

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

چکیده

رله های حفاظت باسبار به عنوان مهمترین و عمده ترین رله های حفاظت الکتریکی در قبال اختلال ایزولاسیون باسبار محسوب می شوند. تلاش های مداوم به منظور هوشمند نمودن هرچه بیشتر این نوع رله های حفاظتی توسط کارخانجات سازنده مختلف صورت گرفته و تا کنون روش ها و ابداعات گوناگونی جهت عملکرد بهتر رله ها معرفی شده است. هرگونه عملکرد نابلجای 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 نابلجای رله و پیش بینی های به عمل آمده به منظور مقابله با آن حائز اهمیت می باشد. 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 نابلجای 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 نابلجا 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.

واژه های کلیدی: رله حفاظت باسبار، نرم افزار DigSilent، شبکه برق هرمزگان، خاموشی شبکه.

۱. مقدمه

طرح حفاظت برای سیستم قدرت باید انواع اتصالاتی ها را جابگو باشد. حفاظت باسبارهای فشارقوی یکی از مهم‌ترین و حساس‌ترین وظایف حفاظتی برای مهندسیین حفاظت سیستم قدرت می‌باشد. اگر چه خطر وقوع یک اتصالاتی روی باسبارهای مدرن نسبت به سایر قسمت های سیستم قدرت خیلی کم است. معمولاً 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. از طرف دیگر عملکرد اشتباه سیستم حفاظتی باسبار موجب خروج گسترده خطوط متصل به آن می‌گردد. 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 تجهیزاتی برای حفاظت باسبار در مقابل خطای اضافه جریان و خطای زمین می‌باشد (سانتون و باروس^۱، ۲۰۱۶). در گذشته حفاظت مستقلی برای باسبار در نظر 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 (تان و همکاران^۲، ۲۰۰۲). 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 (اندرسون^۳، ۱۹۹۸). یکی از مشکلاتی که اغلب در حفاظت باسبارها به وجود می‌آید، باز شدن ثانویه 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 بقیه ترانسفورماتورهای جریان عبور می‌کند.

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 است که توسط رله 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.

¹ Santos and Barros

² Tan et al

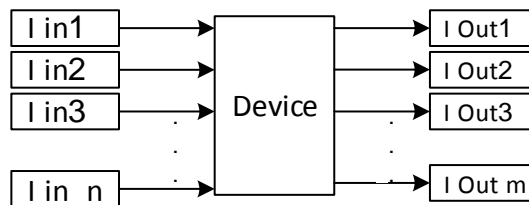
³ Anderson

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 جریان های جاری شده در یک ناحیه بسته باید صفر باشد، این قانون در جریان AC برای مقادیر لحظه ای اعمال می شود؛ بنابراین در شرایط بدون خطا مجموع تمام جریان های 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 می نماید. (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.

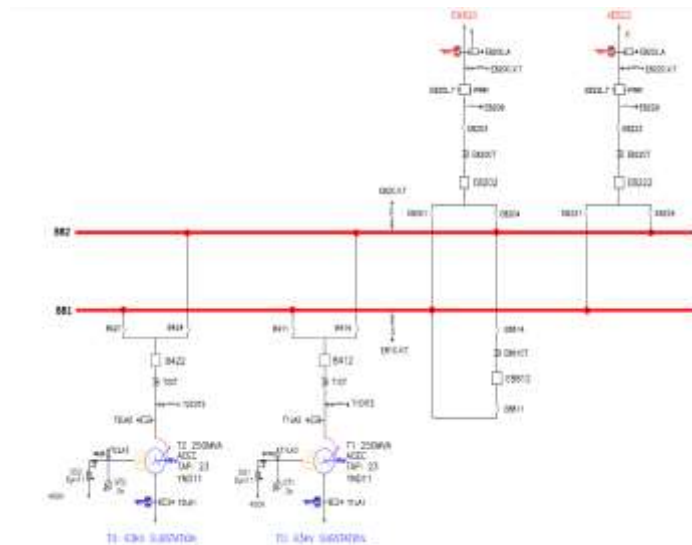


شکل (۱): شمای کلی عملکرد رله سنجش جریانی

$$\sum_{j=1}^n I_{in j} = \%P \sum_{k=1}^m I_{out k} \quad (1)$$

۲-۲. شرح ایستگاه انتقال مورد مطالعه

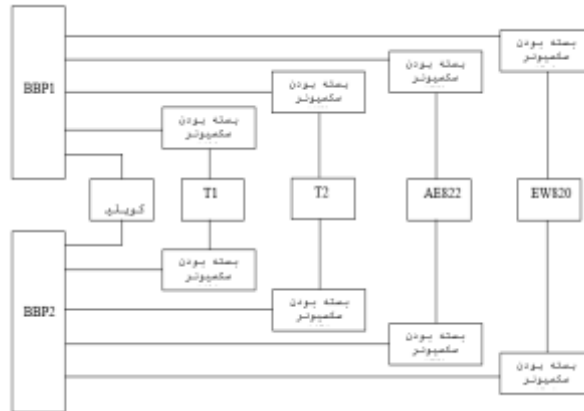
ایستگاه ۲۳۰ کیلوولت شرق دارای چیدمان تجهیزات با آرایش دوبل باسبار مطابق شکل (۲) می باشد که شامل دو بی (فیدر) ورودی، دو بی ترانس و یک بی کوپلینگ می باشد. هر بی شامل یک عدد بریکر، یک عدد ترانس جریان و دو عدد سکسیونر می باشد.



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

۲-۳. طرح حفاظت باسبار

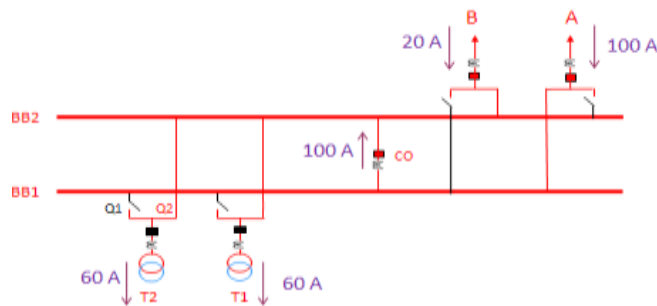
پست مذکور دارای دو عدد رله حفاظت باسبار بوده که هر کدام حفاظت از یک باسها را برعهده دارد. شکل (۳) شمای کلی طرح عملکرد حفاظت یاد شده را نشان می دهد.



شکل (۳): شمای کلی طرح حفاظت باسبار

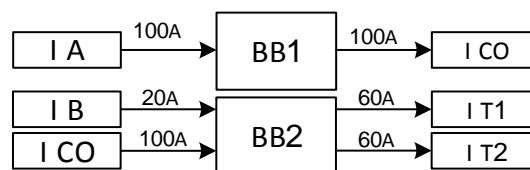
۲-۴. مقایسه جریان های ورودی و خروجی به باسبارها و رله حفاظت باسبار

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 (۴): 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.

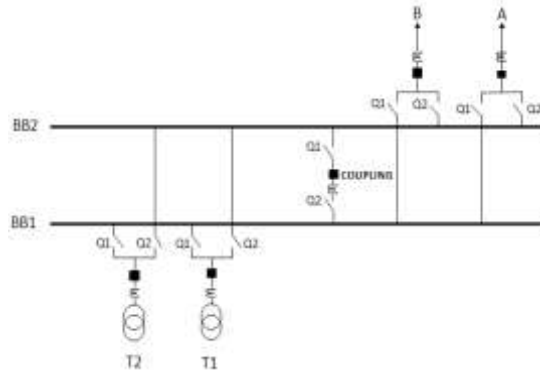


شکل (۵): مقادیر جریان های ورودی و خروجی باسبار قبل از بروز حادثه و انجام مانور

۳. شرح کلی حادثه

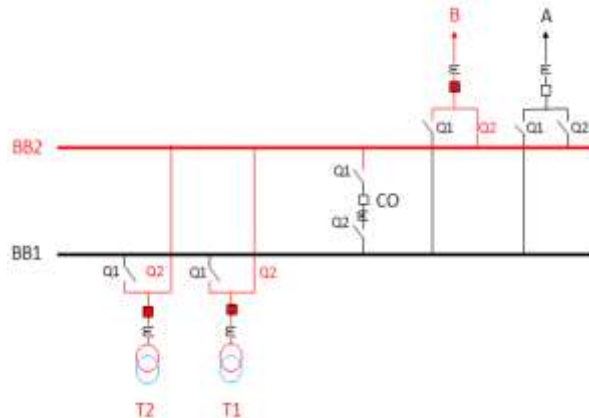
۳-۱. شرایط ایستگاه قبل از مانور منجر به حادثه

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



شکل (۶): 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)

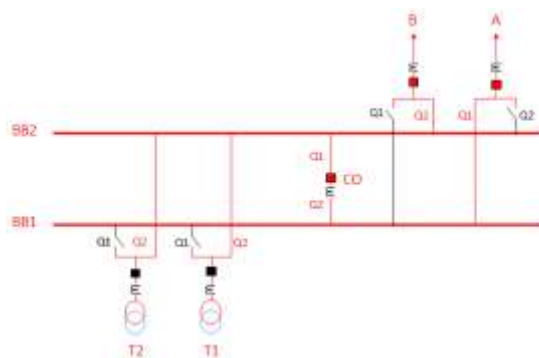


شکل (۷): شماتیک کلی ایستگاه انتقال قبل از انجام مانور

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

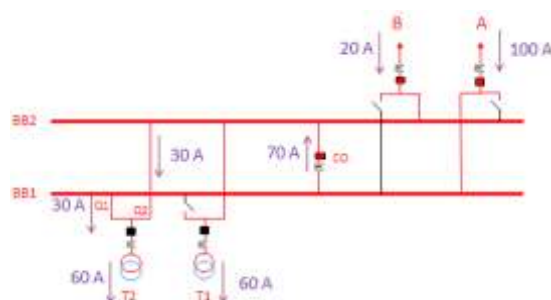
مطابق شکل (۸) پس از اجرای عملیات سرویس دوره ای، هر دو ترانس قدرت بر روی باسبار شماره دو قرار داشته و لذا تصمیم گرفته می شود که جهت افزایش پایداری پست، ترانس قدرت شماره دو از طریق سکسیونر Q1 بر روی باسبار شماره یک قرار داده شود. با توجه به بسته بودن کلید کوپلینگ و در مدار بودن هر دو باسبار و نیز بمنظور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



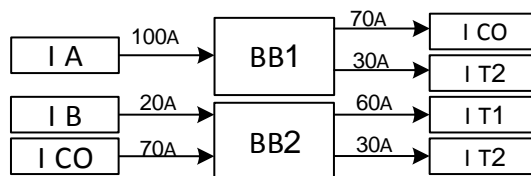
شکل (۸): شرایط ایستگاه پس از مانور منجر به حادثه

در شکل (۹)، پس از فرمان وصل مجدد به سکسیونر Q1 مربوط به ترانس قدرت T2، بار فیدهای 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 می شود مقادیر جریان های ورودی و خروجی به باسبارها برابر بوده و رله های حفاظت باسبار نبایستی عملکردی داشته باشند.

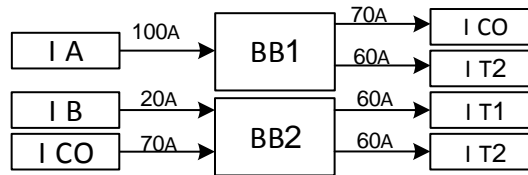


شکل (۱۰): مقادیر جریان های ورودی و خروجی باسبار پس از انجام مانور

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 دابل باسبار انجام شود.

۳-۳. چگونگی عملکرد رله های حفاظت باسبار

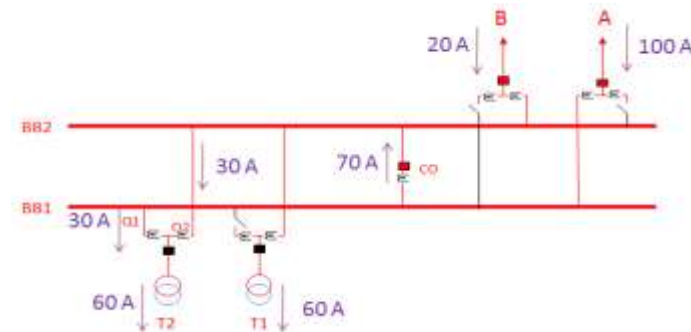
مطابق شکل (۹) و (۱۰)، پس از انجام مانور وصل سکسیونر Q1 ترانس قدرت T2، تعادل میان جریان های ورودی و خروجی به باسبار شماره یک و دو برقرار بوده و طبق منطق موجود، رله های حفاظت باسبار نمی بایست عملکردی داشته باشند. مطابق شکل (۱۱) مقایسه جریان های ورودی و خروجی به رله های حفاظت باسبار دیده می شود. همانگونه 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

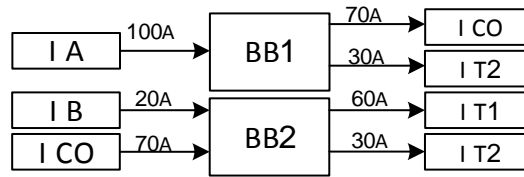
به عبارت دیگر مطابق طرح حفاظت باسبار ارائه شده در شکل (۳)، سلامت عملکرد حفاظت باسبار شماره یک و نیز شماره دو، منوط به تزریق جریان ثانویه ترانس جریان هر یک از چهار بی (دو بی خط و دو بی ترانس) به یک باسبار پروتکشن در آن واحد می باشد. بروز حادثه حین وصل سکسیونر Q1 ترانس قدرت T2 بوده که در آن لحظه سکسیونر 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، روش های 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 استفاده 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 ترانس های جریان در کنار هر سکسیونر نیست. در این حالت جریان های ورودی و خروجی به ایستگاه توسط یک رله سنجیده می شوند. 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. به بعبارتی خاموشی چند دقیقه ای یک فیدر برای جابجایی همان فیدر پذیرفته شود.

۴. نتیجه گیری

حفظ پایداری و تداوم برق رسانی شبکه های برق یکی از مسایل بسیار مهم در این صنعت بوده و همواره اساس طراحی، نگهداری و توسعه آنها را شکل می دهد. برای این منظور نقش سیستم های حفاظت از اهمیت بالایی برخوردار می باشد. یکی از مواردی که ممکن است سیستم را با مشکلات جدی روبرو سازد، عملکرد نابجای رله های حفاظتی و یا عدم عملکرد به موقع آنها می باشد. 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 ارائه 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

۱. شاهرخشاهی. طهماسبعلی، ۱۳۸۹، رله های حفاظتی دیجیتال در شبکه های توزیع و فوق توزیع.
۲. خدرزاده، مجتبی، مرتجی، محمد، مبانی حفاظت سیستم های قدرت ۱۳۸۳.
۳. جمالی، صادق، حفاظت سیستم های قدرت صنعتی ۱۳۹۳
۴. 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 لنگرود ۱۳۹۳

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

Providing a New Approach to Evaluate the Unwanted Operation of the Busbar Protection Relay in Transmission Stations with Double Busbar Arrangement

Esmaeil Ebrahimi¹, Hajar Abedi², Elahe Salari³

1. The head of the Study Group of the Technical Office of Hormozgan Regional Electricity Transmission Company

2. Relay director of Hormozgan Regional Electric Company

3. Expert of the Study Group of the Technical Office of Regional Electricity Transmission Company of Hormozgan

Abstract

Busbar protection relays are regarded as the most important electrical protection relays for busbar isolation difference. Continuous efforts have been made by different manufacturing companies to turn this type of protective relays into smart relays and a variety of methods and innovations have been introduced for better operation of relays so far. Any inappropriate operation of protection busbar and consequent busbar disconnection during operation can cause widespread blackouts and lead to network instability. It is thus important to examine the factors affecting the improper operation of the relay and the predictions made to deal with this problem. We have tried in this paper to adopt new strategies and use DigSilent Software as well as the operator's experiences to prevent the improper operation of busbar protection relays in Hormozgan East Post Station with double busbar arrangement. While performing maneuvers to move one feeder from one busbar to another one in a number of transfer stations with double busbar arrangement in the country's electricity network and in several similar stations in Hormozgan Electric Network, busbar protection relays had an inappropriate operation and resulted in the complete blackout of all of the posts in the network. The aim of this paper is to examine the unwanted operation of busbar protection relays and to adopt strategies to prevent it.

Keywords: busbar protection relays, Digsilent Software, Hormozgan Electric Network, network blackout
