کنفرانس ملی چشم انداز ۱۴۲۰ و پیشرفت های
تکنولوژیک مهندسی برق، کامپیوتر و فناوری اطلاعات

ارائه راهکار جدید در بررسی عملکرد ناخواسته رله باسبار پروتکشن در ایستگاه های انتقال با آرایش دوبل باسبار

اسماعیل ابراهیمی[۱]، هاجر عبدی[۲]، الهه سالاری[۳]

۱- رئیس گروه مطالعات دفتر فنی انتقال شرکت برق منطقه ای هرمزگان

۲- مدیر رلیاژ شرکت برق منطقه ای هرمزگان

۳- کارشناس گروه مطالعات دفتر فنی انتقال شرکت برق منطقه ای هرمزگان

(salari.elahe770@gmail.com)

خلاصه

رله های حفاظت باسبار به عنوان مهمترین و عمده ترین رله‌های حفاظت الکتریکی در قبال اختلال ایزولاسیون باسبار محسوب می شوند. تلاش های مدوام به منظور هوشمند نمودن هرچه بیشتر این نوع رله‌های حفاظتی توسط کارخانجات سازنده مختلف صورت گرفته و تا کنون روش ها و ابداعات گوناگونی جهت عملکرد بهتر رله‌ها معرفی شده است. هرگونه عملکرد نابجای رله حفاظت باسبار با قطع باسبار در طی بهره برداری می تواند سبب بروز خاموشی گسترده شده و با ناپایداری شبکه همراه باشد. به همین علت بررسی عوامل موثر در عملکرد نابجای رله و پیش بینی های به عمل آمده به منظور مقابله با آن حائز اهمیت می‌باشد. در این مقاله، سعی بر آن است که با اتخاذ راهکارهای جدید با استفاده از نرم افزار **DigSilent** و نیز تجربیات بهره بردار جهت جلوگیری از عملکرد نابجای رله حفاظت باسبار در ایستگاه پست شرق استان هرمزگان با آرایش دوبل باسبار ارائه گردد. در تعدادی از ایستگاه های انتقال با آرایش دوبل باسبار در سطح شبکه برق کشور و نیز در چندین ایستگاه مشابه در سطح شبکه برق هرمزگان، به هنگام انجام مانور جهت جابجایی یک فیدر از روی یک باسبار به باسبار دیگر، رله های حفاظت باسبار بصورت نابجا عمل نموده و باعث خاموشی کامل پست های زیر مجموعه شده اند . هدف این مقاله بررسی این عملکرد ناخواسته و اتخاذ راهکار برای جلوگیری از وقوع آن می باشد.

کلمات کلیدی: رله حفاظت باسبار، نرم افزار DigSilent **، شبکه برق هرمزگان، خاموشی شبکه**

۱. مقدمه

طرح حفاظت برای سیستم قدرت باید انواع اتصالی ها را جوابگو باشد. حفاظت باسبارهای فشارقوی یکی از مهم‌ترین و حساس‌ترین وظایف حفاظتی برای مهندسین حفاظت سیستم قدرت می‌باشد. اگر چه خطر وقوع یک اتصالی روی باسبارهای مدرن نسبت به سایر قسمت های سیستم قدرت خیلی کم است. معمولا باسبارها در محیط های محافظت شده‌ی پست های برق قرار دارند. این امر موجب فراهم آمدن قابلیت اطمینان بالایی شده، به گونه ای که می توان این تجهیزات را مصون در برابر خطا فرض کرد. با توجه به اینکه امروزه سیستم های قدرت نزدیک به حد پایداری کار می‌کنند، بدین لحاظ اگر حفاظت باسبار بدرستی عمل نکند و خطا روی باسبار باقی بماند، می‌تواند موجب ناپایداری سیستم گردد. ازطرف دیگر عملکرد اشتباه سیستم حفاظتی باسبار موجب خروج گسترده خطوط متصل به آن می گردد. در صورتی که این خطوط به سرعت به مدار بازگرداننده نشوند، خسارات وارد آمده بسیار بیشتر از وقوع خطا بر روی باسبار خواهد بود. (شاهرخشاهی، ۱۳۸۹)

رله حفاظت باسبار در واقع تجهیزی برای حفاظت باسبار در مقابل خطای اضافه جریان و خطای زمین می‌باشد. (Santos and Barros, 2016) در گذشته حفاظت مستقلی برای باسبار درنظر گرفته نمی‌شد و این وظیفه بر دوش رله حفاظتی آنسوی خط و زون معکوس رله دیستانس قرار داده می‌شد. از آنجا که زون معکوس دیستانس و همچنین حفاظت آنسوی خط ذاتا تاخیری می‌باشند در اینصورت خطاهای روی باسبار با تاخیر زمانی زیادی برطرف می‌شدند. با توسعه سیستم

های قدرت و افزایش سطوح اتصال کوتاه هیچ گونه تاخیری در برطرف کردن خطاهای باسبار مجاز نمی‌باشد چرا که هرگونه تاخیری در برطرف کردن خطای باسبار نه تنها موجب بروز خسارات جبران ناپذیری در تجهیزات شبکه می‌شود بلکه از سوی دیگر پایداری سیستم قدرت را نیز به مخاطره می‌اندازد. بر این اساس امروزه تعبیه یک حفاظت مستقل برای باسبار به یک ضرورت تبدیل شده است.(Tan et al, 2002)

امنیت و اطمینان از عملکرد صحیح حفاظت باسبار به منظور حفظ پایداری سیستم قدرت و همچنین رفع سریع خطای شدید اهمیت بسیار زیادی دارد و به همین دلیل مناسب ترین طرح حفاظتی، رله های حفاظت باسبار است که هر دو ویژگی فوق را به طور همزمان دارا می‌باشد.(Anderson, 1998)

یکی از مشکلاتی که اغلب در حفاظت باسبارها به وجود می‌آید، باز شدن ثانویهٔ ترانسفورماتورهای جریان در هنگام تعمیرات و یا شل شدن پیچ های ترمینال های مربوط به آن هاست. در این حالت جریان غیر متعادل حاصله از رله، مقاومت های غیر خطی و متروسیل، امپدانس های مغناطیسی بقیهٔ ترانسفورماتورهای جریان عبور می کند.

در حالت عادی و بارنامی سیستم، ممکن است مشکلی پیش نیامده و رله عمل نکند، ولی در شرایطی که اتصال کوتاه رخ می‌دهد، با توجه به مقدار جریان ترانسفورماتور جریانی که ثانویه آن باز شده، لازم ا ست که تو سط رلهٔ کنترل کننده و اندازه گیری ولتاژ دو سر آن، این جریان کنترل شود و سبب عملکرد رله مذکور گردد.

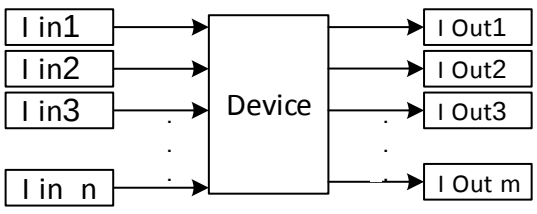
به همین دلیل حفاظت دقیق و سریع باسبار، حایز اهمیت فراوانی است. (خدرزاده و همکاران، ۱۳۸۳) علاوه بر خود رله حفاظت باسبار، بایستی طرح حفاظت باسبار مطابق با نوع آرایش ایستگاه، تعداد و نیز چیدمان تجهیزاتی از جمله ترانس جریان تعبیه گردد. عدم لحاظ مورد فوق باعث عملکرد نامناسب حفاظت باسبار به هنگام انجام مانور در ایستگاه انتقال گردیده است. در این راستا این مقاله قسمتی از شبکه انتقال برق هرمزگان را جهت مطالعه مورد بررسی قرار داده است.

۲. بیان مسئله

۲–۱. اساس کار رله حفاظت باسبار

روش های اندازه گیری در این سیستم حفاظت بر پایه قانون جریان کیرشهف متکی است، این قانون بیان می کند که جمع برداری تمام جریان‌های جاری شده در یک ناحیه بسته باید صفر باشد، این قانون در جریان AC برای مقادیر لحظه‌ای اعمال می‌شود. بنابراین در شرایط بدون خطا مجموع تمام جریان‌های فیدرهای متصل به بار در هر لحظه از زمان باید صفر باشد.(دانیار، ۱۳۹۳)

رله حفاظت باسبار از نوع رله سنجش جریانی بوده که مطابق شکل (۱) با مقایسه مجموع دامنه جریان های ورودی و خروجی و در صورت وجود درصد اختلاف مشخصی با توجه به نوع تجهیز حفاظت شده، عمل می‌نماید. (جمالی، ۱۳۹۳) با توجه به نوع تجهیز حفاظت شده و نیز برای پوشش خطای تجهیزات اندازه گیری، مطابق رابطه (۱) درصدی جهت حاشیه امنیت (P) لحاظ می گردد.

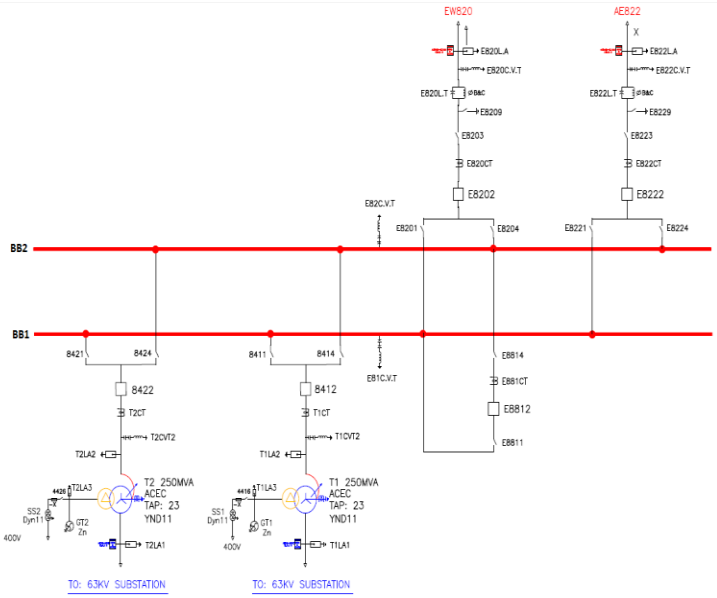


شکل (۱) : شمای کلی عملکرد رله سنجش جریانی

$$\sum_{j=1}^{n} Iin\, j = \%P \sum_{k=1}^{m} \text{Iout k} \qquad (۱)$$

۲-۲. شرح ایستگاه انتقال مورد مطالعه

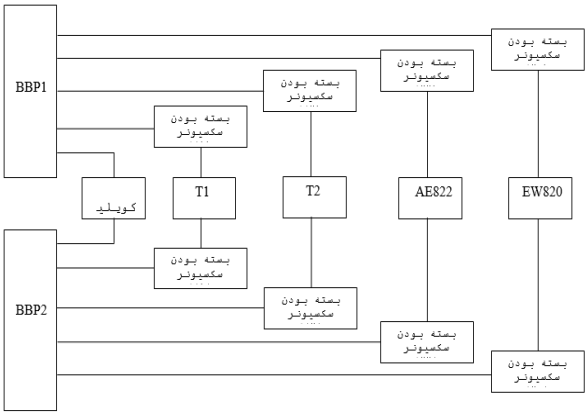
ایستگاه ۲۳۰ کیلوولت شرق دارای چیدمان تجهیزات با آرایش دوبل باسبار مطابق شکل (۲) می باشد که شامل دو بی (فیدر) ورودی، دو بی ترانس و یک بی کوپلینگ می باشد. هر بی شامل یک عدد بریکر، یک عدد ترانس جریان و دو عدد سکسیونر می باشد.



شکل (۲) شماتیک کلی ایستگاه انتقال پست ۲۳۰ کیلوولت شرق

۲-۳. طرح حفاظت باسبار

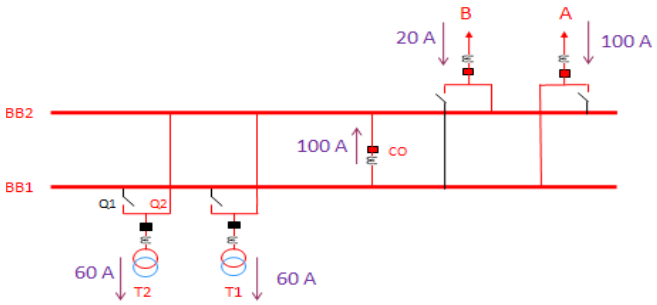
پست مذکور دارای دو عدد رله حفاظت با سبار بوده که هر کدام حفاظت از یک باس‌ها را برعهده دارد. شکل (۳) شمای کلی طرح عملکرد حفاظت یاد شده را نشان می‌دهد.



شکل (۳) : شمای کلی طرح حفاظت باسبار

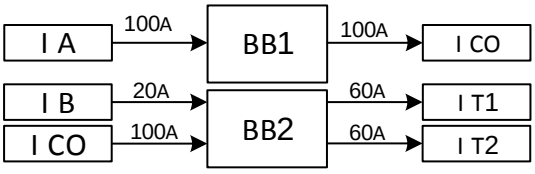
۲-۴. مقایسه جریان های ورودی و خروجی به باسبارها و رله حفاظت باسبار

در شکل (۴) قبل از بروز حادثه بار فیدر A به میزان ۱۰۰ آمپر دریافتی، بار فیدر B به میزان ۲۰ آمپر دریافتی بوده و ترانس های قدرت نیز پارالل بوده و هر کدام دارای ۶۰ آمپر بار بوده اند



شکل (٤) : مقادیر جریان های ورودی و خروجی پست قبل از بروز حادثه و انجام مانور

در شکل (۵) مقایسه جریان های ورودی و خروجی به هر یک از باسبارها نمایش داده شده است. همانگونه که انتظار می رود در وضعیت قبل از مانور، رله های باسبار هیچگونه عملکردی نداشته اند و مجموع جریان های ورودی و خروجی یکسان است.

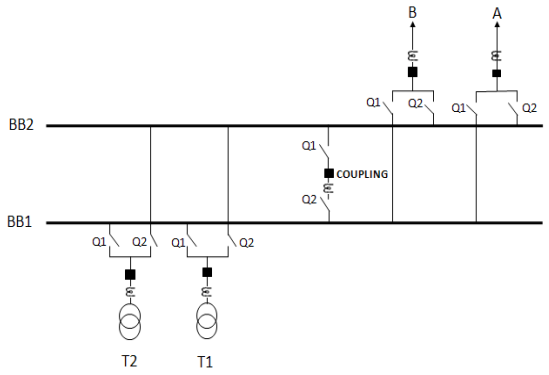


شکل (۵) : مقادیر جریان های ورودی و خروجی باسبار قبل از بروز حادثه و انجام مانور

۳. شرح کلی حادثه

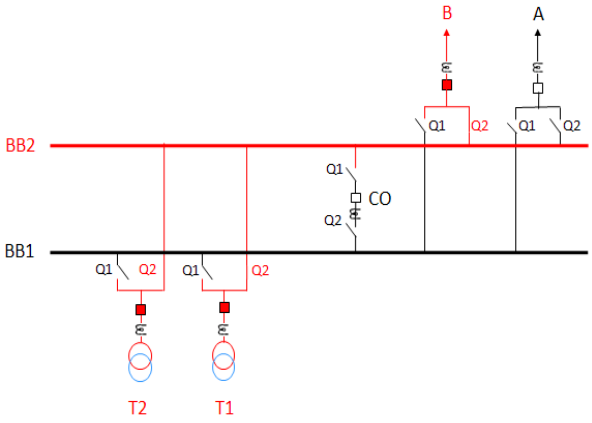
۳-۱. شرایط ایستگاه قبل از مانور منجر به حادثه

مانور منجر به عملکرد نابجای حفاظت باسبار در ایستگاه انتقال حادثه دیده با آرایش مطابق با شکل (۶) اتفاق افتاده است.



شکل (٦) : شماتیک کلی ایستگاه انتقال حادثه دیده

مطابق شکل (۷) قبل از بروز حادثه و جهت اجرای عملیات سرویس دوره ای ، فیدر A ، کلید کوپلینگ و نیز باسبار شماره یک (BB1) خارج از مدار بوده و هر دو ترانس قدرت بر روی باسبار شماره دو (BB2) قرار داشته و از طریق فیدر B تغذیه میشده است . (مطابق شکل زیر خطوط قرمز رنگ نشان دهنده برقدار بودن تجهیزات می باشد)

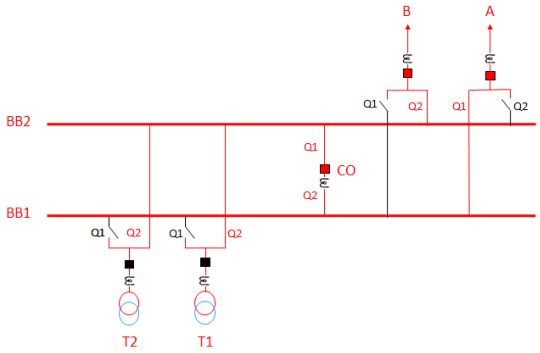


شکل (۷) : شماتیک کلی ایستگاه انتقال قبل از انجام مانور

۳-۲. شرایط ایستگاه پس از مانور منجر به حادثه

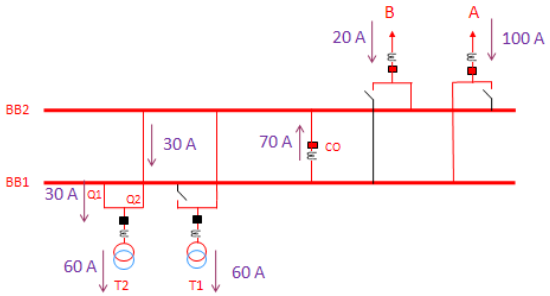
مطابق شکل (۸) پس از اجرای عملیات سرویس دوره ای، هر دو ترانس قدرت بر روی باسبار شماره دو قرار داشته و لذا تصمیم گرفته می شود که جهت افزایش پایداری پست، ترانس قدرت شماره دو از طریق سکسیونر Q1 بر روی باسبار شماره یک قرار داده شود. با توجه به بسته بودن کلید کوپلینگ و در مدار بودن هر

دو باسبار و نیز بمنظور جلوگیری از قطع دستی و خاموشی ترانس قدرت شماره دو و نیز امکان بستن سکسیونر Q1 علاوه بر بسته بودن سکسیونر Q2 با توجه به آرایش ایستگاه، اپراتور وقت اقدام به بستن سکسیونر شماره Q1 ترانس قدرت شماره دو نموده که بلافاصله پس از انجام این مانور، رله‌های حفاظت باسبار شماره یک و دو عمل نموده و باعث باز شدن اتومات تمامی کلیدهای قدرت و در نتیجه خاموشی کامل پست و خروجی های آن می گردد .



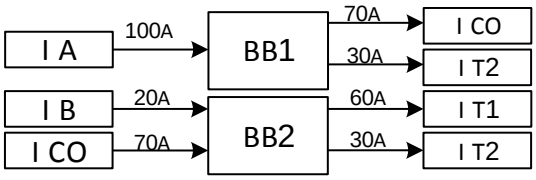
شکل (۸) : شرایط ایستگاه پس از مانور منجر به حادثه

در شکل (۹)، پس از فرمان وصل مجدد به سکسیونر Q1 مربوط به ترانس قدرت T2، بار فیدرهای A، B و ترانس های قدرت تغییری نمی کنند.



شکل (۹) : مقادیر جریان های ورودی و خروجی پست پس از انجام مانور

در شکل (۱۰) مقایسه جریان های ورودی و خروجی به هر یک از باسبارها پس از انجام مانور نمایش داده شده است . همانگونه که مشاهده می‌شود مقادیر جریان های ورودی و خروجی به باسبارها برابر بوده و رله های حفاظت باسبار نبایستی عملکردی داشته باشند.



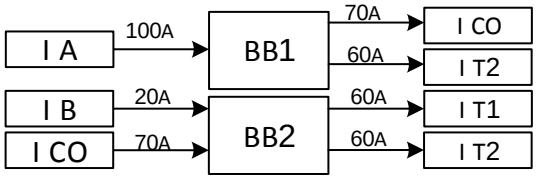
شکل (10) : مقادیر جریان های ورودی و خروجی باسبار پس از انجام مانور

با توجه به وظیفه رله حفاظت باسبار ، انتظار می رود که پس از انجام مانور وصل سکسیونر Q1 ترانس قدرت T2، هیچگونه عملکردی در این رله ها شاهد نباشیم . اما عملکرد نابجای رله های حفاظت باسبار در این شرایط، سبب گردید که در این مقاله مطالعه ای بر روی طرح حفاظتی رله حفاظت باسبار در ایستگاه های انتقال با آرایش دوبل باسبار انجام شود.

۳-۳. چگونگی عملکرد رله های حفاظت باسبار

مطابق شکل (۹) و (۱۰)، پس از انجام مانور وصل سکسیونر Q1 ترانس قدرت T2، تعادل میان جریان های ورودی و خروجی به باسبار شماره یک و دو برقرار بوده و طبق منطق موجود، رله های حفاظت باسبار نمی بایست عملکردی داشته باشند.

مطابق شکل (۱۱) مقایسه جریان های ورودی و خروجی به رله های حفاظت باسبار دیده می شود . همانگونه که مشاهده می گردد جریان های ورودی و خروجی به باسبارها در حالت انجام مانور متفاوت است با جریان های ورودی و خروجی به رله های حفاظت باسبار با توجه به طرح حفاظت باسبار یادشده، نحوه چیدمان ترانس های جریان و چگونگی بسته بودن سکسیونرها ، جریانهای ورود و خروج به رله های حفاظت باسبار شماره یک و دو مطابق شکل (۱۱) بوده که در اثر اختلاف موجود، رله ها عملکرد داشته اند.

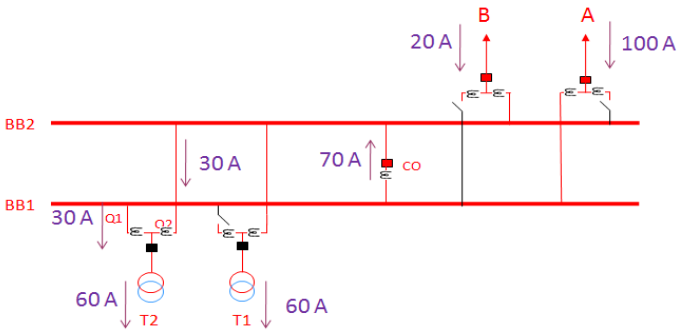


شکل (۱۱) : مقادیر جریان های ورودی و خروجی به رله های حفاظت باسبار (BBP) پس از انجام مانور

به عبارت دیگر مطابق طرح حفاظت باسبار ارائه شده در شکل(۳)، سلامت عملکرد حفاظت باسبار شماره یک و نیز شماره دو، منوط به تزریق جریان ثانویه ترانس جریان هر یک از چهار بی (دو بی خط و دو بی ترانس) به یک باسبار پروتکشن در آن واحد می باشد. بروز حادثه حین وصل سکسیونر Q1 ترانس قدرت T2 بوده که در آن لحظه سکسیونر Q2 این ترانس قدرت نیز بسته بوده و این بمعنی تزریق جریان ثانویه ترانس جریان مربوط به بی ترانس قدرت شماره دو بصورت همزمان به هر دو رله حفاظت باسبار بوده که باعث عملکرد هر دو رله حفاظت باسبار گردیده است .

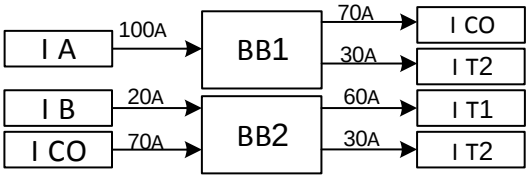
در این مقاله جهت جلوگیری از عملکرد نابجای رله حفاظت باسبار، روش‌های ذیل پیشنهاد می گردد.

۱- استفاده از ترانس های جریان در کنار هر سکسیونر مطابق شکل (۱۲).



شکل (۱۲) : استفاده از ترانس جریان در کنار هر سکسیونر

در صورت ا ستفاده از ترانس جریان در کنار هر کدام از سکسیونرهای پست، پس از انجام مانور ذکر شده و اجرای نرم افزار، مطابق شکل (۱۳) تعادل بین جریان های ورودی و خروجی به رله های حفاظت باسبار برقرار بوده و پایداری و سلامت عملکرد رله حفاظت باسبار در چنین شرایطی تضمین می گردد.



شکل (۱۳) : عدم عملکرد نابجای رله های حفاظت باسبار پس از مانور سکسیونر Q1 ترانس T2

عیب اصلی این روش، هزینه بالای خرید و مشکلات مربوط به نصب ترانس های جریان در پست های انتقال مشابه می باشد زیرا بایستی بازای هر فیدر ورودی و هر فیدر خروجی یکدستگاه ترانس جریان اضافه گردد.

۲- استفاده از تنها یک رله حفاظت باسبار جهت حفاظت هر دو باسبار.

در این روش نیازی به اضافه نمودن تراس های جریان در کنار هر سکسیونر نیست. در این حالت جریان های ورودی و خروجی به ایستگاه توسط یک رله سنجیده می‌شوند. بعبارتی در صورت بروز فالت واقعی بر روی یک باسبار، هر دو باسبار و بعبارتی تمام ایستگاه دچار خاموشی می گردد.

۳- تهیه چک لیست مانور و ارائه به مرکز دیسپاچینگ

در صورت نیاز به جابجایی یک فیدر از روی یک باس به باس دیگر، ابتدا کلید قدرت آن فیدر باز گردد و سپس جابجایی صورت پذیرد. به‌عبارتی خاموشی چند دقیقه ای یک فیدر برای جابجایی همان فیدر پذیرفته شود.

۴. نتیجه گیری

حفظ پایداری و تداوم برق رسانی شبکه‌های برق یکی از مسایل بسیار مهم در این صنعت بوده و همواره اساس طراحی، نگهداری و توسعه آن‌ها را شکل می‌دهد. برای این منظور نقش سیستم‌های حفاظت از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. یکی از مواردی که ممکن است سیستم را با مشکلات جدی روبرو سازد، عملکرد نابجای رله های حفاظتی و یا عدم عملکرد به موقع آن ها می‌باشد. در این بین، شناخت مشکلات و عوامل موثر در عملکرد نادرست سیستم حفاظت، ضروری بوده و باید اساس طراحی این سیستم ها با توجه به امکان برقراری عوامل فوق گذارده شود.

در این مقاله یک طرح جدید برای جلوگیری از عملکرد ناخواسته رله حفاظتی باسبار در حین انجام مانور در پست های انتقال با آرایش دوبل باسبار ارایه شده است. با توجه به اهمیت ایستگاه های انتقال در پایداری شبکه، عملکرد نابجای رله حفاظت باسبار می تواند علاوه بر خاموشی گسترده، پایداری کل شبکه را نیز مختل کند.

مراجع

[1] شاهرخشاهی. طهماسبقلی، ۱۳۸۹، رله های حفاظتی دیجیتال در شبکه های توزیع و فوق توزیع.

[2] خدرزاده، مجتبی، مرتجی، محمد، مبانی حفاظت سیستم های قدرت ۱۳۸۳.

[3] جمالی، صادق، حفاظت سیستم های قدرت صنعتی ۱۳۹۳

[4] دانیار، صباح، عسگری، حسین، بررسی مفهوم شبیه سازی و ارائه تنظیمات مناسب حفاظت باسبار پست 400KV بافق یزد، اولین کنفرانس ملی مهندسی برق دانشگاه آزاد اسلامی واحد لنگرود۱۳۹۳

[5] Anderson, P.M. (1998). Power System Protection. IEEE Press series on power.

[6] Tan, J.C. and Crossley, P.A and McLaren, P.G. (2002). Application of a wide area backup protection expert system to prevent cascading outages. .IEEE Transactions on Power Delivery. Vol. 17. No. 2. 375 – 380

[7] Santos, André dos and Barros, Maria Teresa Correia de. (2016). Comparative Analysis of Busbar Protection Architectures. IEEE Transactions on Power Delivery. Vol. 31. No. 1. 254 - 261