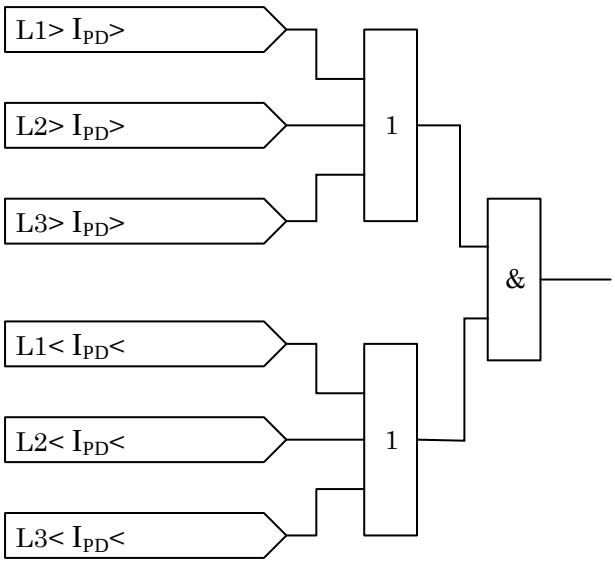
شایان ذکر است در این تابع امکان تنظیم آستانه‌های جریانی برای تشخیص وضعیت نامتقارنی وجود ندارد.

۲-۲- تابع PD مبتنی بر اطلاعات جریانی با آستانه-های قابل تنظیم

مبنای عملکرد این تابع که در رله P821 بکارگرفته شده است [۵]، استفاده از اطلاعات جریانی فاز است. منطق عملکرد مطابق شکل ۲ نشان داده شده است. در این ساختار، تابع حفاظتی در صورتی فعال می شود که بصورت توامان جریان عبوری حداقل یکی از فازها بزرگتر از مقدار آستانه حداقلی "$I_{PD}>$" (به معنای بسته بودن پل مدارشکن در یکی از فازها) و کوچکتر از مقدار آستانه حداکثری "$I_{PD}<$" (به معنای باز بودن پل مدارشکن در یکی از فازها) باشد. محدوده تنظیم برای هر یک از این دو آستانه ۵ درصد تا ۴۰۰ درصد جریان نامی با پله های یک درصدی است. مقادیر پیش‌فرض برای این دو متغیر به ترتیب عبارتنداز: ۴۰ درصد و ۸۰ درصد.

۲-۳- تابع PD بر مبنای اطلاعات جریانی و وضعیت کنتاکت‌های کمکی

مبنای عملکرد این تابع، که در رله 7VK61 بکارگرفته شده است [۶]، استفاده از اطلاعات جریانی فاز و اطلاعات وضعیت کنتاکت‌های کمکی مدارشکن مطابق شکل ۳ است. در این ساختار، تابع حفاظتی در صورتی فعال می شود که (أ) جریان عبوری از حداقل یکی از فازها بزرگتر از مقدار آستانه باشد، (ب) جریان عبوری از حداقل یکی از فازها کوچکتر از مقدار آستانه باشد، (ج) وضعیت قرارگیری حداقل یکی از فازها باز باشد (≥1pole open) و (د) وضعیت قرارگیری حداقل یکی از فازها بسته باشد (≥1pole close).



شکل (۲): منطق عملکرد تابع حفاظتی تشخیص عدم هماهنگی پل-های مدارشکن [۵]

شایان ذکر است خروجی این تابع در موارد زیر صفر (غیرفعال) است:

(۱) جریان عبوری از هر سه‌فاز از مقدار آستانه بزرگتر و یا کوچکتر باشد، بدین ترتیب مستقل از وضعیت تشخیص داده شده توسط کنتاکت‌های کمکی مدارشکن‌ها که می-تواند بیانگر وقوع عملکرد نامتقارن باشد (باز بودن حداقل یکی از فازها و بسته بودن حداقل یکی از فازها) رله تشخیص وضعیت عملکرد متقارن را می‌دهد.

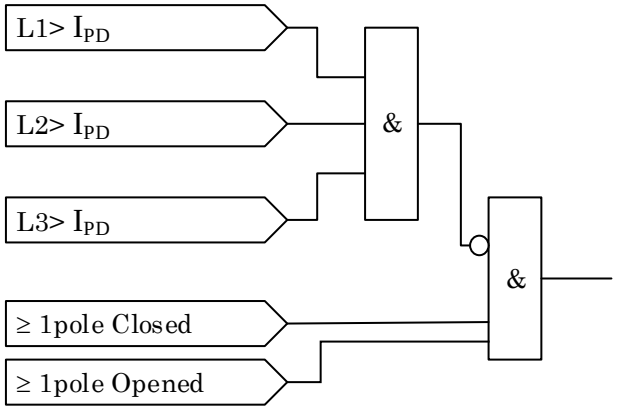
(۲) عدم تشخیص وضعیت عملکرد نامتقارن مدارشکن (وضعیت مشابه برای کنتاکت‌های کمکی مدارشکن)، بدین ترتیب مستقل از جریان عبوری از هر سه فاز که می‌تواند بیانگر وقوع حالت نامتقارن باشد باشد (بزرگتر بودن جریان عبوری از حداقل یکی از فازها از آستانه تنظیمی و کوچکتر بودن جریان عبوری از حداقل یکی از فازها از آستانه تنظیمی) رله تشخیص وضعیت عملکرد متقارن را می‌دهد..

محدوده تنظیم آستانه حداقلی جریان برای این تابع عبارتند از ۵ درصد تا ۲۰ برابر جریان نامی. مقدار پیش فرض این تنظیم رله ۱۰ درصد است.

۲-۴- تابع PD بر مبنای اطلاعات جریانی بر روی مولفه‌های جریانی توالی صفر و منفی و یا فاز

مبنای عملکرد این تابع که در رله CSC-121 بکارگرفته شده است[۷]، استفاده از اطلاعات جریانی است. این اطلاعات بر روی مولفه‌های جریانی توالی صفر و منفی و یا فاز است.

این تابع حفاظتی بر اساس تنظیم کاربر، می‌تواند بر مبنای اطلاعات مولفه‌های جریانی توالی صفر و منفی و یا دامنه جریانی هر یک از فازها بکارگرفته شود. این تابع در صورتی فعال می شود که جریان ورودی رله بزرگتر از مقدار آستانه حداقلی و کوچکتر از مقدار آستانه حداکثری باشد. محدوده تنظیم هر یک از این دو آستانه مشابه و برابر ۸ درصد تا ۲۰ برابر جریان نامی است.



شکل (۳): منطق عملکرد تابع حفاظتی تشخیص عدم هماهنگی پل-های مدارشکن [۶]

۲-۵- تابع PD مبتنی بر اطلاعات کنتاکت‌های کمکی مدارشکن

مبنای عملکرد این تابع که در رله Protecta بکارگرفته شده است [۵]، استفاده از اطلاعات وضعیت کنتاکت‌های کمکی مدارشکن برای هر پل است.

۳- روش پیشنهادی

مبنای روش پیشنهادی استفاده از الگوی رفتاری متفاوت ولتاژ اندازه-گیری شده طرف خط در پل (یا پل‌های) بازشده در مقایسه با پل‌های (یا پل) گیرکرده در شرایط بازشدن مدارشکن است. این الگوی رفتاری عبارتند از:

أ. یکسان بودن ولتاژهای اندازه‌گیری شده سمت خط و باس در وضعیت بسته بودن پل مدارشکن.

ب. متفاوت بودن ولتاژهای اندازه‌گیری شده سمت خط و باس در وضعیت باز بودن پل مدارشکن. این اختلاف

- در وضعیت باز بودن پل متناظر در مدارشکن خط در پست متقابل، تابعی از مشخصات خط و تجهیزات جبرانساز موازی (در صورت وجود) و
- در وضعیت بسته بودن پل متناظر در مدارشکن خط در پست مقابل، تابعی از ولتاژ پست مقابل و مشخصات خط و تجهیزات جبرانساز موازی (در صورت وجود)

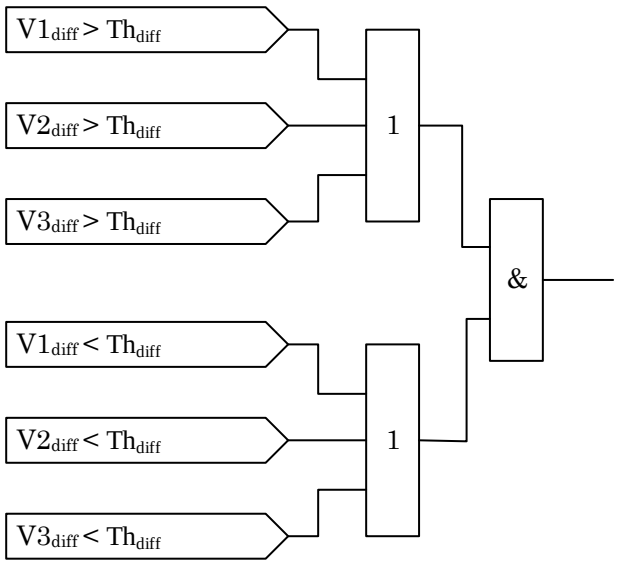
است.

منطق عملکرد پیشنهادی این مقاله برای تشخیص عملکرد عدم هماهنگی مدارشکن، در شکل ۴ نشان داده شده است. این منطق مبتنی بر خروجی تابع دیفرانسیل ولتاژی ارائه شده است. این تابع با استفاده از اطلاعات اندازه‌گیری شده ولتاژ خط و ولتاژ باس برای هر فاز به صورت جداگانه به ارزیابی الکتریکی وضعیت باز یا بسته بودن پل مدارشکن در فاز متناظر می‌پردازد. خروجی منطق عملکرد رله به این ترتیب است که خروجی‌های دیفرانسیلی مبتنی بر بازشدن حداقل یک پل مدارشکن ($V_{diff}>Th_{diff}$ به معنی آنکه این پل باز شده است) و بسته ماندن حداقل یک پل مدارشکن ($V_{diff}<Th_{diff}$ به معنی آنکه این پل بسته مانده است) بصورت توامان اتفاق افتد. بر این اساس مطابق شکل ۴ از مسیر بالا حداقل یک مورد "یک" خواهد بود که نتیجه کلی مسیر بالا "یک" می‌شود. همچنین از مسیر پایین نیز حداقل یک مورد "یک" خواهد بود که نتیجه کلی مسیر پایین "یک" می‌شود و در نتیجه وضعیت عملکرد ناهماهنگ پل‌های مدارشکن تشخیص داده می‌شود.

روندنمای الگوریتم پیشنهادی برای تشخیص وضعیت عملکرد نامتقارن مدارشکن در شکل ۵ نشان داده شده است.

۴- شبیه‌سازی

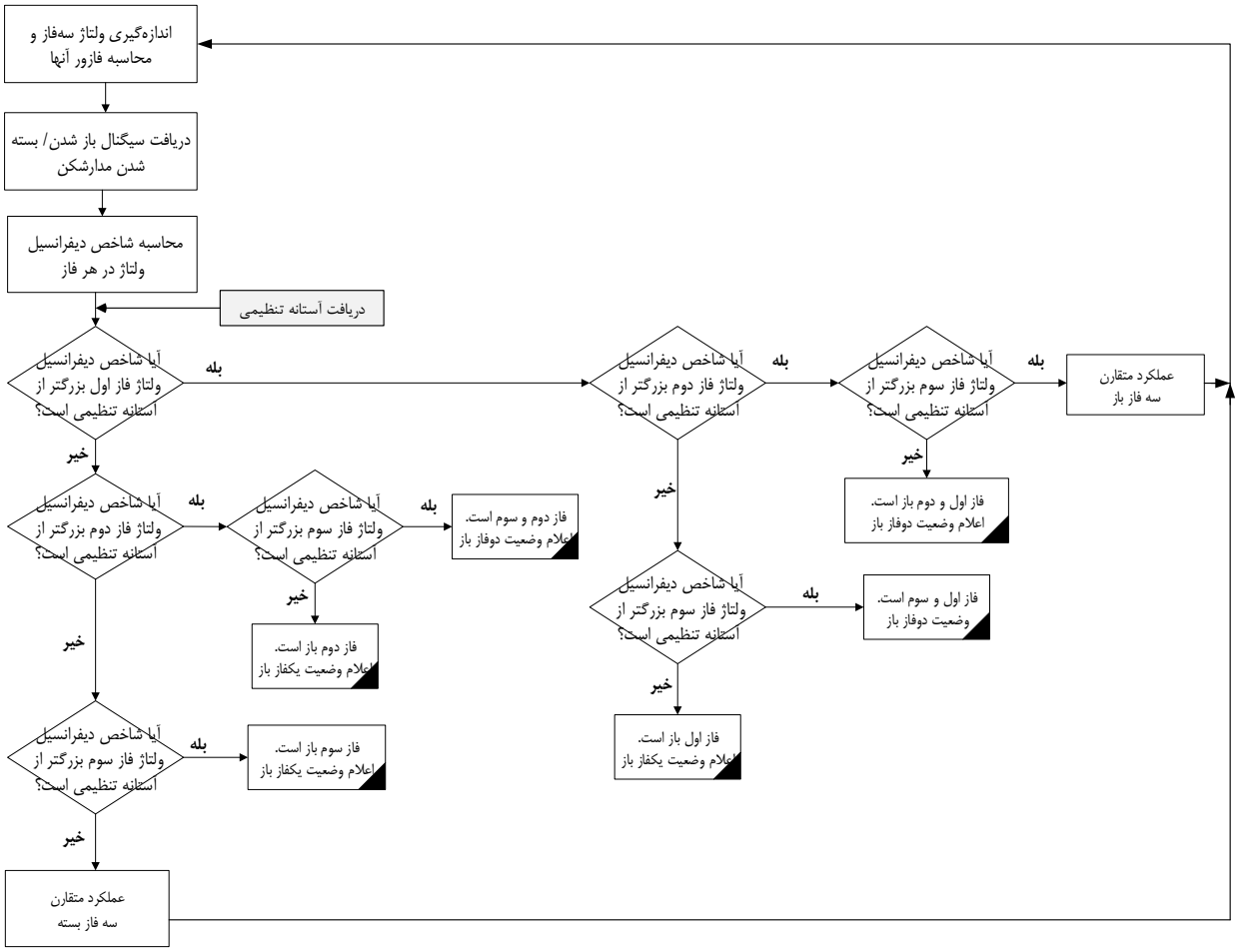
در این بخش از مقاله ارزیابی عملکرد روش پیشنهادی در مقایسه با سایر روش‌های تجاری ممکن به ازای سناریوهای بهره‌برداری مختلف برای خط انتقال نمونه ۴۰۰ کیلوولت ۲۷۰ کیلومتری دارای جبرانسازی پنج ستونه ۵۰ مگاواری در یکی از پست‌ها با اطلاعات الکتریکی مندرج در جدول ۱ و دیاگرام تک خطی حفاظتی مطابق شکل ۶ ارائه شده است.



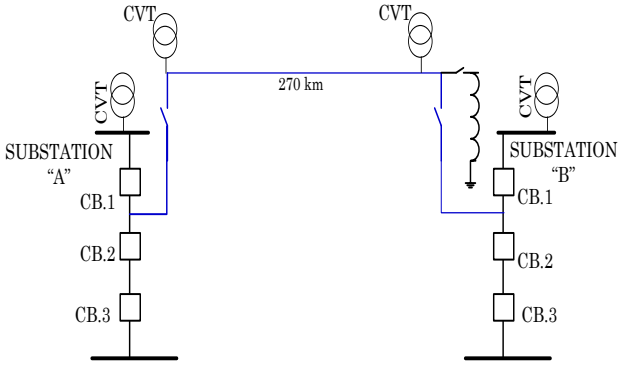
شکل (۴): منطق عملکرد تابع حفاظت پیشنهادی PD

جدول (۱): پارامترهای خط انتقال نمونه

	مقاومت (اهم)	راکتانس (اهم)	کاپاسیتانس (میکروفاراد)
توالی مثبت	۸/۰۳	۹۰/۴۰	۳/۰۳۰۹
توالی صفر	۸۴/۹۸	۲۵۹/۸۹	۱/۸۹۲۷



شکل (۵): روندنمای تابع حفاظت پیشنهادی PD



شکل (۶): دیاگرام تک‌خطی حفاظتی شبکه تست

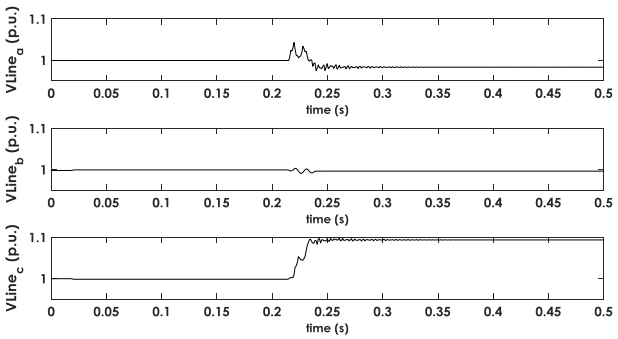
۴-۱- سناریوی اول

در این سناریو فرض بر آن است مدارشکن‌های خط در پست B بسته هستند و برای بی‌برق کردن خط با هدف شستشوی مقره‌ها، فرمان باز شدن خط در پست A در زمان ۲۱۰ میلی ثانیه به‌اجرا در می‌آید. در این شرایط مدارشکن ۱ به‌صورت موفق باز می‌کند اما پل وسط مدارشکن ۲ به دلیل مشکل مکانیکی گیرکرده و بسته می‌ماند. در این شرایط ارزیابی خروجی توابع PD در رله‌های تجاری و تابع پیشنهادی بررسی شده است. دامنه ولتاژ اندازه‌گیری شده خط، سیگنال دیفرانسیل ولتاژ و جریان اندازه‌گیری شده خط به ترتیب در شکل‌های ۷، ۸ و ۹ و سیگنال خروجی هر یک از توابع حفاظتی با بکارگیری آستانه‌های حداقلی، در شکل ۱۰ نشان داده شده است.

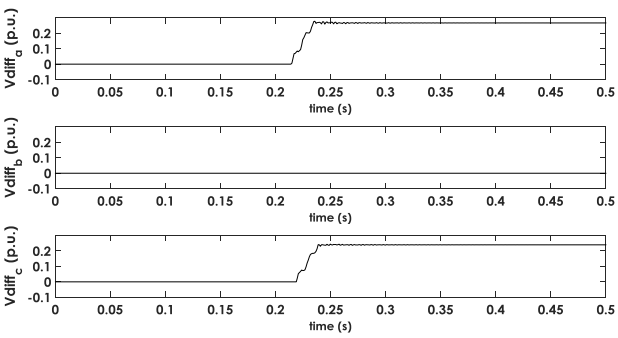
مطابق شکل ۷، نوسانات ولتاژ ناشی از کلیدزنی پس از گذشت ۳ سیکل، در فازهای بازشده و ۱ سیکل در فاز گیرکرده، میرا می‌شود. همانطور که در شکل ۸ مشاهده می‌شود شاخص ولتاژ دیفرانسیلی در فاز گیرکرده صفر و در دوفاز بازشده قبل از عملیات کلیدزنی برابر صفر است و بعد از آن افزایش یافته و نهایتا به مقدار ۰/۳ می‌رسد. بر این اساس با در نظر گرفتن آستانه ۰/۱ پریونیت برای تصمیم‌گیری، خروجی تابع تشخیص پیشنهادی از میلی‌ثانیه ۲۲۳ (۱۳ میلی‌ثانیه بعد از کلیدزنی) یک است (شکل ۱۰).

بسته بودن مدارشکن خط در پست مقابل، مسیر ایجاد جریان در فاز بسته مانده را مطابق شکل ۹ فراهم می‌سازد. در این شرایط از آنجاییکه جریان عبوری در پل گیرکرده برابر ۱۸ درصد جریان نامی (۰/۱۸ آمپر ثانویه) و در پل‌های بازشده برابر با صفر است، امکان تشخیص عدم هماهنگی توسط توابع حفاظتی با آستانه‌های حداقلی فراهم می‌شود. شایان ذکر است در صورت بکارگیری تنظیمات پیش‌فرض ($I_{PD}<0.8$ و $I_{PD}>0.4$) برای رله P821، عدم هماهنگی مدارشکن تشخیص داده نمی‌شود.

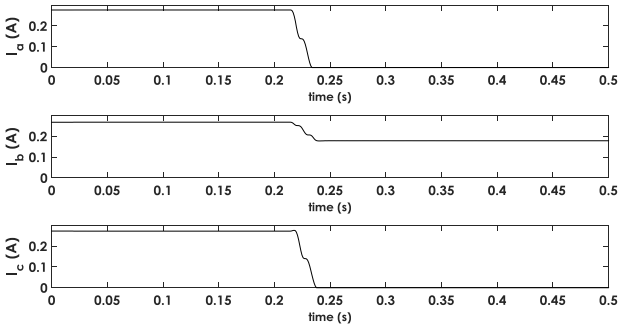
از آنجاییکه علت گیرکردن پل مدارشکن مشکل مکانیکی است، بر این اساس هیچ یک از توابع حفاظتی مبتنی بر تشخیص عدم هماهنگی با استفاده از اطلاعات تیغه‌های کمکی وضعیت مدارشکن (7VK61 و Protecta)، فعال نمی‌شوند (شکل ۱۰).



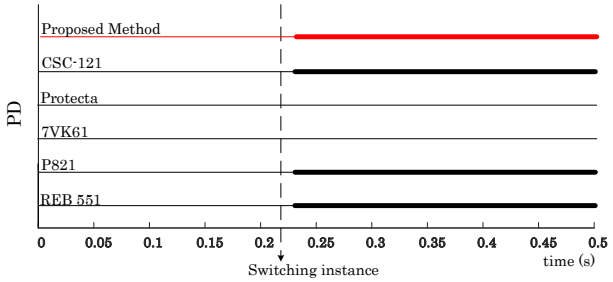
شکل (۷): ولتاژ خط در پست A- سناریوی ۱



شکل (۸): ولتاژ دیفرانسیلی در پست A- سناریوی ۱



شکل (۹): جریان عبوری از خط در پست A- سناریوی ۱



شکل (۱۰): مقایسه وضعیت عملکرد تابع تشخیص عملکرد ناهماهنگ مدارشکن رله‌های تجاری و روش پیشنهادی-سناریوی ۱

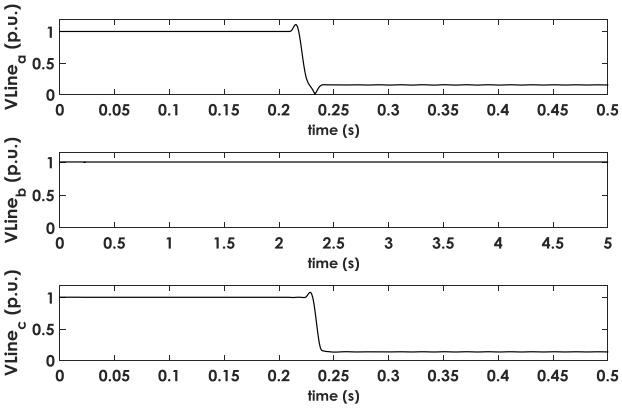
۴-۲- سناریوی دوم

این سناریو مشابه سناریوی اول است با این تفاوت که در آن مدارشکن‌های خط در پست B باز هستند.

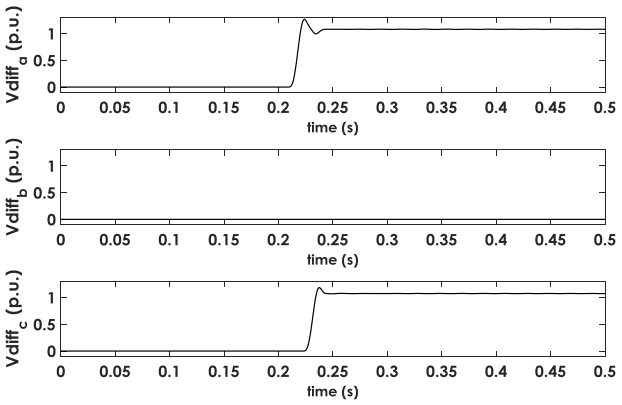
دامنه ولتاژ اندازه‌گیری شده خط، سیگنال دیفرانسیل ولتاژ به ترتیب در شکل‌های ۱۱ و ۱۲ نشان داده شده است. در این سناریو به دلیل بی‌برق بودن خط در پست مقابل، دامنه ولتاژ در فازهای بازشده از مقدار یک پریونیت تا ۰/۱۵ پریونیت (دامنه ولتاژ القایی ناشی از ظرفیت خازنی خط) کاهش می‌یابند و شاخص‌های ولتاژ دیفرانسیلی در این دوفاز به مقدار ۱/۰۸ می‌رسند. بر این اساس با فرض انتخاب آستانه ۰/۱ پریونیت برای تصمیم‌گیری، خروجی تابع تشخیص پیشنهادی از میلی‌ثانیه ۲۲۳ (۱۳ میلی‌ثانیه بعد از کلیدزنی) یک است (شکل ۱۲).

دامنه جریان اندازه‌گیری شده خط در این سناریو در شکل ۱۳ نشان داده شده است. با توجه به باز بودن مدارشکن خط در پست مقابل، جریان اندازه‌گیری شده، همان شارژ خازنی خط است که مقدار این جریان قبل از کلیدزنی ۸ درصد جریان نامی و بعد از کلیدزنی در فاز بسته مانده ۷ درصد جریان نامی است. بر این اساس با در نظرگرفتن آستانه‌های حداقلی برای توابع حفاظتی رله‌های تجاری، صرفا رله P821 با تنظیم $I_{PD}>0.05$ قادر به تشخیص عدم هماهنگی مدارشکن خواهد بود. شایان ذکر است حاشیه ۲ درصدی با احتساب خطای ۱ درصدی حاشیه مناسبی برای اطمینان از عملکرد صحیح رله محسوب نمی‌شود و این در حالی است که بکارگیری تنظیمات پیش-فرض برای رله، به عدم تشخیص خطا می‌انجامد.

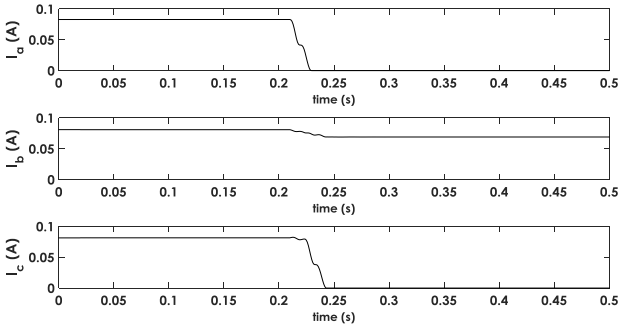
سیگنال خروجی هر یک از توابع حفاظتی در شکل ۱۴ نشان داده شده است. مشابه توضیحات ارائه شده در سناریوی اول، در این سناریو نیز هیچ یک از توابع حفاظتی مبتنی بر تشخیص عدم هماهنگی با استفاده از اطلاعات تیغه‌های کمکی وضعیت مدارشکن (7VK61 و Protecta)، فعال نمی‌شوند.



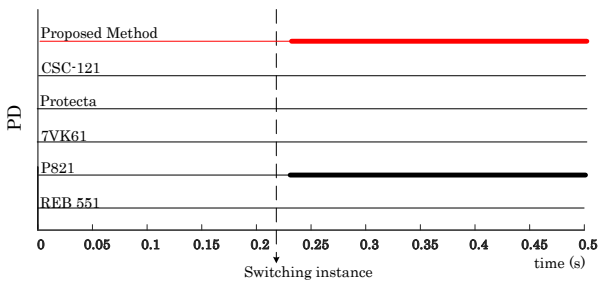
شکل (۱۱): ولتاژ خط در پست A- سناریوی ۲



شکل (۱۲): ولتاژ دیفرانسیلی در پست A- سناریوی ۲



شکل (۱۳): جریان عبوری از خط در پست A- سناریوی ۲



شکل (۱۴): مقایسه وضعیت عملکرد تابع تشخیص عملکرد ناهماهنگ

مدارشکن رله‌های تجاری و روش پیشنهادی-سناریوی ۲

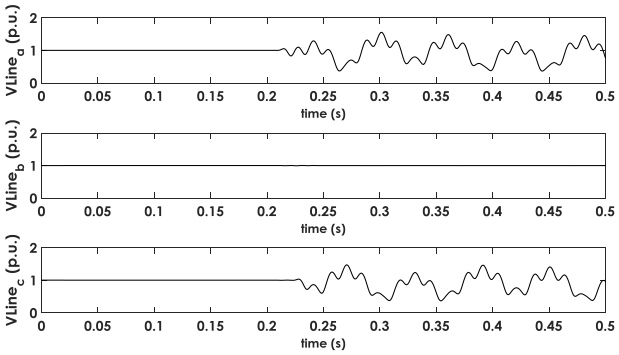
۴-۳- سناریوی سوم

این سناریو مشابه سناریوی دوم است با این تفاوت که در آن جبرانساز ۵۰ مگاواری خط در مدار است.

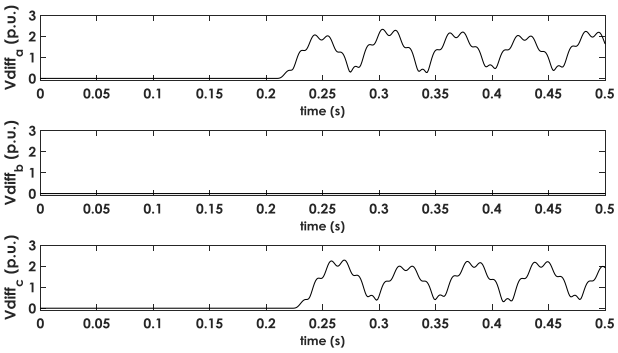
دامنه ولتاژ اندازه‌گیری شده خط، سیگنال دیفرانسیل ولتاژ به ترتیب در شکل‌های ۱۵ و ۱۶ نشان داده شده است. در این سناریو برهمکنش ظرفیت خازنی خط و راکتانس جبرانساز منتهی به بروز اضافه ولتاژ ماندگار در وضعیت دوفاز باز می‌گردد. شاخص‌های ولتاژ دیفرانسیلی در این دوفاز در ۵ سیکل پس از کلیدزنی در محدوده ۰/۳ تا ۲/۳ تغییر می‌نماید. بر این اساس با فرض انتخاب آستانه ۰/۱ پریونیت برای تصمیم‌گیری، خروجی تابع تشخیص پیشنهادی از میلی‌ثانیه ۲۲۳ (۱۳ میلی‌ثانیه بعد از کلیدزنی) یک است (شکل ۱۶).

دامنه جریان اندازه‌گیری شده خط در این سناریو در شکل ۱۷ نشان داده شده است. با توجه به باز بودن مدارشکن خط در پست مقابل، جریان اندازه‌گیری شده، همان جریان عبوری از راکتور خط است که مقدار این جریان قبل از کلیدزنی ۴ درصد جریان نامی CT و بعد از کلیدزنی در فاز بسته مانده ۳ درصد است. بر این اساس با در نظرگرفتن آستانه‌های حداقلی برای توابع حفاظتی رله‌های تجاری، هیچ یک از رله‌های تجاری قادر به تشخیص عدم هماهنگی مدارشکن نخواهند بود.

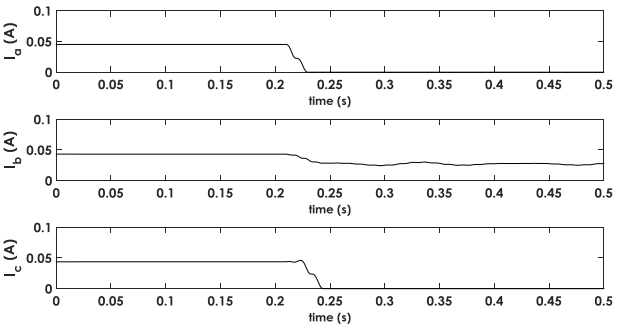
سیگنال خروجی هر یک از توابع حفاظتی در شکل ۱۸ نشان داده شده است. مشابه توضیحات ارائه شده در سناریوی اول و دوم، در این سناریو نیز هیچ یک از توابع حفاظتی مبتنی بر تشخیص عدم هماهنگی با استفاده از اطلاعات تیغه‌های کمکی وضعیت مدارشکن (7VK61 و Protecta)، فعال نمی‌شوند.



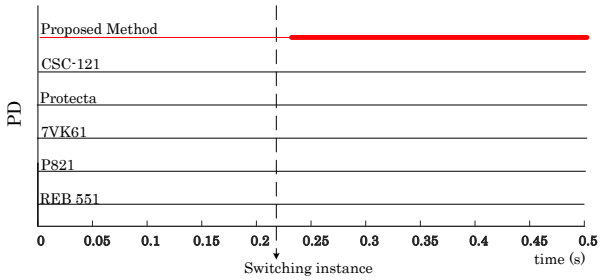
شکل (۱۵): ولتاژ خط در پست A- سناریوی ۳



شکل (۱۶): ولتاژ دیفرانسیلی در پست A- سناریوی ۳



شکل (۱۷): جریان عبوری از خط در پست A- سناریوی ۳



شکل (۱۸): مقایسه وضعیت عملکرد تابع تشخیص عملکرد ناهماهنگ مدارشکن رله‌های تجاری و روش پیشنهادی-سناریوی ۳

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله روشی ساده و در عین حال کارا برای تشخیص وضعیت عملکرد نامتقارن مدارشکن‌های خطوط انتقال بدون دریافت هیچ‌گونه اطلاعات مخابراتی از پست مقابل، ارائه شده است. روش پیشنهادی با دریافت دستور بازشدن و یا بسته شدن خط فعال شده و با استفاده از اطلاعات تفاضلی ولتاژی سمت خط و باس مستقل از عامل عملکرد ناهماهنگ مدارشکن و دامنه جریان اندازه‌گیری شده، به ارزیابی وضعیت عملکرد کلی و هر یک از پل‌های مدارشکن می‌پردازد. این روش قابل پیاده‌سازی در سیستم حفاظت خط است و بکارگیری آن باعث تشخیص به‌موقع بهره‌برداری نامتقارن در شبکه می‌گردد. نتایج حاصل از بررسی سناریوهای مختلف کلیدزنی ناهماهنگ، حاکی از عملکرد مطلوب روش پیشنهادی در مقایسه با سایر توابع تجاری موجود است.

سپاسگزاری

نویسندگان اول و دوم مراتب تشکر و قدردانی خود را از حمایت شرکت برق منطقه‌ای هرمزگان در چارچوب قرارداد تحقیقاتی به شماره ۱۸۸-۹۴ اعلام می‌دارند.

مراجع

[1] S. Costa, T. Smith and C. White, "Advantages of comprehensive monitoring for critical circuit breakers," 2018 71st Annual Conference for Protective Relay Engineers (CPRE), College Station, TX, 2018, pp. 1-3.

[2] P. Westerlund, P. Hilber, T. Lindquist and S. Kraftnät, "A review of methods for condition monitoring, surveys and statistical analyses of disconnectors and circuit breakers," 2014 International Conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems (PMAPS), Durham, 2014, pp. 1-6.

[3] Y. Xue, M. Thakhar, J. C. Theron and D. P. Erwin, "Review of the Breaker Failure Protection practices in *Utilities,"* 2012 65th Annual Conference for Protective Relay Engineers, College Station, TX, 2012, pp. 260-268.

[4] "REB 551 Breaker protection terminal", Technical reference manual, ABB, 2001.

[5] "MiCOM P821 Breaker Failure Protection", Technical Guide, Schneider Electric, 2012.

[6] "7VK61 Breaker Management Device", Manual, Siemens, 2009.

[7] "CSC-121, Breaker Protection IED", Technical Application Manual, Beijing Sifang Automation, 2012.

[8] "Pole discordance detection function", Protecta, 2011.

[۹] نظام‌نامه سیستم رله و حفاظت شبکه انتقال برق ایران، ویرایش چهارم، شرکت مدیریت شبکه برق ایران، ۹۷.