حفاظت و مبانی بانکهای خازنی

نویسنده: مهندس رضا فرهادی

خلاصه:

بانکهای خازنی بمنظور بهبود و کیفیت منابع الکتریکی و کارکرد مؤثر سیستم‌های قدرت استفاده می‌شوند. مطالعات نشان می‌دهد که پروفایل ولتاژ مسطح(Flat) بطور محسوسی تلفات خط را کاهش می‌دهد.

بانکهای خازنی نسبتاً ارزان هستند و در هر جای شبکه می‌توانند نصب گردند. این مقاله مروری خواهد داشت بر طراحی بانکهای خازنی ایستگاه‌ها و تکنیک‌های اساسی حفاظتی.

۱– مقدمه:

بانکهای خازنی موازی (Shunt)که به اختصار SCB گفته می‌شود، اساساً برای اصلاح ظریب قدرت نصب می‌شوند. همچنین اتصال آنها در سیستم دارای مزایای ذیل نیز می‌باشد.

الف- بهبود ولتاژ بار

ب- تنظیم ولتاژ بهتر (اگر به مقدار کافی طراحی شده باشند)

ج- کاهش و یا به تعویق انداختن سرمایه گذاری در انتقال(بدلیل کاهش تلفات خط)

یکی از معایب اصلی SCBها تناسب توان راکتیو خروجی آنها با توان ۲ ولتاژ است و در نتیجه هنگامی‌که ولتاژ پایین است و سیستم نیاز به آنها دارد، آنها کمترین اثر را دارند.

۲– پیکربندی(Configuration) بانک خازنی و یونیت خازنی

۲–۱ یونیت خازنی

هر یونیت خازنی از تعدادی خازن سری و موازی تشکیل شده که بصورت گروهی در یک محفظه فلزی، یونیت خازنی را تشکیل می‌دهند. (شکل۱) داخل هر یک از محفظه‌ها، مقاومتی جهت کاهش ولتاژ باقی مانده تا ۵۰V در عرض ۵ دقیقه تعبیه شده است. یونیتهای خازنی رایج از ۲۴۰V تا ۲۴۹۴۰V و در اندازه‌های ۲.۵Kvar تا ۱۰۰۰Kvar ساخته می‌شوند.

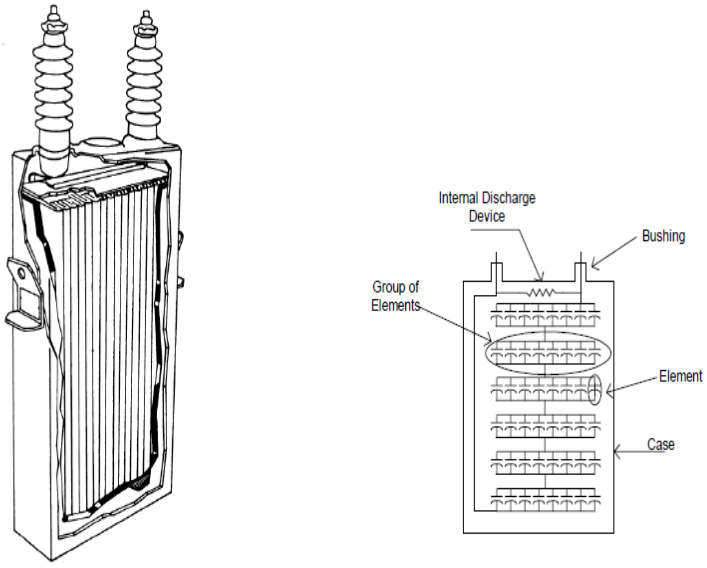

Fig 1 – The capacitor Unit

شکل ۱

۱–۱–۲:قابلیتهای یونیت خازنی

حفاظت رله‌ای بانکهای خازنی به اطلاعاتی در خصوص قابلیت‌ها و محدودیت‌های یونیتهای خازنی و سایر تجهیزات نظیر سوئیچهای خازنی، فیوزها و تجهیزات حساس بـه جریـان و ولتـاژ (CT و VT) نیازمند می‌باشد. بدلیل تناسب توان اکتیـو تولیـدی خازنهـا بـا ولتـاژ و فرکـانس (Kvar ≈ ۲πV^{۲}) توصیه می‌شود که خازنها در زیـر یـا خـود مقـادیر نـامی ولتـاژ و فرکـانس، بهره‌برداری، تا از حساسیت آنها در برابر تغییرات این مقادیر کاسته شود.

استانداردهای ۱۰۳۶-۱۹۹۲ & ۱۸-۱۹۲۲ IEEE در خصوص SCBهـا مـوارد ذیـل را تصریح می‌کنند.

A) یونیتهای خازنی باید ٪۱۱۰ ولتاژ RMS پایانه خود را بطور دائـم و ۱.۲×√۲برابـر ولتـاژ قله را شامل هارمونیک اما باستثنای زودگذر(Transient) تحمل کند. همچنین ٪۱۳۵ جریان نامی را باید بتواند از خود عبور دهد.

B) یونیتهای خازنی نباید توان راکتیوی کمتر از ٪۱۰۰ و بیشتر از ٪۱۱۵ در مقادیر ولتاژ و فرکانس سینوسی نامی بدهند.

c) یونیتهای خازنی باید بصورت دائم تا ٪۱۳۵ مقدار توان اکتیو نامی خود در اثر ترکیبی از موارد ذیل مناسب باشند. ولتاژهای هارمونیکی، تغییرات ولتاژ بار تا ٪۱۱۰ ولتاژ نامی و تلورانس راکتیو تا ٪۱۱۵ توان راکتیو نامی.

۲-۲: آرایش(Config) بانک خازنی

A)فیوز خارجی: برای هر یونیت خازنی فیوزی در نظر گفته می‌شود. یونیت خازنی می‌تواند برای ولتاژهای نسبتاً بالا طراحی شود. بخاطر توانایی فیوز خارجی در متوقف کردن خطای ولتاژ بالا، استفاده از یونیتهای با ولتاژ بالاتر، تعداد کمتری از واحدهای سری را در یک بانک خازنی به دنبال خواهد داشت. (شکل ۲)

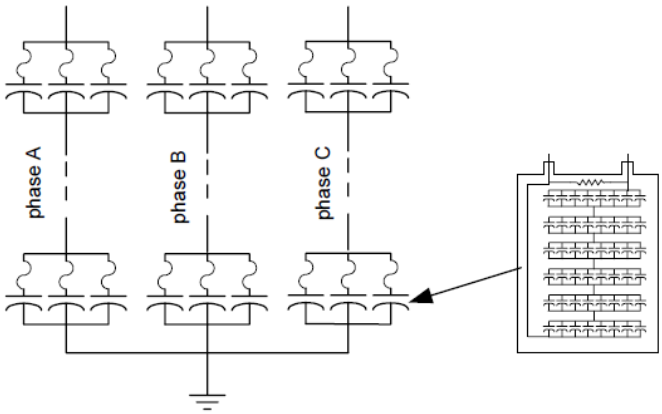

Fig. 2 – Externally fused shunt capacitor bank and capacitor unit

شکل ۲

B)فیوزهای داخلی

برای هر المان خازنی یک فیوز داخل یونیت خازنی تعبیه شده است. فیوز تنها عنصر (المان) آسیب دیده را از مدار خارج می‌کند. سایر المان‌های گروه در مدار باقی می‌مانند ولی با کمی ولتاژ اعمالی بالاتر.(شکل۳)

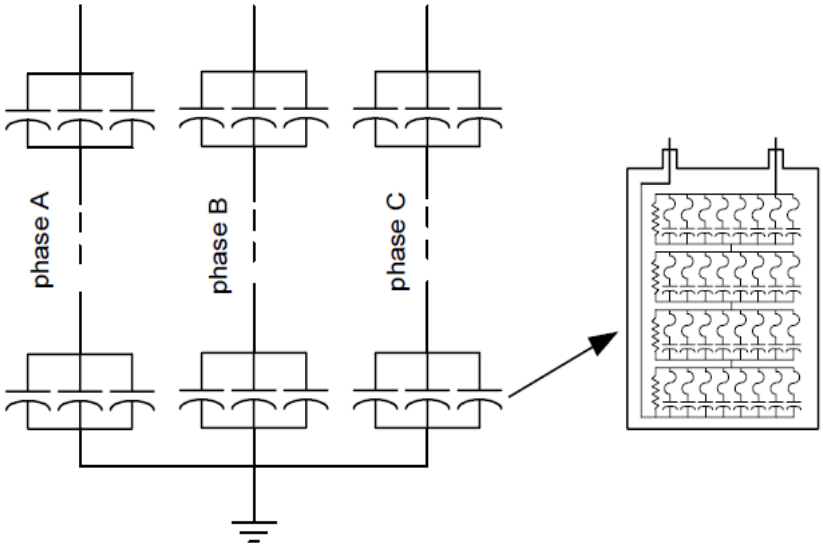

Fig 3 – Internally fused shunt capacitor bank and capacitor unit

شکل ۳

عموماً بانکهائی که دارای خازنهای با فیوز داخلی می‌باشند با یونیتهای کمتری بصورت موازی و گروه‌های سری بیشتری نسبت به نوع فیوز خارجی طراحی می‌شوند.

۳–طرح بانک خازنی

به عنوان یک قانون کلی حداقل مقدار خازنهای سری متصله به گروه نباید به اندازه‌ای باشد که در صورت آسیب دیدن یک خازن، ولتاژ اعمالی به بقیه بیشتر از ٪۱۱۰ گردد.

ماکزیمم تعداد یونیتهای موازی در گروه بادیدگاه دیگری تنفیذ می‌شود. هنگامی‌که یک یونیت آسیب می‌بیند، سایر خازن‌های موازی گروه محتوی مقداری شارژ می‌باشند. این شارژ بصورت جریان گذرای فرکانس بالا در خازن معیوب تخلیه می‌شوند. خازن معیوب و فیوز آن باید بتواند این جریان گذرا را تحمل کنند.(High Frequency Current)

تخلیه گذرای چندین خازن موازی می‌تواند تا چندین برابرحد تخریب یا انفجار خازن معیوب کافی باشد. که این امر می‌تواند منجر به آسیب به خازن‌های دوروبر و یا یک خطای ماژور در باس خازن گردد، بمنظور حداقل کردن انفجارخازن‌ها، استانداردها ماکزیمم انرژی ذخیره شده مجموع، در گروه‌های موازی را به ۴۶۵۹kvar محدود کرده‌اند. بمنظور عدم نقض

این محدودیت، استفاده از خازنهای سری بیشتری با ولتاژ نـامی پـایین و همچنـین اسـتفاده از یونیتهای کمتری در گروه‌های موازی، راه حل مناسبی می‌تواند باشد.

دو تکه کردن بانک بصورت ۲ بخش به عنوان یک ستاره دوبل می‌تواند راه حل ارجـح تـری باشد. راه حل ممکن دیگر استفاده از فیوزهای محدود کننده جریان می‌باشد.

۱–۳ بانکهای با اتصال ستاره زمین شده:

بانکهای با اتصال Wye زمین شده ترکیبی از خازنهای سری و موازی در هر فـاز هسـتند و مسیری با امپدانس کم به زمین دارند. (شکل۴)

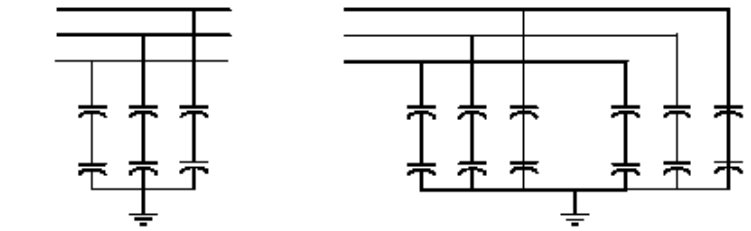

Fig. 4 - Grounded Wye Shunt Capacitor Banks

مزایای بانکهای Wye زمین شده:

- اتصال زمین با امپـدانس کـم یـک حفاظـت خودبخـودی یـا ذاتـی(inherent) در برابـر جریانهای صاعقه ایجاد می‌کند و در برابر ولتاژهای Surge نیز حفظ باقی می‌ماند. بانـک بـدون نیاز به برقگیر می‌تواند کار کند.

برقراری یک مسیر امپدانس پایین برای عبور جریان‌های گذرای فرکانس بـالا کـه مـی‌توانـد بعنوان فیلتر درسیستمهای با محتوای هارمونیکی بالا نقش ایفا کند. به هـر حـال بایـد مراقـب باشید تا از رزونانس بین بانک و سیستم اجتناب کنید.

- کاهش ولتاژهای برگشت(Recovery) گذرا برای کلیدها و تجهیزات کلید زنی .

برخی از اشکالات این اتصال:

- افزایش اختلالات سیستمهای ارتباطی Tele Communication بـه دلیـل گردشـهای هارمونیکی.

- گردش جریانهای هجومی (Inrush) و هارمونیکها می‌تواند منجر به عملکرد ناخواسته و یا جلوگیری از عملکرد بجا گردد.

- نیاز به راکتورهای سری جهت کاهش ولتاژهای ظاهر شده در ثانویه CT بدلیل اثر جریانهای فرکانس بالا جهت جلوگیری از ترکیدگی CT.

۲-۳: اتصال Wye زمین شده

در این آرایش جریانهای مولفه صفر، هارمونیک سوم و جریانهای Discharge خازنی بزرگ اجازه عبور پیدا نمی‌کنند.

از دیگر مزایا اضافه ولتاژ در ثانویه CT به بزرگی مقادیر اتصال قبلی نیستند.

۳-۳: اتصال مثلث

اتصال مثلث بانکها فقط در ولتاژهای توزیع و با اتصالی سری۱ گروهی و بصورت خط به خط می‌باشد. بخاطر وجود یک گروه سری، اضافه ولتاژی در سایر یونیتها هنگام خطای عایقی یک یونیت برقرار نخواهد شد.

لذا آشکار سازی خطای نامتعادلی در این اتصال ضرورتی ندارد.

۴-۳: اتصالH

برخی از بانکهای خازنی بزرگتر از آرایش H در هر فاز استفاده می‌کنند. به منظور مقایسه جریان از یک CT مابین دو ساق استفاده می‌کنند. این آرایش در برابر نامتعادلی ناشی از عملکرد فیوز یا خطای یونیت حساسیت زیادی داشته و در بانکهای خازنی بزرگ با اتصال یونیتهای موازی زیاد کاربرد دارد.

۴- حفاظت بانک خازنی

حفاظت بانکهای خازنی شامل موارد ذیل می‌شود.

A)حفاظت در برابر خطاهای داخل بانک خازنی شامل داخل یونیت.

B)حفاظت در برابر خطاها و اغتشاشات سیستم.

حفاظت انتخابی یک بانک با آرایش بانک و اینکه بانک زمین شده است یا نه و همچنین سیستم زمین بستگی دارد.

۱-۴: حفاظت نامتعادلی(Un Balancy)

خارج شدن یک المان یا یونیت خازنی از مدار توسط فیوزهایش موجب افزایش ولتاژ در خازنهای باقی مانده می‌گردد که عدم تعادل جریان را بدنبال خواهد داشت. اضافه ولتاژ دائمی‌بالاتر از ۱۱۰pu توسط رله‌های حفاظتی موجب تریپ بانک می‌گردد. در اتصال ستاره

دوبل، قطع فیوز دو یونیت مشابه در یک فاز نمی‌تواند منجر به U.B گردد که نیاز به حفاظت جبرانی دارد. (شکل۵) جریانها و ولتاژهای هارمونیکی می‌توانند عملکرد رله‌های U.B را تحت تأثیر قرار دهند مگر اینکه فیلتر فرکانس Band- Pass یا سایر فیلترهای مناسب مهیا شده باشند.

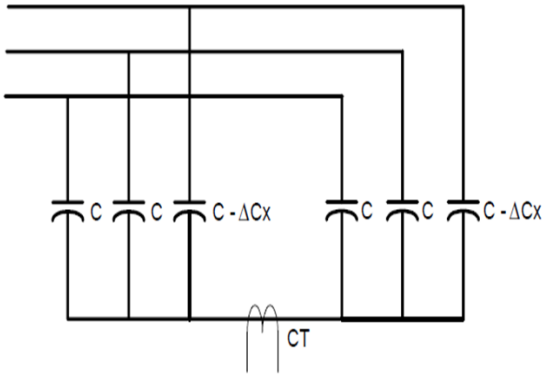

Fig 5 - Compensating failures in the same phase result in no unbalance signal

۱–۱–۴: روش‌های حفاظتی U.B برای بانکهای Wye زمین نشده:

A)بانک ستاره تکی: ساده‌ترین روش استفاده از یک ترانس ولتاژ (VT) جهت اندازه‌گیری ولتاژنقطه صفر می‌باشد. اگر ولتاژسیستم و ولتاژ بانک بالانس باشد، ولتاژ نقطه خنثی صفر است و رله عملکرد ندارد. هر تغییری در ولتاژ فاز موجب بروز ولتاژی در نقطه خنثی می‌گردد. (شکل ۶a)

طرحی ساده ولی تشخیص عدم تعادل ولتاژ سیستم و عدم تعادل ناشی از معیوب شدن خازنها دشوار است .

به منظور رفع این مشکل از شکل(۶b) شکل استفاده می‌کنیم. که به دلیل استفاده از مثلث باز در ثانویه PTها حساسیت رله اضافه ولتاژ نسبت به شکل (۶a) ۳ برابر می‌شود .

با توجه به اینکه رله‌های مدرن میکروپروسسوری می‌توانند ولتاژ مؤلفه صفر را از طریق ولتاژهای فاز محاسبه نمایند. لذا نیاز به VT کمکی نیست و می‌توان از همان VTهای باس استفاده نمود . (شکل ۶a,۶b)

اگر چه در این طرحها اثر نامتعادلی ولتاژ سیستم حذف گردید ولی کماکان اثر نا متعادلی ذاتی بانک باقی است .

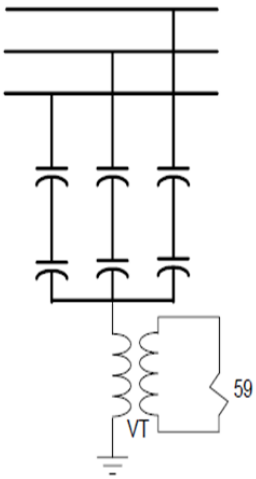

Fig. 6 (a)

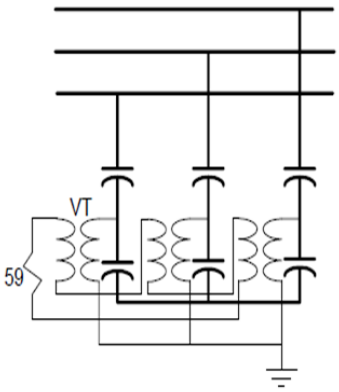

Fig. 6 (b)

شکل (۷) طرحی حفاظتی را نشان می‌دهد که بصورت حفاظت تفاضلی ولتاژ اثـر نامتعـادلی ذاتی را نیز از بین می‌برد .

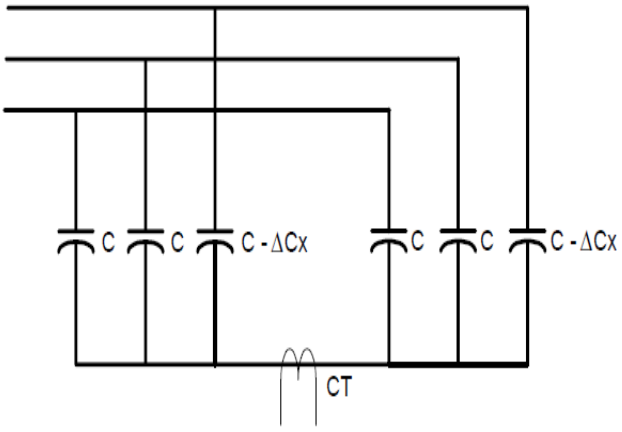

Fig. 7 – Compensating failures in the same phase result in no unbalance signal

بهترین روش برای حذف کردن نا متعادلی سیستم دو تکه کردن اتصال WYE بصورت ستاره دوبل می‌باشد . که در این حالت اثر نامتعادلی ولتاژ سیستم در هر دو نقطه خنثی ولتاژهای مولفه صفر برابری را ایجاد خواهد کرد .

۳ روش برای حفاظت آرایش ستاره دوبل در نظر گرفته شده است . شکل (۸a) استفاده از یک CT بین دو ستاره و یک رله اضافه جریان (OC) و شکل (۸b) استفاده از VT و رله اضافه ولتاژ (OV) . این دو آرایش متاثر از نامتعادلی ولتاژ سیستم و هارمونیک سوم نیستند . در شکل (۹) مراکز ستاره بهم وصل و با یک VT به زمین وصل شده اند که باید دارای فیلتر هارمونیک سوم باشد.

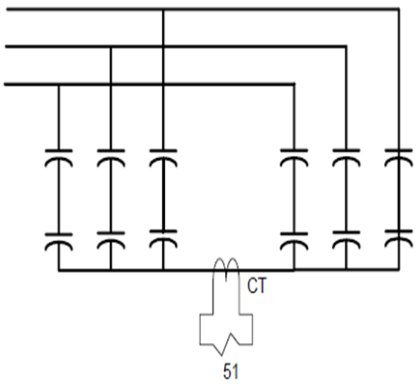

Fig. 8 (a)

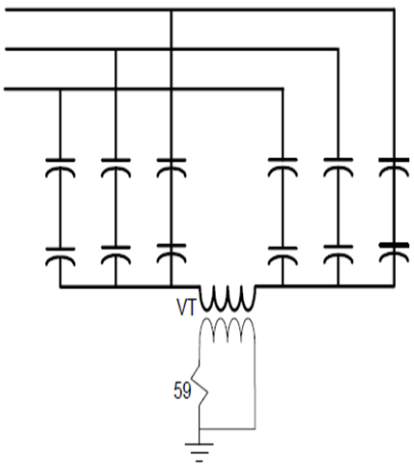

Fig. 8 (b)

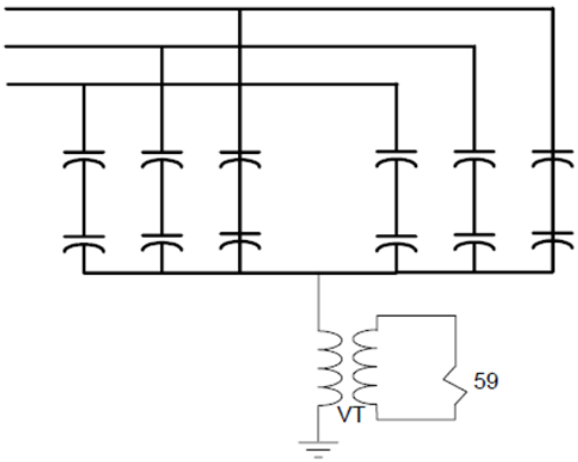

Fig. 9

۲-۱-۴: روشهای حفاظت بانک Wye زمین شده

اصول حفاظت بانکهای Wye زمین شده همانند روشهای فوق می‌باشد و فرق چندانی ندارند ولی برای حفاظت ستاره دوبل زمین شده ازآرایش شکل ۱۰ استفاده می‌شود که یک حفاظت تفاضلی است.

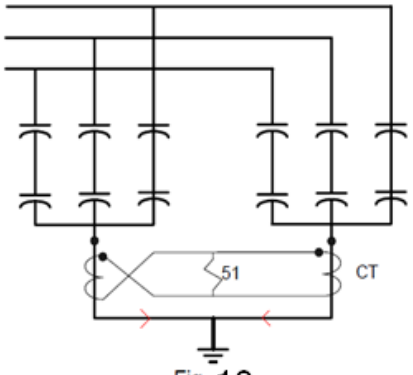

Fig. 10

۲-۴: حفاظت دربرابر سایر خطاها

۱-۲-۴: اتصال فاز به فاز شینه‌ها

بدلیل در تعامل بودن ولتاژ فاز سالم و منتجه دو فاز دیگر، در نقطه صفر عدم تعادل ظاهر نخواهد شد، لذا مؤثرترین روش استفاده از جریان توالی منفی است.(شکل ۱۱)

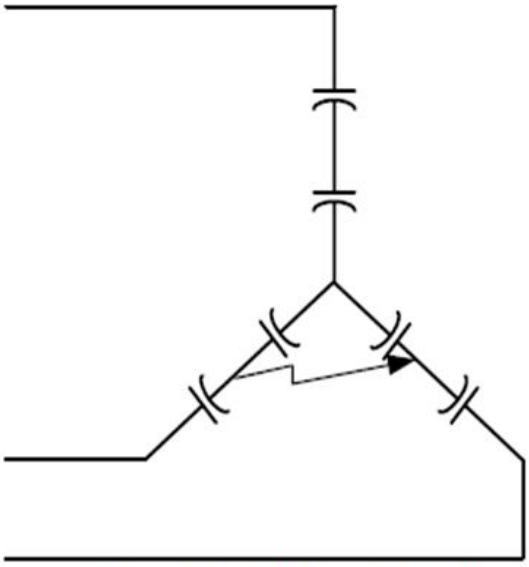

Fig. 11 – Mid-rack Fault

۲-۲-۴: اتصالی روی باس بانک خازنی

حفاظت اضافه جریان جهت حفاظت اتصالی‌های فاز به فاز و فاز به زمین که ممکن است بین باس و اولین خازن رخ دهد، باید مهیا باشد.

۳-۲-۴: حفاظت اضافه ولتاژ سیستم

اگر ولتاژ سیستم از حد تحمل بانک بالاتر رود، خازن باید از سیستم جدا گردد که جدا شدن خازن موجب کاهش اضافه ولتاژ اعمالی به تجهیزات اطراف بانک می‌گردد. رله‌های اضافه ولتاژ تأخیری یا زمان معکوس می‌توانند استفاده شوند.

۴-۲-۴: رله‌های کنترل وصل بانک خازنی

هنگامی‌که یک بانک از سیستم جدا می‌شود، بدلیل انرژی ذخیره شده نباید بلافاصله وصل گردد، درغیراین صورت می‌تواند خسارت‌های فاجعه باری را برای کلید و یا سوئیچ در بر داشته باشد.

بدین منظور از رله‌های ولتاژی یا جریانی مجهز به تایمر استفاده می‌گردد، که تا سپری شدن زمان تنظیم اجازه وصل مجدد میسر نمی‌باشد.

مراجع:

۱- ۲۰۰۳ conference for Protective Relay Engineers Texas A & M University

۲- ABB Protective Relay Handbook th.Edition

۳-Micom P۱۲۳ Relay Catalog

۴-حفاظت الکتریکی – مسعود سلطانی