بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه شاهد

دانشکده فنی و مهندسی

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی برق قدرت-سیستم های قدرت

طراحی و ساخت محدودساز جریان خطا از نوع ترانسفورمری

استاد راهنما:

دکترعارف درودی

نام دانشجو

علیرضا عیاری

بهمن ۹۳

شماره:

تاریخ:

اظهار نامه دانشجو

اینجانب علیرضا عیاری دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی برق قدرت گرایش سیستم های قدرت دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه شاهد، گواهی می دهم که پایان نامه تدوین شده حاضر با عنوان؛ " طراحی و ساخت محدودساز جریان خطا از نوع ترانسفورمری " به راهنمایی استاد محترم جناب آقای دکتر درودی، توسط شخص اینجانب انجام و صحت و اصالت مطالب تدوین شده در آن، مورد تأیید است و چنان چه هر زمان، دانشگاه کسب اطلاع کند که گزارش پایان نامه/ رساله حاضر صحت و اصالت لازم را نداشته، دانشگاه حق دارد، مدرک تحصیلی اینجانب را مسترد و ابطال نماید هم چنین اعلام می دارد در صورت بهره گیری از منابع مختلف شامل؛ گزارش های تحقیقاتی، رساله، پایان نامه، کتاب، مقالات تخصصی و غیره، به منبع مورد استفاده و پدید آورنده آن به طور دقیق ارجاع داده شده و نیز مطالب مندرج در پایان نامه/ رساله حاضر تاکنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب و یا سایر افراد به هیچ کجا ارایه نشده است. در تدوین متن پایان نامه/ رساله حاضر، چارچوب (فرمت) مصوب تدوین گزارش های پژوهشی تحصیلات تکمیلی دانشگاه شاهد به طور کامل مراعات شده و نهایتاً این که، کلیه حقوق مادی ناشی از گزارش پایان نامه/ رساله حاضر، متعلق به دانشگاه شاهد می باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو(دست نویس): علیرضا عیاری

امضاء دانشجو: عیاری

تاریخ: ۱۳۹۱/۱۱/۰۷

معاونت آموزشی و تحصیلات تکمیلی
دفتر تحصیلات تکمیلی

تاریخ: .....

صورتجلسه دفاع پایان نامه کارشناسی ارشد

جلسه دفـاع پایـان نامه کارشناسی ارشد آقای/ خانم **علیرضا عیاری** دانشجوی کارشناسی ارشد رشته.**برق -قدرت** به شماره دانشجویی **۹۱۷۵۲۶۰۰۵** به ارزش **٦ واحد**، رأس ساعت .....۱۳..... ،روزسه شنبه ،مورخ **۹۳/۱۱/۷** در محل دانشکده فنی دانشگاه شاهد، تحت عنوان:**" طراحی و ساخت محدود ساز جریان خطا از نوع ترانسفورمری"**، تشکیل گردید.

کمیته داوری پایان نامه کارشناسی ارشد پس از استماع دفاعیات و طرح پرسش های لازم در زمینه علمی و تحقیقاتی مرتبط با پایان نامه نامبرده، ارزشیابی نهایی خود را به شرح ذیل، اعلام نمودند:

پایان نامه نامبرده با نمره، .....۱۸..... (به عدد) و .....هجده..... (به حروف) و با درجه .....بسیار خوب..... مورد تایید قرار گرفت/ نگرفت.

امتیازات، طبق ماده ۲۰ آیین نامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد ناپیوسته، مصوب جلسه ۷۱۴ مورخ ۸۸/۱/۱۵ وزارت علوم، تحقیقات و فناوری:

عالی:۱۹ تا ۲۰، **بسیارخوب:** ۱۸تا۱۸/۹۹، **خوب:**۱٦تا۱۷/۹۹، **قابل قبول:**۱٤تا۱۵/۹۹، **غیر قابل قبول: نمره کمتر از ۱٤**

اعضای کمیته داوری پایان نامه کارشناسی ارشد	نام ونام خانوادگی	مرتبه علمی	نام دانشگاه	امضاء
استاد راهنمای اول	دکتر عباقدروی	استادیار	شاهد	
استاد راهنمای دوم (در صورت وجود)				
استاد مشاور اول				
استاد مشاور دوم (در صورت وجود)				
داور داخلی و یا خارجی	دکتر سید حسن حسینی	استاد	شاهد	
داور داخلی و یا خارجی	دکتر یحیی یاسمی	استادیار	شاهد	
نماینده تحصیلات تکمیلی (بدون نمره)	دکتر سید محمد صانعی زاده	استادیار	شاهد	

تقدیم

تقدیم به پدر و مادرم که مرا هنر زندگی آموختند.

تشکر و قدردانی

نهایت مراتب سپاس و قدردانی را از استاد محترم جناب آقای دکتر درودی را به دلیل راهنمایی های کارگشایشان،از ایشان دارم.

چکیده

افزایش روزافزون تعداد مصرف‌کنندگان و توسعه شبکه‌های قدرت چه به صورت تولید متراکم یا تولید پراکنده منجر به افزایش میزان توان اتصال کوتاه شبکه و به طبع آن جریان اتصال کوتاه می گردد، در حالی که کلید های قدرت با محدودیت های فیزیکی مواجه گشته(به طور تقریبی به حد نهایت امکان قطع رسیده اند) بنابراین نیاز به ابزاری به منظور محدود نمودن جریان خطا در شبکه‌های قدرت آینده احساس می‌شود. ادواتی همچون راکتورهای سری و یا ترانس‌های با امپدانس بالا در این خصوص استفاده قرار گرفته‌اند که معایبی همچون افت ولتاژ در حالت عادی کار شبکه را دارند. محدودکننده جریان خطا (FCL) به تازگی جهت کاهش جریان‌های اتصال کوتاه پیشنهاد شده‌اند، مزیت اصلی این محدودکننده‌ها آن است که تنها در زمان وقوع اتصال کوتاه وارد مدار می شوند درحالی که در حالت عادی کار شبکه تأثیری روی رفتار سیستم ندارند. این محدودکننده ها به انواع مختلفی تقسیم می‌شوند که از میان آن‌ها محدودکننده جریان خطا از نوع هسته اشباع شده دارای ویژگی هایی قابل توجهی، منجمله هزینه پایین، سرعت بالا(محدودکنندگی جریان را به عنوان یک خاصیت ذاتی دارد)، توانایی عملکرد چندباره و توانایی سازگاری با ریکلوزرها بوده که استفاده از این ابزار در شبکه‌های قدرت را جذاب می نماید. در این پژوهش روش اجزا محدود برای شبیه‌سازی محدودساز نوع ترانسفورمری استفاده شده و رفتار آن در حالت های مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرد،سپس با ساخت یک نمونه آزمایشگاهی و انجام آزمایش نتایج شبیه سازی و آزمایشگاهی مورد مقایسه قرار خواهند گرفت.

کلید واژه: محدود کننده جریان خطا– (FCL) - محدودساز هسته اشباع شده- تحلیل اجزاء محدود(FEM)

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست جدول‌ها ..... د

فهرست شکل‌ها ..... ه

فصل ۱- مقدمه ای بر محدودساز های جریان خطا ۱

۱-۱- پیشگفتار ۱

۱-۲- تاریخچه محدودکننده جریان خطا ۲

۱-۳- مروری بر سیستم های حفاظت شبکه قدرت ٤

۱-٤- خطا در سیستم های قدرت ۸

۱-۵- تأثیر خطا بر سیستم ۹

۱-۵-۱- صدمات مغناطیسی ۹

۱-۵-۲- صدمات حرارتی ۹

۱-٦- روش های کاهش جریان خطا ۱۱

۱-٦-۱- جداسازی شبکه ها یا باسبارها ۱۱

۱-٦-۲- افزایش امپدانس اتصال کوتاه با استفاده از را کتور های سری ۱۲

۱-٦-۳- استفاده از محدود کننده جریان خطا ۱۳

۱-۷- انواع محدودکننده جریان خطا ۱۳

۱-۷-۱- محدود سازهای مبتنی بر کلید زنی ۱۳

۱-۷-۱-۱- ساختار محدودساز پل ۱۵

۱-۷-۱-۲- محدودساز پل با راکتور غیر القایی ۱٦

۱-۷-۲- محدود سازهای غیر کلید زنی شده ۱٦

۱-۷-۲-۱- انواع ابر رسانا(SC) ۱٦

۱-۷-۲-۲- انواع مبتنی بر اشباع هسته ۱۸

۱-۷-۲-۳- مدار رزونانسی موازی از نوع ترانسفرمری ۱۹

۱-۸- محدودساز های مورد استفاده در شبکه قدرت ۲۰

۱-۹- نتیجه گیری ۲۱

فصل ۲- محدود سازهای جریان خطای نوع ترانسفورمری ۲۲

۲-۱- مقدمه ۲۲

۲-۲- اصول کارکرد محدود کننده جریان خطا ۲۲
۲-۲-۱- مزایا ۲٤
۲-۲-۲- معایب ۲٤
۲-۳- اصول عملکرد ۲۵
۲-٤- قرار دادن هسته در نقطه کار ۲۷
۲-۵- انتخاب ساختار مناسب با رویکرد کاهش حجم هسته ۳۰
۲-۵-۱- محدودساز جریان خطا با دو هسته ۳۰
۲-۵-۲- محدودساز جریان خطا با یک هسته ۳۱
۲-۵-۳- جداسازی مدار مغناطیسی AC و DC ۳۳
۲-۵-٤- بهینه سازی محدودسازهای خطای نوع دو هسته اشباعی ۳٤
۲-٦- FCL تکفاز با هسته کاهش یافته ۳۷
۲-٦-۱-۱- کاهش سطح مقطع ستون میانی. ٤۲
۲-۷- نتیجه گیری ٤۳
فصل ۳- طراحی اولیه و مقدمات ساخت ٤٤
۳-۱- مقدمه
.....
٤٤.....
۳-۲- طراحی ٤٤
۳-۲-۱- اطلاعات اولیه ٤٤
۳-۳- ساخت ۵۳
۳-٤- نتیجه گیری ۵٦
فصل ٤- بررسی در بستر نرمافزاری FEM و نتایج آزمایشگاهی ۵۷
٤-۱- مقدمه ۵۷
٤-۲- ابعاد و مشخصات فیزیکی ۵۸
٤-۳- مدلسازی نرمافزاری ۵۹
٤-٤- آزمایش اتصال کوتاه و حالت کار عادی ٦۷
٤-٤-۱- اجزای مدار آزمایش ٦۷
٤-٤-۱-۱- منبع تغذیه ٦۷
٤-٤-۱-۲- منبع ولتاژ DC ٦۷
٤-٤-۱-۳- مقاومت های مورد استفاده ٦۸
٤-٤-۱-٤- مکانیزم شبیهساز اتصال کوتاه ٦۹

٤-٥- نحوه اندازه گیری جریان در مدار ٧٠
٤-٦- آزمایش اتصال کوتاه بدون FCL ٧١
٤-٧- آزمایش اتصال کوتاه با FCL ٧٢
٤-٨- تأثیر FCL بر کاهش جریان ٧٥
٤-٩- نتیجه گیری ٧٥

فصل ٥- نتیجه گیری و پیشنهادات ٧٧

٥-١- پیشنهادات ٧٨

فهرست مراجع ٧٩

واژه نامه انگلیسی به فارسی ٨١

واژه نامه فارسی به انگلیسی ٨٣

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱:مقایسه ساختار های مختلف برای محدودساز جریان خطا از نوع ترانسفورمری..... ۳۷
جدول ۳-۱:پارامترهای خط فرضی..... ٤٥
جدول ۳-۲: مشخصات فرضی رلههای اضافه جریان..... ٤٥
جدول ۳-۳:مشخصات مغناطیسی سیلیکون ۳ درصد..... ٤٧
جدول ۳-٤:ابعاد استاندارد ورقه های E-I..... ٥٠
جدول ۳-٥: ابعاد استاندارد قرقره برای هسته های E و I..... ٥٢
جدول ٤-۱:مشخصات فیزیکی FCL..... ٥٨
جدول ٤-۲:مشخصات مغناطیسی سیلیکون ۳ درصد..... ٦١
جدول ٤-۱: امپدانس FCL در شرایط مختلف..... ٧٤

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱: شبکه قدرت و مکان های محتمل برای قرار گیری FCL ۲
شکل ۱-۲:توضیحی ساده از عملکرد FCL ۳
شکل ۱-۳: قرار گیری FCL میان سطوح مختلف شبکه ۳
شکل ۱-٤:در صورت عمل نکردن حفاظت انتخابی حرکت انرژی به فیدر ۱ و ۲ قطع می شود در صورتی که با قطع به موقع جریان خطا توسط مدارشکن ۲ جریان انرژی به فیدر ۱ ادامه خواهد داشت. ۵
شکل ۱-۵:تصویر یک مدار شکن روغنی ۱۱۰ کیلوولت ۷
شکل ۱-٦:منحنی های مربوط به عملکرد رله های اضافه جریان ۸
شکل ۱-۷:رفتار اضافه جریان در سیستم ۱۰
شکل ۱-۸:جداسازی شبکه ها به منظور کاهش جریان اتصال کوتاه ۱۲
شکل ۱-۹:استفاده از راکتور سری برای افزایش امپدانس ۱۲
شکل ۱-۱۰: مثالی از یک FCL کنترل شده تریستوری ۱۵
شکل ۱-۱۱:محدودساز خطای پل ۱۵
شکل ۱-۱۲:محدودساز پل با راکتور غیر القایی ۱٦
شکل ۱-۱۳: منحنی سبز مقاومت مواد را نشان می دهد که در صفر مطلق به صفر می رسد ۱۷
شکل ۱-۱٤:یک محدودساز جریان خطای ابررسانای گرم به همراه ساختارشناسی ۱۸
شکل ۱-۱۵:یک نمونه محدودساز خطا مبتنی بر اشباع هسته ۱۹
شکل ۱-۱٦:یک نمونه محدودساز خطای رزونانسی–ترانسفورمری ۱۹
شکل ۱-۱۷:محدودساز مورد استفاده در کالیفرنیای جنوبی در مدار EDISON’s Avanti ۲۰
شکل ۲-۱: شمایی ساده از FCL داخل مدار ۲۳
شکل ۲-۲:یک راکتور غیر خطی ۲٦
شکل ۲-۳:منحنی B-H ۲۷
شکل ۲-٤:استفاده از سیم پیچی DC ۲۷
شکل ۲-۵:یک راکتور با هسته اشباع شونده ۲۸
شکل ۲-٦: استفاده از یک قسمت مغناطیس دائم ۲۹
شکل ۲-۷:حالت های محتمل برای ساختار محدودساز خطا با استفاده از قسمت مغناطیس دائم ۲۹
شکل ۲-۸:محدودساز با دو هسته ۳۱

شکل ۲-۹:ساختار محدودساز با استفاده از یکسوساز..... ۳۲
شکل ۲-۱۰:محدودساز با تفکیک مدار مغناطیسی AC و DC..... ۳۳
شکل ۲-۱۱ : مسیر حرکت شارهای DC و AC..... ۳٤
شکل ۲-۱۲: محدودساز جریان خطا با جداسازی نسبی مدار مغناطیسی DC و AC..... ۳۷
شکل ۲-۱۳:الف:مسیر عبور شار DC ب: مسیر عبور شار AC..... ۳۸
شکل ۲-۱٤:افزایش فاصله هوایی و در نهایت حذف ستون میانی..... ٤۲
شکل ۳-۱:شبکه فرضی..... ٤٤
شکل ۳-۲:ابعاد محدود ساز خطا..... ٤۸
شکل ۳-۳:تصویر شمای استاندارد ورقه های E-I برای ترانس..... ٤۹
شکل ۳-٤:ابعاد قرقره..... ۵۱
شکل ۳-۵:نمونه ساخته شده محدودساز جریان خطا..... ۵٤
شکل ۳-٦: نحوه برش ورقه های E..... ۵٤
شکل ۳-۷: نحوه قرار گیری ورقههای E بریده شده به صورت قرینه ای..... ۵۵
شکل ٤-۱:ابعاد پیشنهادی(بر مبنای اندازه ورق های موجود و ملاحظات ساخت) برای FCL..... ۵۹
شکل ٤-۲: مدلسازی در محیط نرم افزاری..... ٦۰
شکل ٤-۳: منحنی مغناطیسی سیلیکون ۳٪..... ٦۱
شکل ٤-٤:تصویر مدار آزمایش FCL در محیط SIMPLORER..... ٦۲
شکل ٤-۵: تصویر مدار آزمایش بدوم حضور FCL..... ٦۳
شکل ٤-٦:میدان مغناطیسی در حالت عادی کار مدار..... ٦۳
شکل ٤-۷:میدان مغناطیسی در حالت وقوع خطا..... ٦٤
شکل ٤-۸: مقایسه جریان خط در حضورFCL و حالت عادی،منحنی آبی با FCL و منحنی نارنجی بدون FCL..... ٦۵
شکل ٤-۹:منحنی اندوکتناس خودی-آبی:سیمپیچی اول و نارنجی:سیمپیچی دوم..... ٦٦
شکل ٤-۱۰:منحنی شار پیوندی بر حسب زمان برای سیمپ یچی اول..... ٦٦
شکل ٤-۱۱:منحنی شار پیوندی بر حسب زمان برای سیم پیچی دوم..... ٦۷
شکل ٤-۱: شکل موج جریان-ثبت شده با CT..... ۷۱
شکل ٤-۲:شکل موج جریان بدون حضور FCL..... ۷۲
شکل ٤-۳: شکل موج جریان عبوری با حضور FCL..... ۷۳
شکل ٤-۱۵: منحنی ولتاژ محدوساز جریان خطا در حالت اتصال کوتاه(مقیاس ۰,۱)..... ۷۳
شکل ٤-۵: شکل موج دو سر منبع ولتاژ DC..... ۷٤

شکل ٤-١٧:مقایسه جریان اتصال کوتاه در حضور و عدم حضور FCL(مقیاس ۰,۱)..... ۷۵
شکل ٤-١٨:مقاسه شکل موج جریان در حضور FCL :آبی نتیجه عملی و نارنجی نتیجه شبیه سازی.... ۷۵

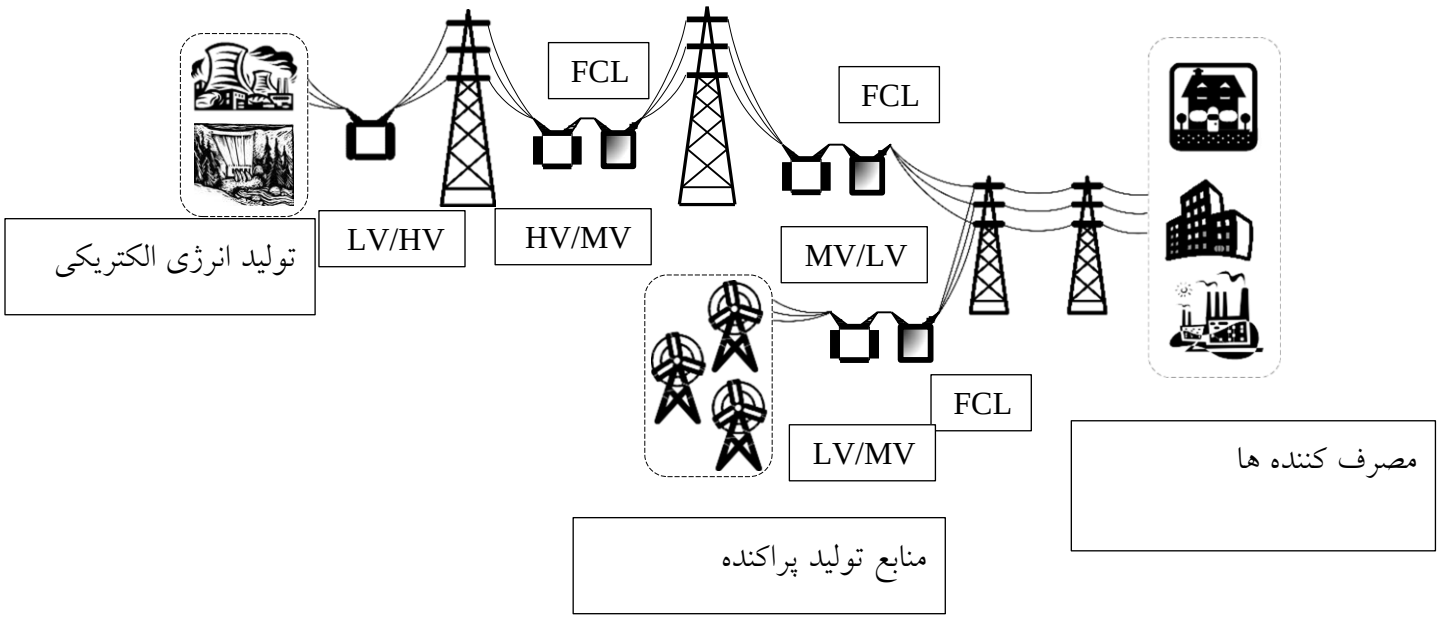
فصل ۱– مقدمه‌ای بر محدودساز های جریان خطا

۱–۱– پیشگفتار

طراحی مقدماتی یک شبکه قدرت، با در نظر گرفتن امکان پیشرفت شبکه و در حقیقت آینده‌نگری انجام می‌گردد. با ظهور منابع تولید پراکنده DG[1] توسعه شبکه به نحو دیگری صورت گرفت به گونه ای که در حالت کار عادی شبکه، توان انتقالی از خطوط انتقال ثابت مانده ولی میزان مصرف و تقاضا افزایش پیداکرده است،در حقیقت با تولید توان در محل مصرف کننده دیگر نیازی به انتقال توان از طریق خطوط انتقال نبوده و اتصال به شبکه به دلیل حفظ همزمانی[2] شبکه قدرت و تامین توان در مواقع اضطراری صورت می‌گیرد. این موضوع در حالت کار عادی شبکه خللی وارد نمی آورد و در واقع بر کیفیت شبکه نیز می افزاید ولی در شرایط اتصال کوتاه موجب افزایش شدید جریان اتصال کوتاه می گردد(به دلیل تزریق جریان خطا از منابع تولید پراکنده). از طرفی گاهی نیز شبکه‌های قدرت در بستر های موجود توسعه داده می شوند که منجر به افزایش توان اتصال کوتاه شبکه و به طبع آن جریان اتصال کوتاه شبکه می‌شود ،اگر قصد توسعه شبکه با زیر ساخت های فعلی (حفاظت[3] و خطوط انتقال) و کمترین هزینه را داشته باشیم با مشکل عدم کارکرد صحیح رله های اضافه جریان[4] و احتمال آسیب‌دیدن شبکه مواجه خواهیم بود[1] . برای رفع مشکل مذکور استفاده از وسیله ای که در شرایط خطا میزان جریان اتصال کوتاه را به یک سطح معقول، تنزل داده و در شرایط کار عادی بر شبکه تأثیری ناچیز داشته باشد،- ضروری می نماید. محدودکننده جریان خطا از این دسته هستند که انواع متعددی داشته و بسته به ملاحضات مختلف در شبکه قدرت به کار گرفته می شوند.

---

[1] Distributed generation
[2] Synchronous
[3] Protection
[4] Over current relays



شکل ۱-۱: شبکه قدرت و مکان های محتمل برای قرار گیری FCL

۱-۲- تاریخچه محدودکننده جریان خطا

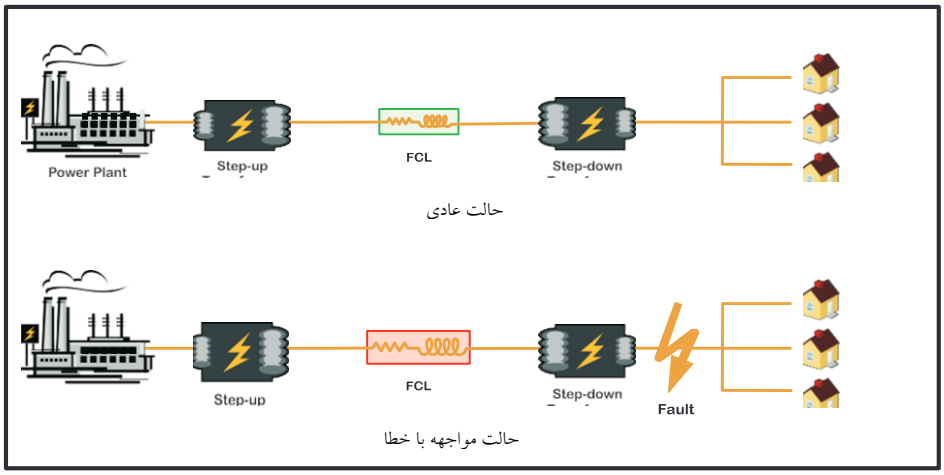
شکل ۱-۱ یک شبکه قدرت نمونه شامل: نیروگاه،ترانس‌های افزاینده،خطوط انتقال و ترانس‌های کاهنده در سطوح مختلف ولتاژ می‌باشد و در عین حال مکان‌های محتمل برای قرارگیری محدودکننده جریان خطا را نشان می دهد.

عملکرد محدودساز جریان خطا(FCL)[1] مبتنی بر مفهوم افزایش امپدانس به صورت حساب شده در زمان مناسب(زمان خطا) در مدار سیستم می باشد که از لحاظ مفهوم در موارد بسیاری کاربرد داشته و مفهومی ناآشنا نیست.

شکل ۱-۲ به طور ساده مفهوم (FCL) در شبکه قدرت را نشان می دهد به طوری که در حالت عادی کار شبکه جریان نامی عبوری از محدودساز جریان خطا با امپدانس ناچیزی مواجه می‌شود ولی در هنگام

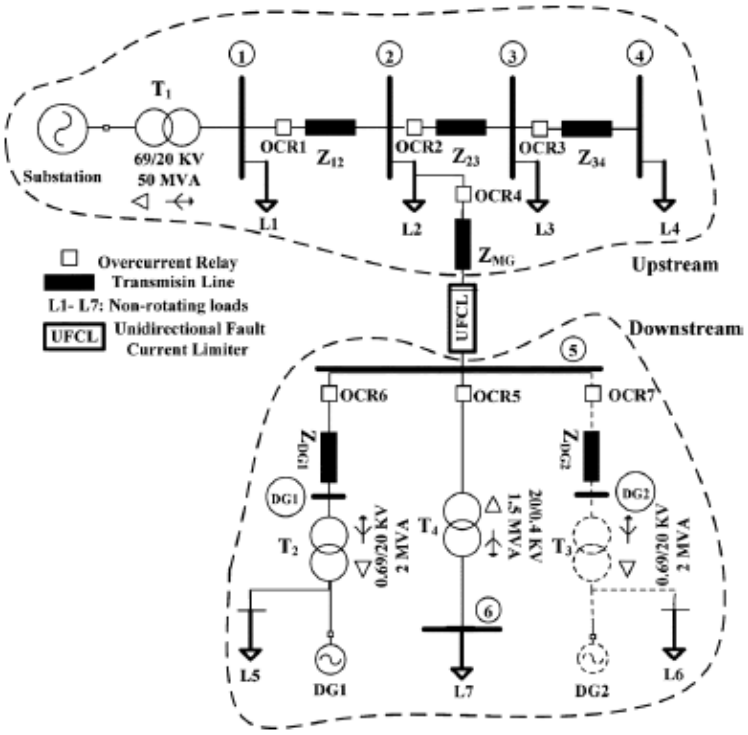
[1] Fault current limiter

وقوع خطا میزان امپدانس موجود در مسیر جریان به اندازه‌ای بالا می‌رود که از افزایش جریان اتصال کوتاه بیش از مقدار تعیین شده جلوگیری می‌کند.



شکل ۱-۲:توضیحی ساده از عملکرد FCL

سرمایه گذاری بر روی محدودساز جریان خطا در مقیاس بزرگ از سال ۲۰۰۷ توسط کشور های توسعه یافته شروع شده است [2].



شکل ۱-۳: قرار گیری FCL میان سطوح مختلف شبکه

شکل ۱-۳ نحوه قرارگیری محدودساز جریان خطا به منظور کاهش جریان خطا (ناشی از اضافه کردن منابع تولید پراکنده) نشان می‌دهد.

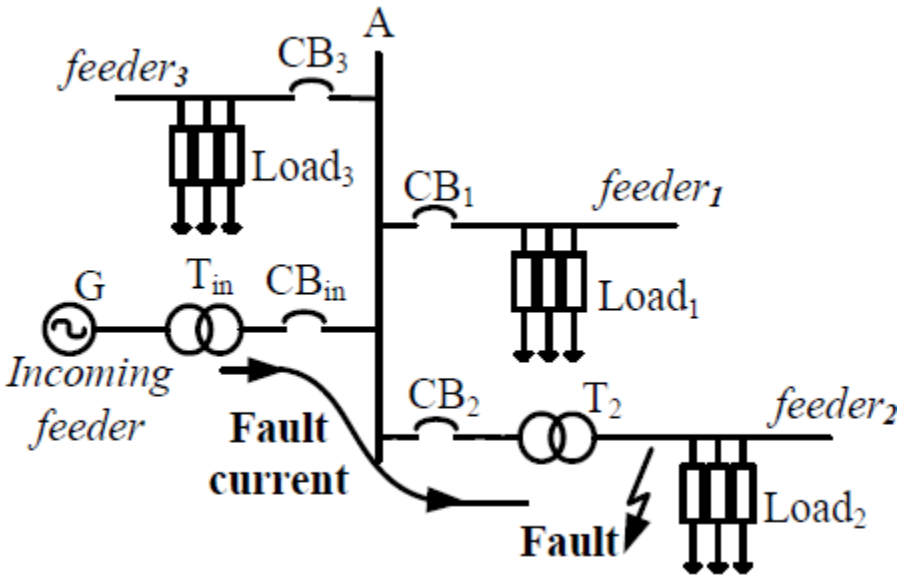
FCL ابتدا برای کنترل جریان در ولتاژ های متوسط کاربرد داشته و کاربرد آن به کشتی ها، زیردریایی ها و ناوهای هواپیمابر نظامی به منظور کاهش جریان خطا استفاده محدود می شده که با شناخته شدن اثرات مثبت آن، استفاده از FCL در شبکه قدرت نیز مطرح گردید. توسعه محدودساز جریان خطا تا کنون بیشتر بر روی انواع ابررسانا بوده است که البته این نوع محدودسازها هزینه بسیار زیادی داشته و کشورهای کمی روی آن سرمایه‌گذاری کرده‌اند. البته با ظهور ابررساناهای گرم هزینه تولید محدودساز نوع ابررسانا کاهش پیدا کرده است. انواع دیگری از محدودساز ها نیز مورد مطالعه قرار گرفته اند که هرکدام مزایا و معایب خاص خود را دارند.

۱-۳- مروری بر سیستم های حفاظت شبکه قدرت

موقعیت یابی[1] ،پیش بینی[2] و حفاظت[3] اصول اساسی مقابله با خطا در شبکه قدرت هستند [3]. سیستم حفاظتی شبکه قدرت با مکان یابی محل وقوع خطا (با استفاده از رله های اضافه جریان و دیستانس[4]) و با استفاده از کلیدهای قدرت[5] موجود اقدام به قطع قسمت خطا کرده تا نیروهای پشتیبانی به منظور رفع عیب به محل وقوع خطا مراجعه کنند. به منظور کوتاه کردن فرآیند رفع خطا هر چه میزان مناطقی که دچار بی برقی می شوند کمتر باشد پیدا کردن محل خطا آسانتر و به طبع آن رفع خطا نیز با سرعت بیشتری انجام می شود. به همین منظور رله‌های اضافه جریان به گونه ای تنظیم می‌شوند که رله های

[1] location
[2] prediction
[3] protection
[4] Distance
[5] Circuit breakers

دورتر از محل انتشار انرژی(نیرو گاه یا پست) از لحاظ زمانی زودتر قطع کرده تا رله های بالا دستی دستور قطع را صادر نکنند که در حقیقت در این آرایش رله های بالا دستی نقش پشتیبان[1] را دارند.البته باید در نظر داشت که از لحاظ تعیین زمان قطع رله‌های پایین‌دستی، با محدودیت‌هایی مواجه هستیم. چرا که زمان قطع رله‌های پشتیبان باید بیشتر از رله‌های اصلی تعریف شود تا در صورت وقوع خطا در نزدیکی نیروگاه و یا پست با مشکل جدی مواجه نشویم.



شکل ۱-٤:در صورت عمل نکردن حفاظت انتخابی حرکت انرژی به فیدر ۱ و ۲ قطع می شود در صورتی که با قطع به موقع جریان خطا توسط مدارشکن ۲ جریان انرژی به فیدر[2] ۱ ادامه خواهد داشت.

شکل ۱-٤ نشانگر این موضوع است که اگر کلید قدرت دو به موقع قطع نکند فیدرهای شماره یک و دو هر دو بی برق می‌شوند در حالیکه با عملکرد به موقع کلید قدرت دو می توان انتقال انرژی به فیدر یک را حفظ کرد.

[1] Back up
[2] Feeder

تنظیمات رله‌های اضافه جریان با توجه به میزان جریان خطای قابل پیش بینی در سطوح مختلف صورت می گیرد، یعنی با توجه به امپدانس اتصال کوتاه شبکه میزان جریان اتصال کوتاه به دست آمده و در تنظیم رله ها مورد استفاده قرار می گیرد.

با توسعه شبکه قدرت در بستر های موجود که به بیشتر به واسطه توسعه منابع تولید انرژی پراکنده صورت می پذیرد میزان جریان اتصال کوتاه شبکه تحت الشعاع قرار می‌گیرد و از طرفی جریان اتصال کوتاه جزو پارامترهای اصلی در تنظیم یک رله اضافه جریان می باشد در نتیجه تنظیمات سیستم حفاظتی با نیاز شبکه فاصله گرفته از طرفی جریان قابل قطع توسط کلیدهای قدرت (که در طراحی اولیه با توجه به جریان اتصال کوتاه انتخاب شده‌اند) نیز با محدودیت مواجه است و کلیدهای قدرت توانایی قطع چنین جریان بالایی را ندارند. لذا در لحظه خطا در شبکه، سیستم حفاظتی به درستی عمل نکرده و ممکن است که شبکه آسیب جدی ببیند.

از تاثیرات منفی افزایش جریان خطا بر سیستم حفاظتی می توان به از بین رفتن هماهنگی بین رله های اضافه جریان اشاره کرد، به طوری که ممکن است رله اصلی ممکن است قبل از رله پشتیبان قطع کرده و حفاظت انتخابی را از دست بدهیم.

برای رفع مشکل ناهماهنگی رله ها به دلیل اضافه شدن جریان اتصال کوتاه دو راه در پیش رو داریم :

- استفاده از رله های جدید و تنظیم مجدد آنها (تنظیم باید به تناوب در صورت تغییر ویژگی های شبکه صورت گیرد)
- تنظیم مجدد رله ها با در نظر گرفتن یک سطح محدود شده جریان(این تنظیم فقط یکبار انجام می گیرد)