بسم الله الرحمن الرحیم

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه تفرش

دانشکده مهندسی برق

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

جایابی بهینه محدودکننده جریان خطا و تحلیل اثر آن بر پایداری حالت گذرا در شبکه انتقال برق منطقه ای فارس

استاد راهنما:

دکتر مجتبی پیشوایی

دانشجو:

فرزاد ملیجی

شهریور ۱۳۸۹

تاریخ: ۱۳۸۹/۷/۲۰
شماره: ۶۵۹/۱۵۲۰۷
پیوست: .....

دانشگاه تفرش

مدیریت تحصیلات تکمیلی

صورتجلسه دفاعیه پایان نامه کارشناسی ارشد

نام و نام خانوادگی : فرزاد ملیجی　　شماره دانشجویی : ۸۶۲۱۲۲۰۰۹　　دانشکده : مهندسی برق

رشته تحصیلی/گرایش : مهندسی برق / قدرت

عنوان پروژه : جایابی بهینه محدود کننده جریان خطا و تحلیل اثر آن بر پایداری حالت گذرا در شبکه انتقال برق منطقه ای فارس

تعداد واحد : ۶　　تاریخ تصویب : ۸۸/۱۲/۱۰　　تاریخ دفاع : ۸۹/۶/۳۱

نمره نهایی : به عدد : ۱۹　　به حروف : نوزده

هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	محل اشتغال	امضاء
استاد راهنما	دکتر مجتبی پیشوایی	استادیار	دانشگاه تفرش	
داور خارجی	دکتر مهدی صلای نادری	استادیار	دانشگاه صنعتی امیر کبیر	
داور داخلی	دکتر همایون مشگین کلک	استادیار	دانشگاه تفرش	
نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر همایون مشگین کلک	استادیار	دانشگاه تفرش	

رئیس دانشکده : دکتر علی مددی

امضاء :

تاریخ :

مهر :

دانشگاه تفرش
دانشکده مهندسی برق

مدیر تحصیلات تکمیلی دانشگاه : دکتر حمید رضا دهقانپور

امضاء :

تاریخ : ۸۹/۷/۲۶

مهر :

دانشگاه تفرش
اداره کل تحصیلات تکمیلی

تقدیم به:

پدر و مادر عزیز و بزرگوارم

که همواره تکیه گاه و امیدم بوده و خواهند بود.

و تقدیم به:

خواهران عزیزم که همیشه یار و مشوقم در زندگی بوده اند.

پروردگارا، شفاعت مرا برای ایشان بپذیر و ایشان را مشمول رحمت و مغفرت محتوم خویش گردان.

با تقدیر و تشکر از:

همه عزیزانی که از آغاز تحصیل تا انجام این پایان نامه مرا آموختند.

استاد ارجمند جناب آقای دکتر مجتبی پیشوایی، که از زحمات بی‌دریغ و راهنمایی‌های ارزشمندشان در راستای انجام این پایان نامه بهره مند بودم.

اساتید محترم آقایان دکتر همایون مشگین کلک و دکتر مهدی صلای نادری که زحمت داوری این پایان نامه را متقبل شدند.

دوست عزیز و گرامیم مجید سیف اللهی که در راستای انجام این پایان نامه مرا یاری نموده اند.

دیگر دوستانم علی قربان زاده و حسام الدین یوسفیان که در طول تحصیل صمیمانه و مشفقانه همراه من بودند.

کارکنان شرکت برق منطقه ای فارس که در مراحل مختلف اجرای این پایان نامه از همکاری ایشان بهره مند بودم.

چکـــیـــده:

افزایش ظرفیت تولید و به هم پیوستگی شبکه ها منجر به افزایش سطح جریان اتصال کوتاه در سیستم قدرت می شود. در نتیجه جریانهای اتصال کوتاه ممکن است تا حد مقادیر نامی کلیدهای قدرت موجود افزایش یافته و حتی از آن فراتر رود و موجب تخریب تجهیزات شبکه شود. کاربرد محدودکننده جریان خطا می تواند یک راه حل موثر جهت کاهش سطح جریان خطا به مقادیر قابل قبول، فراهم نماید.

در سیستم های انتقال و توزیع حلقوی، فواید فنی و اقتصادی بکارگیری FCL ، به تعداد، مکان های نصب و پارامتر بهینه محدودکننده ها وابسته است. در این پایان نامه، جایابی بهینه محدودکننده جریان خطا در شبکه برق منطقه ای فارس با بکارگیری الگوریتم ژنتیک مورد بررسی قرار گرفته است. در این روش کمترین تعداد محدودکننده ها به همراه مکان های نصب و پارامتر بهینه هر محدودکننده به طور همزمان محاسبه می شود، به گونه ای که جریان های خطا را به ظرفیت قطع کلیدهای قدرت موجود محدود کند. در بخش جایابی دو نرم افزار $DIgSILENT$ و $Matlab$ با یکدیگر لینک شده اند. جهت انتخاب مکان های کاندید بهتر برای قرارگیری FCL ها و در نتیجه کاهش فضای جستجو، ضریب حساسیت به صورت کاهش در جریان خطای باس در نتیجه تغییر در امپدانس هر شاخه معرفی شده است. بکارگیری این ضریب می تواند کارایی و دقت محاسبات را بهبود بخشد. جریان های خطای بزرگ ممکن است عملکرد سنکرون ژنراتورهای موجود در شبکه را تحت تاثیر قرار دهند. محدودکننده جریان خطا با کاهش جریان خطا به طور سریع و موثر می تواند موجب بهبود پایداری گذرای سیستم شود. در ادامه پایان نامه، پایداری گذرای شبکه برق فارس پس از بکارگیری FCL های جایابی شده با استفاده از نرم افزار $DIgSILENT$ مورد بررسی قرار گرفته است.

واژگان کلیدی: محدودکننده جریان خطا، جایابی بهینه محدودکننده جریان خطا، الگوریتم ژنتیک، پایداری گذرا، شبکه برق منطقه ای فارس

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: جریان خطا در سیستم قدرت

۱-۱) مقدمه ۱

۱-۲) اتصال کوتاه در سیستم قدرت ۲

۱-۳) جریان اتصال کوتاه موجود ۳

۱-۴) دلایل افزایش جریان خطا ۳

۱-۵) روش های محدود کردن جریان خطا ۴

۱-۵-۱) روش های مرسوم ۵

۱-۵-۲) تکنولوژی های جدید ۸

فصل دوم: محدود کننده های جریان خطا

۲-۱) مقدمه ۱۰

۲-۲) محدود کننده جریان خطا ۱۰

۲-۳) نقش محدودکننده جریان خطا در شبکه ۱۱

۲-۴) عملکرد محدود کننده های جریان خطا ۱۲

۲-۵) معرفی ساختارهای مختلف محدودکننده های جریان خطا ۱۴

۲-۵-۱) محدودکننده حالت جامد ۱۴

۲-۵-۲) محدودکننده ابررسانا ۱۵

۲-۵-۳) محدودکننده نوع هیبرید ۱۸

۲-۶) محل نصب محدودکننده های جریان خطا ۲۰

۲-۷) نظر سنجی در مورد لزوم بکارگیری محدودکننده جریان خطا ۲۶

فصل سوم: جایابی بهینه محدودکننده جریان خطا در سیستم قدرت

۳-۱) مقدمه ۲۸

۳-۲) مفاهیم الگوریتم ژنتیک ۲۹

۳-۲-۱) عملگرهای الگوریتم ژنتیک ۳۱

۳-۳) کد گذاری متغیرها ۳۲

۳-۴) محاسبات جریان اتصال کوتاه ۳۳
۳-۵) تابع هدف جهت جایابی بهینه محدودکننده ۳۳
۳-۶) تعیین ضریب حساسیت جهت یافتن مکان های بهتر برای نصب FCL ۳۶
۳-۷) جایابی بهینه FCL در شبکه نمونه ۱۱ باسه ۳۷
۳-۸) جایابی بهینه محدودکننده جریان خطا در شبکه برق فارس ۴۱
۳-۸-۱) مشخصات شبکه انتقال برق فارس ۴۱
۳-۸-۲) مشخصات شبکه فوق توزیع برق فارس ۴۴
۳-۸-۳) ماتریس حساسیت شبکه انتقال برق فارس ۴۴
۳-۸-۴) ماتریس حساسیت شبکه فوق توزیع برق فارس ۴۵
۳-۸-۵) جایابی بهینه محدودکننده جریان خطا در شبکه انتقال فارس ۴۶
۳-۸-۶) جایابی بهینه محدودکننده جریان خطا در شبکه فوق توزیع فارس ۴۷

فصل چهارم: بررسی تاثیر محدودکننده جریان خطا بر روی پایداری گذرای سیستم

۴-۱) مقدمه ۵۷
۴-۲) بررسی تاثیر FCL بر روی پایداری گذرا در سیستم دو باسه ۵۸
۴-۳) بررسی پایداری گذرا با بکارگیری FCL در سیستم ۱۱ باسه ۶۵
۴-۴) بررسی پایداری گذرا با بکارگیری FCL در شبکه برق فارس ۶۶

فصل پنجم: بحث، نتیجه گیری و پیشنهادها

۵-۱) بحث ۷۲
۵-۲) نتیجه گیری ۷۳
۵-۳) پیشنهادها ۷۵

مراجع ۷۶
پیوست ۷۹

پیش گفتار

توسعه روزافزون مصرف انرژی الکتریکی منجر به افزایش ظرفیت تولید و به هم پیوستگی شبکه ها شده است. این امر افزایش سطح جریان اتصال کوتاه در شبکه ها را در پی خواهد داشت. با افزایش سطح اتصال کوتاه در سیستم، جریانهای اتصال کوتاه ممکن است تاحد مقادیر نامی تجهیزات افزایش یابد وحتی از آن فراتر رود که در این صورت نیاز به تعویض تجهیز امری ضروری است. علاوه بر آن جریانهای خطا موجب وارد شدن تنش های حرارتی و دینامیکی بالا به تجهیزات سیستم قدرت از قبیل خطوط، کابلها، ترانسفورماتورها وکلیدهای قدرت می شود و می تواند به آنها آسیب جدی وارد نماید. حذف کامل خطاها در سیستم قدرت غیر ممکن است اما کاهش تأثیرات مضر خطا بر روی سیستم با کاهش جریان در حین خطا امکان پذیر است. برای داشتن عملکرد مداوم و قابلیت اطمینان سیستم های قدرت لازم است جریانهای خطا در سیستم به مقادیر قابل قبول محدود شوند.

یکی از راه حل هایی که در دهه های اخیر برای رفع این مشکل توجه ویژه ای به آن شده است، استفاده از محدود کننده های جریان خطا (FCL[1]) در شبکه قدرت می باشد. محدود کننده های جریان خطا به صورت سری با تجهیزات شبکه قرار گرفته و با وارد کردن یک امپدانس بزرگ در حین خطا، جریان اتصال کوتاه مدار را قبل از رسیدن به مقدار حداکثر خود محدود خواهند کرد. ظهور مواد ابررسانا و تجهیزات حالت جامد جدید در چند دهه اخیر منجر به تحقیق و بررسی ساختار های مختلف محدودکننده های جریان خطا با ظرفیت ولتاژ و جریان بالا شده است تا نیازمندی های شبکه های قدرت فعلی را برآورده نماید.

جریان های خطای بزرگ همچنین بر روی عملکرد ژنراتورهای سنکرون موجود در حفظ همگامی تأثیر گذاشته و موجب از دست رفتن پایداری گذرای شبکه خواهند شد. محدودساز جریان خطا با کاهش جریان خطا به طور سریع و موثر می تواند موجب بهبود پایداری گذرای سیستم شود.

[1] *Fault Current Limiter*

در این پایان نامه، در فصل اول جریان اتصال کوتاه و دلایل افزایش آن و راه های مقابله با آن بررسی شده است.

در فصل دوم محدودکننده های جریان خطا و عملکرد کلی آنها و همچنین محدودکننده مناسب جهت قرارگیری در شبکه برق منطقه ای فارس معرفی شده است. در ادامه محل های ممکن جهت قرارگیری محدودکننده ها در شبکه و فواید فنی و اقتصادی ناشی از قرارگیری محدودکننده در این مکان ها بررسی شده است.

در فصل سوم، روند جایابی بهینه محدودکننده های جریان خطا در سیستم قدرت با بکارگیری الگوریتم ژنتیک بررسی شده و تابع هدف مناسب برای این مسئله ارائه شده است.

در فصل چهارم، تأثیر بکارگیری محدودکننده جریان خطا بر روی پایداری گذرای سیستم مورد بررسی قرار گرفته است.

در فصل پنجم، نتیجه گیری و پیشنهادهایی برای ادامه کار ارائه شده است.

فصل اول

جریان خطا در سیستم قدرت

۱-۱) مقدمه

در جهان امروز انرژی الکتریکی مسلماً یکی از تطبیق پذیرترین و عمومی ترین شکل از انواع انرژی هـای موجـود می باشد. با توسعه روزافزون مصرف انرژی الکتریکی، تولید و شبکه های انتقال بـرق گسـترش فـوق العـاده ای پیـدا نموده اند. که نتیجه قابل توجه آن افزایش سطح اتصال کوتاه در سیستم می باشد. با توسعه شبکه ها، امکان بروز خطا در شبکه نیز افزایش خواهد یافت.

با وقوع خطا، جریان های خطای بزرگی در سیستم جاری شده و موجب وارد شدن تنش های حرارتی و دینـامیکی بالا به تجهیزات سیستم قدرت از قبیل خطوط، کابلها، ترانسفورماتورها و کلیدهای قدرت می شود و می تواند بـه آنهـا آسیب جدی وارد نماید. کلیدهای قدرت مکانیکی معمولاً جریان اتصال کوتاه را در مدت چند سیکل قطع خواهند کرد. عبور مقادیر بزرگ جریان خطا از تجهیزات شبکه در همین چند سیکل می تواند موجب تخریب جدی ایـن تجهیـزات شود.

با افزایش سطح اتصال کوتاه در سیستم، جریانهای اتصال کوتاه ممکن است تاحد مقادیر نامی تجهیـزات افـزایش یابد و حتی از آن فراتر رود. در این صورت نیاز به تعویض تجهیز امری ضروری است که این امر به نوبه خود سـرمایه گذاری برای توسعه شبکه را افزایش خواهد داد.

حذف کامل خطاها در سیستم قدرت غیر ممکن است اما کاهش تأثیرات مضر خطا بر روی سیستم با کاهش جریان در حین خطا امکان پذیر است. برای داشتن عملکرد مداوم و قابلیت اطمینان سیستم های قدرت لازم است جریانهای خطا در سیستم به مقدار پایین تری محدود شوند. یکی از راه حل های موجود استفاده از محدود کننده های جریان خطا در شبکه قدرت می باشد.

محدود کننده های جریان خطا عناصری سری با تجهیزات شبکه بوده و وظیفه دارند با وارد کردن یک امپدانس بزرگ در لحظه خطا، جریان اتصال کوتاه مدار را قبل از رسیدن به مقدار حداکثر خود محدود نموده، به گونه ای که توسط کلید های قدرت موجود قابل قطع باشند. در نتیجه محدود کننده های جریان خطا زمان حفاظت خطای کوتاه تری را نسبت به کلیدهای قدرت ایجاد خواهند کرد.

۱-۲) اتصال کوتاه در سیستم قدرت

هرگاه در نقطه ای از شبکه، قدرت عایقی بر اثر عوامل مکانیکی، حرارتی و یا الکتریکی ضعیف شده و از بین رود منجر به وقوع پدیده اتصال کوتاه می گردد.

وقوع اتصال کوتاه در شبکه ممکن است پی آمد های زیر را به دنبال داشته باشد:

۱- در بسیاری از موارد این خطاها موجب ایجاد جرقه در نقطه خطا می شوند. این جرقه می تواند آسیب جدی به تجهیزات مجاور و کارکنان وارد نماید.

۲- تمامی تجهیزات حامل جریان های اتصال کوتاه در معرض تنش های حرارتی و مکانیکی در نتیجه عبور جریان قرار دارند. این تنش به صورت تابعی از مربع دامنه جریان در مدت زمان عبور جریان (I^2t) تغییر می کند و ممکن است به این تجهیزات خسارت وارد کند.

۳- سطوح ولتاژ سیستم متناسب با دامنه جریان های اتصال کوتاه عبوری از عناصر سیستم، افت می کند. بیشترین افت ولتاژ در نقطه خطا اتفاق می افتد، به گونه ای که برای خطای مستقیم ولتاژ به صفر می رسد. ولی به هر حال تمامی بخش های سیستم قدرت تا اندازه ای در معرض افت ولتاژ قرار خواهند گرفت.

۴- خطر ناپایداری ژنراتور های شبکه به علت عدم توانایی برای انتقال تـوان تولیـدی در نیروگـاه هـا را در پـی خواهد داشت.

پایداری سیستم به زمان رفع خطا وابسته بوده و دارای محدودیت بیشتری نسبت به زمان در نظر گرفته شده جهت استقامت حرارتی و مکانیکی تجهیزات می باشد.[۱]

۱-۳) جریان اتصال کوتاه موجود

حداکثر مقدار جریان اتصال کوتاه که ممکن است در یک نقطـه خـاص در سیسـتم اتفـاق افتـد بـا فـرض اینکـه هیچگونه تأثیر وابسته به خطا که در جهت کاهش جریان عمل می کند در نظر گرفته نشود، به عنوان جریـان اتصـال کوتاه موجود یا در دسترس تعریف می شود.

این جریان به طور مستقیم به اندازه و ظرفیت منابع قدرت تغذیه کننده سیستم وابسته است. ظرفیت بیشـتر منـابع قدرت معمولاً جریان اتصال کوتاه بزرگتری را موجب خواهد شد. از عوامل اصلی تعیین کننده دامنه و مـدت برقـراری جریان اتصال کوتاه می توان به نوع خطا، منابع جریان خطای موجود و امپدانس بین منبع و نقطه اتصال کوتـاه اشـاره نمود.[۱]

۱-۴) دلایل افزایش جریان خطا

دلایلی که می توان برای افزایش سطح جریان خطا در سیستم های انتقال و توزیع برشمرد عبارتند از:

۱- افزایش ظرفیت انتقال توان:

با افزایش تقاضا، سیستم های قدرت برای انتقال توان بالاتر به کار گرفته می شوند کـه نتیجـه آن جریـان هـای خطای بزرگتر می باشد.

۲- شبکه های به هم پیوسته:

شبکه های موجود به منظور بالا بردن قابلیت اطمینان و انعطاف پذیری در انتقال قدرت بیش از پیش به هم پیوسته شده اند. این امر نه تنها کاهش امپدانس مسیرهای موازی را موجب می شود، بلکه تعداد منابعی را که در خطا شرکت می کنند نیز افزایش خواهد داد.

۳- تولید جدید:

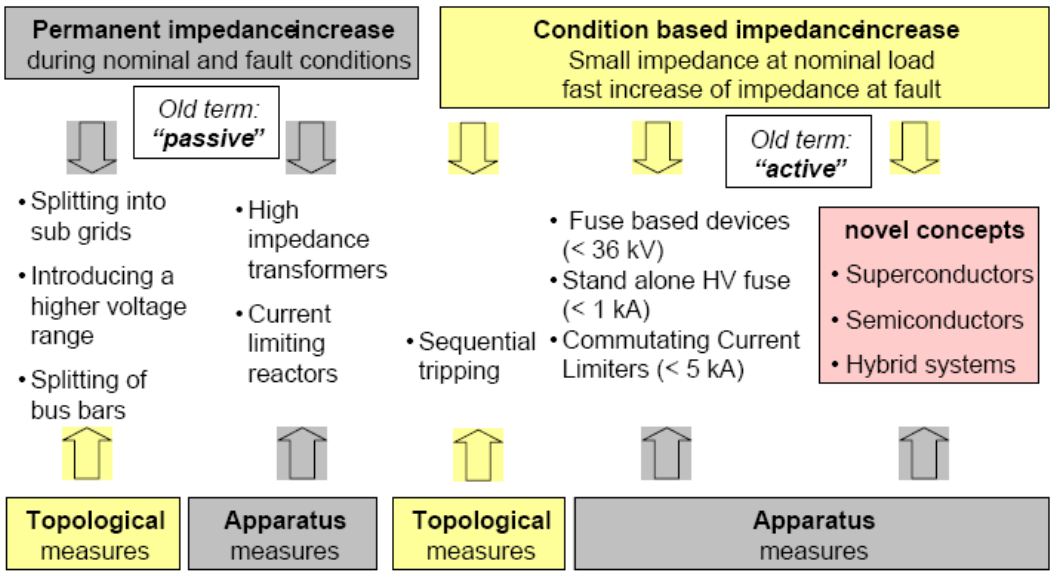
اضافه نمودن واحدهای تولیدی جدید (نیروگاه های حرارتی، سیستم های خورشیدی، ژنراتور های بادی ، پیل های سوختی و ...) به سیستم های موجود دائماً در حال افزایش است که این امر افزایش در جریان های خطا را به دنبال خواهد داشت.[۲]

۱-۵) روش های محدود کردن جریان خطا

یک بررسی کلی از اقداماتی که جهت محدود کردن جریان خطا در سیستم قدرت به کار می روند در شکل (۱-۱) نشان داده شده است.[۳-۲]

اینگونه اقدامات ممکن است به اقدامات ساختاری و تجهیزاتی و همچنین به دو دسته مرسوم و جدید بر اساس تکنولوژی به کار رفته تقسیم بندی شوند.

عوامل پسیو امپدانس بالایی را در تمامی شرایط به وجود می آورند. در عوض عوامل اکتیو امپدانس بالایی را تنها در شرایط خطا ایجاد می کنند.



شکل ۱-۱ : بررسی کلی اقدامات محدود کننده جریان خطا

۱-۵-۱) روش های مرسوم

این روش ها برای محدود کردن جریان خطا اغلب پر هزینه هستند. برخی از این روش ها عبارتند از:

۱- ساخت پست های جدید

این اقدام یکی از پرهزینه ترین روش ها در میان اقدامات مرسوم می باشد.

۲- بکارگیری سطح ولتاژ بالاتر

در سیستمهای ولتاژ بالا، افزایش ولتاژ اغلب با سرمایه گذاری های عمده همراه است. لذا در بسیاری از موارد گزینه قابل قبولی نخواهد بود.

۳- شکافتن شین

یکی راهکارهای کنترل و جلوگیری از افزایش سطح اتصال کوتاه در شبکه های بزرگ به هم پیوسته، شکافتن و مجزا نمودن یک شین با تعداد زیاد ورود و خروج خطوط انتقال و فیدر نیروگاهی به دو شین مجزا می باشد.

۴- مجزا نمودن به زیر شبکه ها

در این روش یک شبکه (با یک سطح ولتاژ معین) به بخش های کوچکتر که به طور مجزا از شبکه ولتاژ بالای مجاور تغذیه می شوند، تقسیم می شود. این عمل، سطح جریان خطا را در هر یک از زیر شبکه ها به مقدار قابل قبولی کاهش می دهد.

۵- تعویض کلیدهای قدرت موجود

تعویض کلیدهای قدرت در کاهش سطح جریان خطا بی فایده خواهد بود. علاوه بر آن تعویض تمام یا بخش عمده کلیدها بسیار پرهزینه است.

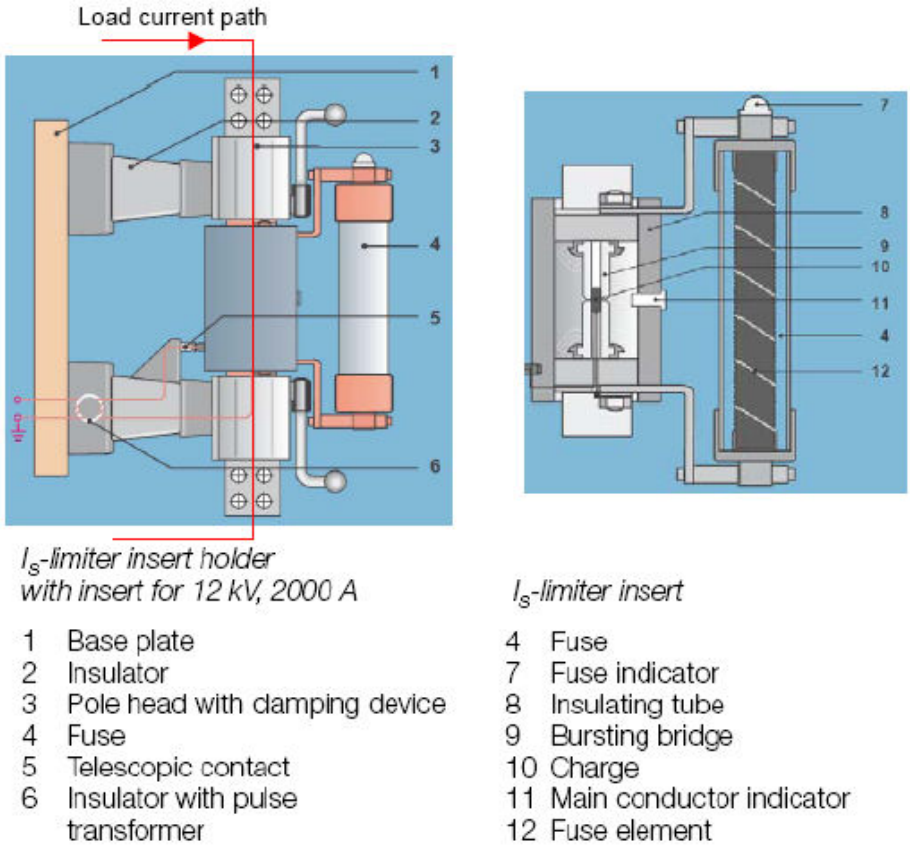
۶- فیوزهای ولتاژ بالا

طراحی آنها به خاطر ایجاد ولتاژ جرقه نسبتاً زیاد برای کاربرد ولتاژ بالا تا حدودی پیچیده تر از فیوز های ولتاژ پایین است اما اصول کلی آنها مشابه هم است. با توجه به این حقیقت که فیوز جریان بار را مستقیما از خود عبور می دهد، الزامات طراحی ترمودینامیکی، جریان های نامی که نوعا کمتر از چند صد آمپر می باشد را برای فیوز قابل قبول می کند.

Is-Limiter ۷-

ساختار کلی ***Is-Limiter*** در شکل (۱-۲) نشان داده شده است. این تجهیز توسط یک خرج منفجره کوچک فعال می شود. راه اندازی توسط بخش الکترونیکی با تشخیص افزایش ***di/dt*** جریان خطا انجام می شود. در کار عادی سیستم قدرت جریان از داخل کنتاکتور اصلی عبور می کند. در زمان اتصال کوتاه کنتاکتور اصلی باز شده و جریان از طریق فیوز موازی هدایت می شود. و بدین ترتیب جریان اتصال کوتاه در نیم سیکل اول محدود می شود. این محدود کننده معمولاً در مسیر اتصال دو سیستمی استفاده می شود که در صورت اتصال مستقیم، جریان خطای آنها از مقادیر نامی تجهیزات بالاتر رود.[۸-۲]

از معایب *Is-Limiter* می توان به قیمت بالا و نیاز به تعویض فیوز بعد از هر عملکرد اشاره نمود.

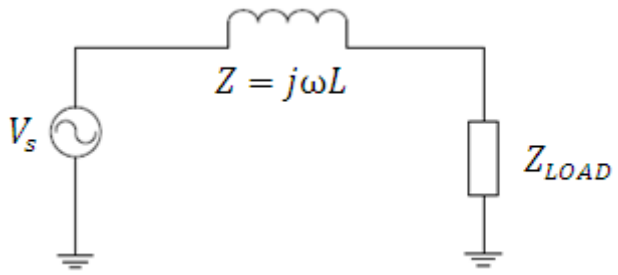


شکل ۱-۲ : ساختار کلی *Is-Limiter*

۸- رآکتورهای محدودکننده جریان خطا

ساده ترین نوع محدودساز جریان خطا، سلف یا رآکتور می باشد. از آنجایی که جریان در سلف نمی تواند بـه طـور لحظه ای تغییر نماید، جریان در مدت خطا محدود خواهد شد. اما این رآکتورها در شرایط نرمال افت ولتاژی در دو سر خود دارند و یک منبع ثابتی از تلفات را ارائه می کنند. همچنین بر روی اجزای دیگر سیسـتم تـاثیر گذاشـته و موجـب ناپایداری می شوند. مزیت *CLR*[1] ساختار ساده و قیمت پایین آن است.[۹-۳]

[1] *Current Limiter Reactor*



شکل ۱-۳ : رآکتور سری به عنوان محدودکننده جریان خطا

۱-۵-۲) تکنولوژی های جدید

با گسترش شبکه الکتریکی تلاش های گسترده ای جهت کاهش سطح اتصال کوتاه در جهان آغاز و اندیشمندان و محققین شروع به مطالعه و تحقیق درباره تهیه و ساخت تجهیزاتی جهت محدود سازی جریان خطا نمودند.

در سالهای اخیر با رشد ادوات الکترونیک قدرت و تکنولوژی ابررسانا استفاده از محدودکننده های جریان خطا برای مقابله با افزایش سطح اتصال کوتاه بیشتر از سایر روش ها مطرح شده و امید به استفاده گسترده از ایـن تجهیـزات در آینده نه چندان دور را بوجود آورده است.[۴-۲]

جدول (۱-۱) خلاصه ای از این راه حل ها و مزایا و معایب و هزینه نسبی هر یک از آنها را نسبت به محدودکننده جریان خطای حالت جامد و ابررسانا که در فصل بعد معرفی خواهند شد، نشان می دهد.[۷-۲]

جدول ۱-۱ : راه حل ها، مزایا و معایب و هزینه نسبی اقدامات محدودکننده جریان خطا

هزینه نسبت به SSFCL /SFCL	هزینه نسبی	معایب	مزایا	راه حل
پر هزینه تر	بسیار بالا	پرهزینه و نصب دراز مدت	رفع کلیه پی آمدهای خطا و تطبیق نمودن با رشد آینده	**پست جدید**
پر هزینه تر	بالا، اگر بریکرهای جدا ساز باس نصب نشده باشند	منابع جریان بار را از مراکز بار جدا می کند و قابلیت اطمینان سیستم را پایین می آورد	منابع جریان خطا را از بریکرهای با ظرفیت کمتر جدا می کند	**شکافتن باس**
قابل رقابت با تعویض تعداد زیاد بریکرها	بالا تا متوسط، وابسته به تعداد بریکرهای تعویض شده	مشکل در زمان بندی وقفه ها، افزایش چشمگیر در بریکرهای درگیر شده، استحکام باس هم مورد نیاز است.	پرکاربرد ترین راه حل مستقیم در ارتباط با مشکل و بدون هیچ گونه عوارض جانبی مضر	**تعویض کلی بریکرها**
کم هزینه تر	متوسط به پایین	افت ولتاژ و تلفات، اساسا موجب ناپایداری شده و نیاز به نصب خازن های جبرانساز دارد.	نصب آسان	**راکتور محدودساز جریان خطا**
کم هزینه تر	پایین	تاثیر جریان خطا را به بخش وسیعی از سیستم توسعه می دهد و قابلیت اطمینان را کاهش می دهد.	تجهیزات سخت افزاری اصلی را درگیر نمی کند	**تریپ ترتیبی بریکرها**
کم هزینه تر	پایین	المان بعد از هر عملکرد باید تعویض شود.	نصب آسان	**Is-Limiter**

فصل دوم

محدود کننده های جریان خطا

۲-۱) مقدمه

به طور کلی عملکرد اغلب محدود کننده های جریان خطا بر اساس وارد کردن یک امپدانس بزرگ در زمان وقوع خطا بوده و در نوع امپدانس و چگونگی وارد شدن امپدانس به شبکه و خارج شدن از آن متفاوت می باشند.

اخیراً پیشرفت های بسیاری در زمینه تحقیق و توسعه تجهیزات ولتاژ متوسط و ولتاژ بالا با کاربرد محدود کنندگی جریان خطا در سیستم های انتقال و توزیع، با در نظر گرفتن ملاحظات فنی و اقتصادی صورت گرفته است.

۲-۲) محدود کننده جریان خطا

محدود کننده جریان خطا یک تجهیز با امپدانس متغیر است که به طور سری در مدار قرار گرفته تا جریان سیستم را در شرایط خطا محدود کند.

خصوصیات یک محدود کننده جریان خطای ایده آل عبارتند از :[۵-۳-۲]

۱- امپدانس کم در حالت عملکرد نرمال سیستم