دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان‌نامه کارشناسی

گرایش: قدرت

عنوان : مطالعه بر روی انتخاب امپدانس SFCL در هماهنگی با رله جریان زیاد در یک سیستم توزیع

استاد راهنما: دکتر کاظم مظلومی

نگارش: اعظم ذوالفقاری – ساناز دانشور

شهریور ۱۳۸۹

بر خود می‌دانیم که از زحمات بی‌دریغ، تلاش‌های بی‌وقفه و راهنمایی‌های ارزشمند اساتید گرامی گروه برق بویژه استاد گرامی جناب آقای دکتر مظلومی در راستای انجام این پروژه تشکّر و قدردانی نماییم.

به پاس تعبیرِعظیم و انسانیشان از کلمه ایثار و از خودگذشتگی، به پاس عاطفه سرشار و گرمای امیدبخش وجودشان که در این سردترین روزگاران بهترین پشتیبان است ، به پاس قلب های بزرگشان که فریادرس است و سرگردانی و ترس در پناهشان به شجاعت می گراید و به پاس محبّت های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کند ،این مجموعه را به **پدر و مادر عزیزمان** تقدیم می کنیم.

فهرست مطالب

موضوع **صفحه**

چکیده..... ۹

مقدمه..... ۱۱

ساختارپروژه ۱۱

فصل اول- مفاهیم اولیه..... ۱۳

مقدمه..... ۱۴

۱-۱ اتصال کوتاه ۱۵

۱-۱-۱ انواع اتصالی ها ۱۶

۱-۱-۲ عوامل ایجاد اتصالی ها ۱۷

۱-۱-۳ مدت زمان اتصال کوتاه ۱۸

۱-۱-۴ اثرات اتصال کوتاه ۱۸

۱-۲ حفاظت ۱۸

۱-۲-۱ وظایف سیستم حفاظت ۱۹

۱-۲-۲ زمان پاک شدن خطا ۱۹

۱-۲-۳ زمان عملکرد رله ۱۹

۱-۲-۴ زمان عملکرد رله های تریپ و کمکی ۱۹

۱-۲-۵ زمان باز شدن کلید قدرت ۲۰

۱-۲-۶ تسریع در پاک شدن خطا ۲۰

۱-۲-۷ حفاظت اصلی ۲۰

۱-۲-۸ حفاظت پشتیبان ۲۰

۱-۲-۹ محدوده ی حفاظتی ۲۰
۱-۲-۱۰ حساسیت ۲۱
۱-۲-۱۱ تشخیص گذرایی (توانایی تمایز) ۲۱
۱ – ۳ رله ۲۳
۱-۳-۱ رله ها از نظر طرز اتصال به شبکه ۲۴
۱-۳-۲ رله ها از نظر ساختار ۲۵
۱-۴ انواع رله و کاربرد آن ۲۶
۱-۴-۱ رله اتصال زمین ۲۶
۱-۴-۲ رله اتصال زمین محدود ۲۶
۱-۴-۳ رله جهتی ۲۸
۱-۴-۴ رله دیفرانسیلی ۲۸
۱-۴-۵ رله جریان زیاد ۲۸
۱-۵ قواعد هماهنگی تجهیزات حفاظتی ۳۶
۱-۵-۱هماهنگی رله – رله ۳۸
فصل دوم- ابررسانا و انواع محدود کننده های جریان اتصال کوتاه ۴۱
۲-۱ تاریخچه ساخت ابررسانا ۴۲
۲- ۲ مهمترین خواص ابررسانا ها ۴۹
۲-۳ کاربردهای ابررسانا ۵۱
۲-۳-۱ کاربرد ابررساناها در ترانسفورماتورها ۵۱
۲-۳-۲ کاربرد ابررسانا در موتورها و ژنراتورها ۵۲
۲-۳-۳ کاربرد ابررسانا در سیم و کابل ۵۳
۲-۳-۴ کاربرد ابررسانا در ذخیره سازهای مغناطیسی ۵۳

۲-۳-۵ کاربرد ابررسانا در محدودسازهای جریان خطا ۵۵
۲-۳-۶ سوئیچ های ابررسانا ۵۶
۲-۳-۷ ابررساناها و ژنراتورهای هیدرودینامیک مغناطیسی ۵۷
۲-۴ محدود کننده جریان خطا ۵۸
۲-۴-۱ فیوزها ۶۰
۲-۴-۲ تجهیزات ابررسانایی ۶۲
۲-۴-۳ محدود کننده های وابسته به دما ۶۴
۲-۴-۴ تجهیزات تزریق کننده جریان ۶۵
۲-۴-۵ تیوب های تخلیه گاز و خلأ ۶۶
۲-۴-۶ تجهیزات سلفی (اندوکتانس سری) ۶۹
۲-۴-۷ مدارات رزونانسی ۷۱
فصل سوم- تئوری مربوط به تعیین امپدانس SFCL ۷۴
مقدمه ۷۵
۳-۱ شماتیک سیستم توزیع مورد بررسی ۷۷
۳-۲ مدل محدود کننده جریان اتصال کوتاه ابررسانا (SFCL) ۷۹
۳-۳ مدل رله اضافه جریان ۸۰
۳-۴ مطالعات مربوط به انتخاب امپدانس SFCL ۸۱
فصل چهارم- شبیه سازی و نتیجه گیری نهایی ۸۲
مقدمه ۸۳
۴-۱ مشخصات سیستم توزیع ۸۳
۴-۲ سیستم توزیع با ترانس (MVA)45 بدون SFCL ۸۵
۴-۳ سیستم توزیع با ترانس (MVA) 100 بدون SFCL ۸۶

۴-۴ سیستم توزیع با ترانس (MVA) 100 با حضور SFCL با امپدانس (Ω) j0.7 ..... ۸۷
۴-۵ سیستم توزیع با ترانس (MVA) 100 با حضور SFCL با امپدانس (Ω) j0.8 ..... ۸۹
۴-۶ نتیجه گیری ۹۰
منابع و مراجع ۹۲

دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق

چکیده

به دلیل رشد پیوسته تقاضای برق ، ظرفیت نامی ترانس های توزیع مورد توجه قرار گرفته است . جایگزینی ترانس های توزیع موجود با ترانس هایی با ظرفیت بالاتر می تواند به عنوان یک راه حل برای تأمین برق مورد نیاز مشترکین در نظر گرفته شود .

با این وجود ترانس های با ظرفیت بالاتر دارای یک مشکل عمده هستند و آن اینکه دارای امپدانس به مراتب کمتری می باشند و این امر موجب می شود که دامنه جریان اتصال کوتاه افزایش یابد .این افزایش می تواند آنقدر باشد که منجر به صدمات و خسارات سنگینی به تجهیزات سیستم قدرت گردد.

به منظور کاهش جریان اتصال کوتاه ، استفاده از محدود کننده های جریان ابررسانا[1] می تواند به عنوان یک راه حل مؤثر مورد توجه قرار گیرد .از امتیازات SFCL می توان به طبیعت تلفات کمتر ابررسانا در حالت کار نرمال ، عملکرد سریع در محدود سازی جریان اتصال کوتاه و عدم نیاز به سیستم تشخیص خطا اشاره کرد .

مزایای ذکر شده در خصوص SFCL موجب شده است که محققان به SFCL به عنوان مؤثرترین راه حل کاهش جریان اتصال کوتاه (ناشی از جایگذاری ترانسهای با ظرفیت بالا به جای ترانسهای با ظرفیت پایین می باشد) توجه کنند .

مهمترین مسئله در این خصوص، تعیین امپدانس SFCL برای هماهنگی حفاظتی با ادوات حفاظتی نظیر رله اضافه جریان [2] و ریکلوزرها [3] در یک سیستم توزیع می باشد .

در این پروژه به دنبال همین مسئله هستیم. برای شبیه سازی از نرم افزار PSCAD/EMTDC و از یک مدل ساده که شامل ترانس و ۵ فیدر و بار می باشد استفاده شده و با ایجاد اتصال کوتاه سه فاز در یکی از فیدر ها ، تغییرات جریان آن فیدر با و بدون حضور SFCL شبیه سازی شده و توضیح داده خواهد شد .

---

[1] Superconducting Fault Current Limiter (SFCL)
[2] Over Current Relay (OCR)
[3] Reclosers

نتایج شبیه سازی نشان می دهد که بکارگیری SFCL با امپدانس مناسب ، به گونه ای که هماهنگ با رله اضافه جریان باشد ، در بهبود عملکرد سیستم توزیع مؤثر است .[1]

مقدمه

ضرورت توجه به مسائل کیفیت توان روز به روز در حال افزایش است . کیفیت توان یا به عبارت دقیق تر ضعف در کیفیت توان به بروز هر نوع انحراف یا تغییر نامطلوب در ولتاژ و جریان و فرکانس برق اطلاق می شودکه سبب از کار افتادن یا عملکرد نادرست تجهیزات الکتریکی می گردد . مهم ترین مسئله در ضعف کیفیت توان اتصال کوتاه های تکفاز ، دوفاز و سه فاز است. همچنین عواملی نظیر کلیدزنی بارهای بزرگ ،خرابی تجهیزات و صاعقه نیز می تواند باعث ضعف در کیفیت توان گردد . افزایش تقاضا برای توان الکتریکی ، باعث افزایش سطح جریان اتصال کوتاه گردیده که در نتیجه ، فشارهای مکانیکی و الکتریکی ناشی از آن می تواند به تجهیزات الکتریکی آسیب برساند . یکی از راههای مؤثر برای محدود سازی جریانهای خطا با سطح بالا استفاده از وسایل محدود کننده جریان خطا[1] می باشد . [15]

ساختار پروژه

به منظور رسیدن به اهداف پروژه این پایان نامه درچهار فصل نوشته و تدوین شده است .

درفصل اول، به تشریح مفاهیم اولیه نظیر حفاظت ، رله ، انواع اتصالی و قواعد هماهنگی تجهیزات حفاظتی می پردازیم .فصل های بعدی به ترتیب زیر گردآوری شده است:

فصل دوم : در این فصل تاریخچه ساخت وکاربردابررساناو انواع محدودکننده جریان خطا را بررسی می کنیم .

فصل سوم : دراین فصل تئوری مربوط به تعیین امپدانس SFCL، به منظور هماهنگی با رله اضافه جریان ، که در این پایان نامه توسعه داده شده است، تشریح می شود .

فصل چهارم :در این فصل ابتدا جریان اتصال کوتاه در یک سیستم قدرت که دارای ترانس با ظرفیت ۴۵MVAاست ، بررسی می شود . سپس همان سیستم قدرت با ترانس MVA ۱۰۰ مورد تحلیل قرار می گیرد . در ادامه به منظور آسیب کمتر به شبکه جدید ، محدودکننده جریان اتصال کوتاه ابررسانا را در نظر گرفته و امپدانس آنرا به منظور هماهنگی حفاظتی با رله اضافه جریان تعیین می کنیم. و در آخر

[1] Fault Current Limiter (FCL)

به تحلیل سیستم فوق با حضور SFCL، ولی با امپدانسی غیر از امپدانس محاسبه شده در مرحله قبل ، می پردازیم . ودر آخر به نتیجه گیری نهایی پرداخته می شود .

فصل اول

مفاهیم اولیه

مقدمه

کیفیت توان الکتریکی توجه روزافزون شرکت های برق و مشترکین را به خود معطوف کرده است . عبارت کیفیت توان از اواخر دهه ۱۹۸۰ به صورت یکی از معروف ترین واژه های صنعت برق در آمده است . این واژه به عنوان یک مفهوم فراگیر است که برای انواع مختلف اغتشاشات سیستم قدرت به کار می رود . پدیده های جدید اغتشاش در کنار عوامل سنتی مخرب کیفیت توان مانند صاعقه ، کلیدزنی ، قطع و وصل بانک های خازنی و ... بررسی این موضوع را ضروری و الزامی ساخته است .

به طور کلی چهار دلیل را می توان برای توجه روزافزون به این موضوع ذکر کرد :

۱ – حساسیت تجهیزات الکتریکی کنونی در مقایسه با تجهیزات مورد استفاده در گذشته نسبت به تغییرات کیفیت توان بیشتر شده است . بسیاری از ادوات مشترکین دارای کنترل کننده های میکروپروسسوری و قطعات الکترونیکی قدرت هستند ، که به بسیاری از انواع اغتشاشات حساس می باشد.

۲ – اهمیت روز افزون بهبود راندمان کلی سیستم قدرت ، موجب رشد مداوم استفاده از تجهیزات پر بازده از قبیل محرکه های پر بازده با قابلیت تنظیم سرعت موتور و خازن های موازی تصحیح ضریب قدرت برای کاهش تلفات گردیده است .این امر موجب افزایش سطح هارمونیکی در شبکه های قدرت شده است و بسیاری از کارشناسان نگران عواقب آتی آن روی شبکه هستند .

۳ – افزایش روزافزون آگاهی مشترکین نسبت به موضوعات کیفیت توان : مطلع شدن مصرف کنندگان از موضوعاتی مانند قطعی ها ،کمبودهای ولتاژ و گذراهای کلیدزنی موجب شده است که شرکت های برق نسبت به بهبود کیفیت توان تحویلی تلاش کنند .

۴ – اتصال شبکه ها به یکدیگر و تشکیل شبکه های بزرگتر موجب شده است که معیوب شدن یک عنصر تبعات نامطلوب بیشتری را به دنبال داشته باشد . دلیل اصلی ونهایی توجه به کیفیت توان را می توان مسائل اقتصادی عنوان کرد .

انگیزه اصلی پشت این دلایل ، افزایش بهره وری مشترکین می باشد . کارخانجات تولیدی خواستار ماشین های سریعتر با بهره وری و راندمان بیشتر هستند . شرکت های برق هم مشوق سوق دادن کارخانجات تولیدی به این سمت هستند ،زیرا این عمل اولاًموجب بهره وری بیشتر برای مشترکین و ثانیاً موجب صرفه جویی قابل ملاحظه ای در سرمایه گذاری مراکز تولید و پست ها به خاطر استفاده کردن مشترکین از وسایل پربازده خواهد شد . نکته جالب توجه این است که دستگاه هایی که برای افزایش بهره وری به کار می روند اغلب نسبت به بیشتر اغتشاشات کیفیت توان حساس هستند و گاهی اوقات این ادوات خود منشأ مضاعف مشکل کیفیت توان هستند . [۳،۲]

۱-۱ اتصال کوتاه

هرگاه در نقطه ای از شبکه با یک سطح ولتاژ معین بنا بر عوامل مکانیکی ، حرارتی و یا الکتریکی قدرت عایقی ضعیف شده و از بین رود ، منجر به وقوع پدیده اتصال کوتاه می گردد. در واقع اتصال کوتاه یک اتصال تصادفی بین هادی ها به وسیله امپدانس صفر[1] یا امپدانس غیر صفر[2] است .

وقتی که یک اتصالی در مداری رخ دهد ، جریان افزایش یافته و ولتاژ (اختلاف پتانسیل) نقصان پیدا می کند افزایش جریان حرارت زیادی را به وجود آورده که ممکن است منجر به آتش سوزی یا انفجار شود .

اگر اتصالی به صورت جرقه باشد ممکن است خسارت زیادی به بار آورد . برای مثال اگر جرقه ای بر روی خط انتقال نیرو به وجود آمده و سریعاً بر طرف نشود خط را سوزانده و باعث پاره شدن آن خواهد شد و نتیجه سبب قطع برق برای مدت طولانی خواهد شد . نقصان ولتاژ که در اثر یک اتصالی به وجود می آید برای دستگاه های الکتریکی بسیار زیان آور است و اگر این ولتاژ ضعیف برای چند ثانیه ایی ادامه داشته باشد ، موتورهای مشترکین از کار باز ایستاده ، دوران مولدهای برق نامنظم و نا مرتب خواهد شد . پس

[1] Solid short circuit
[2] Impedent short circuit

یکی از دلایلی که اتصال کوتاه باید سریع در شبکه رفع شود این است که پایداری گذرای شبکه نباید از بین رود و باید خطا سریع رفع شود . به دلیل محدودیت جذب انرژی در خطوط انتقال و کابل های فشار قوی ما باید سریع خطاهای اتصال کوتاه را رفع کنیم . به عبارت دیگر در صورت وقوع جریان شدید و ولتاژ ضعیف به سبب اتصالی در مدار می بایست به فوریت ، اتصالی کشف و برطرف گردد و جریان و ولتاژ به حالت عادی باز گردانده شود.

در یک سیستم قدرت انواع مختلفی از اتصال کوتاه می تواند بوجود آید که در زیر به بررسی آنها پرداخته می شود .

۱-۱-۱ انواع اتصالی ها

الف - اتصال کوتاه سه فاز [1]

این نوع اتصال کوتاه شدیدترین نوع اتصالی بوده و به طور معمول بیشترین جریان خطا را در سیستم قدرت تولید می کند و تنها ۵ ٪ از خطاهای تولید شده در سیستم قدرت مربوط به این نوع از خطا می باشد .

ب – اتصال کوتاه تک فاز به زمین [2]

این نوع اتصال کوتاه بین یکی از فازها به زمین است . این نوع اتصال کوتاه متداولترین و خفیف ترین نوع خطا در سیستم قدرت است که به طور معمول ۸۰٪ از خطاهای ایجاد شده در سیستم قدرت مربوط به این نوع اتصال کوتاه است . این نوع اتصال کوتاه در اثر صاعقه یا اتصال هادی ها یا دکل زمین شده پدید می آیند .

[1] Three-phase short circuit
[2] Phase to earth short circuit

ج – اتصال کوتاه دو فاز به هم[1]

جریان تولید شده در این نوع اتصال کوتاه از اتصال کوتاه سه فاز کمتر است . به جز در مواردی که خطا در مجاورت ژنراتور قرار گرفته باشد . جریان اتصال کوتاه دو فاز تقریباً ۸۷٪ از جریان اتصال کوتاه سه فاز ضعیفتر است .

جریان در یک اتصالی بین فاز به زمین کمتر از جریان در یک اتصالی فاز به فاز است و این امر به علت مقاومت بیشتر زمین است

د – اتصال کوتاه دو فاز به زمین[2]

این اتصال کوتاه بین دو فاز و زمین است .

۱-۱-۲ عوامل ایجاد اتصالی ها

به دو علت زیر اتصالی ها می توانند به وجود آیند :

الف – تأثیرات داخلی:

تأثیرات داخلی که باعث خراب شدن و از بین رفتن دستگاهها یا خطوط انتقال و توزیع می شود عبارتند از: فاسد شدن قسمتهای عایق در یک مولد ، ترانسفورماتور ، خط ، کابل و غیره . این ضایعات و امکانات ممکن است مربوط به عمر عایق ، عدم تنظیم صحیح ، عدم ساخت صحیح و یا عدم نصب صحیح عایق باشد.

ب – تأثیرات خارجی :

تأثیرات خارجی شامل تأثیرات زیادی است . از آن جمله رعد و برق ، اضافه بار که باعث به وجود آمدن حرارت شود ، برف و باران ، باد و طوفان ، شاخهٔ درختها ، حیوانات و پرندگان ، سقوط اشیاءو اشتباه در عملیات و خسارتهایی که به وسیله مردم وارد می شود و ... .

[1] Two phase short circuit clear of earth
[2] Double line to ground short circuit

۱-۱-۳ مدت زمان اتصال کوتاه

مدت زمان اتصال کوتاه متغیر است . یک اتصال کوتاه خود خاموش کننده[1] است اگر مدت زمان قطع آن توسط وسایل حفاظتی خیلی کم باشد ، گذرا است اگر به پیروی از قطع تجهیزات حفاظتی از بین رود و دائمی است و (مداوم) یا تقویت می شود اگر به پیروی از قطع محو نشود .

۱-۱-٤ اثرات اتصال کوتاه

به طور کلی وقوع خطا ممکن است هر یک از نتایج زیانبار ذیل را در پی داشته باشد :

۱ - با عبور جریانهای بزرگ غیر عادی از بخشی از شبکه ، تجهیزات بیش از حد گرم می شوند .

۲ - ولتاژهای سیستم خارج از میزان قابل قبول قرار می گیرد ، نتیجه اینکه ممکن است به تجهیزات خسارت وارد شود .

۳ - در قسمت هایی از شبکه ممکن است سیستم به صورت سه فاز نامتعادل شود ، به این معنی که تجهیزات به طور صحیح نمی توانند کار کنند . [۹]

۱-۲ حفاظت

در حفاظت سیستم های قدرت از تحلیل نتایج خطا شامل خطاهای سه فاز متعادل و خطاهای نامتعادل برای محاسبات جریان های خطا و سایر پارامترهای مورد نیاز در شبکه استفاده می کنند . اما با توجه به هزینه های بالای به کاررفته در احداث شبکه های توزیع لازم است که تمهیداتی اندیشیده شود که در صورت بروز خطا در حداقل زمان ممکن قطع شود تا حداقل خسارت به سیستم وارد شود . سیستمی که پس از وقوع خطا سبب می شود حداقل قطعی برق در سیستم قدرت وجود داشته باشد و در عین حال حداقل خسارت به تجهیزات شبکه وارد شود حفاظت سیستم قدرت نام دارد .

[1] Self extingnishing

دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه‌ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پروژه گروه برق مراجعه فرمایید.

همانگونه که در شکل (۴-۱۲) می بینیم با نصب SFCL با امپدانس (Ω) j0.8 در سیستم توزیع با ترانس 100 MVA ، علی رغم اینکه دامنه جریان اتصال کوتاه محدودترشده است (مقدار دامنه 9.74KA) ولی از سوی دیگر رله در 0.64 S یعنی 0.54 S پس از شروع خطا تریپ داده و بریکر، فیدر یک را از خط جدا می کند و این عدم هماهنگی SFCL با رله اضافه جریان را نشان می دهد.

٤-٦ نتیجه گیری

بروز خطا در شبکه های قدرت موجب جاری شدن جریان های شدیدی می گردد که برا ی تجهیزات شبکه بسیار مخرب بوده و امنیت شبکه را تهدید می کند . این خطاها در شبکه های توزیع می تواند صدمات بسیار زیادی وارد نماید.

افزایش تقاضا برای توان الکتریکی ، باعث افزایش سطح جریان اتصال کوتاه گردیده که در نتیجه ، فشارهای مکانیکی و الکتریکی ناشی از آن می تواند به تجهیزات الکتریکی آسیب برساند .

شبیه سازی سیستم توزیع نمونه در دو حالت با و بدون حضور SFCL حاکی از عملکرد مناسب آن است . مقدار دامنه جریان اتصال کوتاه بدون حضور SFCL ، (KA) 17.74است (شکل ۴-۷) . با حضور مدار محدود کننده جریان اتصال کوتاه با امپدانس مناسب (Ω) j0.7 ، دامنه جریان اتصال کوتاه به مقدار10.74 KA می رسد و رله دقیقاً در مدت ۰.۵ ثانیه عمل می کند (شکل ۴-۱۰). و کارآیی مدار محدود کننده جریان اتصال کوتاه را نشان می دهد .

به علت طبیعت تلفات کمتر در ابررساناها در حالت عملکرد نرمال ، SFCL می تواند راه حل خوبی برای کنترل سطوح جریان خطا در شبکه های توزیع و انتقال باشد . در زمان بروز خطا SFCL امپدانسی را به علت ازدست دادن حالت ابررسانایی تولید می کند و آن را در مدار قرار می هد که جریان خطا را محدود می کند . بنابراین محدودکننده های جریان خطای ابررسانایی که از خاصیت ابررساناها در ساخت آنها استفاده شده است ، دارای قابلیت تغییر از مقدار مقاومت صفر در حالت ابررسانایی به مقاومت زیاد در

حالت نرمال (غیرابررسانایی) آن هم زمانی که جریان ، دما و یا میدان از مقدار بحرانی افزایش یابد ، می باشد . این نوع محدودکننده ها نیاز به سیستم تشخیص خطا نداشته ودر نتیجه پاسخ آن سریع می باشد.

منابع و مراجع

[1] J.S.Kim , J.F.Moon , S.H.Lim , J.C.Kim."Study On Selection Of SFCLs Impedance For Protection Coordination with Overcurrent Relay in a Distribution System" , IEEE T&D Asia 2009

[2] C. SANKARAN., "POWER QUALITY," CRS Press, washington.D.C, 2007.

[3] دکتر جواد روحی ،دکتر عبدالرضا شیخ اسلامی ،"کیفیت توان سیستم های الکتریکی "، بابلسر ،دانشگاه مازندران ،۱۳۷۸

[4] j.c.krause , " short circuit limiter " , Eindhoven,Netherlands, Department of Engineering ,1980

[5] Pb power ,"application of fault current limiter ", 2007

[6] Matthew St.John and Alberto Borgriino,"coordinating over current protection devices ",IEEE computer applications in power ,July 1996.

[7] R. F. Giese et al., "Assessment study of superconducting fault current limiters operation at 77K," IEEE Transactions on Power Delivery, vol.8, no.3, pp. 1138–1147, July 1993.

[8] W.J.Ruschel ,A,Wayne Ashley,"coordination of relays, reclosers, and sectionalizing fuses for overhead lines in the oil patch ",IEEE Transactions on industry applications, vol.25,no.6,November 1989.

[9] حسین عسگریان ابیانه ،مهدی طالشیان جلودار ،"حفاظت و رله ها ،انتشارات امیرکبیر ،چاپ سوم ،۱۳۸۴.

[10] "Applied Protective Relaying ",Westinghouse Electric Corporation ,Relay Instruments Division coral spring ,florida 33065,chapter 10,copyright 1982.

[11] Anthony J.Pansini ,"Electrical Distribution Engineering ",McGraw – Hill,1989.

[12] M. Chen et al., “Fabrication and characterization of superconducting rings for fault current limiter application,” IEEE Transaction on Applied superconductivity, vol. 282–287, pp. 2639–2642,1997.

[13] L. Ye, L. Z. Lin, and K. P. Juengst, “Application studies of superconducting fault current limiter in electric power systems,” IEEE Transactions on Applied Super- conductivity, vol.12, no.1, pp. 900–903, March 2002.

[14] R. Schwall, WTEC panel report-superconducting fault current limiter, in WTEC-Hyper-Librarian, September 1997

[15] F. Carlsson, Ch. Sadarangani, “Behavior of synchronous machines subjected to voltage sags of type A, B and E”, EPE journal. Vol. 15, 2005.