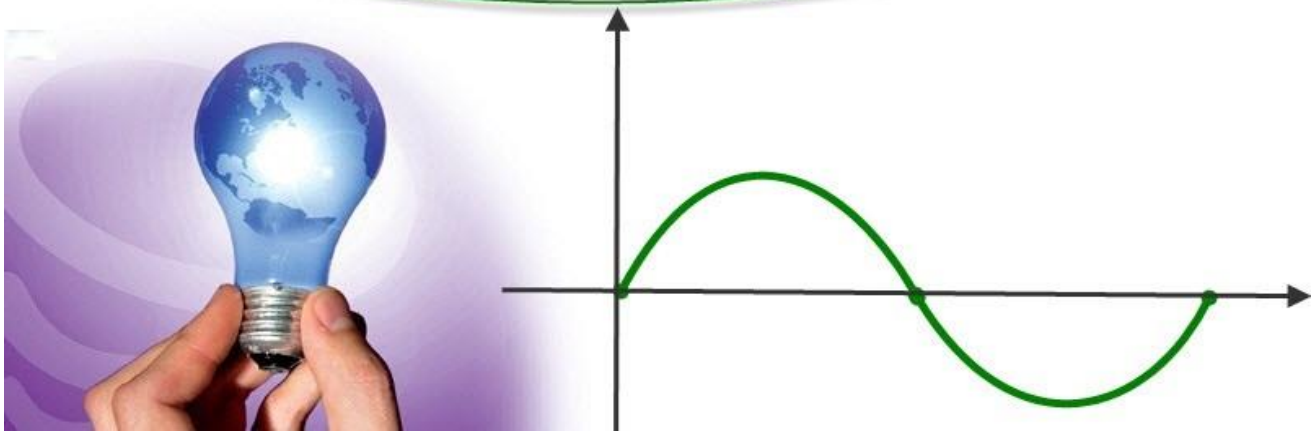
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

بسم الله الرحمن الرحیم



برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

موضوع پروژه:

بررسی و نقش خازن ها در تنظیم رله های حفاظتی

WikiPower.ir

برای خرید فایل wordاین پروژه اینجا کلیک کنید.

(شماره پروژه = ۳۳۰)

پشتیبانی: ۰۹۳۵۵۴۰۵۹۸۶

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

چکیده:

به منظورعملکرد صحیح رله های شبکه قدرت درحفاظت اصلی بادپشتیبان ایجاد هماهنگ بین آنها ضروری است این هماهنگی باید بین رله های اصلی و پشتیبان بایداز نوع ارت فارت ودیستانس ویا رله های جریان زیاددیستانس کاملا با طریقه هماهنگی بین رله های هم نوع متفاوت می باشد.

برای اولین بار با استفاده از هماهنگی وتجزیه وتحلیل روشهای مختلف صورت پذیرفته وبا تعیین بهینه ترین روش برای هر حالت برنامه کامپیوتری متناسب نوشته شده است که تنظیم رله ها را با درنظر گرفتن عمل متقابل بین دو نوع رله متفاوت

جریان زباد ودیستانس وبه عبارت دیگر میتوان در اینرله تاثیر اثر خازنی خط را بر روی ناحیه حفاظتی رله دیستانس را بررسی کرد چرا که عملکرد رله دیستانس بر اساس امپدانس اندازه گیری شده تا محل خطااست.

الگوریتم بهینه جهت ایجاد هماهنگی در ترکیب رله های جریان زیاد دیستانسو ترکیب رله های ارت فارت ودیستانس که موضوع جدیدی است بدست امده است .

آنچه که از موضوع هماهنگی برداشت می شود مشخصه عملکرد زمان و جریان در رله های مختلف است بدین معنی که رله هاباید هم از نظر زمان وهم از نظر جریان دررله های مختلف هماهنگ باشند.

زیراهر کدام به تنهایی مشکلاتی را به وجود می آورنددر ضمن امروزه در صنعت شاهد

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

رشدروز افزون مباحث دیجیتال وورود دیجیتال به عرصه مستقیم وبه تبع آن سیستم های آنالوگ به کل در حال خروج از ئده کاری مهندسان به ویزه مهندسان حفاظت اند به طوریکه نحوه حفاظت وسیگنال دهی بر روی خطوط نیز متفاوت است روشهای نوین دیجیتال حفاظت را مطمعن تر می کند.

وباعث ایجاد بهروری بیشتر روشهای هماهنگی رلههای جریان زیاددیجیتال و عملکرد رله های جریان میشود

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
چکیده:	
مقدمه:	۱
فصل اول: معرفی انواع رله ها	۴
مقدمه:	۵
۱-۱- رله های اضافه جریان	۶
۱-۲- رله های اضافه جریان- اتصال کوتاه	۷
۱-۳- مشخصه قطع رله های اضافه جریان	۷
۱-۴- هماهنگ کردن رله های اضافه جریان	۸
۱-۵- رله های حفاظت اتصال زمین	۹
۱-۶- رله زمانی (تایمر)و انواع آن	۱۱
۱-۷- زمان معکوس نرمال	۱۷
فصل دوم: بررسی نقش خازن های قدرت در تنظیم بهینه رله حفاظتی اتصال زمین	۲۰
مقدمه:	۲۱
۲-۱- بررسی نقش خازن های قدرت در تنظیم بهینه رله حفاظتی	۲۱
۲-۲- محاسبه ولتاژ ظاهر شده در نقطه نول از طریق انتقال خازنی	۲۳

۳-۲- بررسی موضوع در یکی از نیروگاههای ایران ۲۵
نتیجه گیری(۲) ۳۱
فصل سوم: بهبود روش حفاظت واحد برای حفاظت خطوط جبران شده با خازن سری ۳۳
مقدمه: ۳۴
۳-۱- اثر جبران سری خط روی عملکرد رله دیستانس ۳۷
۳-۱-۱- کاهش اندازه زون حفاظتی ۳۷
۳-۱-۲- معکوس شدن ولتاژ ۳۹
۳-۱-۳- معکوس شدن جریان ۴۱
۳-۱-۴- تأثیر حفاظت اضافه ولتاژ خازن سری ۴۲
۳-۲- حفاظت واحد خط انتقال ۴۳
۳-۲-۱- DCB ۴۳
۳-۲-۲- 2DCUB ۴۳
۳-۲-۳- 3POTT ۴۴
۳-۲-۴- 4PUTT ۴۴
۳-۳- بهبود حفاظت واحد خط جبران شده با خازن سری با استفاده از روش پیشنهادی ۴۵
۳-۴- شبیه سازی روش پیشنهادی ۴۹

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

نتیجه گیری(۳) ۵۹

فصل چهارم:امپدانس اندازه گیری شده توسط رله های دیستانس با در نظر گرفتن ظرفیت خازنی خط ۶۳

مقدمه: ۶۴

۴-۱- امپدانس اندازه گیری شده توسط رله دیستانس ۶۷

۴-۲- مشخصهٔ امپدانس اندازه گیری شده ۷۳

۴-۳- تغییرات امپدانس انداز ه گیری شده ۷۸

۴-۳-۱- زاویهٔ بار ۸۱

۴-۳-۲- نسبت ولتاژها ۸۴

۴-۳-۳- عوامل ساختاری ۸۶

۴-۳-۴- طول خط ۹۱

نتیجه گیری(۴) ۹۳

نتیجه گیری ۹۶

منابع و مآخذ ۱۰۰

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

مقدمه:

به کارگیری خازن ها در سیستم های انتقال ،AC خصوصاً در خطوط انتقال طولانی، اقدامی مؤثر و اقتصادی برای افزایش قابلیت انتقال خطوط و بهبود پایداری گذرا و ماندگار سیستم محسوب می شود .علاوه بر این ا ستفاده از جبران سری موجب کاهش افت ولتاژ خط و بهبود پروفیل ولتاژ خط نیز می گردد. علیرغم مزایای فوق در بهبود عملکرد

سیستم، خازن و تجهیزات حفاظتی آن مشکلاتی جدی نیز برای حفاظت خطوط ایجاد می کند . عملکرد رله دیستانس که متداول ترین رله حفاظتی در شبکه انتقال می با شد معمولاً به شدت تحت تأثیر جبر ان سری خازنی قرار می گیرد و این مسأله می تواند باعث عملکرد اشتباه رله د یستانس گردد

مهم ترین مشکل ایجاد شده در نتیجه ی جبران سری خط آن است که امپدانس اندازه گیری شده توسط رله، دیگر نشان دهنده فاصله ی واقعی نقطه خطا تا محل رله نمی باشد.

اگر ژنراتور با بار نامتفاوتی مواجه شـود، جریانهای بار نامتقارن را در ژنراتور میتوان به مولفه‌های مثبت، منفی و صفر تجزیه کرد. مجموعه مولفه‌های متعادل به شرح زیرند:

الف) مولفه‌های ترتیب مثبت: شـامل سـه بردار با دامنه یکسـان و اختلاف فاز ۱۲۰ درجه و دارای همان چرخش فاز سیستم ا صلی (به عنوان مثال توالی فاز مثبت abc) و م شابه جریان بار متعادل ایجاد میدانی با سرعت سنکرون و در جهت دوران روتور می‌کند.

ب) مولفه‌های ترتیب منفی: شـامل سـه بردار با دامنه‌های یکسـان و اختلاف فاز ۱۲۰ درجه و با چرخش‌های فازی مخالف با مولفه‌های ترتیب مثبت (به عنوان مثال توالی فاز منفی acb)

ایجاد میدانی با سرعت سنکرون ولی در جهت مخالف با دوران روتور کرده و لذا جریان‌هایی با دو برابر فرکانس سیستم را در روتور القاء می‌کند.

ج) مولفه‌های ترتیب صفر: شامل سه بردار هم دامنه بدون اختلاف فاز بین یکدیگر، که این مولفه صفر جریان هیچگونه عکس‌العمل آرمیچری را ایجاد نمی‌کند.

خطاهای سیستم اغلب از نوع نامتقارن است و از آنجایی که این خطاها باعث عبور جریان نامتقارن در سیستم می‌شوند، روش مولفه‌های نامتقارن برای محاسبات جریان و ولتاژ نقاط مختلف سیستم در خلال خطا، بسیار مفید است.

هدف از زمین نمودن نقطه صفر ژنراتور از طریق یک امپدانس و یا مقاومت ،محدود نمودن اضافه ولتاژهای گذرا، جلوگیری از افزایش خسارات در نقطه اتصالی و ایجاد حساسیت جهت تشخیص اشکالات عایقی ژنراتور میباشد.

اگر مقاومت زمین کننده از حد مطالعه شده ای بزرگتر انتخاب شوداضافه ولتاژهای گذرای نامطلوبی را ممکن است ایجاد نماید .و در مقابل کاهش ببیش از حد مقاومت مذکور نیز، موجب بوجود آمدن خسارات شدیدی در هنگام وقوع یک اتصال زمین در منطقه حفاظت شده رله اتصال زمین استاتور خواهد شد.

اضافه ولتاژهای انتقالی ا.زنوع خازنی تقریباً مستقل از نسبت تبدیل ترانسفورماتور بوده و رایجترین آنها که بر اثر آنها که بر اثر وقوع اتصال زمین در شبکه از طریق ترانس ستاره – مثلث واحد به طرف ژنراتور انتقال یافته و موجب ظاهر شدن ولتاژی در نقطه صفر ژنراتور میگردند، محدودیت هایی را در حساس تر نمودن تنظیم رله های معمولی اتصال زمین استاتور بوجود می

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

آورند . بطوریکه رله های مذکور حداکثر تا 95 % سیم پیچی ژنراتور را می توانند حفاظت نمایند و این امر موجب میگردد که اگر یک نقطه از سیم پیچی نزدیک نقطه صفر ژنراتور (در منطقه حفاظت نشده) زمین شود، ضمن اینکه رله حفاظتی قادر به تشخیص آن نخواهد.

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل اول:

معرفی انواع رله ها و نقش خازن ها در آنها

مقدمه:

رله ها در ولتاژ و جریان بالا کار نمی کنند و ولتاژ و جریان ناشی از اتصال کوتاه توسط وسایلی مانند ترانسفورماتور ولتاژ(P.T) و جریان(C.T) تبدیل به مقدار کمتری می شوند و رله ها باآن ولتاژ و جریان کم کار می کنند.به لحاظ نوع حفاظت لازم است ازC.Tها یاP.Tها یا ترکیبی از این دو استفاده شود.در اینجا به اصول ساختمانی انواع رله ها که طبیعتاً رله جریان زیاد نیز جزو آنهاست پرداخته می شود.

الف)رله های جریانی:

این رله ها دریک مقدار مشخص جریان(تنظیم جریانی) که قبلا معین شده است کار می کنند.رله های جریانی شامل رله های جریان زیاد و جریان کم هستند.

ب)رله های ولتاژی:این رله ها در یک مقدار مشخصی از ولتاژ(تنظیم ولتاژی)که قبلا معین شده است شروع به کار می کنند.رله های ولتاژی نیز همانند رله های جریانی به رله های ولتاژ زیاد و رله های ولتاژ کم تقسیم می شوند.

ج)رله های توان:این رله ها براساس یک میزانی از قدرت عمل می کنند.رله های توان به دو دسته قدرت کم و قدرت زیاد تقسیم می شوند.

د)رله های جهت دار:

-جریان متناوب:این رله ها بر اساس ارتباط زاویه فاز بین کمیت های آن عمل می کنند.

-جریان مستقیم:رله های جهت دار براساس جهت جریان عمل کرده و معمولا رل های با مغناطیس دایم و سیم پیچ متحرک هستند.

ه)رله های فرکانسی:رله های فرکانسی براساس فرکانس از قبل تعیین شده عمل می نمایند.این رله ها شامل کم و فرکانس زیاد هستند.

و)رله های حرارتی:رله های حرارتی بعنوان عناصر حفاظتی در یک درجه حرارت تعیین شده عمل می نمایند.

ز)رله های تفاضلی:عملکرد این رله ها براساس تفاضل مقداری یا برداری دو کمیت همچون جریان الکتریکی یا ولتاژ استوار است.

ح)رله های دیستانس:رله های دیستانس بر طبق فاصله بین ترانسفورماتورهای حفاظتی و خطاعمل می کنند.به عبارت دیگر فاصله به کمیتهایی چون مقاومت ، راکتانس یا امپدانس، تبدیل شده و اندازه گیری می شود.

WikiPower.ir

۱-۱- رله های اضافه جریان

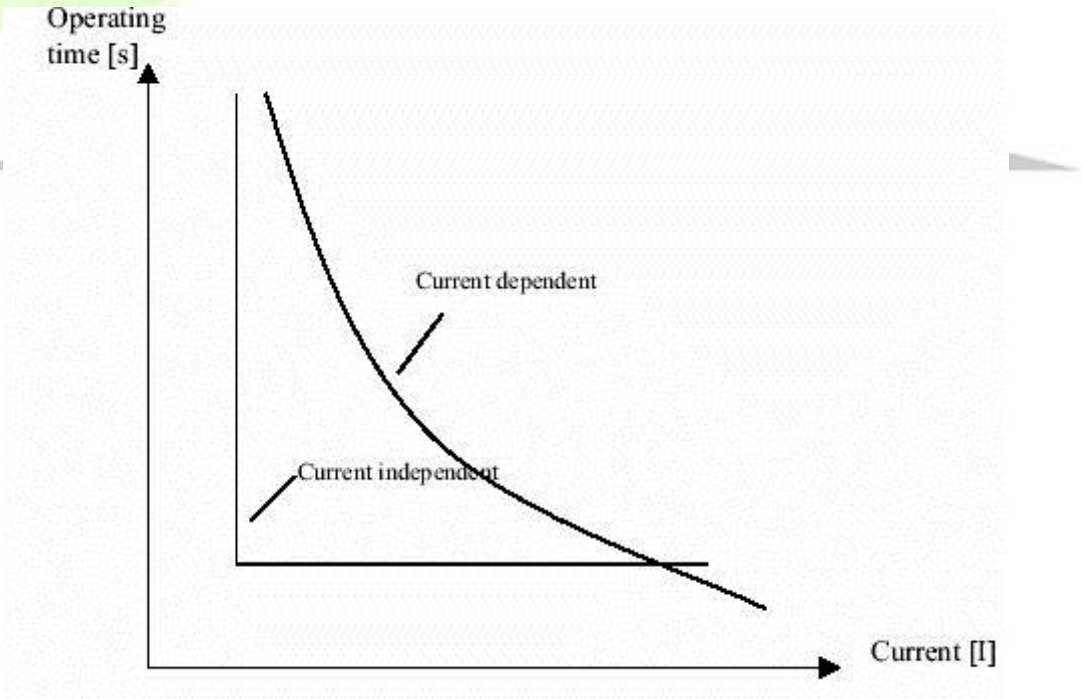
سه نوع رله اضافه جریان داریم : رله اتصال کوتاه ,رله اتصال زمین و رله اضافه بار .

عملکرد این رله ها بر اساس مقایسه بین جریان عبوری از آن و جریان تنظیم شده برای آن است . رله های اضافه جریان دارای ساختاری ساده و قیمت ارزانی هستند ولی کاربرد آنها و نصب آنها خیلی مشکل است. مهمترین مشکل در خصوص این رله ها تنظیم ماکزیمم جریان عبوری بر حسب زمان است . تنظیم خصوصیات مختلف رله و هماهنگی آنها ممکن است موجب ایجاد عملکرد اشتباه در رله شود .و این یکی از دلایلی است که این رله ها فقط به عنوان حفاظت پشتیبان و یا حفاظت

شبکه های توزیع شعاعی استفاده می شود.به همین دلیل ما در این پایانامه فقط شبیه سازی رله های اتصال کوتاه را بررسی می کنیم .

۲-۱- رله های اضافه جریان- اتصال کوتاه

جریان خطوط انتقال با ورودی متغیر وارد این رله ها می شود و عمل کرد این رله ها مستقل از جهت جریان است . اگر تشخیص جهت جریان مهم باشد ولتاژ به عنوان یک ورودی دیگر اضافه می شود . رله های اضافه جریان به دو دسته مستقل از زمان و وابسته به زمان تقسیم می شود و بسته به کار برد آنها این رله ها انتخاب می شوند و انتخاب یک رله با یک مشخصات خاص زیاد مهم نیست.

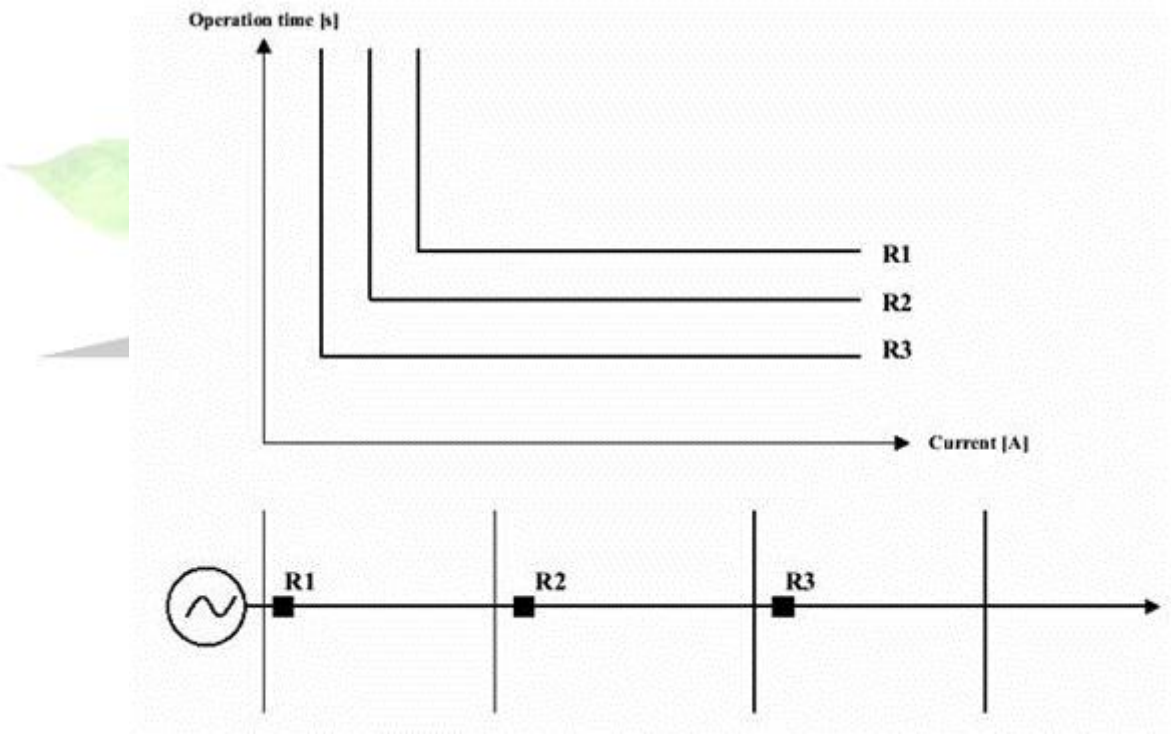


شکل (۱-۱) میزان حفاظت توسط رله ها

۳-۱- مشخصه قطع رله های اضافه جریان

دراروپا انتخاب رله بیشتر به محل کاربرد آن دارد ولی درآمریکا انتخاب رله بسته به جریان آن

دارد . انتخاب رله خود یک مساله است و هماهنگی بین رله ها در شبکه مساله دیگری است . جریان عملکرد رله ها همیشه جریانی است که بیشتر از ماکزیمم جریان عبوری از رله در حالت نرمال آن است برای جلوگیری کردن از قطع کردن رله ها در مورد غیر لزوم . جریان عملکرد رله ها باید طوری تنظیم شود که حفاضتی برای سکشنهای بعدی ما ایجاد کند و همچنین پشتیبانی باشد برای دیگر رله ها. به عنوان مثال اگرخطایی در انتهای خط بعدی اتفاق افتد از آن به عنوان یک پشتیبان حفاظت کند .



شکل (۲-۱)

۴-۱- هماهنگ کردن رله های اضافه جریان

برای انتخاب زمان قطع رله ها کمترین زمان قطع برای رله ای تنظیم می شود که به بار نزدیکتر است و برای رله ای که از بار فاصله دارد بیشترین زمان در نظر گرفته می شود . خطاهای اتصال کوتاه با جریان زیاد خیلی بیشتر از اتصال کوتاه با جریان کم به وجود می آید . این موضوع برای

ما جالب نیست زیرا نه تنها ما باید از تجهیزات در مقابل اتصال کوتاه محافظت کنیم بلکه باید از ناپایداری شبکه نیزجلوگیری کنیم. وجود مش بندی های مختلف شبکه های قدرت امکان این که ما یک روش تنظیم مناسب وداری قابلیت انتخاب بالا برای حفاظت شبکه در مقابل اضافه جریان پیدا کنیم غیر ممکن می سازد. برای رفع این مشکل از رله های اضافه جریان جهت یاب استفاده میکنیم که وابسته به جریان هستند.حتی با استفاده از این رله ها پیدا کردن روش هوشمند برای پیدا کردن و رفع خطا در شبکه مشکل است. در این روش اگر همه رله ها در یک جریان مشخص تنظیم شده باشد رله ای ابتدا قطع میکند که بیشترین جریان خطا را دیده باشد. تریپ این رله درست بوده زیرا جریان درجایی افزایش یافته که به این رله نزدیکتر بوده است . رله های اتصال کوتاه رله هایی هستند که در سطح خطوط انتقال استفاده می شوند و در این پایانامه فقط به عنوان یک حفاظت پشتیبان روی انها بحث می شود .

۵-۱- رله های حفاظت اتصال زمین

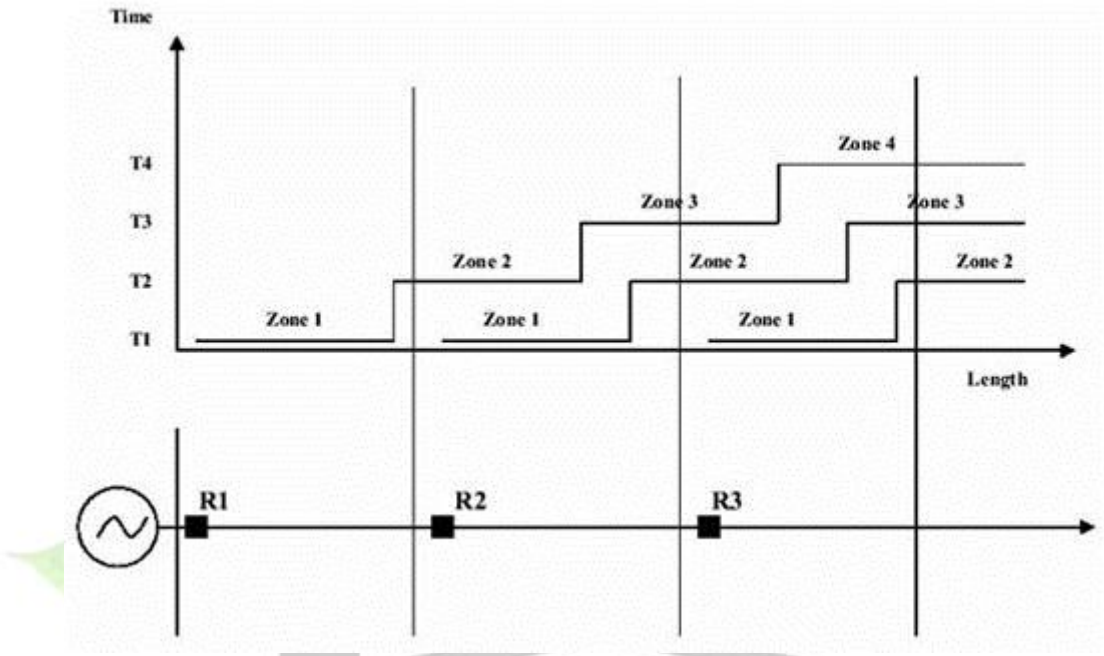
در سیستمهای قدرت که به صورت متعادل کار می کند اختلاف جریان بین فازها بسیار کم است . در صورت بروز خطای اتصال زمین اختلاف جریان فازها تفاوت زیادی با هم خواهند داشت. بنابراین برای تشخیص بروز این خطا درشبکه از اختلاف جریانها استفاده می شود که به جریان بار بستگی نداشته باشد . در نقاطی که نقطه صفر ما زمین شده باشد همان حفاظت اضافه جریان این کار را انجام میدهد و در دیگر شبکه ها حفاظت دیستانس این کار را انجام می دهد .

در حالت عادی نقطه مورد نظر باید در سمت راست مبدا و به فاصله زیادی از آن قرار گرفته باشد (نقطه ۱) در هنگام بروز خطا این نقطه به سمت مبدا حرکت می کند و داخل منحنی مشخصات قطع

رله می شود(نقطه ۲) . نکته حائز اهمیت این است که پارامترهای خط همیشه ثابت نیست و عواملی مانند شرایط بار و محیط و جبرانگرهای افت ولتاژ در شبکه بر ان تاثیر می گذارد . ترانسورماتورهای اندازه گیری و رله ها نیز درصدی از خطا دارند که با خطای پارامتری خط با هم خنثی می شوند . در شکل ۴ نمودار حفاظت دیستانس نشان داده شده است . این نکته در نمودار دیده می شود که رله ها حفاظت اصلی برای ناحیه خود و پشتیبان برای خطهای دیگر هستند .

همامنگی این رله ها با زمان بندی مختلف آنها انجام می شود . ناحیه اول باید ۸۰ درصد خط خود را بدون هیچ تاخیری پوشش دهد . به علت خطاهایی که در پارامترهای خط وجود دارد و قبلا به ان اشاره شد و مقاومت ناحیه ۱ نمی تواند تمام طول خط را توسط ناحیه ۱ حفاظت کرد . ناحیه دوم ۲۰ درصد باقیمانده خط خود را پوشش می دهد بعلاوه پشتیبانی برای رله شماره ۲ است . ناحیه سوم پشتیبانی برای رله ۲ و ۳ است .هنگامی که در خط ۲ خطائی بین رله ۲ و ۳ رخ دهد نه تنها رله ۲ این خطا را می بیند R۱ نیز آن را تشخیص می دهد. در این حالت R۲ باید خط ۲ را از مدار خارج کند چون این رله اول خطا را تشخیص داده است و در نهایت ناحیه ۲ همان رله نیز این خطا را تشخیص داده است . رله R۱ نیز در ناحیه ۲و۳ خود این خطا را تشخیص می ذهد ولی آنقدر باید منتظر بماند تا این خطا در ناحیه عمل کرد آن بماند و یا رلهR۲ عمل نکند.در عمل طول ناحیه دوم ۱۲۰-۸۰٪ طول خط اول است بعلاوه ۲۰٪خط اول که باقیمانده و حفاظت پشتیبان یا اضافی نامیده می شود. وظیفه آن حفاظت از انتهای خط اول باس بار است .طول ناحیه ۳ معمولا ۱۲۰ ٪ بزرگترین خط مجاور است. استفاده بیشتر از ۳ذون خیلی کم و به ندرت برایشبکه های قدرت استفاده میشود به هر حال اساس ناحیه ۳ تامین کردن ۱۰۰ درصد حفاظت پشتیبان است برای

کلید مدارهای جانبی و زمان عمل کرد آن بسته به مدارات جانبی دارد .



شکل (۳-۱) اساس حفاظت دیستانس

WikiPower.ir

۶-۱- رله زمانی (تایمر)و انواع آن

یکی از وسایل فرمان دهنده مدار های کنترل اتوماتیک ،تایمر ها یا رله های زمانی هستنند که وظیفه کنترل مدار را برای مدت زمان معینی بر عهده دارند.اصول کار رله ها همانند کنتاکتور ها است با این تفاوت که در رله ها:۱-تمام کنتاکت ها از لحاظ فرم ظاهری شبیه هم هستنند و در مدار های فرمان شرکت می کنند .۲-کنتاکت ها بنا به مقتضیات کار ممکن است به طور لحظه ای یا با تاخیر زمانی قطع و وصل شوند . در این صورت نام رله ،رله لحظه ای یا رله با تاخیر زمانی خواهد بود.۳-رله ها همچنین ممکن است دارای کنتاکت های لحظه ای یا با تاخیر زمانی باشند.البته منظور از تاخیر زمانی فاصله زمانی است که بین عمل کنتاکت (اعم از باز شدن یا بسته شدن) از لحظه اتصال

سیم پیچ رله به ولتاژ به وجود می آید.تا کنون در صنعت برق رله های زیادی ساخته شده اند که مشخصات مختلفی داشته و هر یک برای کار بخصوصی مورد استفاده قرار می گیرند.برای مثال در انتقال انرژی و حفاظت خطوط ،از یک رله خاص استفاده می کنند.یک جور رله دیگر که مشخصات بخصوص دیگری دارد در صنعت نساجی و رله دیگر در جای دیگر....

۱-رله زمانی موتوری یا الکترو مکانیکی

این رله بر اساس ساعتی کار میکند که محرک چرخ دنده های آن موتور آسنکرو سنکرو و بیشتر موتور با قطب چاکدار است می باشد.اصول کار آن به این صورت است که دور موتور توسط یک سیستم چرخ دنده کاهش می یابد بطوری که در نهایت ،آخرین چرخ دنده کنتاکت را خیلی به آرامی با یا بسته می کند. زمان شروع رله از لحظه راه اندازی موتور محسوب می شود.توسط این رله می توان زمان هایی از حدود ثانیه تا حدود ساعت ،و حتی روز و هفته تنظیم نمود.محل دیسک در لحظه شروع به کار ،قابل تنظیم است و پس از تنظیم زمان آن (توسط زایده خارجی) و تغذیه تایمر ،موتور با دور ثابت به حرکت در می آید و با گردش موتور ،زمان تایمر شروع می شود. پس از گردش ،به علت برخورد با زایده دیسک ،متوقف می شود و به میکرو سویچ داخلی فرمان می دهد و کنتاکت های تایمر عمل می کنند و به طور اتوماتیک قطع می شوند و موتور یا هر وسیلهء دیگر از کار می افتد.البته رله های جدیدی است که هنگام عمل کنتاکت بازی را بسته و کنتاکت بسته ای را باز می کند و می توان موتوری را خاموش یا روشن کرد یا نیرو را از مو توری به موتور دیگر انتقال داد .

۲-رله زمانی الکترونیکی

از تایمر های الکترونیکی برای تنظیم زمان های کمتر از ثانیه تا چندین ثانیه استفاده می شود. در ساختمان این تایمر ها ،از مدار ها و اجزای الکترونیکی استفاده می شود.در در نوعی از این تایمر ها با شارژ و دشارژ شدن یک خازن بوبین یک رله کوچک تحریک می شود. اصول ساختمان رله الکترونیکی بر مبنای مدار RC (خازن و مقاومت)و بر حسب تاخیر زمانی استوار است .تنظیم این نوع تایمر ها بستگی به مقاومت سر راه خازن دارد.در ساده ترین نوع تایمر الکترونیکی در تایمر نوع خازنی ،رله هنگامی وصل می شود که خازن شارژ بشود و ولتاژ دوسر آن برابر ولتاژ وصل رله گردد.پس از وصل رله ،با ذخیره شدن در خازن روی مقاومتی که توسط کنتاکت باز رله به دو سر خازن وصل می شود تخلیه می گردد.در این نوع با تغییر ظرفیت خازن می توان زمان تایمر را تنظیم کرد.

۳-رله زمانی نیو ماتیکی

در این رله ا خاصیت ذخیره سازی و فشردگی هوا استفاده می شود .به این ترتیب که رله هنگام رها شدن،خیلی راحت رها می شود.وقتی که بوبین تحریک قسمت متحرک را جذب می کند ،اهرم،قطعه ای را که به شکل دم آهنگری است فشار خواهد داد .هوای دم از طیق سوپاپ یک طرفه خارج می شود. وقتی که بوبین از تحریک خارج می شود ،فنر دم را منبسط می کند .دم از طریق سوپاپ تنظیم ،از هوا پر می شود.سرعت انبساط دم در رابطه با پیچ تنظیم تفاوت می کند وقتی که دم به حالت عادی برگشت ،کنتاکت ها عمل می کنند.بنابراین به وسیله تنظیم کردن پیچ تنظیم ،عمل کردن کنتاکت ها را می توان تعقیر داد.کار این زمان سنج شبیه تایمر موتوری است ؛با این تفاوت که زمان سنج موتوری پس از تنظیم و وصل بوبین آن به ولتاژ شروع به کار می

کند،ولی زمان سنج نیو ماتیکی پس از قطع بوبین آن از ولتاژ شروع به کار می کند.

۴-رله زمانی بی متال یا حرارتی (تایمر حرارتی)

این نوع تایمر با استفاده از خاصیت بی متال کار می کند و در انواع رله ذوب شونده ،رله حرارتی بی متال و رله حرارتی منعکس کننده میله ای ساخته می شوند.زمانی که جریان از بی متال عبور می کند گرم میشود و پس از مدتی در اثر تعقیر شکل عمل کرد مدار را قطع یا وصل میکند.دقت این نوع تایمر زیاد نیست و آب و هوای محیط بر روی آن اثر می گذارد به طور کلی می توان رله های زمانی را به دو دسته تقسیم کرد:

الف-رله های تاخیر در وصل(ON-DELAY) :به رله ای گفته می شود که باید به رله انرژی داده شود و سپس رله عمل کرده کنتاکتی را باز یا بسته کند؛مثل رله زمانی موتوری.

ب-رله تاخیر در قطع(OFF-DELAY) :به رله ای گفته می شود که بعد از قطع شدن انرژی عمل کرده کنتاکتی را باز یا بسته کند؛مثل رله نیو ماتیکی.

۵-رله زمانی هیدرو لیکی

در این رله ها از سیستم هیدرو لیکی جهت تاخیر در مدار استفاده می شود. طرز کار آن طوری است که وقتی جریان برق به رله وصل می شود ،مقداری روغن در داخل آن جا به جا می شود.برای بازگشت روغن به مکان اولیه زمانی لازم است که این زمان را به عنوان زمان تایمر در نظر میگیرند.این رله ها را در مدارهای مختلف به کار می برند.اگر کسی از دوستان توضیح بیشتری در ارتباط با این رله دارد لطفا ارائه بده تا مطالب کامل تر شود.

۶-رله اضافه بار(حرارتی یا بیمتال)

دستگاه های الکتریکی را باید در مقابل خطرات و خطاهای احتمالی حفاظت کرد.یکی از راه های حفاظت موتورهای الکتریکی ،استفاده از رله حرارتی و رله مغناطیسی است رله حرارتی موتور را در مقابل اضافه بار حفاظت میکند.رله اضافه باری جهت کنترل جریان موتورهای الکتریکی بکار میرود و یک نوع رله حفاظتی است.این رله از دو فلز مختلف الجنس که ضرایب انبساط طولی مختلفی دارند تشکیل شده است. به اطراف این دو فلز به هم چسبیده ،یک رشته سیم حامل جریان الکتریکی پیچیده شده را طوری تنظیم کرد که در اثر افزایش کم جریان ،دستگاه مربوطه بدون دلیل و به سرعت قطع نشود با استفاده از این منحنی ها همچنین می توان آنرا طوری تنظیم کرد که زمان قطع زیاد شده و عبور جریان اضافی موجب صدومه به دستگاه نشود.شرایط کار این رله ها از(۲۰-)درجه تا (۶۰+)درجه سانتی گراد متغیر است .

۷- رله مغناطیسی

رله مغناطیسی نیز برای کنترل جریان به کار می رود . اصول کار این رله بر اساس پدیده مغناطیس پایه گذاری شده است .از این رله برای قطع جریان های اتصال کوتاه استفاده می شود.می دانیم که یک اتصال کوتاه باید سریع قطع شود بنابر این در چنین موقعیتی نمی توان از رله اضافه باری(حرارتی)استفاده نمودچون گرم شدن بیمتال رله به یک زمان نسبتا طولانی نیاز دارد.این رله از یک هسته مغناطیسی که اطراف آن چند دور سیم پیچیده شده تشکیل گردیده است.عبور جریان اتصال کوتاه باعث مغناطیس شدن و جذب اهرم قطع می شود.این رله را به طور مجرا به ندرت مورد استفاده قرار می دهند و در کلیدهای اتوماتیک از آنها بهمراه رله های حرارتی بهره می گیرند.

اگر زمان تایمر ما به زمان تنظیم شده برای قطع برسد سینگال قطع به خروجی داده می شود و می توان از قسمت قدرت رله برای باز کردن مدار استفاده کرد . زمان رله, زمان ثابت بیشتر از زمان تنظیم شده ماکزیمم زمان ذونها در رله دیستانس است برای جلوگیری از تداخل با امپدانس اندازه گیری شده .

۸- زمان معکوس

اصول کلی آن قبلا توضیح داده شده و زمان قطع آن متفاوت است . زمان آن بسته به جریان است و هر چه جریان ما بیشتر باشد زمان قطع سریعتر است .

اگر جریان ا خیلی بزرگتر از ا> باشد رله زمانی عمل می کند که رابطه زیر برقرار باشد.

۷-۱- رله زمان معکوس نرمال

متغیر های اضافه جریان

اگر رله زمان-معکوس اضافه جریان برای مدت کوتاهی به کار انداخته شود و بعد از آن سینگال تایمر آن قطع شود مثلا به دلایلی دیگر احتیاج به عمل کرد این رله نباشد, زمان تایمر رله بر روی صفر تنظیم نمی شود بلکه به صورت خیلی آهسته به سوی صفر برمیگردد.علت آن این است که عمل کردهای قبلی سیستم باید در آن ذخیره شود.عمل کرد اضافه جریان طوری ساخته شده است که یک حفاظت پشتبان است و هنگامی که دیستانس ها عمل می کند نباید هیچ واکنشی دهد .

۱- حفاظت دیستانس :

این مدلها بر اساس رله های شرکت ABB است .

نقاط R1R برای ناحیه های ۱ تا ۳ تنظیم شده است . زمان تنظیم شده برای ناحیه یک ۰,۱ ثانیه وبرای ناحیه دو۰,۴. ثانیه و برای ناحیه سه۰,۸ ثانیه است . هنگامی که امپدانس وارد ناحیه ۳ می شود تایمر رله روشن می شود هنگامی که امپدانس برای مدت زیادی در یکی از ذونها باقی ماند زمان آن با زمان قطع رله برابر می شود و رله دیستانس سیگنال قطع را true می کند .

شرایط قطع به صورت زیر اعمال می شود

۲- اضافه جریان

در این نوع حفاظت سنجش افت ولتاژ نیاز است. زیرا بعضی مواقع یک جریان نشتی خیلی کمی وجود دارد و مقدار جریان خطا به مقدار تنظیم شده بر روی رله نمی رسد تا رله قطع کند .

بنابراین از ولتاژ برای مشخص کردن اینکه چه موقع خطا در سیستم اتفاق افتاده است استفاده می شود

WikiPower.ir

۳- منطق عملکرد رله دیستانس

در منطق عمل کرد یک رله حفاظت دیستانس را می بینیم .همانطور که ملاحظه می کنید. ناحیه ۲ فقط موقعی خطا را تشخیص می دهد که ناحیه ۳ قبلا آن را تشخیص داده باشد.

۴-تشخیص دهنده نوسان

منطق تشخیص نوسان

اگر نوسان خارج از ذون ۳ باشد همه ذونها از یک قطع ناخواسته محافظت می شوند . سیگنال نشان دهنده نوسان تا جایی فعال می ماند که نوسان داخل ذون ۳ باشد .هنگامی که نوسان وارد ناحیه تشخیص نوسان شد تایمر روشن و هنگامی که ازآن خارج شد reset می شود ولی اگر نوسان وارد

ناحیه ذون ۳ شد وکم شدن امپدانس ادامه داشت زمان تایمر ثابت می شود و زمان اندازه گرفته شده را با مقدار ثبت شده درآن مقایسه می شود. مقدار تنظیم شده برای اولین نوسان ۴۵msee وبرای نوسانات بعدی ۱۵msec است.

۵-(رله های اتوماتیک قطع و وصل کردن)Auto reclosing

۸۰٪ خطاهای خط انتقال هنگامی که خط از مدار خارج می شود از بین می رود و اینگونه خطا ها به صورت گذرا هستند مثل صاعقه و درختان و شبیه اینها, هنگامی که خط از مدار خارج شود این خطا نیز رفع می شود و بعد ازآن دوباره می توانیم خط را وصل کنیم و به همین دلیل ما از ریکلوزها استفاده می کنیم .این کلیدها پس از باز شدن زمانی را صبر می کنند به عنوان مثال ۶۰۰msee و سپس کلید دوباره بسته می شود. اگر این کار با موفقیت انجام شد خط به حالت عمل کرد عادی خود بر می گردد و خطا رفع شده است و اگر این عمل موفقیت آمیز نبود رله دوباره فرمان قطع به بریکر می دهد و آن را باز می کند و خط از مدار خارج می شود تا مشکل خطا رفع شود و رله را به صورت دستی خاموش می کنند . بستن ریکلوزها بیش از سه بار بسیار خطرناک است و باید در یک محدوده مجاز انجام شود و این فرض وجود دارد که بیش از دو بار ممکن است موفقیت آمیز باشد یا ممکن است خسارتی به تجهیزات ما وارد کند و عمر آن را کم شود .

منطق عملکرد Autoreclosing

ریکلوزها ما فقط موقعی کار می کنند که خطای تشخیص داده شده در قسمت حفاظت اصلی ما رخ داده و درناحیه اول بوده و ناشی از اضافه جریان نباشد. در حالتهایی که خطای اتفاق افتاده شد خیلی پیچیده باشد از عمل کرد ریکلوزها جلوگیری می شود.در واقع ریکلوزرها قسمتی از رله است و

کلید جدا گانه نیستند. هنگامی که بریکر باز می شود و تایمر شروع به کار می کند بعد از یک پریود زمانی ۶۰۰ms بریکر دوباره بسته می شود . اگر خطا باز هم وجود داشته باشد رله دوباره عمل می کند و بریکر را باز می کند در غیر این صورت بریکر بسته می ماند و رله به کار خود ادامه می دهد.

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل دوم:

بررسی نقش خازن های قدرت در تنظیم بهینه رله حفاظتی اتصال زمین

مقدمه:

هدف از زمین نمودن نقطه صفر ژنراتور از طریق یک امپدانس و یا مقاومت ،محدود نمودن اضافه ولتاژهای گذرا، جلوگیری از افزایش خسارات در نقطه اتصالی و ایجاد حساسیت جهت تشخیص اشکالات عایقی ژنراتور میباشد.

اگر مقاومت زمین کننده از حد مطالعه شده ای بزرگتر انتخاب شوداضافه ولتاژهای گذرای نامطلوبی را ممکن است ایجاد نماید .و در مقابل کاهش ببیش از حد مقاومت مذکور نیز، موجب بوجود آمدن خسارات شدیدی در هنگام وقوع یک اتصال زمین در منطقه حفاظت شده رله اتصال زمین خواهد شد.

در این فصل سعی گردیده بدون کاهش در مقاومت نقطه صفر ژنراتور و با بررسی امکان نصب خاز نهای قدرت در طرف فشار ضعیف ترانسفورماتور ژنراتور ،بتوان مقدار ولتاژ ظاهر شده در نقطه صفر ژنراتور را در هنگام انتقال خازنی ولتاژ از طرف فشار قوی ترانس مذکور کاهش داده

و در نتیجه مقادیر تنظیم بهینه و حساستری برای رله های حفاظتی اتصال زمین استاتور از نوع 95 درصدی که اکثر ژنراتورهای موجود در نیروگاههای ایران نیز دارای این نوع حفاظت اتصال زمین می باشند، پیشنهاد نمود.

۱-۲- بررسی نقش خازن های قدرت در تنظیم بهینه رله حفاظتی

حداقل مقدار مقاومت موثر در نقطه صفر ژنراتور ، با مقدار جریان مجازی که حداکثر تا چند ثانیه و بدون اثرات مخرب می تواند از ورق ههای آهنی هسته استاتور عبور نماید محدود می گردد . حداکثر مقدار این مقاومت نیز با هدف جلوگیری از ایجاد اضافه ولتاژ گذرا به هنگام وقوع یک اتصال زمین قوسی و بدینصورت که مولفه اهمی جریان اتصالی نباید کمتر از جریان خازنی پسماند ژنراتور و وسایل متصل به آن باشد، محدود خواهد گردید. بطوریکه:

$$R \le \frac{1}{3} \times co \qquad (۱)$$

در معادله R(1) مقاومت زمین کننده موثر و $\frac{1}{3} \times co$ راکتانس خازنی نسبت به زمین مربوط به سیم پیچ ژنراتور ، ترانس قدرت واحد ، ترانسهای کمکی ،باس داکت ژنراتور و همچنین خازن های ضربه گیر (اگر موجود باشند) است، که در این مقاله نقش خازن ضربه گیر در تعیین مقدار مقاومت نقطه صفر ژنراتور و همچنین تنظیمی رله حفاظت اتصال زمین استاتور معمولی از نوع 95 درصدی(که بصورت رله اضافه ولتاژ یا اضافه جریان عمل می نماید) مورد بررسی قرار خواهد گرفت ، قابل توجه است که بیشتر ژنراتورهای موجود در نیروگاههای ایران ، دارای حفاظت اتصال زمین 95 درصدی

می باشند و در تعداد کمتری که واحدهای جدیدی نیز هستند ,رله حفاظتی اتصال زمین از نوع 100درصد نصب شده است.

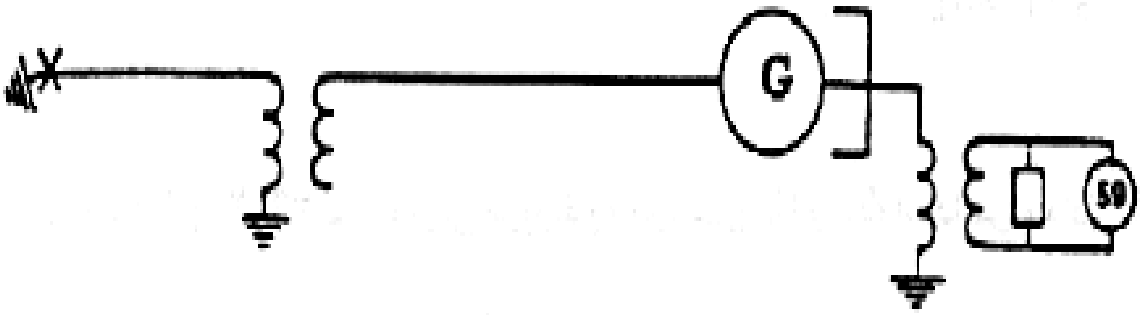
اضافه ولتاژ انتقالی و نقش آن در حفاظت اتصال زمین استاتور اضافه ولتاژهایی که از شبکه فشار قوی و از طریق ترانسفورماتور قدرت به طرف ژنراتور انتقال می یابند، اضافه ولتاژهای انتقال یافته نامیده می شوند که طریقه انتقال را به دو نوع سلفی و خازنی می توان تقسیم بندی نمود . انتقال سلفی اضافه ولتاژ توسط سلفهای مدار ترانسفورماتور و با در نظر گرفتن نسبت تبدیل سیم پیچی و اندوکتانس پراکندگی و انتقال خازنی بعلت خاصیت خازنی موجود بین سیم پیچها با یکدیگر و همچنین با زمین صورت می گیرند .

اضافه ولتاژهای انتقالی از توع خازنی تقریباً مستقل از نسبت تبدیل ترانسفورماتور بوده و رایجترین آنها که بر اثر آنها که بر اثر وقوع اتصال زمین در شبکه از طریق ترانس ستاره – مثلث واحد به طرف ژنراتور انتقال یافته و موجب ظاهر شدن ولتاژی در نقطه صفر ژنراتور میگردند، محدودیت هایی را در حساس تر نمودن تنظیم رل ههای معمولی اتصال زمین استاتور بوجود می آورند . بطوریکه رل ههای مذکور حداکثر تا 95 % سیم پیچی ژنراتور را می توانند حفاظت نمایند و این امر موجب میگردد که اگر یک نقطه از سیم پیچی نزدیک نقطه صفر ژنراتور (در منطقه حفاظت نشده) زمین شود، ضمن اینکه رله حفاظتی قادر به تشخیص آن نخواهد بود عملاً مقاومت صفر ژنراتور نیز از مدار خارج شده و در هنگام وقوع اتصال زمین در نقط های دیگر از همان فاز و یا فاز دیگر ، یک خطر بسیاری جدی ژنراتور را تهدید خواهد نمود.

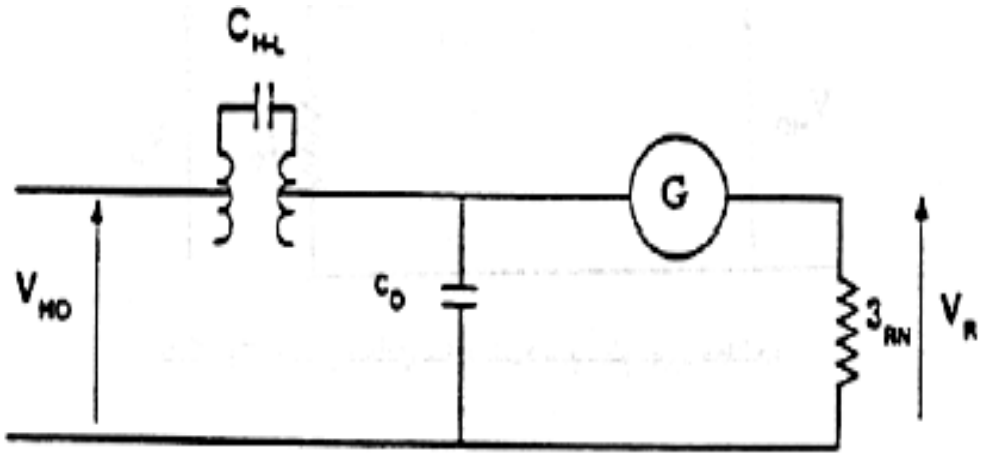
۲-۲- محاسبه ولتاژ ظاهر شده در نقطه نول از طریق انتقال خازنی:

ولتاژ مولفه صفری که بر اثر وقوع یک اتصال زمین د رشبکه ظاهر می شود ، اضافه ولتاژی را از طریق ترانسفورماتور قدرت و بصورت انتقال خازنی در طرف ژنراتور ایجاد م ینماید. این ولتاژ تابعی از راکتانس خازنی متقابل بین اولیه و ثانویه ترانسفورماتور قدرت و امپدانس مولفه صفر کلیه تجهیزات موجود د رطرف فشار ضعیف ترانس مذکور از جمله ژنراتور می باشد که با ظاهر شده در نقطه صفر ژنراتور ، می تواند ضمن جابجایی ولتاژ نقطه صفر موجب عملکرد رله اتصال زمین استاتور گردد.

برای محاسبه ولتاژ ظاهر شده در نقطه صفر ژنراتور ناشی از یک اتصال زمین در طرف فشار قوی ترانس قدرت ، ابتدا در نظر می گیریم که نقطه صفر ژنراتور از طریق اولیه یک ترانسفورماتور توزیع گردیده، بطوریکه یک مقاومت و همچنین یک رله ولتاژ زیاد نیز در طرف ضعیف ترانسفورماتور توزیع نصب شده است.



شکل (۱-۲) دیاگرام تک خطی سیستم مورد مطالعه



شکل (۲-۲) مدار معادل مولفه صفر یک اتصال زمین در طرف فشار قوی ترا نسفورماتور واحد

حال اگر مانند دیاگرام تک خطی شکل (۲-۱) فرض نماییم که یک اتصال زمین در شبکه طرف فشار قوی ترانسفورماتور واحد رخ دهد، مدار معادل مولفه صفر آن بصورت شکل (۲-۲) نتیجه خواهد شد بطوریکه:

VHO = ولتاژ صفر طرف فشار قوی ترانس قدرت ، ناشی از یک اتصال فاز به زمین

CH.L = ظرفیت خازنی سیم پیچهای فشار قوی به فشار ضعیف ترانس قدرت

CO = ظرفیت خازنی نسبت به زمین ژنراتور و تجهیزات متصل به آن در هر فاز

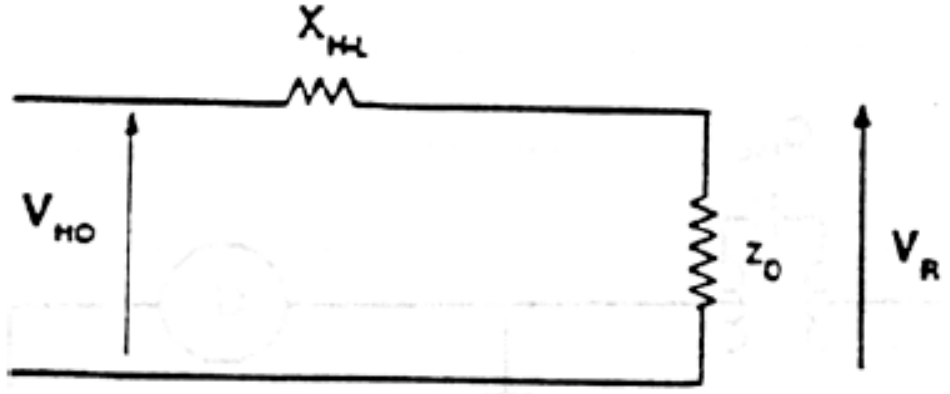
RN = مقاومت موثر نصب شده در نقطه نول در نقطه ژنراتور

و نهایتاً با ساده تر نمودن مدار معادل شکل (۲-۲) و تبدیل آن به شکل (۲-۳) ،ولتاژ ظاهر شده در اولیه ترانسفورماتور زمین کننده نقطه صفر ژنراتور برابر خواهد بود با

(۲)

$$V_R = \frac{V_{HO}\ Z_0}{Z_0 - j\ X_{H.L}}$$

در معاله (۲)، XH.L راکتانس خازنی مربوط به ظرفیت CH.L وZO امپدانس معادل ترکیب موازی، 3RN و XCO است.



شکل (۳-۲) مدار معدل سیستم مورد مطالعه

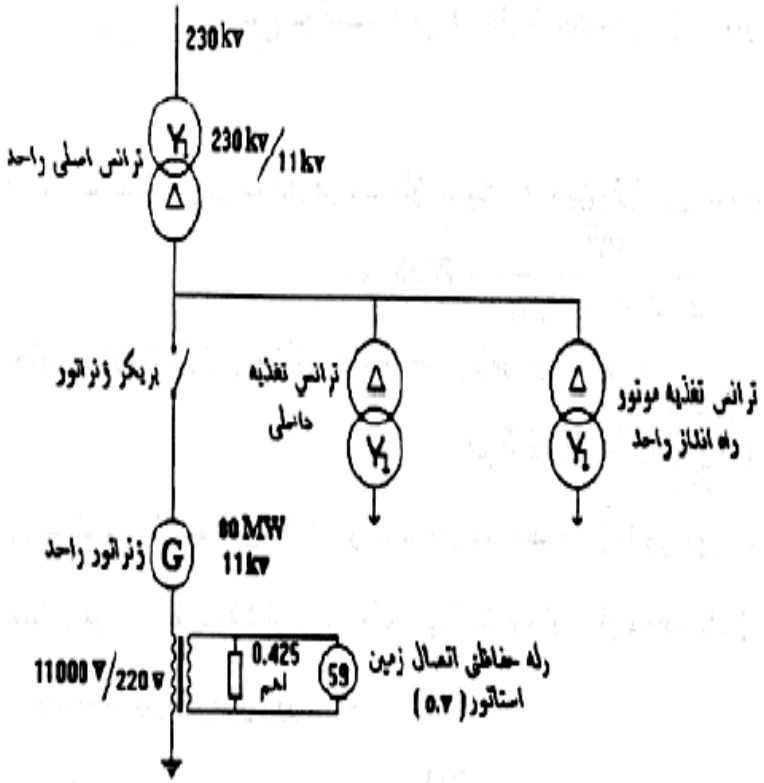
۳-۲- نقش خازن های ضربه گیر

با نصب خازن های فشار قوی در طرف فشار ضعیف ترانسفورماتور اصلی ژنراتور که با عنوان خاز نهای ضربه گیر انجام می گردد می توان انتقال خازنی اضافه ولتاژ از طریق ترانسفورماتور را به حداقل رسانید، بطوریکه با نصب خازن های کمکی و برای یک ولتاژ مولفه صفر طرف فشار قوی در ZO افزایش ظرفیت خارنی مدار فشار ضعیف ترانس قدرت مقدار امپدانس نیز کاهش خواهد یافت، و د رنتیجه این قابلیت را بوجود می آورد که VR معادله شماره (2) کوچکتر شده و در نتیجه ولتاژ در صورت امکان بتوان با حساس تر نمودن مقدار تنظیم رله حفاظتی اتصال زمین ژنراتور تا 96 درصد سیم پیچی استاتور و حتی بیشتر از آن را تحت حفاظت قرار داد .البته باید به این نکته بسیار مهم در نصب خازن های کمکی توجه داشت که این افزایش در ظرفیت خازنی به حدی نباشد که برقراری شرط مهم معادله شماره (۱) نادیده گرفته شود، زیرا با افزایش ظرفیت نیز کاهش خواهد یافت XCO .خازنی بدیهی است که مقدار راکتانس این نکته نیز قابل یادآوری است که نصب خاز نهای فشار قوی در طرف ضعیف ترانس م یتواند موجب کاهش شیب سیار و سایر ولتاژهای گذرا گردد.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۴-۲- بررسی موضوع در یکی از نیروگاههای ایران

موضوع فصل را در ژنراتور یکی از واحدهای نیروگاه ری مورد بررسی قرار می دهیم که با ولتاژ نامی 11 کیلوولت از طریق یک ترانسفورماتور قدرت 230 kv/11kv به شبکه متصل گردیده است .



همانطوریکه در دیاگرام تک خطی شکل (۴) نشان داده شده نقطه صفر ژنراتور از طریق یک ترانس توزیع با نسبت تبدیل 11000v/220v زمین گردیده و مقدار مقاومت نصب شده در ثانویه ترانس مذکور 0.425 اهم می باشد.

تپ تنظیمی بر روی رله اتصال زمین استاتور که از نوع ولتاژ زیاد می باشد، ۶ ولت است. مقادیر خازنی ژنراتور و تجهیزات متصل به آن در هر فاز به قرار زیر می‌باشند.

ظرفیت خازنی سیم پیچهای ژنراتور نسبت به زمین در هر فاز

$CG=0.29\ \mu f$

ظرفیت خازنی سیم پیچهای فشار ضعیف ترانس قدرت واحد نسبت به زمین د رهر فاز

$CT=0.0120\ \mu f$

مجموع ظرفیت های خازنی سیم پیچهای تجهیزات متصل به ژنراتور شامل باس بار ، ترانسهای ولتاژ و ... به ازاء هر فاز

$CV=0.11\ \mu f$

ظرفیت خازنی سیم پیچهای اولیه ترانس تغذیه داخلی به ازای هر فاز

$CA=0.008\ \mu f$

$C(Total)1=0.42\ \mu f$ مجموع ظرفیت خازنی هر فاز نسبت به زمین

بنابراین ظرفیت خازنی معادل هر سه فاز نسبت به زمین بقرار زیر بدست خواهد آمد.

$$\frac{1}{3} X_{CO1} = \frac{1}{3} \cdot \frac{10^6}{2 \cdot \pi . F\ C_{(Total)1}} = 2528 \text{ اهم}$$

همچنین مقاومت موثر زمین کننده نقطه صفر ژنراتور برابر است با :

$$R_N = 0.425 \times \left(\frac{11000}{220}\right)^2 = 1062.5 \text{ اهم}$$

برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

زمین شده سیم پیچی استاتور در محدوده حفاظت نشده رله اتصال زمین استاتور از نوع 95 در صدی و پی آمدهای ناشی از بوجود آمدن اتصال زمین بعدی در همان فاز و یا فاز دیگر ، این ضرورت را ایجاب می نماید که د رانتخاب و خرید توربو ژنراتور در نظر گرفته شود و برای آن دسته از ژنراتورهای موجود در کشور که فاقداین نوع حفاظت می باشند در صورت امکان حفاظت مذکور اضافه شده و یا به نحوی حوزه حفاظت سیم پیچی استاتور را با توجه به پایداری واحد گسترده نمود با بررسی که د راین مقاله انجام گردید ، می توان بطور مطالعه شد های مشخصات الکتریکی سیستم را با نصب خازنهای قدرت در طرف فشار ضعیف ترانس اصلی واحد تغییر داد، این خازنها ضمن اینکه م یتوانند نقش موثر و مناسب در بسیاری از شرایط گذرای سیستم ایفا نمایند) بطور مثال حذف کامل اضافه ولتاژهای ناشی از تشدید، کاهش شیب موج سیار و(.... ، انتقال خارنی اضافه ولتاژ از طریق ترانس قدرت به سمت ژنراتور را به حداقل رسانیده و متعاقباً موجب کاهش ولتاژ ظاهر شده در نقطه نول ژنراتور که مهمترین عامل محدود کننده جهت افزایش حساسیت رل ههای اتصال زمین 95 درصدی است، تا امکان حفاظت در صد بیشتری از سیم پیچی ژنراتور با حساس تر نمودن نتظیم رله فراهم گردد

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

برای محاسبه ماکزیمم ولتاژ ظاهر شده در نقطه صفر ژنراتور مورد مطالعه ، ناشی از یک اتصال زمین در طرف فشار قوی ترانس با استفاده از مدار معادل شکل (۳) و با توجه به مقادیر مربوط به پارامترهای زیر:

VHO=ماکزیمم ولتاژ مولفه صفر در طرف 230 kv ترانس قدرت ناشی از یک اتصال زمین 34 kv

CH-L= ظرفیت خازنی صفر در طرف 230 kv به 11kv ترانس قدرت = 0.009 μF

و از آنجا XH-L و Z01 عبارت خواهند بود از :

$$X_{H\text{-}L}=\frac{10^6}{2\pi f C_{HL}}=353857 \quad \text{اهم}$$

$$Z_{01}=\frac{(3R_N)(-jX_{C01})}{3R_N-jX_{C01}}=2709-j1140 \quad \text{اهم}$$

و در نتیجه ولتاژ ظاهر شده در اولیه ترانسفورماتور توزیع زمین کننده نقطه صفر ژنراتور برابر خواهد بود با:

$$V_{R1}=\frac{V_{HO}\,Z_{01}}{Z_{01}-jX_{H-L}} \approx 284 \quad \text{ولت}$$

و اگر برقراری رابطه $R \le \frac{1}{3\times co2}$ را در شرایط جدید بررسی نماییم ، آنگاه 1062.5<1582 و لذا شرط جلوگیری از ایجاد اضافه ولتاژ گذرا برقرار است.

با استفاده از ظرفیت خازنی مذکور ، امپدانس ترکیبی (Zo2) و سپس ولتاژ ظاهر شده در اولیه ترانسفورماتور توزیع (VR2) در شرایط جدید ، عبارت خواهند بود از :

$$Z_{O2}=2148.5-1474.5\ j$$

$$V_{R2}=252 \quad \text{ولت}$$

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در این حالت ماکزیمم ولتاژ ظاهر شده بر روی رله حفاظتی در شرایط وقوع یک اتصال زمین در طرف فشار قوی ترانس به قرار زیر بدست خواهد آمد:

$$252 \times \frac{11000}{220} = 5.04\ \%$$

که میتوان با انتخاب تپ تنظیمی ۵ ولت بر روی راه ولتاژی اتصال زمین استاتور، به قرار زیر مقدار درصد بیشتری از سیم پیچی استاتور را با رعایت و حفظ پایداری رله تحت محافظت قرار داد:

$$1 - \frac{5 \times \frac{11000}{220}}{\frac{11000}{\sqrt{3}}} = 96.1\ \%$$

نتیجه گیری(۲):

رله اتصال زمین استاتور از توع حفاظت شده زمین در محدوده حفاظت نشده 95 درصدی و پی آمدهای ناشی از بوجود آمدن اتصال زمین بعدی در همان فاز و یا فاز دیگر ، این ضرورت را ایجاب می نماید که د رانتخاب و خرید توربوژنراتور در نظر گرفته شود و برای آن دسته از ژنراتورهای موجود در کشور که فاقداین نوع حفاظت می باشند در صورت امکان حفاظت مذکور اضافه شده و یا به نحوی حوزه حفاظت سیم پیچی استاتور را با توجه به پایداری واحد گسترده نمود.

با بررسی که د راین مقاله انجام گردید ، می توان بطور مطالعه شد های مشخصات الکتریکی سیستم را با نصب خازنهای قدرت در طرف فشار ضعیف ترانس اصلی واحد تغییر داد، این خازنها ضمن اینکه م یتوانند نقش موثر و مناسب در بسیاری از شرایط گذرای سیستم ایفا نمایند (بطور مثال حذف کامل اضافه ولتاژهای ناشی از تشدید، کاهش شیب موج سیار و....)، انتقال خارنی

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

اضافه ولتاژ از طریق ترانس قدرت به سمت ژنراتور را به حداقل رسانیده و متعاقباً موجب کاهش ولتاژ ظاهر شده در نقطه نول ژنراتور که مهمترین عامل محدود کننده جهت افزایش حساسیت رل ههای اتصال زمین 95 درصدی است، تا امکان حفاظت درصد بیشتری از سیم پیچی ژنراتور با حساس تر نمودن نتظیم رله فراهم گردد.

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل سوم:

بهبود روش حفاظت واحد برای حفاظت خطوط جبران شده با خازن سری

مقدمه:

در این فصل، روشی ترکیبی برای بهبود حفاظت واحد خط جبران شده با خازن سری ارائه گردیده است(Protection unit) . روش پیشنهادی علاوه بر داشتن مزایای سایر روش های حفاظت واحد مبتنی بر رله های دیستانس، برخی از مشکلات آنها را که در نتیجه ی معیوب بودن کانال ارتباطی و یا خارج بودن خازن ایجاد می شود نیز برطرف م ی سازد .ضمن آنکه تنظیم درنظر گرفته شده برای زون ها در این روش عملکرد بهتری نسبت به تنظیم متداول (بر اساس امپدانس کاهش یافته خط) دارد.

روش پیشنهادی در یک سیستم نمونه شبیه سازی شده است. نتایج شبیه سازی نشان دهنده برتری روش فوق بر سایر روش های متداول حفاظت واحد می باشد.

به کارگیری خازن های سری در سیستمهای انتقال AC، خصوصاً در خطوط انتقال طولانی، اقدامی مؤثر و اقتصادی برای افزایش قابلیت انتقال خطوط و بهبود پایداری گذرا و ماندگار سیستم

محسوب می شود. علاوه بر این، استفاده از جبران سری موجب کاهش افت ولتاژ خط و بهبود پروفیل ولتاژ خط نیز می گردد. علیرغم مزایای فوق در بهبود عملکرد سیستم، خازن سری و تجهیزات حفاظتی آن مشکلاتی جدی نیز برای حفاظت خطوط ایجاد می کند. عملکرد رله دیستانس که متداول ترین رله حفاظتی در شبکه انتقال می باشد معمولاً به شدت تحت تأثیر جبر ان سری خازنی قرار می گیرد و این مسأله می تواند باعث عملکرد اشتباه رله دیستانس گردد.

مهم ترین مشکل ایجاد شده در نتیجه ی جبران سری خط آن است که امپدانس اندازهگیری شده توسط رله، دیگر نشان دهنده فاصله ی واقعی نقطه خطا تا محل رله نمی باشد زیرا مقاومت و راکتانس ظاهری دیده شده توسط رله در طی دوره خطا، تحت تأثیر تغییرات ولتاژ خازن سری قرار می گیرد .اغلب مشکلاتی که رله های خطوط جبران سری شده با آنها روبرو می شوند در مقالات متعددی بررسی گر دیده است و شامل پدیده هایی مانند کوچک شدن ناحیه حفاظتی، معکوس شدن ولتاژ یا جریان، نوسانات زیرسنکرون و گذراهای ناشی از عملکرد تجهیزات مشکلات فوق باعث می باشد حفاظتی خازن (MOV)

می شوند که طرح های حفاظتی مبتنی بر سیگنال فرکانس قدرت سیستم تحت تأثیر مشخصه متغیر امپدانس سیستم قرار گرفته و در نتیجه، عملکرد مستقل (بدون استفاده از کانال ارتباطی) رله های دیستانس خطوط نتایج چندان رضایت بخشی نداشته باشد .از سوی دیگر، الگوریتم ها و روش هایی نیز برای بهبود عملکرد رله های دیستانس مستقل در تشخیص صحیح خطاهای خطوط پیشنهاد شده است که در اغلب آنها از تحلیل مؤلفه های اما فرکانس بالای جریان یا ولتاژ استفاده شده است اکثر این روشها پیچیده بوده و تنها در رله های دیجیتال پیشرفته قابل استفاده می

باشند .ضمن آنکه این طرح های حفاظتی نیز ممکن است در اثر نویزهای فرکانس بالایی که در نتیجه مشخصه ی غیرخطی تجهیزات حفاظتی خازن سری ایجاد می شوند دچار مشکل گردند و علاوه بر این مشکلاتی نیز در زمان خطاهای بسیار نزدیک به رله - که منجر به ایجاد ولتاژ در کنار خیلی پایین می شوند دارند.

این مشکلات، محدود بودن په نای باند ترانس های اندازه گیری نیز موجب تضعیف مؤلفه های فرکانس بالای مورد (CT) جریان استفاده در این الگوریتم ها می شود.

برای کاهش مشکلاتی که جبران سری خطوط برای حفاظت آنها و یا خطوط مجاور آنها ایجاد می کند می توان از حفاظت واحد یا حفاظت مبتنی بر ارتباط بین رله ها استفاده کرد . در این حالت رله ها با توجه به سیگنال های مبادله شده از طریق کانال ارتباطی تصمیم گیری کرده و داخلی یا خارجی بودن خطا را تشخیص می دهند .با این حال حفاظت واحد خط مشکلاتی را نیز به همراه دارد که عمدتاً در نتیجه خراب بودن کانال ارتباطی و یا در زمان خروج خازن ایجاد می شوند .

به دلیل Overreach بودن زون های حفاظتی در اغلب روش های حفاظت واحد، معیوب بودن کانال ارتباطی می تواند به سادگی باعث عملکرد اشتباه رله ها و قطع اشتباه به ازای خطاهای خطوط مجاور شود.

در فصل حاضر ، حفاظت واحد خط جبران سری شده با و با درنظر گرفتن عملکرد غیر شرطی با استفاده از روش POTT زون 1 رله ها بررسی شده است که مشکلات حفاظت واحد خط را برطرف می سازد .علاوه بر آن، تنظیم زون 2 نیز به گونه ای صورت گرفته است که احتمال تشخیص اشتباه خطای داخلی را - حتی در صورت خارج بودن خازن - کمتر می سازد . در بخش دوم فصل

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

، به طور مفصل تر به مشکلات جبران سری برای حفاظت خطوط اشاره شده است . بخش سوم، روش های حفاظت واحد خط را مورد بررسی قرار می دهد و در بخش چهارم، روش پیشنهادی معرفی شده است . بخش پنجم، شامل شبیه سازی روش پیشنهادی و مقایسه عملکرد آن با سایر روش های حفاظت واحد می باشد و نهایتا در بخش ششم به نتیجه گیری پرداخته شده است.

۱-۳- اثر جبران سری خط روی عملکرد رله دیستانس

مشکلات مهم جبران سری برای حفاظت خط عبارتند از:

۱-۱-۳- کاهش اندازه زون حفاظتی

جبران سری، راکتانس کل خط را کاهش می دهد . مطابق شکل (۱-۳) ، اگر خازن در دوره خطا در مدار باقی مانده و اتصال ، ($XF>XC$)کوتاه با امپدانسی بزرگتر از راکتانس خازن رخ دهد تنظیم متداول رله بر اساس راکتانس کاهش یافته خط می باشد.

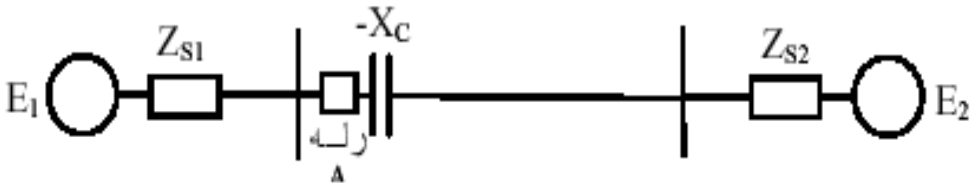
علاوه بر این با توجه به ایجاد نوسانات زیرسنکرون، زون رله(زون ۱) بایستی باز هم کاهش یابد تا مطابقUnderreach شکل (۲-۳) ، حاشیه ی امنیت کافی در تشخیص خطا وجود داشته باشد .

بنابراین تنظیم زون 1 رله برابر خواهد بود با:

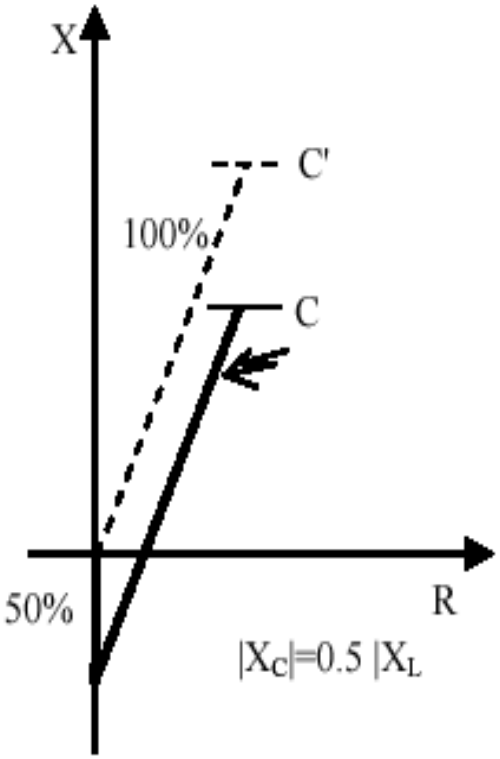
$$X_1^* = k_{GF1} \cdot (X_L - X_C) \cdot k_{Trans} \qquad (۱)$$

که در این رابطه، X_1^* امپدانس تنظیم شده زون۱ رله دیستانس، k_{GF1} درصد تنظیم زون۱ (۸۰ تا ۹۰ درصد)، X_L راکتانس کل خط، X_C راکتانس خازن و k_{Trans} ضریب درنظرگرفته شده به خاطر نوسانات زیر سنکرون می‌باشد.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



الف: خط جبران سری شده با خازن در ابتدای خط



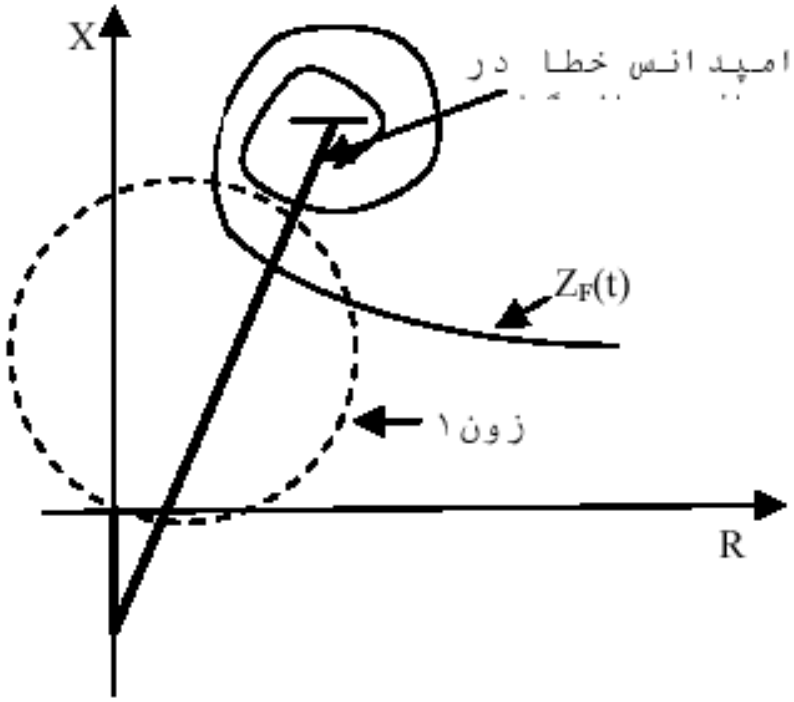
ب: راکتانس معادل خط در حضور خازن سری

شکل (۱-۳) کوچک شدن برد حفاظتی در اثر جبران سری خط

با توجه به رابطه ۱، در صورتی که از جبران سری با درصد بالا استفاده شود، تنظیم بسیار کوچکی برای زون ۱ رله حاصل می شود. به عنوان مثال، با مقدار معمول kGF1 = 0.85 و ktrans = 0.75 **و جبران سری ۷۰٪ ، تنظیم زون ۱ برابر خواهد بود با و در نتیجه، رله ی دیستانس تنها برای بخش کوچکی از طول خط دارای عملکرد سریع (زون ۱) بوده و در بسیاری از نقاط دیگر، خطا را با**

$$0.85\times0.75\times(1-0.7)\cdot X_L \approx 0.2X_L$$

تأخیر و در زون ۲ خود تشخیص خواهد داد.



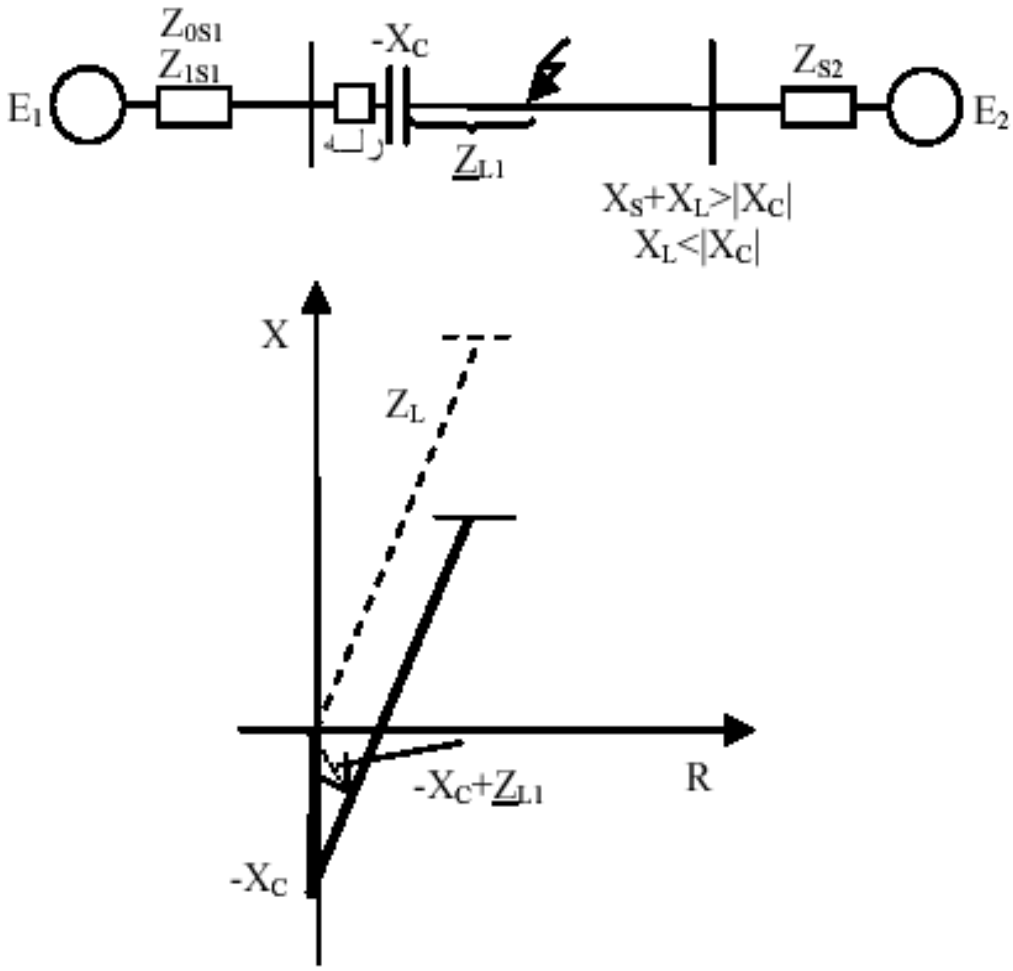
WikiPower.ir

شکل (۲-۳) کاهش زون حفاظتی در اثر نوسانات زیرسنکرون

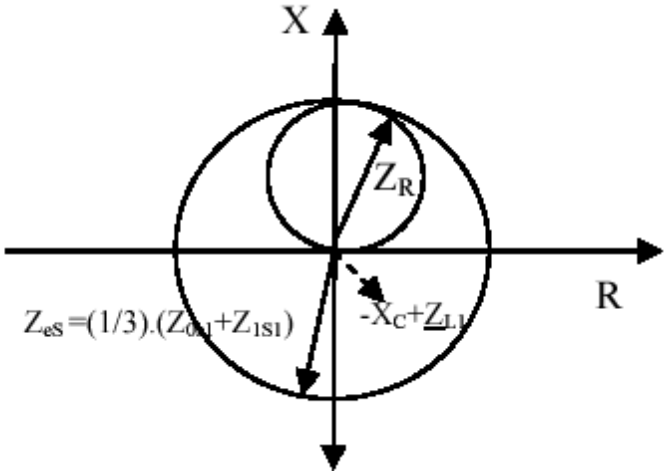
۲- ۱-۳- معکوس شدن ولتاژ

این پدیده زمانی رخ می دهد که راکت انس منفی خازن سری بزرگتر از راکتانس خط (از نقطه خطا تا محل رله) باشد . در این حالت امپدانس اندازه گیری شده توسط رله منفی است هرچند که جریان اتصال کوتاه همچنان سلفی باقی می ماند. بنابراین مشخصه ی امپدانس دیده شده در محل رله به صورت شکل (۳-۳) خواهد بود . در این حالت اگر اندازه گیری امپدانس در رله دیستانس بر اساس ولتاژ فاز اتصالی شده باشد، خطا در جهت معکوس (پشت رله) تشخیص داده خواهد شدکه به وضوح اشتباه است. برای حل این مشکل، و یا قبل از (Cross Polarization)

معمولاً از ولتاژ فازهای سالم استفاده می شود . در صورت (Memory Polarization) خطا استفاده از ولتاژ حافظه توالی مثبت 1 به عنوان ولتاژ پلاریزه کننده، مشخصه زون رله دیستانس به صورت شکل (۴-۳) تغییر می یابد و در نتیجه ، تشخیص خطاهای با راکتانس دیده شده منفی در جلوی رله امکان پذیر است.



شکل (۳-۳) معکوس شدن ولتاژ

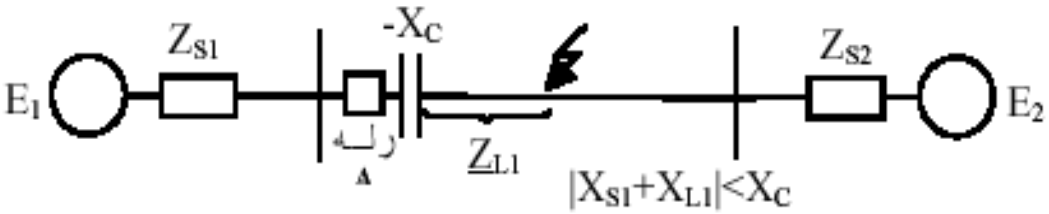


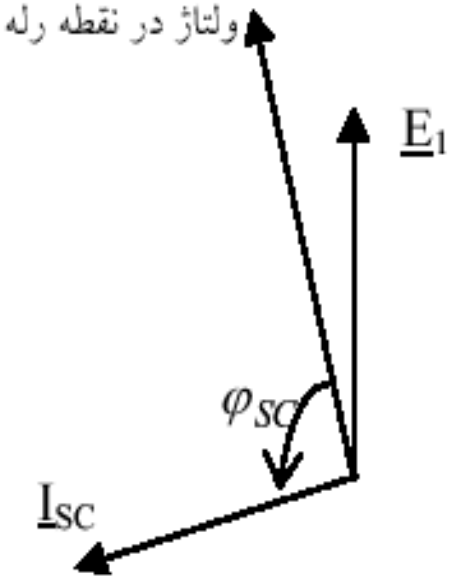
شکل (۴-۳) استفاده از ولتاژ حافظه توالی مثبت

۳- ۱-۳- معکوس شدن جریان

این وضعیت زمانی رخ می دهد که راکتانس اتصال کوتاه از نقطه ی خطا تا منبع، منفی باشد. در این صورت مطابق شکل (۵-۳) امپدانس دیده شده در محل رله منفی بوده و علاوه بر آن، جریان اتصال کوتاه نیز نسبت به ولت اژ، پ یش فاز است . با این حال مشکل معکوس شدن جریان در سیسستم های عادی به ندرت رخ می دهد و در سیستم های خاصی که این پدیده ایجاد می شود نیز غالباً جریان اتصال کوتاه آنقدر بزرگ است که منجر به عملکرد MOV و یا فعال شدن فاصله هوایی و در نتیجه، خروج سریع خازن از م دار می گردد . بنابراین در این شرایط با اندکی تأخیر می توان از مشخصه اولیه (جبران نشده) خط استفاده کرد. البته در همین سیستم ها نیز در مواردی ممکن است که در اثر اتصال کوتاه با مقاومت خطای جریان اتصال کوتاه آنقدر کوچک باشد که منجر به (RF) بزرگ عمل کردن تجهیزات حفاظتی خازن نشود که در این صورت پدیده معکوس شدن جر یان ی ک مشکل جدی و غیر قابل تشخیص توسط رله خواهد بود.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه





شکل (۵-۳) معکوس شدن جریان

WikiPower.ir

۴- ۱-۳- تأثیر حفاظت اضافه ولتاژ خازن سری

بانک های خازنی امروزی از یک مقاومت متغیر (MOV) برای محدود کردن ولتاژ خازن استفاده می کنند .مقاومت فوق دارای مشخصه ای غیرخطی است و در نتیجه اگرMOV در طی خطای اتصال کوتاه عمل کند رله ی دیستانس ، امپدانسی شامل ترکیب موازی راکتانس خازن و مقاومت غیرخطی MOV را مشاهده خواهد کرد معمولاً حفاظت اضافه ولتاژ خازن شامل هر دو عنصر فاصله هوایی و MOV است. به گونه ای که فاصله هوایی برای خطاهای شدید (داخلی و نزدیک خازن) و MOV برای خطاهای خارجی که اضافه ولتاژ کمتری ایجاد می کنند عمل می کند. در هر صورت بایستی اثر MOV روی عملکرد رله دیستانس مورد توجه قرار داشته باشد و در این راستا، مقالات

و روش های متعددی نیز برای بهبود عملکرد رله با درنظر گرفتن اثر MOV ارائه شده اند.

۲-۳- حفاظت واحد خط انتقال

روش های حفاظت واحد خط ، مبتنی بر عملکرد رله های دیستانس، شامل موارد زیر می باشد:

۱-۲-۳- DCB :

در این روش برای هر رله دو زون برای تشخیص خطاهای جلو و پشت رله وجود دارد .زمانی که خطا در پشت رله باشد، سیگنال Blocking توسط زون معکوس(زون سریع تر) صادر شده و برای رله مقابل ارسال می شود .دریافت این سیگنال توسط رله مقابل مانع از عمل کردن آن می گردد .مشخصه دیگر رله شامل زون فوروارد است که خطای جلوی رله را تشخیص داده و ارسال سیگنال Blocking را نیز دریافت نکند، خطا را داخلی تشخیص داده و فرمان قطع را صادر می کند.

۲-۲-۳- 2DCUB

در روش DCB، سیگنال Blocking تنها زمانی ارسال می شود که خطا رخ دهد. خراب بودن کانال ارتباطی که ممکن است در اثر خطای سیستم نیز ایجاد شود، می تواند باعث عدم انتقال سیگنال فوق شده و به دلیل Overreach بودن زون فوروارد، رله خطای خط جلویی را هم به اشتباه قطع کند .برای غلبه بر این مشکل در روش DCUB، در حالت عادی سیگنال Blocking به طور مستمر ارسال شده و در صورت تشخیص خطا ، فرکانس سیگنال فوق به فرکانس سیگنال Unblocking تغییر می یابد و اجازه قطع را به بریکر می دهد .بنابراین در این روش، به دلیل چک شدن مستمر وضعیت کانال ارتباطی، معیوب بودن آن تشخیص داده شده و با توجه به آنکه خرابی کانال در زمان خطا و یا در حالت عادی سیستم رخ داده باشد، رله با یک تأخیر زمانی عمل خواهد کرد

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۳-۲-۳- 3POTT

در این روش زون رله ها به صورت Overreach تنظیم می شود . وقتی یک رله خطا را در زون خود تشخیص دهد سیگنال Permissive را برای رله مقابل ارسال می کند .در صورتی که یک رله، خطا را در زون خود ببیند و سیگنال Permissive را نیز دریافت کند، به معنای وجود خطای داخلی است و فرمان قطع توسط رله صادر می شود

۳-۲-۴- 4PUTT

در این روش، برای عملکرد رله دو زون1 و 2 وجود دارد . اگر رله خطا را در زون 1 (Underreach) خود ببیند آن را به عنوان خطای داخلی تشخیص داده و همزمان با صدور بدون تأخیر فرمان قطع برای بریکر، سیگنال Permissive را برای رله مقابل ارسال می کند .اگر رله مقابل خطا را در زون 2 خود د یده باشد و سیگنال Permissive را نیز دریافت کند، آن رله نیز بدون تأخیر، فرمان قطع را صادر خواهد کرد . بنابراین تفاوت روش PUTT با روش POTT در قطع بدون تأخیر(غیرشرطی) برای خطای واقع در در زون 1 و نیز ارسال سیگنال Permissive رله ها می باشد.

استفاده از رو ش های DCUBو POTT، DCB باعث می شود که حفاظت واحد خط جبران شده قادر به تشخیص همهٔ خطاها در همه نقاط خط باشد .اما در عین حال، استفاده از روش های فوق برای خطوط مجاور، سبب می شود که در برخی حالتها به ازای خطای موجود روی خط اصلی(خط جبران شده)، رله های خطوط مجاور هم اشتباه عمل کنند و خطا را در در زون 1 خود تشخیص دهند که باعث قطع غیرضروری و اشتباه خطوط مجاور خواهد شد . در همان مرجع فوق روشی

پیشنهاد شده است که بر اساس آن با اصلاح فرمان های کنترلی روش های حفاظت واحد، از تریپ اشتباه رله های مجاور به ازای خطا روی خط اصلی جلوگیری م ی شود .در روش پیشنهاد شده رله های خطوط مجاور وقتی عمل می کنند که زون رله های خط اصلی عمل نکرده باشد که این مسأله توسط کانال ارتباطی به اطلاع رله های خطوط مجاور می رسد .در فصل مورد نظر نشان داده شده است که با این روش، به ازای همه خطاهای روی خط اصلی، رل ه های خط اصلی (جبران شده) و رله های خطوط مجاور درست عمل می کنند.

۳-۳- بهبود حفاظت واحد خط جبران شده با خازن سری با استفاده از روش پیشنهادی

علیرغم بهبودها یی که با استفاده از روش پیشنهادی در برای روش های حفاظت واحد ایجاد می شود، برخی از مشکلات که ناش ی از قطع کانال ارتباط ی و خروج خازن هستند همچنان به قوت خود با قی می مانند .به عنوان مثال اگر کانال ارتباطی بین رله ها قطع گردد، برای حفاظت خطوط مشکل ایجاد می شود .زیرا در این حالت اگر روی خطوط مجاور خطا اتفاق بیافتد و امکان ارسال سیگنال بین رله های خط اصلی بودن زون ها در روش وجود نداشته باشد، به دلیل Overreach بودن زون ها در روش DCB ، ممکن است خط اصلی توسط یکی از رله های آن به اشتباه قطع شود. در روش POTT. هم اگر کانال ارتباطی قطع شود، رله ها به دلیل عدم دریافت سیگنال Permissive قادر به تشخیص سریع خطا نخواهند بود.

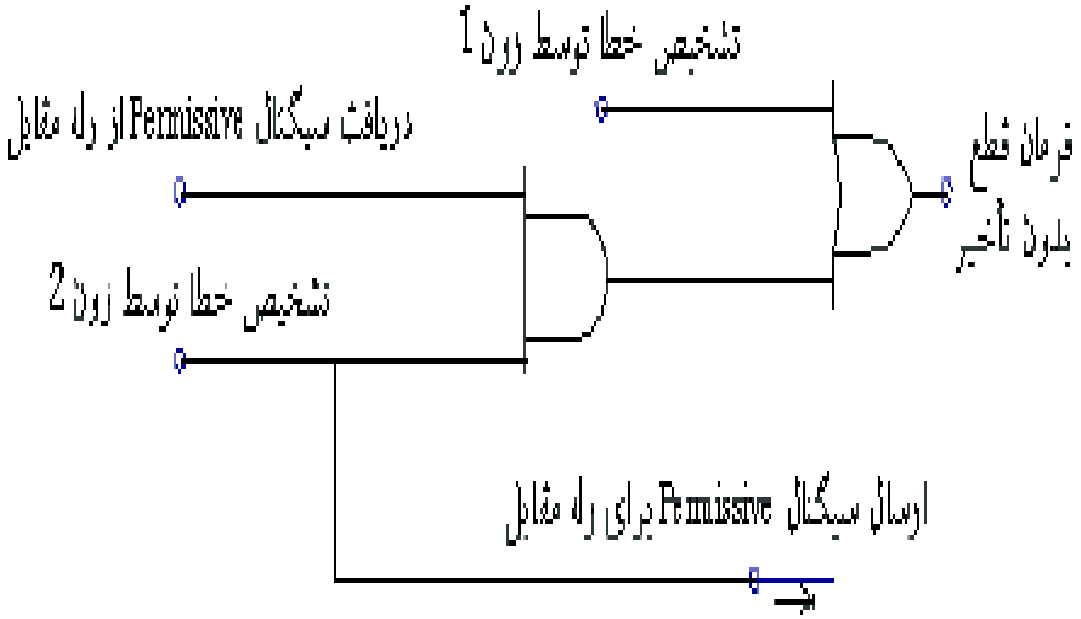
همچنین برای تنظیم زون فوروارد رله های خط جبران شده در روش های حفاظت واحد ، از امپدانس جبران شده خط استفاده می شود که در این صورت در درصدهای بالای جبران سری ، زون حفاظتی آنقدر کوچک می شود که اگر خازن به دلیلی مثلاً انجام تعم یرات و یا فعال شدن

شکاف هوایی (در زمان اتصال کوتاه) از مدار خارج شود، امکان دیده نشدن خطا توسط رله ها وجود دارد، چرا که ممکن است پس از خروج خازن، زون ها با یکدیگر همپوشانی نداشته باشند. .علاوه بر این به دلیل کوچک بودن زون حفاظتی، حتی ممکن است که خطاهای بین خازن و رله (در نزدیکی خازن) هم دیده نشوند.

در این فصل، حفاظت واحد خط به گونه ای انجام شده است که مشکلات فوق را بر طرف می سازد . در این روش به منظور حفاظت خط اصلی، دو زون برای هر رله در نظر گرفته توسط زون 2 رله ها فعال می شود سیگنال Permissive توسط زون ۲ رله ها فعال می شود که از این جهت مشابه با روش POTT است و از سوی دیگر که از این جهت مشابه با روش بالا می باشد.

در صورت تشخیص خطا در زون 1 هر رله، فرمان قطع بریکر مربوط به آن رله به طور لحظه ای و بدون تأخیر صادر خواهد شد (مشابه با روش PUTT). علاوه بر آن تنظیم زون های حفاظتی 1 و 2 به گونه ای انجام شده است که حتی در صورت مشابه با روش خروج خازن و یا معیوب بودن کانال ارتباطی نیز رله ها در اغلب موارد قادر به تشخیص خطا می باشند. شکل (۶-۳)، منطق عملکرد بدون تأخ یر رله ها را در روش مورد نظر نشان می دهد. در صورتی که علیرغم تشخیص خطا در زون2 ، سیگنال permissive از رله مقابل در یافت نشود، رله خطا را با زمان عملکرد زون 2 (حدود 200 میلی ثانیه) قطع خواهد کرد:

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



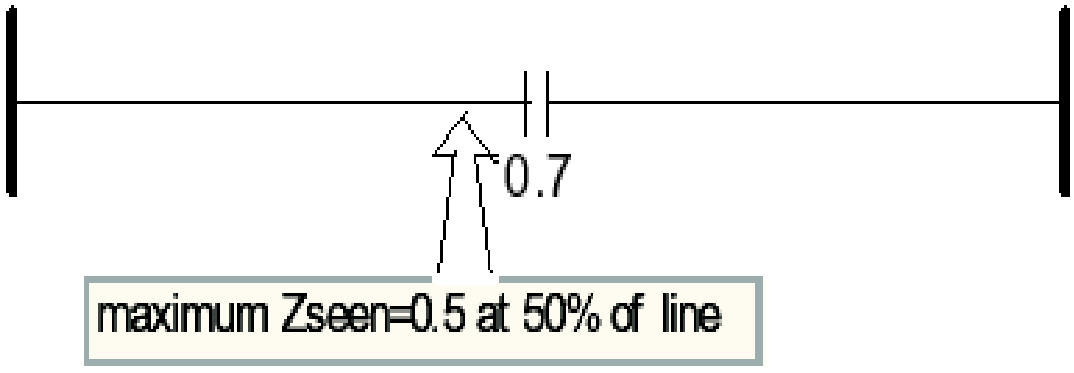
شکل (۶-۳) منطق عملکرد بدون تأخیر رله ها در روش پیشنهادی

تنظیم رله ها در روش پیشنهادی به صورت زیر می باشد:

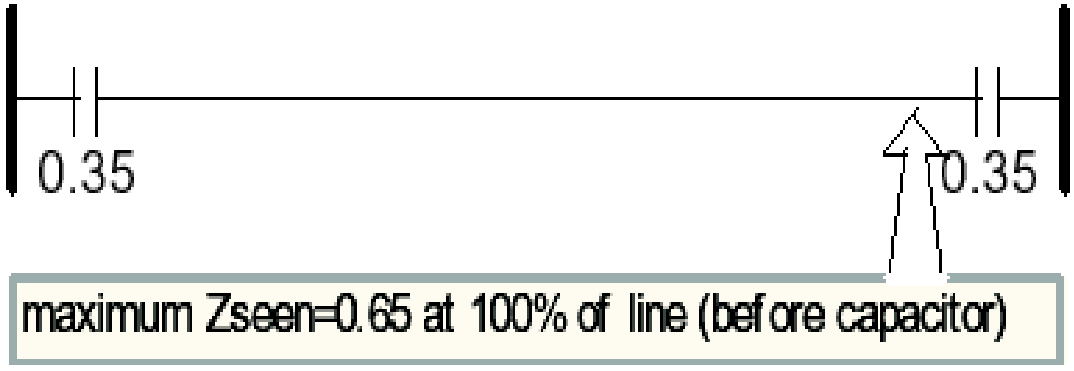
$$Zone\,1 = k_{GF1} \times k_{Trans} \times (Z_{Line} - jX_C) \qquad (۲)$$

$$Zone\,2 = k_{GF2} \times k_{Trans} \times Z'_{L\max} \qquad (۳)$$

در رابطه بالا،$Z'_{L\max}$ حداکثر امپدانس دیده شده از محل رله تا باس مقابل است که بستگی به درصد جبران سری خط ، محل رله تا باس مقابل است که قرارگیری خازن و نحوه ی جبران سازی (یک خازن در وسط خط و یا خازن تقسیم شده در ابتدا و انتهای خط) دارد .به عنوان مثال برای درصد جبران 70 % و حالت های مختلف جبران سازی، مطابق شکل زیر تعیین می شود:



الف: جبران سری به صورت یک خازن در وسط خط



ب: جبران سری به صورت تقسیم شده در دو سر خط

شکل (۷-۳) محاسبه Z'L max با توجه به نوع و درصد جبران سری

همانطور که گفته شد، در این روش سیگنال Permissive توسط زون 2 ارسال می شود .در این حالت حتی اگر خازن هم از مدار خارج شود، با توجه به تنظیم فوق ، باز هم خطاهای داخلیِ وسط خط توسط زون 2 رله ها دیده خواهد شد(به شرط آن که مقاومت خطا خیلی بزرگ نباشد) و رله ها دارای عملکرد سریع به ازای این خطاها خواهند بود.

همچنین در صورتی که کانال ارتباطی قطع شود، رله ها خطای داخلی نزدیک خود را در زون 1 و خطاها ی داخلی دورتر را در زون 2 خود دیده و در ن تیجه خطا ی دور را با تأخیر زمانی زون 2

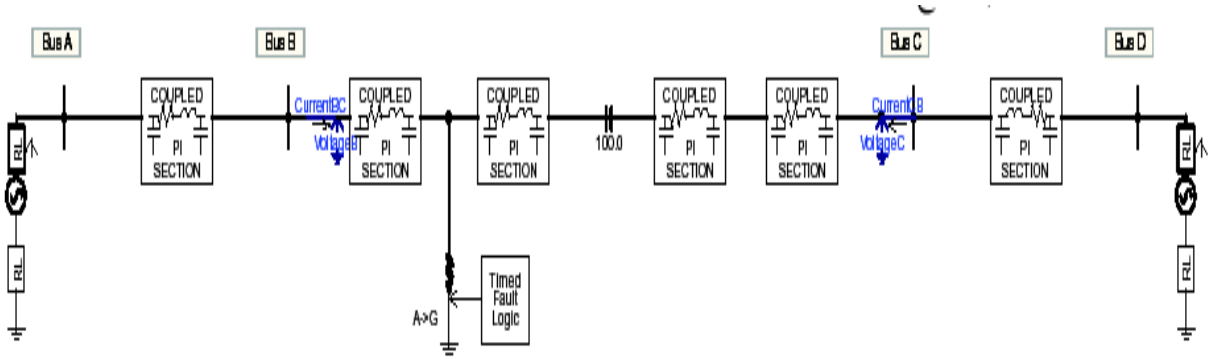
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

قطع می کنند .همچنین در وضعیت قطع کانال ارتباطی ، رله خطای خارجی نزد یک به باس مقابل را در زون 2 خود می بیند و در نتیجه دیرتر قطع می شود که این مسأله به رله های اصلی برای خطوط مجاور، فرصت قطع خطا را در زون 1 آ نها می دهد .بنابراین مزایای روش پیشنهادی نسبت به رو ش های POTT وDCB عبارت است از:

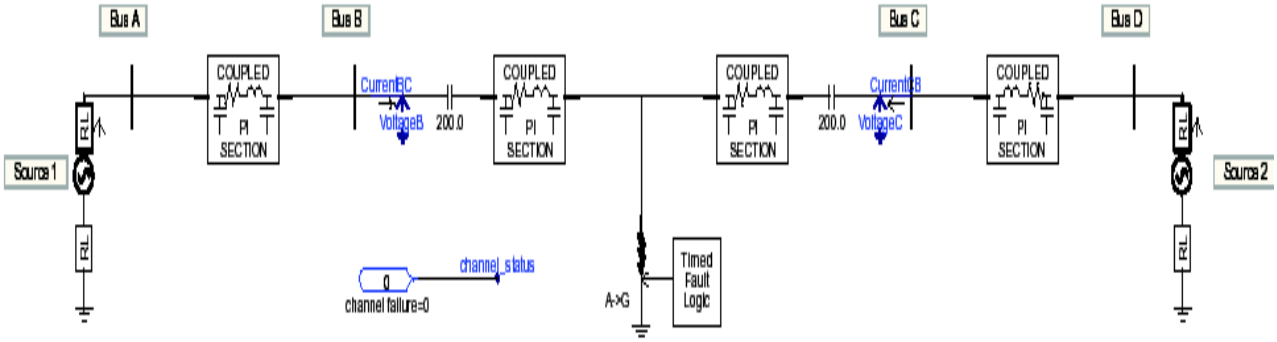
عدم تریپ اشتباه به ازای خطاهای خطوط مجاور حتی در DCB .صورت خرابی کانال ارتباطی مزیت نسبت به برقرار بودن توانایی تشخیص خطاهای داخلی در وسط خط در صورت خارج بودن خازن ها از مدار) با توجه به تنظیم در نظر گرفته شده و تریپ سریع برای این خطاها

۴-۳- شبیه سازی روش پیشنهادی:

به منظور بررسی عملکرد روش پیشنهادی و مقایسه آن با سیستم نشان داده شده در شکل 8 ، روش های POTTوDCB را در نظر می گیریم که در آن، از جبران سری 70 ٪ در وسط (شکل۸-۳ الف) یا در دو انتها ی خط (شکل ۸-۳ ب)استفاده شده است . اطلاعات سیستم موردنظر در پیوست الف مشخص شده است .در این شبیه سازی، عملکرد رله های خط اصلی (RC , RB) که در دو انتهای آن (باسهای C)و B بررسی شده است . شبیه سازی ها با استفاده از نرم افزار PSCAD/EMTDC نتایج شبیه سازی انجام شده و به منظور سادگی، نتایج شبیه سازی تنها برای اتصال کوتاه تک فاز به زمین در فاز A نشان داده شده است . در همهٔ حال ت ها به منظور حل مشکل با استفاده از Memory Polarization معکوس شدن ولتاژ از ولتاژ توالی مثبت سیستم استفاده گردیده است.



الف: جبران سری به صورت یک خازن در وسط خط



ب: جبران سری به صورت تقسیم شده در ابتدا و انتهای خط

شکل (۸-۳) نتایج شبیه سازی شده

WikiPower.ir

نتایج شبیه سازی در جداول (۱-۳) تا (۵-۳) نشان داده شده است که در آن، وضعیت های مختلف سیستم اعم از قرار داشتن خازن در مدار و یا خارج بودن آن و نیز سالم یا معیوب بودن کانال ارتباطی در هر دو حالت جبران سری در نظر گرفته شده است. در این جداول ، عملکرد روش های DCBوPOTT نیز مقایسه شده است. در جدول های 1 تا 4 که هدف، بررسی اثر وضعیت کانال ارتباطی روی عملکرد رله ها بوده است تنظیم روش های نیز با تنظیم پیشنهادی در این مقاله انجام شده POTT وDCB است تا زون فوروارد رله ها در هر دو روش قادر به تشخیص خطا در همه ی نقاط خط باشد . اما در جدول (۵-۳) که اثر خروج خازن و نقش تنظیم زون ها با روش

پیشنهادی مورد نظر بوده است برای این روش ها از همان تنظیم متد اول بر اساس امپدانس کاهش یافته ی خط استفاده شده است . تنظیم های انجام شده برای روش های فوق در پیوست ب نشان داده شده است .مطابق جداول (۱-۳) تا (۴-۳) ، وقتی کانال ارتباطی سالم باشد، هر سه روش مورد نظر با تنظیم پیشنهادی دارای عملکرد صحیح می باشند .

در این جداول، عملکرد روش های OCB و POTT نیز مقایسه شده است. در جدول (۱-۳) تا (۴-۳) که هدف، بررسی اثر وضعیت کانال ارتباط روی عملکرد رله ها بوده است OCB و POTT با روش پیشنهادی در این مقاله زون فوروارد رله ها خطاط در همه نقاط خط باشد. اما در جدول (۵-۳) که اثر خروج خازن و نقش تنظیم زون ها با روش پیشنهادی موردنظر بوذده است برای این روش از همان تنظیم متداول براساس امپدانس کاهش یافته ی خط استفاده شده است. تنظیم های انجام شده برای روش های فوق در پیوست ب نشان داده شده است. مطابق جداول (۱-۳) تا (۴-۳)، وقتی کانال ارتباطی سالم باشد، هر سه روش موردنظر با تنظیم پیشنهادی دارای علمکرد صحیح می باشند. اما تفاوت عملکرد خاص سیستم مشخص می شود زون فوروارد در روش DCB تا مقداری از خط بعدی را هم پوشش می دهد و در نتیجه زمانی که کانال ارتباطی قطع باشد و خطا در خط جلویی رخ داده باشد، به خاطر عدم ارسال سیگنال Bloking توسط رله ی نزدیکتر به خطا، رله ی دیگر به اشتباه عمل می کند. اما در روش پیشنهادی، چون رله ی دورتر، خطا را در زون ۲ می بیند، در مدت زمان طولانی تری عمل می کند که این مسأله به رله های خط اتصالی شده، فرمت قطع کردن با زمان عملکرد زون ۱ را می دهد. همچنین وقتی کانال ارتباطی برقرار نباشد به ازای خطاهای داخلی روش POTT قادر به تریپ سریع نیست، چرا که سیگنال Permissive منتقل نمی

شود.اما در روش پیشنهادی یکی از رله ها در زمان عملکرد زون ۱ و دیگری در زمان عملکرد زون ۲ خطا را قطع می کند.

جدول (۱-۳) عملکرد رله ها با کانال ارتباطی سالم و در مدار بودن خازن

محل خطا	روش DCB	روش POTT	روش پیشنهادی
٪۱۰	R_B : * R_C : *	R_B : * R_C : *	R_B : Z_1 R_C : *
٪۳۰	R_B : * R_C : *	R_B : * R_C : *	R_B : Z_1 R_C : *
٪۴۰	R_B : * R_C : *	R_B : * R_C : *	R_B : Z_1 R_C : *
٪۵۰	R_B : * R_C : *	R_B : * R_C : *	R_B : * R_C : *
٪۶۰	R_B : * R_C : *	R_B : * R_C : *	R_B : * R_C : Z_1
٪۷۰	R_B : * R_C : *	R_B : * R_C : *	R_B : * R_C : Z_1
٪۹۰	R_B : * R_C : *	R_B : * R_C : *	R_B : * R_C : Z_1
٪۱۱۰ (خطای خارجی)	R_B : - R_C : -	R_B : - R_C : -	R_B : - R_C : -

: قطع سریع با استفاده از لینک مخابراتی؛ Z_F : عملکرد در زون فوروارد سریع (در روش DCB)؛ Z_1 : عملکرد در زون ۱؛ Z_2 : عملکرد در زون ۲؛

- : عدم عملکرد

جدول (۲-۳) عملکرد رله ها با کانال ارتباطی معیوب و در مدار بودن خازن (جبران سری تقسیم شده در دو انتهای خط)

محل خطا	روش DCB	روش POTT	پیشنهادی
٪۱۰	$R_B : Z_F$ $R_C : Z_F$	$R_B : Z_2$ $R_C : Z_2$	$R_B : Z_1$ $R_C : Z_2$
٪۳۰	$R_B : Z_F$ $R_C : Z_F$	$R_B : Z_2$ $R_C : Z_2$	$R_B : Z_1$ $R_C : Z_2$
٪۴۰	$R_B : Z_F$ $R_C : Z_F$	$R_B : Z_2$ $R_C : Z_2$	$R_B : Z_1$ $R_C : Z_2$
٪۵۰	$R_A : Z_F$ $R_C : Z_F$	$R_B : Z_2$ $R_C : Z_2$	$R_B : Z_2$ $R_C : Z_2$
٪۶۰	$R_B : Z_F$ $R_C : Z_F$	$R_A : Z_2$ $R_C : Z_2$	$R_B : Z_2$ $R_C : Z_1$
٪۷۰	$R_B : Z_F$ $R_C : Z_F$	$R_B : Z_2$ $R_C : Z_2$	$R_B : Z_2$ $R_C : Z_1$
٪۹۰	$R_B : Z_F$ $R_C : Z_F$	$R_B : Z_2$ $R_C : Z_2$	$R_B : Z_2$ $R_C : Z_1$
٪۱۱۰	$R_B : Z_F$ $R_C : -$	$R_B : Z_2$ $R_C : -$	$R_B : Z_2$ $R_C : -$

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

جدول (۳-۳) عملکرد رله ها با کانال ارتباطی سالم و در مدار بودن خازن(جبران سری در وسط خط)

محل خطا	روش DCB	روش POTT	روش پیشنهادی
٪۱۰	R_B : * R_C : *	R_B : * R_C : *	R_B : Z_1 R_C : *
٪۳۰	R_B : * R_C : *	R_B : * R_C : *	R_B : * R_C : Z_1
٪۴۰	R_B : * R_C : *	R_B : * R_C : *	R_B : * R_C : Z_1
٪۶۰	R_B : * R_C : *	R_B : * R_C : *	R_B : Z_1 R_C : *
٪۷۰	R_B : * R_C : *	R_B : * R_C : *	R_B : Z_1 R_C : *
٪۹۰	R_B : * R_C : *	R_B : * R_C : *	R_B : * R_C : Z_1
٪۱۱۰	R_B : - R_C : -	R_B : - R_C : -	R_B : - R_C : -

جدول (۴-۳) عملکرد رله ها با کانال ارتباطی معیوب و در مدار بودن خازن (جبران سری در وسط خط)

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

روش پیشنهادی	روش POTT	روش DCB	محل خطا
$R_B : Z_1$ $R_C : Z_2$	$R_B : Z_2$ $R_C : Z_2$	$R_B : Z_F$ $R_C : Z_F$	٪۱۰
$R_B : Z_2$ $R_C : Z_1$	$R_B : Z_2$ $R_C : Z_2$	$R_B : Z_F$ $R_C : Z_F$	٪۳۰
$R_B : Z_2$ $R_C : Z_1$	$R_B : Z_2$ $R_C : Z_2$	$R_B : Z_F$ $R_C : Z_F$	٪۴۰
$R_B : Z_1$ $R_C : Z_2$	$R_B : Z_2$ $R_C : Z_2$	$R_B : Z_F$ $R_C : Z_F$	٪۶۰
$R_B : Z_1$ $R_C : Z_2$	$R_B : Z_2$ $R_C : Z_2$	$R_B : Z_F$ $R_C : Z_F$	٪۷۰
$R_B : Z_2$ $R_C : Z_1$	$R_B : Z_2$ $R_C : Z_2$	$R_B : Z_F$ $R_C : Z_F$	٪۹۰
$R_B : Z_2$ $R_C : -$	$R_B : Z_2$ $R_C : -$	$R_B : Z_F$ $R_C : -$	٪۱۱۰

جدول (۵-۳) عملکرد رله ها با کانال ارتباطی سالم و خارج بودن خازن (جبران سری تقسیم شده در دو انتهای خط)

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

با تنظیم روش پیشنهادی	با تنظیم متداول روش POTT	با تنظیم متداول روش DCB	محل خطا
$R_B : Z_1$ R_C : -	$R_B : Z_2$ R_C : –	$R_B : Z_F$ R_C : -	٪۱۰
$R_B : Z_1$ R_C : -	$R_B : Z_2$ R_C : –	$R_B : Z_F$ R_C : -	٪۲۰
$R_B : Z_1$ $R_C : Z_2$	R_B : - R_C : -	$R_B : Z_F$ R_C : -	٪۳۰
R_B :* R_C :*	R_B : - R_C : -	R_B :* R_C :*	٪۵۰
$R_B : Z_2$ $R_C : Z_1$	R_B : - R_C : -	R_B : - $R_C : Z_F$	٪۷۰
R_B : - $R_C : Z_1$	R_B : - $R_C : Z_2$	R_B : - $R_C : Z_F$	٪۸۰
R_B : - $R_C : Z_1$	R_B : - $R_C : Z_2$	R_B : - $R_C : Z_F$	٪۹۰

همان طور که اشاره شد، مزیت دیگر روش پیشنهادی ، نحوه تنظیم انجام شده برای زون 2 می باشد که در آن به جای مقدار امپدانس کاهش یافته خط، از مقدار حداکثر امپدانس دیده شده از محل رله تا باس مقابل استفا ده می شود . اگر از تنظیم های متداول برای زون های رله ها به صورت زیر استفاده شود:

در روش DCB:

$$M_{Trip} = 1.75 \times (Z_{Line} - X_C) \qquad (۴)$$

$$M_{Block} = 1.25 \times (M_{Trip} - (Z_{Line} - X_C)) \qquad (۵)$$

و در روش POTT:

$$Z_F = 1.2 \times (Z_{Line} - X_C) \qquad (۶)$$

در این صورت به دلیل کاهش بسیار زیاد امپدانس خط در درصدهای جبران بزرگ، زون فوروارد رله ها در برخی نقاط میانی خط قادر به تشخیص خطا نخواهند بود (خصوصاً در که زون فوروارد کوچکتری دارد) به عنوان مثال POTT روش برای خطی با جبران % 70 ، با تنظیم و با صرف نظر کردن از ($ZLine - XC$) $\times$ 1.2 = ZF متداول خواهیم داشت LC :ضریب مربوط به نوسانات

$$Z_F = 1.2 \times (Z_{Line} - X_C) \approx 1.2 \times 0.3 X_{ltne} = 0.36 X_{Ltne} \approx 0.4 X_{Ltne}$$

جبران سری به صورت یک خازن در وسط خط باشد، رله ای که محل خازن نسبت به آن پس از نقطه ی خطا است قادر به تشخیص خطا در زون فورو ارد خود نخواهد بود . در حالی که ZF = 1.2 $\times$ 0.5$XLine$ = 0.6$XLine$ با روش پیشنهادی، تنظیم به دست می آید که برای پوشش داد ن همه ی نقاط خط کافی می باشد .همان طور که مشخص است در برخی از وضعیت های غیرعادی سیستم یعنی معیوب بودن کانال ارتباطی و یا خارج روش پیشنهادی از روش های DCB وPOTT بودن خازن، عملکرد بهتری دارد و این مسأله، استفاده از روش پیشنهادی را به منظور حفاظت خط جبران سری شده مناسب تر می سازد.

نتیجه گیری(۳):

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

به دلیل برخی از مسائل ناشی از وجود خازن، حفاظت خط جبران سری شده با استفاده از رله های مستقل ، عملکرد رضایت بخشی ندارد . روش های حفاظت واحد با به کارگیری کانال ارتباطی بین رله ها و تصمیم گیری بر اساس اطلاعات دو سر خط حفاظت مطمئن تری را بر ای خط انتقال فراهم می آورند .در این مقاله، روشی برای حفاظت واحد خط جبران شده با خازن سر ی ارائه شده است که بر اساس عملکرد توسط زون 2 غیرشرطی زون 1 و ارسال سیگنال Permissive رله ها عمل می کند .در نتیجه، روش پیشنهادی علاوه بر داشتن مزایای سایر روش های حفاظت واحد، برخی از مشکلات آن ها را که در اثر معیوب بودن کانال ارتباطی و یا خارج بودن خازن ایجاد می شود نیز برطرف می سازد .ضمن آنکه تنظیم پیشنهادی برای زون ها در این روش ، نقاط میانی خط جبران سری شده را تحت پوشش قرار می دهد و از این رو عملکرد بهتری نسبت به تنظیم بر اساس امپدانس کاهش یافته ی خط دارد.

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

پیوست الف: مشخصات سیستم مورد مطالعه

خطوط (مدل Π):

امپدانس سری توالی مثبت:	0.0185+j0.3766	Ω/km
امپدانس سری توالی صفر:	0.3618+j1.2277	Ω/km
ادمیتانس موازی توالی مثبت:	0.22785	MΩ*km
ادمیتانس موازی توالی صفر:	0.34513	MΩ*km
طول خطوط AB و CD:	10	km
طول خط BC:	100	km

منابع:

امپدانس توالی مثبت:	1.43+j16.21	
امپدانس توالی صفر:	3.068+j28.746	
اختلاف زاویه منابع:	5	درجه
ولتاژ مبنا:	500	kV
توان مبنا:	100	MVA
فرکانس:	60	Hz

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

پیوست ب: تنظیم زون‌ها در روش‌های مورد استفاده

در این‌جا به منظور سادگی از مقاومت خط چشم‌پوشی شده و تنظیم‌ها بر اساس هردو حالت استفاده از امپدانس کاهش یافته‌ی خط و استفاده از حداکثر امپدانس دیده شده تا باس مقابل ($Z'_{L\max}$) محاسبه شده است.

- **تنظیم زون‌ها در روش DCB**

تنظیم بر اساس امپدانس کاهش یافته‌ی خط:

$$M_{Trip} = 1.75 \times k_{Trans} \times (Z_{Line} - X_C)$$
$$= 1.75 \times 0.75 \times 0.3 X_{Line} \approx 0.4 X_{Line}$$
$$M_{Block} = 1.25 \times (M_{Trip} - (Z_{Line} - X_C))$$
$$= 1.25 \times (0.4 X_{Line} - 0.3 X_{Line}) = 0.125 X_{Line}$$

تنظیم بر اساس $Z'_{L\max}$ و جبران سری در دو انتهای خط:

$$M_{Trip} = 1.75 \times k_{Trans} \times Z'_{L\max}$$
$$= 1.75 \times 0.75 \times 0.65 X_{Line} \approx 0.85 X_{Line}$$
$$M_{Block} = 1.25 \times (M_{Trip} - Z'_{L\max})$$
$$= 1.25 \times (0.85 X_{Line} - 0.65 X_{Line}) = 0.25 X_{Line}$$

تنظیم بر اساس $Z'_{L\max}$ و جبران سری در وسط خط:

$$M_{Trip} = 1.75 \times k_{Trans} \times Z'_{L\max}$$
$$= 1.75 \times 0.75 \times 0.5 X_{Line} \approx 0.65 X_{Line}$$
$$M_{Block} = 1.25 \times (M_{Trip} - Z'_{L\max})$$
$$= 1.25 \times (0.65 X_{Line} - 0.5 X_{Line}) = 0.19 X_{Line}$$

- **تنظیم زون‌ها در روش POTT**

تنظیم بر اساس امپدانس کاهش یافته‌ی خط:

$$Z_F = Z_2 = 1.2 \times k_{Trans} \times (Z_{Line} - X_C)$$
$$= 1.2 \times 0.75 \times 0.3 X_{Line} = 0.27 X_{Line} \approx 0.3 X_{Line}$$

تنظیم بر اساس $Z'_{L\max}$ و جبران سری در دو انتهای خط:

$$Z_F = Z_2 = 1.2 \times k_{Trans} \times Z'_{L\max}$$
$$= 1.2 \times 0.75 \times 0.65 X_{Line} = 0.585 X_{Line} \approx 0.6 X_{Line}$$

تنظیم بر اساس $Z'_{L\max}$ و جبران سری در وسط خط:

$$Z_F = Z_2 = 1.2 \times k_{Trans} \times Z'_{L\max}$$
$$= 1.2 \times 0.75 \times 0.5 X_{Line} = 0.45 X_{Line}$$

- **تنظیم زون‌ها در روش پیشنهادی**

در حالت جبران سری تقسیم شده در دو انتهای خط:

$$Z_1 = 0.9 \times k_{Trans} \times (Z_{Line} - X_C)$$
$$= 0.9 \times 0.75 \times 0.3 X_{Line} = 0.2 X_{Line}$$
$$Z_2 = 1.2 \times k_{Trans} \times Z'_{L\max}$$
$$= 1.2 \times 0.75 \times 0.65 X_{Line} = 0.585 X_{Line} \approx 0.6 X_{Line}$$

در حالت جبران سری در وسط خط:

$$Z_1 = 0.9 \times k_{Trans} \times (Z_{Line} - X_C)$$
$$= 0.9 \times 0.75 \times 0.3 X_{Line} = 0.2 X_{Line}$$
$$Z_2 = 1.2 \times k_{Trans} \times Z'_{L\max}$$
$$= 1.2 \times 0.75 \times 0.5 X_{Line} = 0.45 X_{Line}$$

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل چهارم:

امپدانس اندازه گیری شده توسط رله های دیستانس با در نظر گرفتن ظرفیت خازنی خط

مقدمه:

از عوامل مؤثر بر روی عملکرد رله های دیستانس می توان به تغییرات فرکانس، مقاومت خطا در خطاهای تک فاز به زمین و نوسانات توان اشاره کرد .از میان این عوامل، تغییرات فرکانس و نوسانات توان به نحوهٔ تولید و مصرف انرژی الکتریکی مرتبط می باشند .مقاومت خطا وابسته به نحوهٔ ایجاد خطا، به ویژه نحوهٔ برقراری قوس خطا میان یکی از فازهای سیستم قدرت و زمین و همچنین شرایط مسیر زمین، می باشد.

جهت برطرف کردن مشکل ناشی از حضور مقاومت خطا، حفاظت دیستانس وفتی مطرح شده است .از آن جایی که مقدار مقاومت خطا از دیدگاه سیستم حفاظتی یک مقدار نامشخص می باشد، از این رو در این روش به ازای یک محدودهٔ مشخص برای مقاومت خطا، 0 تا 200 اهم، مشخصه ای به دست می آید که به مشخصهٔ ایده آل رلهٔ دیستانس موسوم می باشد.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

هر یک به نحوی به مسئلهٔ حفاظت دیستانس وفقی پرداخته اند .با توجه به مشخصهٔ ایده آل مطرح شده، یک مشخصهٔ چهارضلعی جهت در نظر گرفتن این مشخصه پیشنهاد شده است. سعی شده است تا با استفاده از هوش مصنوعی نسبت به تعیین مرزهای مشخصهٔ ایده آل اقدام شود .همچنین در مرجع نحوهٔ تغییر مشخصهٔ ایده آل رلهٔ دیستانس به ازای شرایط مختلف سیستم مورد بررسی قرار گرفته است.

رله های دیستانس یکی از پرکاربردترین رله ها در سیستم های حفاظتی خطوط انتقال انرژی الکتریکی می باشند.

این رله ها در درجهٔ نخست به عنوان حفاظت اصلی و در درجهٔ بعد به عنوان حفاظت پشتیبان مورد استفاده قرار می گیرند.

یکی از عواملی که همواره باعث اخلال در عملکرد صحیح رلهٔ دیستانس می گردد، وجود مقاومت خطا در حلقهٔ خطای تک فاز به زمین است .در مورد این مقاومت دو مسئله مهم مطرح می باشند :

عدم مشخص بودن اندازهٔ این مقاومت از دیدگاه سیستم حفاظتی و عدم برابری مقاومت تحمیلی ناشی از این مقاومت بر امپدانس اندازه گیری شده در نقطهٔ رله گذاری با مقاومت خطا .در صورت وجود مقاومت خطا، ممکن است که امپدانس تحمیلی اندازه گیری شده در نقطهٔ رله گذاری اهمی خالص نباشد .میزان انحراف امپدانس اندازه گیری شده از مقدار واقعی، علاوه بر اندازهٔ مقاومت خطا، به عوامل ساختاری و بهره برداری شبکهٔ قدرت وابسته می باشد .به غیر از مقاومت خطا، ظرفیت خازنی خط انتقال نیز موجب انحراف امپدانس اندازه گیری شده از مقدار واقعی آن می گردد .میزان این انحراف نیز وابسته به شرایط سیستم قدرت می باشد. در این مقاله امپدانس

اندازه گیری شده توسط رلهٔ دیستانس با در نظر گرفتن ظرفیت خازنی خط انتقال مورد بررسی قرار گرفته است .در ابتدا روابط مورد نیاز جهت به دست آوردن امپدانس اندازه گیری شده در نقطهٔ رله گذاری، ارائه شده اند .در این جا جهت ملموس تر شدن مطالب عنوان شده از یک سیستم عملی استفاده شده است .با استفاده از این سیستم، نحوهٔ تغییرات مشخصهٔ امپدانس اندازه گیری شده به ازای تغییر شرایط سیستم قدرت مورد بررسی قرار گرفته است.

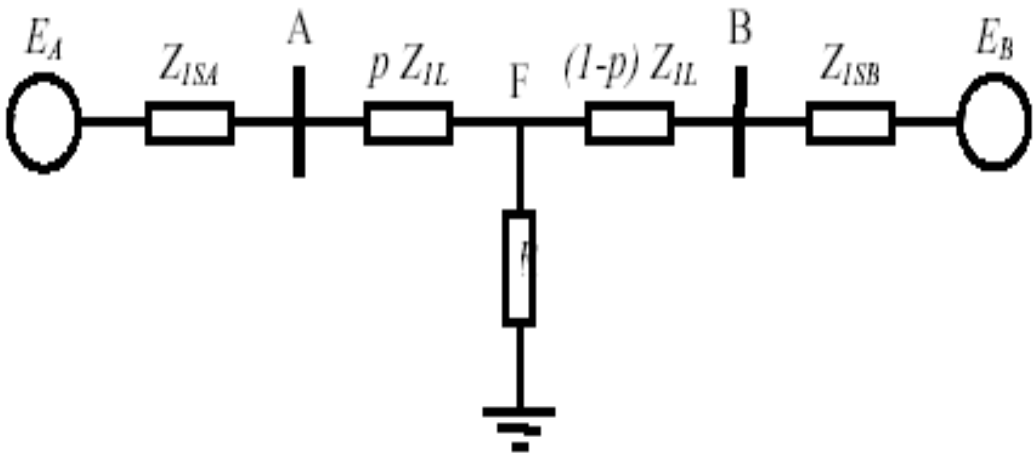
از ظرفیت خازنی خط انتقال - در تمامی مراجع صرف نظر شده است .به این ترتیب که یا فرض شده است که خط فاقد ظرفیت خازنی م یباشد و یا آن که ظرفیت خازنی در امپدانس اتصال کوتاه مدل شبکهٔ طرفین خط منظور شده است .به این ترتیب یا ظرفیت خازنی خط در نظر گرفته نشده است و یا آن از جریان عبوری از ظرفیت خازنی خط که از ترانسفورماتورهای جریان رله های دیستانس نیز عبور می کند، صرف نظر شده است .با توجه به آن که در تمامی کارهای انجام شده در زمینهٔ محاسبهٔ امپدانس انداز ه گیری شده از ظرفیت خازنی خط انتقال صر فنظر شده است، در این جا هدف بررسی میزان صحت این ساده سازی می باشد. جدا از مسئلهٔ ظرفیت خازنی خط، مقاومت خطا نیز مسائلی را در مورد امپدانس اندازه گیری شده در نقطهٔ رله گذاری ایجاد می کند . نکتهٔ بسیار مهم مطرح در مورد مقاومت خطا در اتصال کوتاه تک فاز به زمین، آن است که نه تنها این مقاومت خود مجهول می باشد، بلکه امپدانس تحمیلی ناشی از حضور این مقاومت بر امپدانس اندازه گیری شده، با توجه به شرایط مختلف سیستم دست خوش تغییر می گردد .به عنوان مثال ممکن است که این مقاومت به صورت امپدانسی مرکب از سلف و مقاومت دیده شده و یا به

صورت ترکیبی از مقاومت و خازن از دید رلهٔ دیستانس ظاهر گردد .عوامل مؤثر در این امر به دو دستهٔ عوامل ساختاری و بهر هبرداری در سیستم قدرت تقسیم می شوند.

در این فصل امپدانس اندازه گیری شده در نقطهٔ رله گذاری توسط رلهٔ دیستانس با در نظر گرفتن ظرفیت خازنی خط انتقال ارائه شده است .در این جا همچنین به بررسی نحوهٔ تغییر مشخصهٔ امپدانس انداز هگیری شده به ازای تغییر شرایط بهره برداری و ساختاری شبکه پرداخته می شود . این عمل به کمک سیستم آزمون مطرح شده صورت می پذیرد .این امر صرفاً جهت نمایش ملموس تر این تغییرات بوده و موارد مطرح شده در حالت کلی نیز صادق می باشند.

۱-۴- امپدانس اندازه گیری شده توسط رله دیستانس:

اساس کار رلهٔ دیستانس بر پایهٔ اندازه گیری امپدانس درنقطهٔ رله گذاری پی ریزی شده است . در حالتی که امپدانس خطای زمین برابر صفر می باشد، امپدانس اندازه گیری شده توسط رلهٔ دیستانس تنها تابع طول خط انتقال می باشد .با است، که در این $p\ Z1L$ توجه به شکل (۱-۴) این مقدار برابر طول قطع هخط میان نقاط خطا و رله گذاری بر حسب p جا امپدانس توالی $Z1L$ درواحد در پایهٔ طول خط انتقال بوده و مثبت خط می باشد.



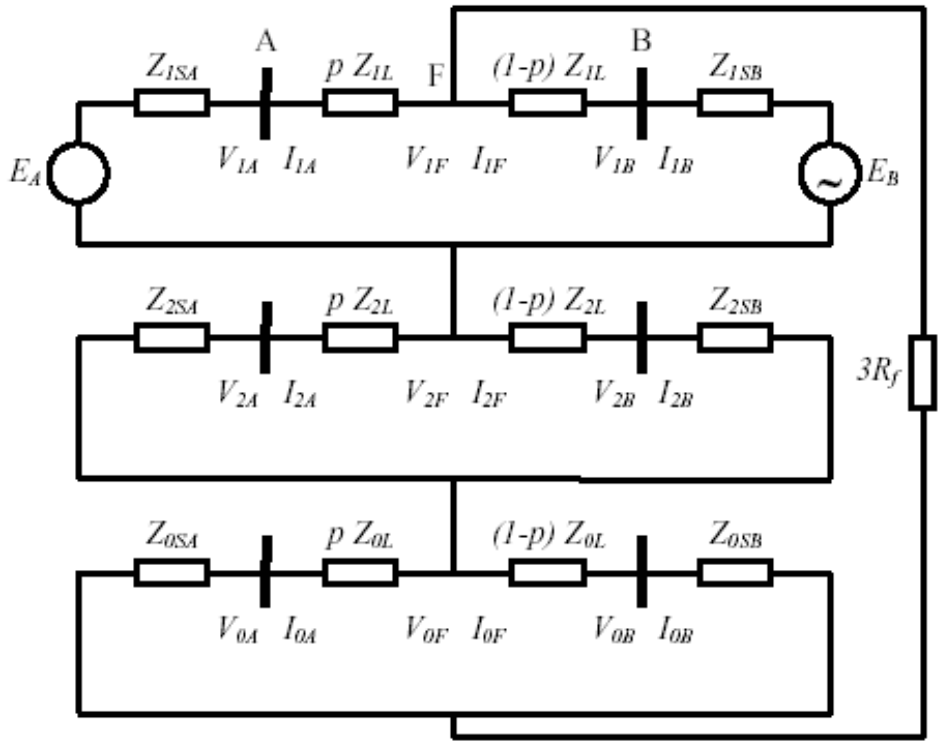
شکل (۱-۴) مدار معادل خطای تک فاز به زمین

در صورت صفر نبودن مقاومت خطای زمین، امپدانس اندازه گیری شده در نقطهٔ رله گذاری مخالف $p\ Z1L$ بود .در این حالت ولتاژ اندازه گیری شده، برابر افت ولتاژ برروی قطعه خط بین نقاط رله گذاری و خطا، به علاوهٔ افت ولتاژ ایجاد شده بر روی مقاومت خطا است .امپدانس خطای زمین دارای ماهیت مقاومتی می باشد .در نگاه اول ممکن است که تصور شود که امپدانس اندازه گیری شده در نقطهٔ رله گذاری برابر حاصل جمع امپدانس قطعه خط میان نقاط رله گذاری و خطا و مقاومت خطا می باشد .در صورت صحت این مطلب به سادگی می توان با استفاده از بخش موهومی است، در مورد $p\ X1L$ امپدانس اندازه گیری شده که برابر محل خطا اظهار نظر کرد.

با توجه دقیق تر به شکل (۱-۴) مشاهده خواهد شد که افت تنها وابسته به جریان Rf ولتاژ بر روی مقاومت خط می باشد.

خطایی که از محل رله گذاری تأمین می گردد، نمی باشد. جریان عبوری از مقاومت خطا برایند دو جریانی است که از دو انتهای خط انتقال تأمین می شوند .از این رو افت ولتاژ بر روی مقاومت خطا وابسته به سطح اتصال کوتاه در باس بارهای ابتدایی و انتهایی خط انتقال است. افت ولتاژ بر روی قطع هخط میان نقاط رله گذاری و خطا ناشی از دو جریان است .مورد اول جریان خطا بوده و دیگری جریان بار عبوری از خط پیش از وقوع خطا است .جریان پیش از خطا ناشی از شرایط بارگذاری خط انتقال بوده و دارای دو بخش اکتیو و راکتیو می باشد .بخش اکتیو تابعی از زاویهٔ بار خط) اختلاف فاز میان باس های ابتدایی و انتهایی (وبخش راکتیو تابعی از نسبت ولتاژ باس های ابتدایی و انتهایی می باشند.

از موارد اشاره شده می توان به این جمع بندی رسید که در حالتی که مقاومت خطای زمین مخالف صفر می باشد، امپدانس اندازه گیری شده نه تنها وابسته به مقاومت خطای زمین است، بلکه متأثر از شرایط ساختاری و بهره برداری سیستم قدرت نیز می باشد شرایط ساختاری شامل سطح اتصال کوتاه در باس های ابتدایی و انتهایی خط انتقال (SSA , SSB) و شرایط بهره برداری شامل نسبت ولتاژهای باس های ابتدایی و انتهایی (h) و زاویه بار (δ)، و یا در مجموع EB/EA = he-jδ می باشند.



شکل (۲-۴) مدار معادل خطای فاز A به زمین

در ادامه با توجه به شکل (۲-۴) روابط حاکم بر امپدانس اندازه گیری شده در نقطه رله گذاری ارائه می شوند.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$Z_{1A} = Z_{1SA} + pZ_{1L} \quad (۱)$$

$$Z_{0A} = Z_{0SA} + pZ_{0L} \quad (۲)$$

$$Z_{1B} = Z_{1SB} + (1-p)Z_{1L} \quad (۳)$$

$$Z_{0B} = Z_{0SB} + (1-p)Z_{0L} \quad (۴)$$

$$Z_{\Sigma} = 2\frac{Z_{1A}Z_{1B}}{Z_{1A}+Z_{1B}} + \frac{Z_{0A}Z_{0B}}{Z_{0A}+Z_{0B}} \quad (۵)$$

$$C_1 = \frac{Z_{1B}}{Z_{1A}+Z_{1B}} \quad (۶)$$

$$C_0 = \frac{Z_{0B}}{Z_{0A}+Z_{0B}} \quad (۷)$$

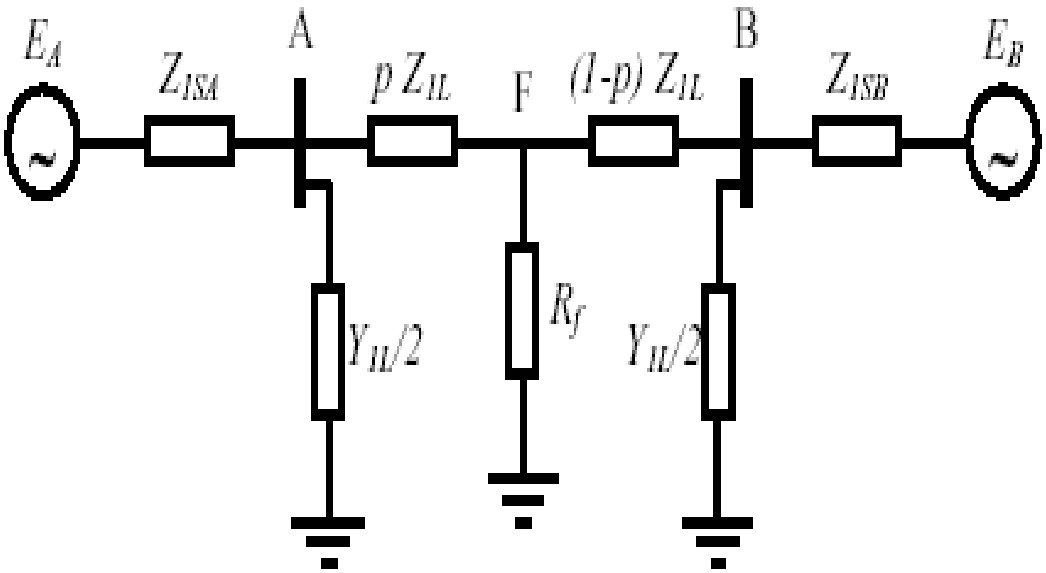
$$K_{0L} = \frac{Z_{0L}-Z_{1L}}{3Z_{1L}} \quad (۸)$$

$$K_{\delta} = \frac{1-he^{-j\delta}}{Z_{1B}+Z_{1A}he^{-j\delta}} \quad (۹)$$

$$C_{ld} = (Z_{\Sigma}+3R_f)K_{\delta} \quad (۱۰)$$

$$Z_A = pZ_{1L} + \frac{3R_f}{C_{ld}+2C_1+C_0(1+3K_{0L})} \quad (۱۱)$$

جهت در نظر گرفتن ظرفیت خازنی خط انتقال، از مدل خط انتقال استفاده شده است . به این ترتیب لازم است کهπ سیستم مورد مطالعه از س یستم نشان داده شده در شکل(۱-۴)، به سیستم نمایش داده شده در شکل(۳-۴) تغییر یابد.



شکل (۳-۴) مدار معادل خطای تک فاز به زمین با در نظر گرفتن ظرفیت خازنی خط انتقال

سیستم نمایش داده شده در شکل (۳-۴) دارای دو شاخهٔ متناظر با نیمی از ظرفیت خازنی خط در هر یک از طرفین خط انتقال می باشد .با توجه به این شکل، روابط مطرح شده برای امپدانس اندازه گیری شده در نقطهٔ رله گذاری به صورت زیر اصلاح میگردند:

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$Z_{1A} = p\,Z_{1L} + \frac{2Z_{1SA}}{2 + Z_{1SA}Y_{1L}} \qquad (۱۲)$$

$$Z_{1B} = (1-p)Z_{1L} + \frac{2Z_{1SB}}{2 + Z_{1SB}Y_{1L}} \qquad (۱۳)$$

$$Z_{0A} = p\,Z_{0L} + \frac{2Z_{0SA}}{2 + Z_{0SA}Y_{0L}} \qquad (۱۴)$$

$$Z_{0B} = (1-p)Z_{0L} + \frac{2Z_{0SB}}{2 + Z_{0SB}Y_{0L}} \qquad (۱۵)$$

$$Z_{\Sigma} = 2\frac{Z_{1A}Z_{1B}}{Z_{1A} + Z_{1B}} + \frac{Z_{0A}Z_{0B}}{Z_{0A} + Z_{0B}} \qquad (۱۶)$$

$$C_1 = \frac{Z_{1B}}{Z_{1A} + Z_{1B}} \qquad (۱۷)$$

$$C_{1A} = \frac{2}{2 + Z_{1SA}Y_{1L}} \qquad (۱۸)$$

$$C_{1B} = \frac{2}{2 + Z_{1SB}Y_{1L}} \qquad (۱۹)$$

$$C_0 = \frac{Z_{0B}}{Z_{0A} + Z_{0B}} \qquad (۲۰)$$

$$C_{0A} = \frac{2}{2 + Z_{0SA}Y_{0L}} \qquad (۲۱)$$

$$K_{0L} = \frac{Z_{0L} - Z_{1L}}{3Z_{1L}} \qquad (۲۲)$$

$$K_{\delta} = \frac{\begin{matrix} Z_{1A} + Z_{1B} - C_{1A}(Z_{1B} + p\,Z_{1L}) \\ -C_{1B}(Z_{1A} - p\,Z_{1L})h\,e^{-j\delta} \end{matrix}}{Z_{1SA}[C_{1A}Z_{1B} + C_{1B}Z_{1A}h\,e^{-j\delta}]} \qquad (۲۳)$$

$$C_{ld} = (Z_{\Sigma} + 3R_f)K_{\delta} \qquad (۲۴)$$

$$K'_{\delta} = \frac{Y_{1L}\begin{bmatrix} C_{1A}(Z_{1B} + p\,Z_{1L}) + \\ C_{1B}(Z_{1A} - p\,Z_{1L})h\,e^{-j\delta} \end{bmatrix}}{2[C_{1A}Z_{1B} + C_{1B}Z_{1A}h\,e^{-j\delta}]} \qquad (۲۵)$$

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$C_{ld\Delta} = (Z_\Sigma + 3R_f)K'_\delta \qquad (۲۶)$$

$$Z_A = pZ_{1L} + \frac{pZ_{1L}\left[\begin{matrix}C_{ld\Delta} + 2C_1(1-C_{1A}) + \\ C_0(1-C_{1A})(1+3K_{0L})\end{matrix}\right] + 3R_f}{C_{ld} + 2C_{1A}C_1 + C_{0A}C_0(1+3K_{0L})} \qquad (۲۷)$$

همان گونه که مشاهده می گردد در رابطهٔ (27) بر خلاف رابطهٔ (11) انحراف امپدانس اندازه گیری شده از مقدار واقعی آن، تنها منوط به وجود مقاومت خطا نمی باشد .در این حالت حتی در صورت صفر بودن مقاومت خطا، ممکن است که امپدانس اندازه گیری شده دارای انحراف از مقدار امپدانس واقعی باشد، که میزان این انحراف تا حدی وابسته به شرایط سیستم قدرت می باشد.

۲-۴- مشخصهٔ امپدانس اندازه گیری شده

در صورت مشخص بودن عوامل ساختاری و بهر ه برداری سیستم قدرت، یعنی سطح اتصال کوتاه به علاوهٔ زاویهٔ بار و نسبت ولتاژهای دو انتهای خط انتقال، می توان مشخصهٔ امپدانس اندازه گیری شده توسط رلهٔ دیستانس را به دست آورد .این منحنی مشخصه دارای چهار منحنی مرزی می باشد. منحنی اول بیانگر وضعیتی است که مقاومت خطا برابر صفر بوده و موقعیت خطا از باس ابتدایی خط تا باس انتهایی تغییر می کند .منحنی دوم معادل وضعیتی است که محل وقوع خطا در انتهای خط انتقال ثابت بوده و مقدار مقاومت خطا تغییر یابد .در این جا تغییرات اندازهٔ مقاومت خطا از 0 تا 200 اهم در نظر گرفته شده است .این مقدار با توجه به اندازهٔ عملی مقاومت خطا و نظر به مقالات مربوط به این زمینه انتخاب شده است .منحنی سوم حالتی است که مقدار مقاومت خطا برابر 200 اهم بوده و موقعیت خطا میان باس های ابتدایی وانتهایی خط انتقال تغییر پیدا می

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

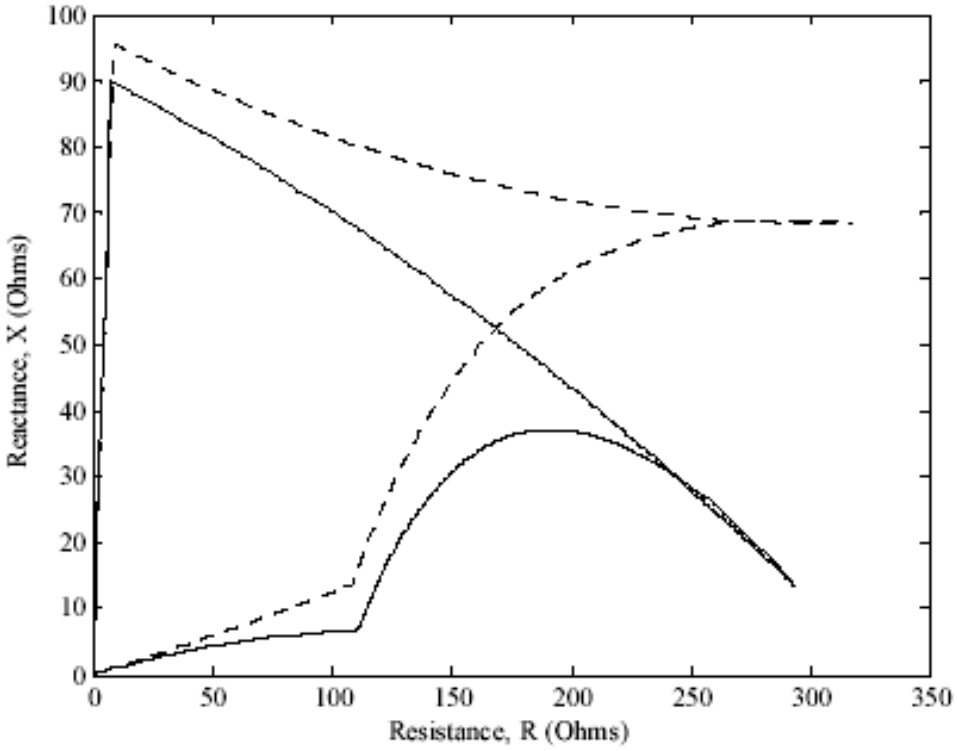
کند .منحنی چهارم مربوط به حالتی است که محل وقوع خطا بر روی باس ابتدایی خط انتقال ثابت بوده و مقاومت قوس خطا در محدودهٔ 0 تا200 اهم تغییر پیدا م یکند .به این ترتیب منحنی مشخصهٔ امپدانس اندازه گیری شده در نقطهٔ رله گذاری توسط رلهٔ دیستانس مشخص خواهد شد . می توان این منحنی مشخصه را، مشخصهٔ ایده آل رلهٔ دیستانس در نظر گرفت .به این ترتیب که در صورت تنظیم مشخصهٔ عملکردی رلهٔ دیستانس با این مشخصه، امکان عملکرد نادرست رله منتفی خواهد شد.

در ادامه برای آن که مباحث مطرح شده شکل ملمو ستری داشته باشند، موارد ذکر شده بر روی یک سیستم واقعی اعمال شده و منحنی مشخصهٔ امپدانس اندازه گیری شده در نقطهٔ رله گذاری به دست خواهد آمد .برای این امر یک خط400 کیلوولت مورد استفاده قرار گرفته است .این خط دارای طولی به اندازهٔ 300 کیلومتر می باشد .امپدانس های مختلف این خط به شرح زیر می باشند:

WikiPower.ir

$$R_{1L} = ۰/۰۳۰۱ \quad \Omega / km$$
$$X_{1L} = ۰/۳۱۸۷ \quad \Omega / km$$
$$R_{0L} = ۰/۲۲۶۹ \quad \Omega / km$$
$$X_{0L} = ۰/۷۰۵۷ \quad \Omega / km$$
$$Y_{1L} = ۳/۵۱۱۷ \quad \mu S / km$$
$$Y_{0L} = ۲/۹۷۴۵ \quad \mu S / km$$

در صورتی که سطح اتصال کوتاه در باس های A و B به ترتیب برابر ۲۰ و ۱۰ گیگاولت آمپر، h برابر ۰/۹۶ و δ برابر ۱۶ درجه در نظر گرفته شوند، شکل (۴-۴) مشخصه امپدانس اندازه گیری شده را نمایش می دهد.

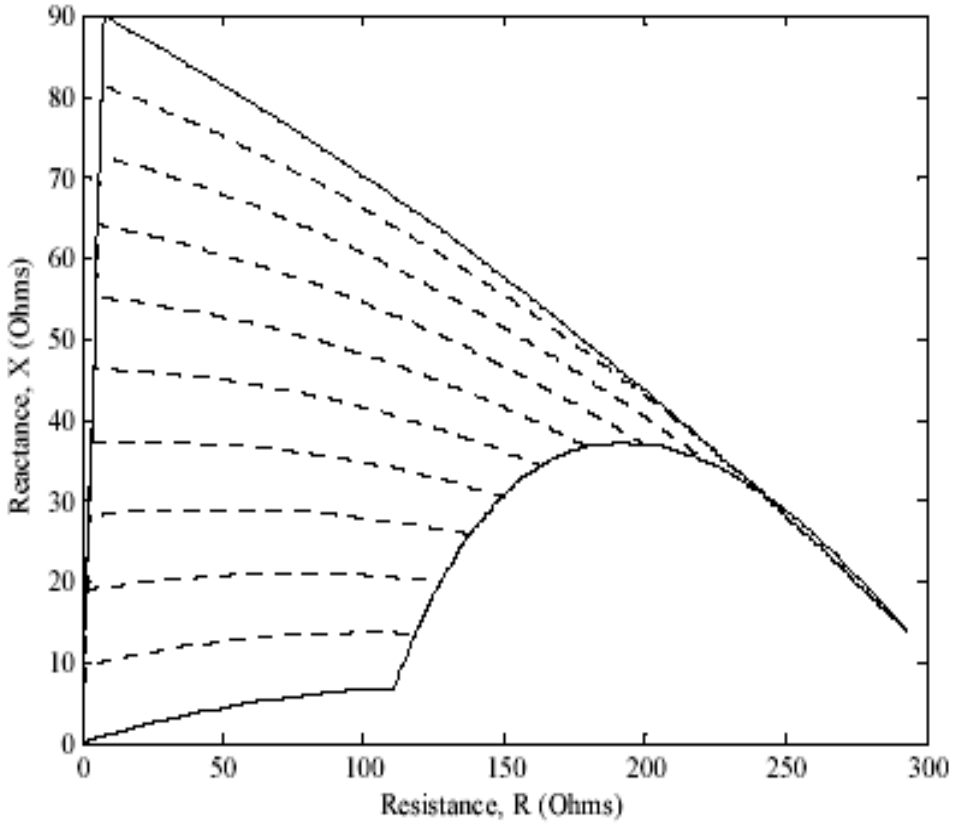


شکل (۴-۴) مشخصه امپدانس اندازه گیری شده

در شکل (۴-۴) منحنی نقط هچین مشخصهٔ امپدانس اندازه گیری شده بدون در نظر گرفتن ظرفیت خازنی خط می باشد .در این مشخصه امپدانس اندازه گیری شده به ازای وقوع خطا در + j95/انتهای خط انتقال، امپدانس مشخصهٔ خط، برابر 619/03 می باشد.

با در نظر گرفتن ظرفیت خازنی خط، امپدانس اندازه گیری شده در نقطهٔ رله گذاری به ازای وقوع خطا در این 7/7159به دست می آید .همان گونه + j89/ نقطه برابر8516 که مشاهده می گردد، در این حالت مقادیر مقاومت و راکتانس اندازه گیری شده هر دو کاهش یافته اند .در این

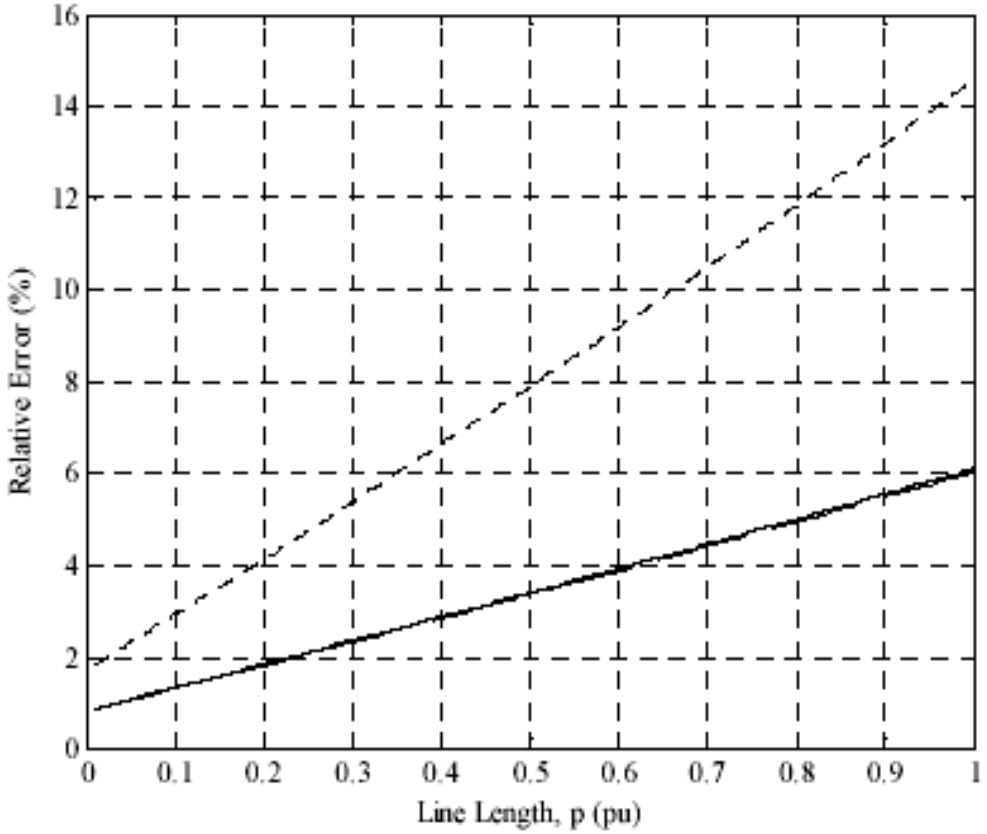
موقعیت میزان کاهش در مورد مقاومت، راکتانس و اندازهٔ امپدانس 6درصد 6 / و 02/ 09 ، /14 اندازه گیری شده به ترتیب برابر55 می باشد .با توجه به شکل می توان مشاهده کرد که در تمامی حالات امپدانس انداز هگیری شده در هر دو قسمت مقاومت و راکتانس کاهش یافته است .شکل 5مشخصهٔ امپدانس اندازه گیری شده را با جزئیات بیشتری نمایش می دهد .در این شکل منحنی هایی مربوط به موقعیت های مختلف خطا از10 تا 90 درصد طول خط در پله های 10 درصدی نشان داده شده اند.



شکل (۵-۴) مشخصه امپدانس اندازه گیری شده با جزئیات بیشتر

با توجه دقیق به شکل (۵-۴) می توان دریافت که با حرکت از ابتدای خط به سمت انتهای خط، فاصلهٔ میان خ طچین ها تغییر می کند، یا به عبارت دیگر، میزان کاهش امپدانس اندازه گیری

شده از مقدار واقعی آن وابسته به موقعیت خطا می باشد. جهت مشاهدهٔ بهتر این امر، در شکل 6 میزان کاهش امپدانس اندازه گیری شده با ازای نقاط مختلف خط و با فرض مقاومت خطای صفر نمایش داده شده است.



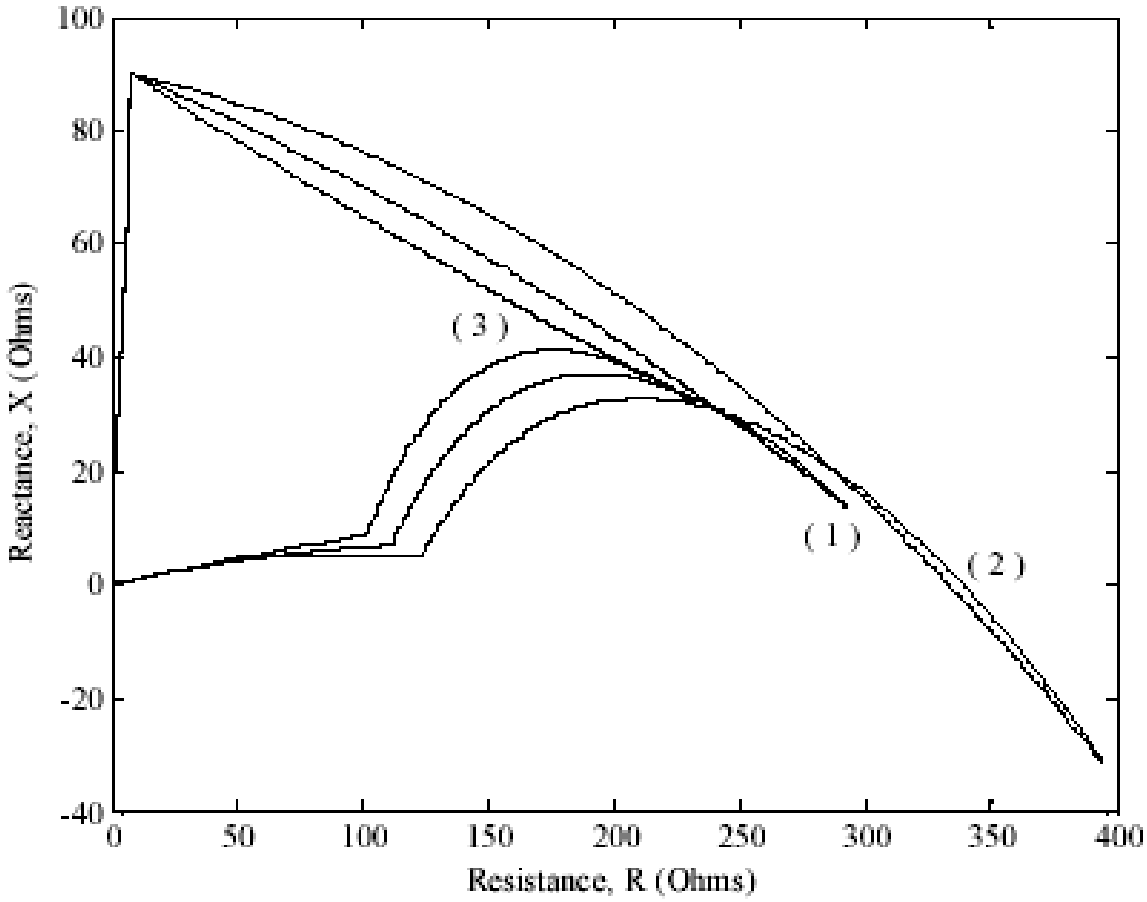
شکل (۶-۴) کاهش مقاومت، راکتانس و اندازه امپدانس اندازه گیری شده

در این شکل میزان کاهش مقاومت، راکتانس و اندازهٔ امپدانس به ترتیب با منحنی های نقطه چین، خط چین و خط کامل نمایش داده شد هاند .همان گونه که مشاهده میگردد میزان کاهش به ازای موقعی تهای مختلف بروز خطا متفاوت می باشد .همچنین در این شکل به دلیل غالب بودن راکتانس خط، میزان کاهش راکتانس و اندازهٔ امپدانس انداز ه گیری شده بسیار به یکدیگر نزدیک می

باشند .با توجه به شکل(۶-۴) می توان دریافت که علاوه بر اندازهٔ امپدانس اندازه گیری شده، زاویهٔ فاز این امپدانس نیز تغییر می یابد.

۳-۴- تغییرات امپدانس انداز ه گیری شده:

در صورت تغییر شرایط بهره برداری سیستم قدرت، به عنوان مثال در اثر تغییر بار، مقادیر زاویهٔ بار و اندازهٔ ولتاژهای دو انتهای خط دست خوش تغییر می شوند .از سوی دیگر، درهنگام انجام عمل کلیدزنی، به نحوی که توپولوژی شبکه تغییر یابد، سطح اتصال کوتاه در باس ها تغییر پیدا خواهد کرد .با تغییر شرایط بهره برداری و ساختاری شبکه، مشخصهٔ امپدانس اندازه گیری شده نیز تغییر خواهد یافت. در شکل (۷-۴) مشخصهٔ امپدانس اندازه گیری شده به ازای سه حالت بهره برداری متفاوت، ولیکن در شرایط ساختاری یکسان، نمایش داده شده است .در منحنی (۱) نسبت اندازهٔ 0و زاویهٔ بار خط برابر 16 درجه، همانند ولتاژها برابر۹۶/.شکل4 می باشند .در صورت افزایش بار، به عنوان مثال حالتی که در آن زاویهٔ بار خط از 16 به 22 درجه افزایش کاهش۰/۹۴ یافته و نسبت ولتاژهای دو انتهای خط۰/ 96 می یابد، مشخصهٔ امپدانس اندازه گیری شده مطابق منحنی ۲ خواهد بود .حال در صورت کاهش بار خط، منحنی (۳) حاصل خواهد شد، که متناظر با زاویهٔ بار 10 درجه و نسبت است. ولتاژهای ۰/۹۸ است.

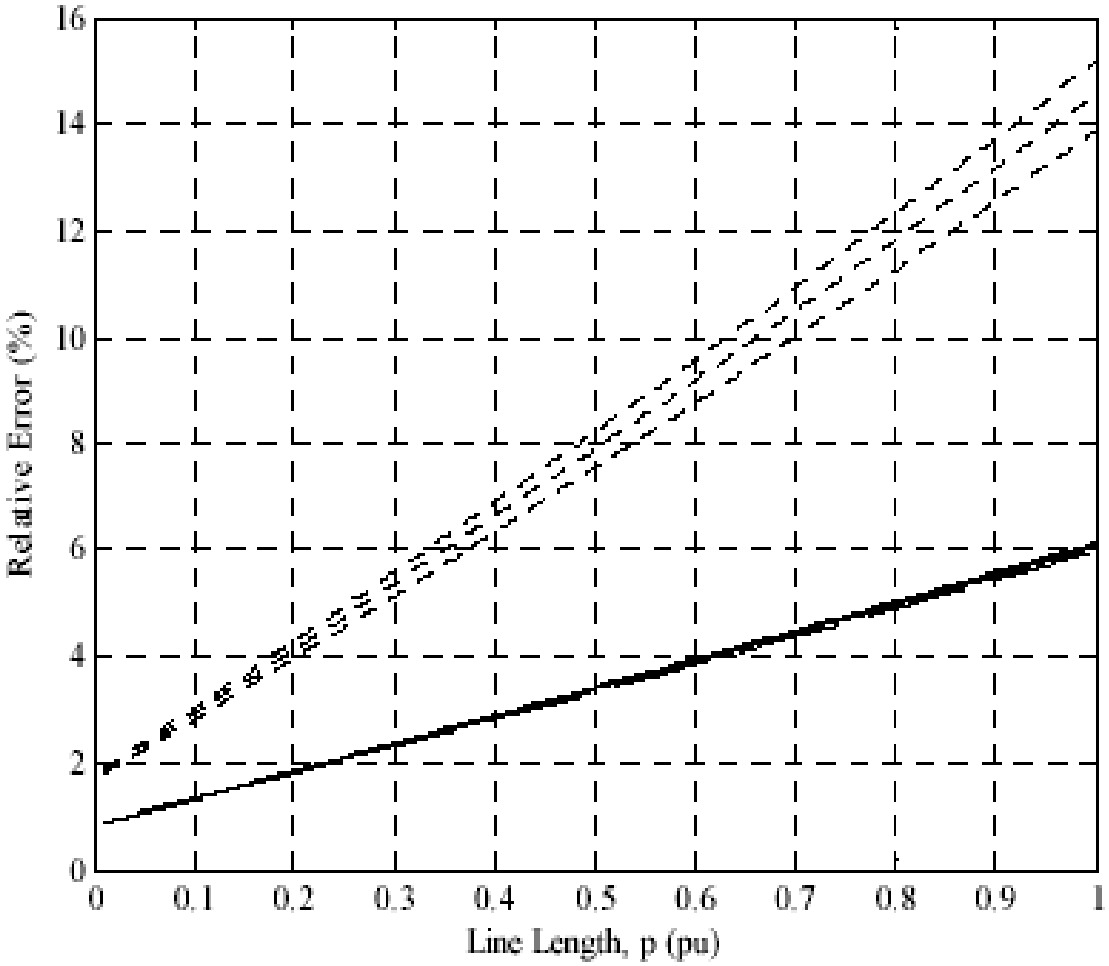


شکل (۷-۴) تغییر مشخصه امپدانس اندازه گیری شده با تغییر شرایط سیستم

WikiPower.ir

همان گونه که مشاهده می شود با تغییر شرایط سیستم قدرت، مشخصهٔ امپدانس اندازه گیری شده دچار تغییرمی گردد .میزان کاهش مقاومت، راکتانس و اندازهٔ امپدانس اندازه گیری شده در شکل 8 نمایش داده شده اند .در این شکل منحنی های از بالا به پایین به ترتیب مربوط به حال نهایی (۱) و (۳) می باشند.

برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل (۸-۴) تغییر میزان کاهش مقاومت، راکتانس و اندازه امپدانس اندازه گیری با تغییر شرایط سیستم

همان گونه که مشاهده می گردد، تغییرات میزان کاهش راکتانس و اندازهٔ امپدانس اندازه گیری شده محدود می باشند، در حالی که تغییر میزان کاهش مقاومت محسوس می باشد .با این وجود، موقعیت خطا بر روی میزان کاهش امپدانس اندازه گیری شده تأثیر بیشتری نسبت به شرایط سیستم دارد. میزان کاهش مقاومت در انتهای خط و با مقاومت خطای (۲) و (3) به ترتیب برابر ۱۴/۵۵، ۱۵/۱۷ و ۱۳/۸۷ درصد است. میزان کاهش در مورد راکتانس برابر ۶/۰۲، ۵/۹۷ و

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

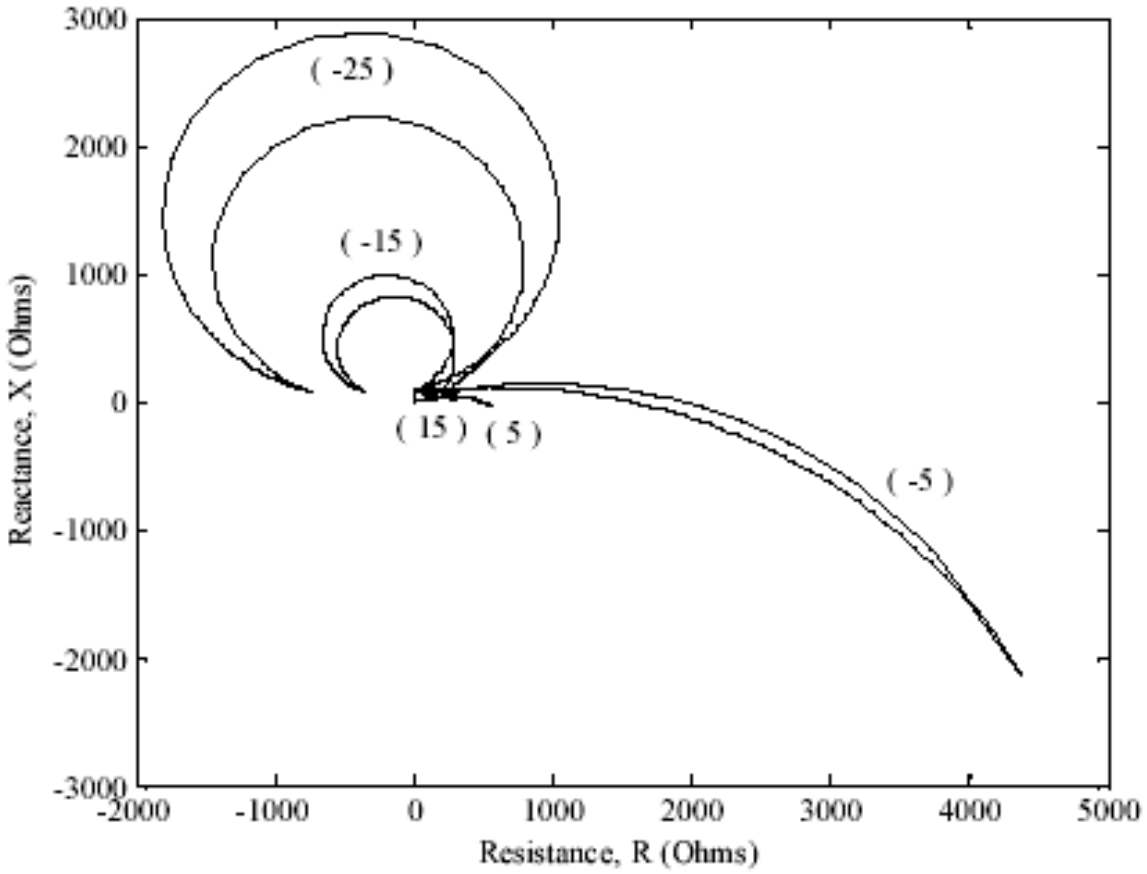
۶/۰۷ و میزان کاهش اندازه امپدانس اندازه گیری شده برابر ۶/۰۹، ۶/۰۵ و ۶/۱۳ درصد می باشند.

در ادامه تأثیر تغییر هر یک از عوامل ساختاری وبهره برداری به صورت منفرد بر روی مشخصهٔ امپدانس اندازه گیری شده مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۱-۳-۴- زاویهٔ بار

در صورتی که بار اکتیو خط انتقال افزایش یابد، اندازهٔ زاویهٔ بار افزایش یافته و از سوی دیگر، در صورت کاهش بار اکتیو، این زاویه نیز کاهش می یابد .در صورت تغییر جهت عبور توان اکتیو، علامت زاویهٔ بار نیز تغییر خواهد کرد .در شکل (۹-۴) اثر تغییرات زاویهٔ بار خط نمایش داده شده است .در این شکل تمامی پارامترهای سیستم مشابه شکل (۴-۴) است .در 15 -و 5- 25 ، 5، 15، این شکل زاویهٔ بار خط مقادیر25 درجه را اختیار می کند.

با توجه به مقیاس شکل می توان مشاهده کرد که در این حالت میزان انحراف بسیار بالا می باشد . در هنگام منفی بودن زاویهٔ بار، مشخصهٔ امپدانس انداز ه گیری شده، هلالی شکل می باشد.

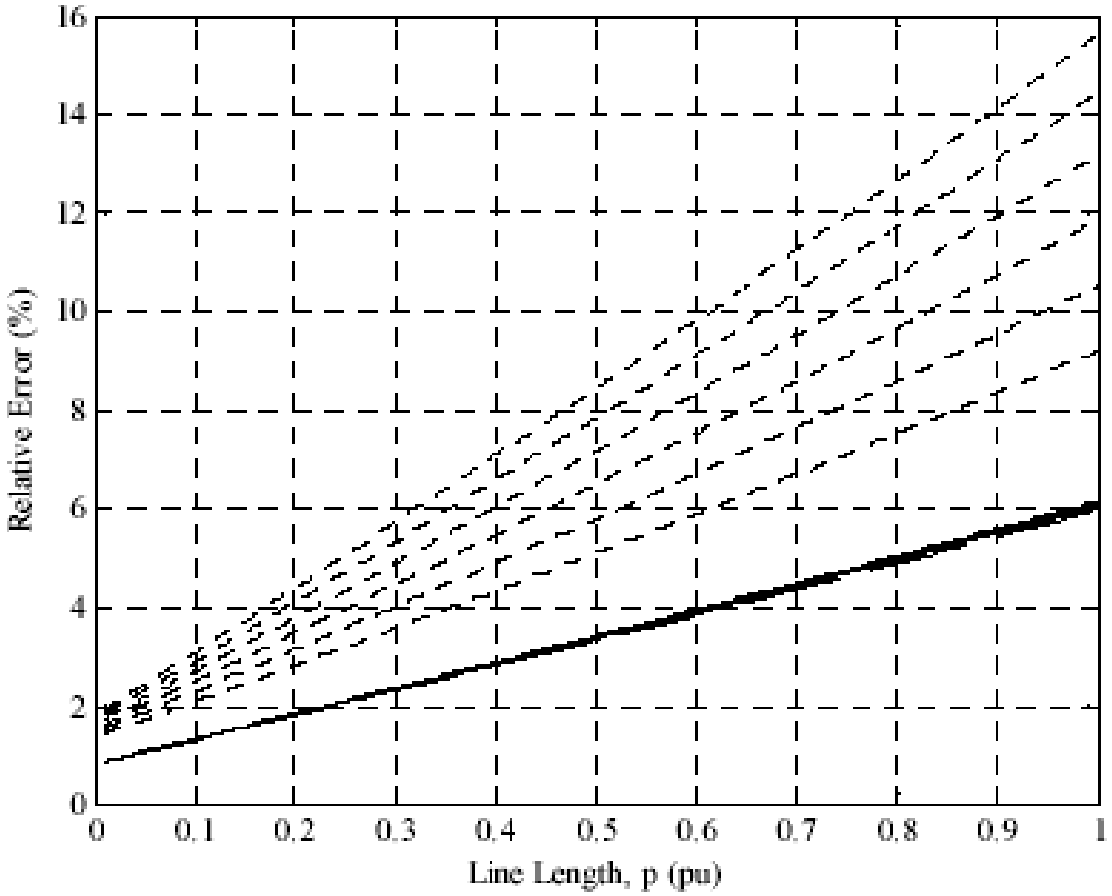


شکل (۹-۴) اثر تغییر زاویه بار بر مشخصه امپدانس اندازه گیری شده

در شکل (۱۰-۴) میزان کاهش مقاومت، راکتانس و اندازهٔ امپدانس اندازه گیری شده در شرایط ذکر شده نمایش داده شده است .از میان منحنی ها بیشترین انحراف مربوط به زاویهٔ بار 25 درجه و کمترین انحراف مربوط به زاویهٔ 25 – است.

همان گونه که مشاهده می گردد با کاهش زاویهٔ بار و منفی شدن آن میزان انحراف مقاومت اندازه گیری شده از مقدار واقعی آن کاهش می یابد .حداکثر میزان کاهش مقاومت اندازه گیری شده با مقاومت خطای صفر، برای انتهای خط، برای زاویه های 25 تا - 25 به ترتیب برابر 14/43، 15/59 ، ۱۳/۷، ۱۱/۸۶، ۱۰/۵۲ و ۹/۲۰ درصد است .در مورد راکتانس اندازه گیری شده وضعیت

تا حدی متفاوت می باشد .در این جا با تغییر زاویهٔ بار از 25 به - 25 درجه، راکتانس اندازه گیری شده در ابتدا افزایش یافته و سپس کاهش می یابد .میزان کاهش راکتانس به ترتیب برابر۵/۹۶، ۶/۰۳ ، ۶/۰۷، ۶/۰۹ ، ۶/۱۰ و ۶/۰۷ درصد میباشد .در مورد اندازهٔ امپدانس اندازه گیری شده نیز وضعیت تا حدی شبیه راکتانس می باشد، به این ترتیب که در ابتدا افزایش یافته و سپس کاهش می یابد. به این ترتیب که در ابتدا افزایش یافته و سپس کاهش می یابد میزان کاهش اندازه امپدانس اندازه گیری شده به ترتیب برابر ۶/۰۵، ۶/۱۰، ۶/۱۳، ۶/۱۴، ۶/۱۳ و ۶/۱۰ درصد است.



برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

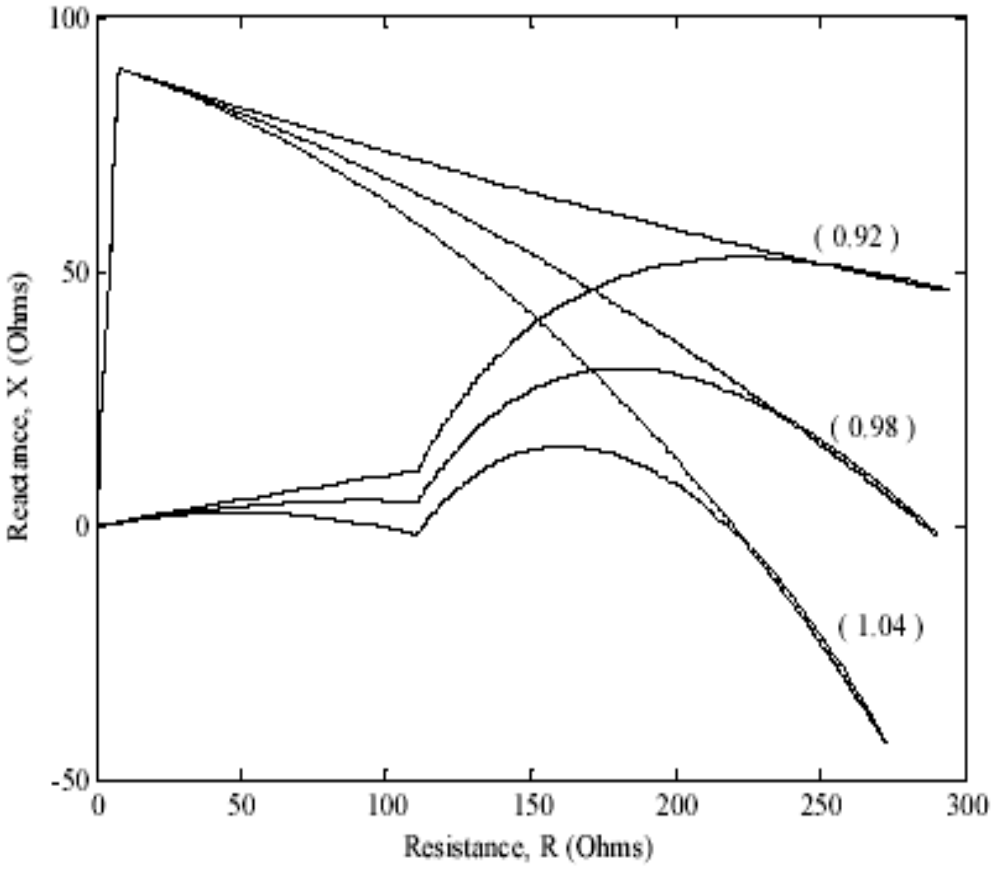
شکل (۴-۱۰) تغییر میزان کاهش مقاومت، راکتانس و اندازه امپدانس اندازه گیری شده با تغییر زاویه بار خط انتقال

۲-۳-۴- نسبت ولتاژها:

در صورتی که نسبت ولتاژهای دو انتهای خط انتقال تغییر یابد، این امر بر عبور توان راکتیو از خط انتقال تأثیرگذار می باشد .هر چه این نسبت کوچک تر باشد کوچک تر از1 مقدار توان راکتیو عبوری از خط بیشتر خواهد بود .در صورتی که این نسبت بزرگ تر از 1 باشد، این امر بیانگر عکس شدن جهت عبور توان راکتیو است .در شکل (۴-۱۱) پارامترهای سیستم مشابه شکل (۴-۴) می باشند و تنها نسبت اندازهٔ ولتاژ ها تغییر یافته و مقادیر ۰/۹۲، ۰/۹۸ و ۱/۰۴ را اختیار می کند.

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

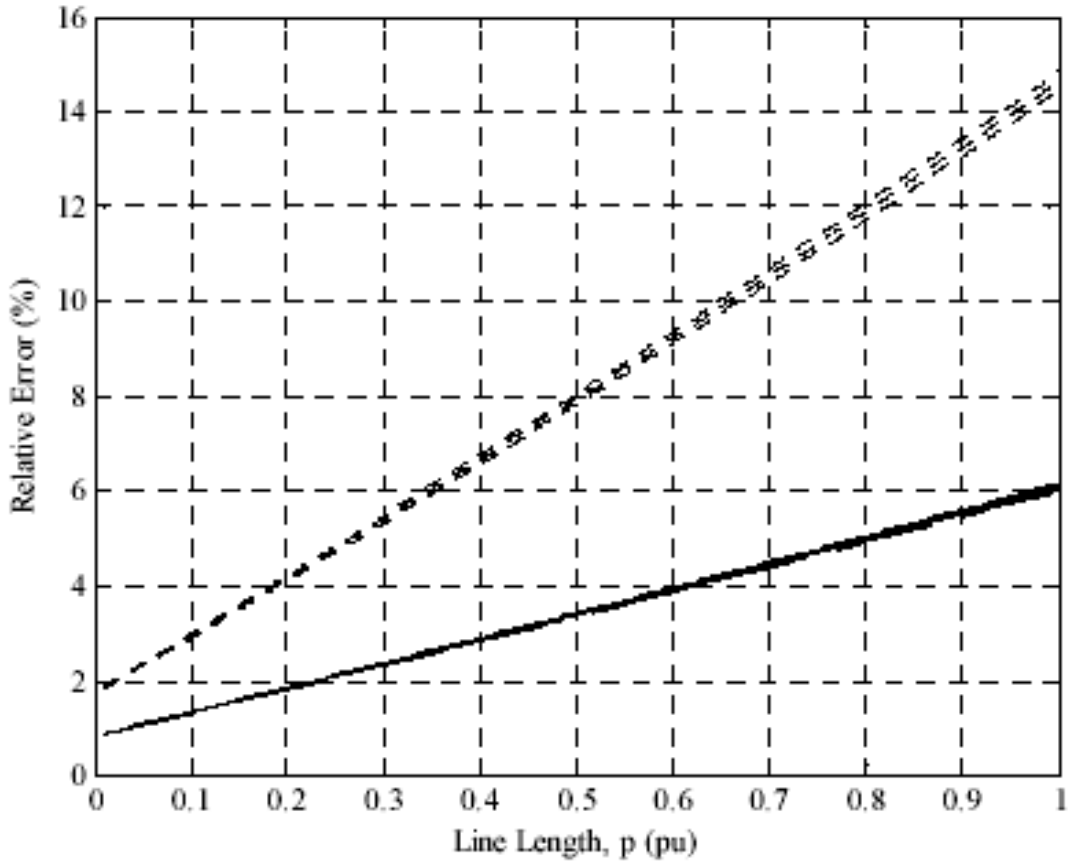


شکل (۱۱-۴) اثر تغییر نسبت ولتاژ ها بر مشخصه امپدانس اندازه گیری شده

همان گونه که مشاهده می گردد، با تغییر این نسبت از ۰/92 مشخصهٔ امپدانس اندازه گیری شده به سمت پایین ۱/۰۴ متمایل می شود .در این حالت مقاومت انداز هگیری شده تقریباً ثابت بوده و راکتانس اندازه گیری شده کاهش می یابد.

در شکل (۱۲-۴) میزان کاهش مقاومت، راکتانس و اندازهٔ امپدانس اندازه گیری شده در شرایط ذکر شده نمایش داده شده است .از میان منحنی ها بیشترین انحراف مربوط به نسبت۱/۰۴ و کمترین انحراف مربوط به نسبت ۰/۹۲ است.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل (۱۲-۴) تغییر میزان کاهش مقاومت، راکتانس و اندازه امپدانس اندازه گیری شده با تغییر نسبت ولتاژهای دو انتهای خط

WikiPower.ir

همان گونه که مشاهده می گردد با افزایش نسبت ولتاژهای دو انتهای خط انتقال میزان انحراف مقاومت، راکتانس و اندازهٔ امپدانس اندازه گیری شده از مقدار واقعی آنها افزایش می یابد.

حداکثر میزان کاهش مقاومت اندازه گیری شده با مقاومت خطای صفر، برای نسبت های ۰/۹۲ تا ۱/۰۴ به ترتیب برابر ۱۴/۴۱، ۱۴/۶۲ و ۱۴/۸۳ درصد می باشد. میزان کاهش راکتانس به ترتیب برابر ۶/۰۰، ۶/۱۱، ۶/۱۵ درصد است. میزان کاهش امپدانس اندازه گیری شده به ترتیب برابر ۶/۰۷، ۶/۱۱ و ۶/۱۵ درصد می باشد.

۳-۳-۴- عوامل ساختاری

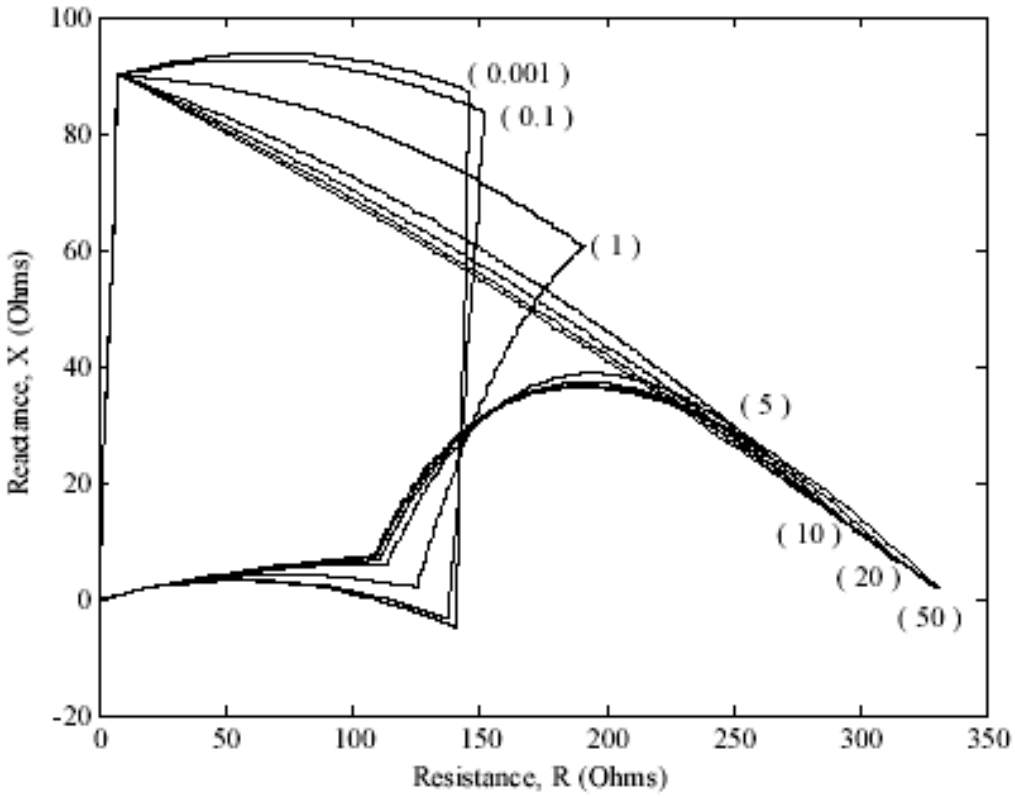
برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

همان گونه که در قبل نیز اشاره شد، عوامل ساختاری شبکه را می توان با سطح اتصال کوتاه در باس های سیستم بیان کرد. عوامل ساختاری در یک شبکه تا هنگامی که عمل کلیدزنی انجام نپذیرفته، به نحوی که موجب تغییر توپولوژی شبکه گردد، تقریباً ثابت می باشند .با این وجود جهت مشاهدهٔ اثر این عامل بر روی مشخصهٔ امپدانس انداز هگیری شده، این عامل نیز مورد بررسی قرار گرفته است .در شکل 13 با ثابت بودن پارامترهای سیستم، همانند شکل (۴-۴) ، سطح اتصال کوتاه 0 /0و 1/ 001 ، 1، 5، 10، 20، انتهای خط مقادیر50 گیگاولت آمپر را اختیار می کند.

با توجه به شکل (۴-۱۳) می توان مشاهده کرد که با کاهش سطح اتصال کوتاه باس انتهایی، مقاومت اندازه گیری شده کاهش می یابد، در حالی که اندوکتانس انداز هگیری شده افزایش می یابد .به ازای سطوح اتصال کوتاه بسیار پایین مشخصه به یک چهار ضلعی نزدیک می گردد.

در شکل۱۴ میزان کاهش مقاومت، راکتانس و اندازهٔ امپدانس اندازه گیری شده در شرایط ذکر شده نمایش داده شده است .از میان منحنی ها بیشترین انحراف مربوط به سطح ۰۰۱/ ۰ است اتصال کوتاه 50 و کمترین انحراف مربوط به سطح است.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



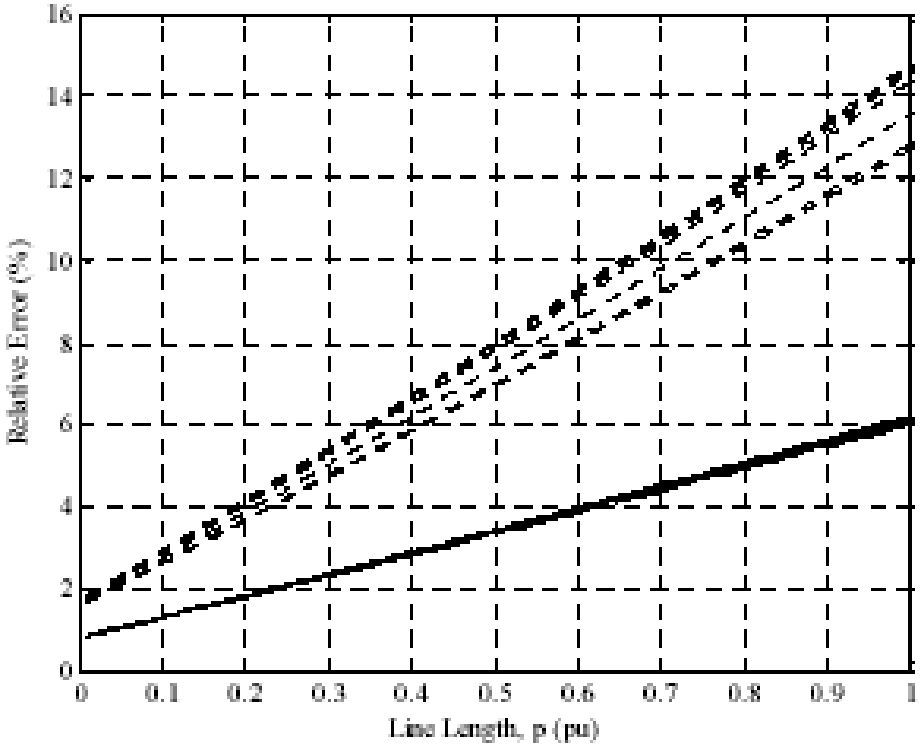
شکل (۱۳-۴) اثر تغییر سطح اتصال کوتاه انتهای خط انتقال بر مشخصه امپدانس اندازه گیری شده

WikiPower.ir

همان گونه که مشاهده می گردد، با کاهش سطح اتصال کوتاه باس انتهای خط انتقال، میزان انحراف مقاومت کاهش یافته ولیکن میزان کاهش راکتانس و اندازهٔ امپدانس اندازه گیری شده افزایش می یابد .

حداکثر میزان کاهش مقاومت اندازه گیری شده با مقاومت خطای صفر، برای سطح اتصال کوتاه 50تا ۰/۰۰۱ گیگا ولت آمپر به ترتیب برابر ۱۴/۷۷ ، ۱۴/۶۸، ۱۴/۵۵، ۱۴/۳۴، ۱۳/۵۵، ۱۲/۸۳ و ۱۲/۶۹ درصد است. میزان کاهش راکتانس به ترتیب برابر ۶/۰۱، ۶/۰۲، ۶/۰۴،

۶/۱۰، ۶/۱۵ و ۶/۱۵ درصد می باشد. میزان کاهش اندازه امپدانس اندازه گیری شده به ترتیب برابر ۶/۰۸، ۶/۰۹، ۶/۱۱، ۶/۱۶، ۶/۲۱ و ۶/۲۱ درصداست.

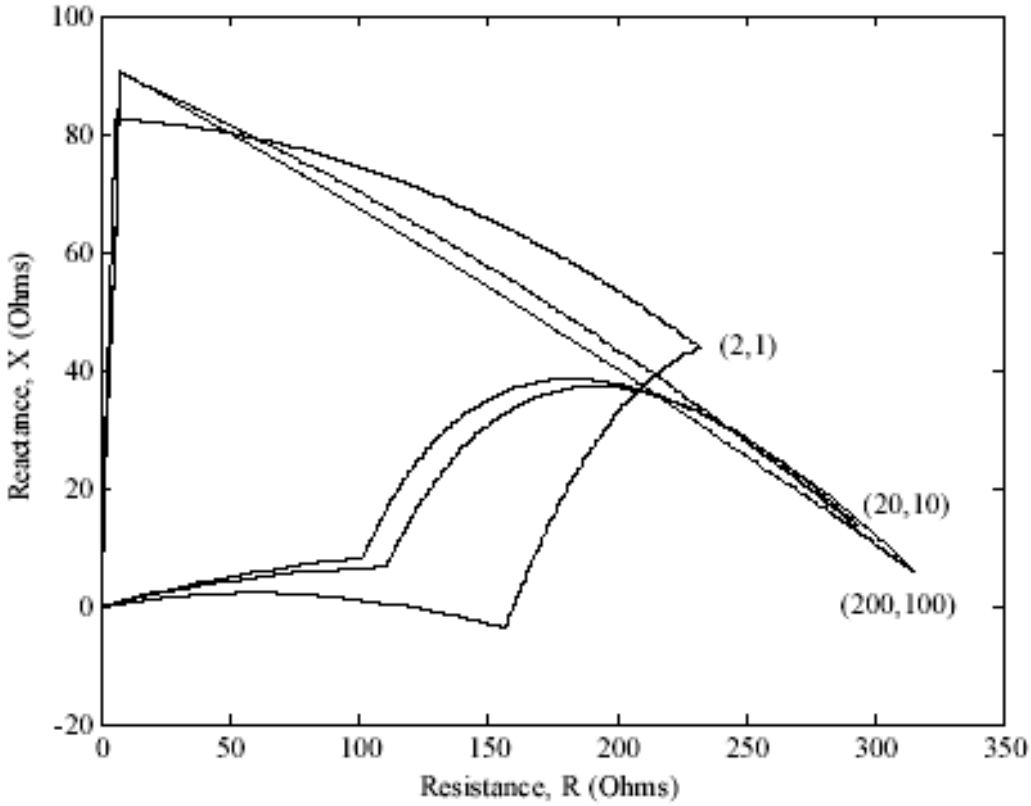


شکل(۴-۱۴) تغییرمیزان کاهش مقاومت راکتانس و اندازه امپدانس اندازهگیری شده با تغییر سطح اتصال کوتاه باس انتهایی خط انتقال

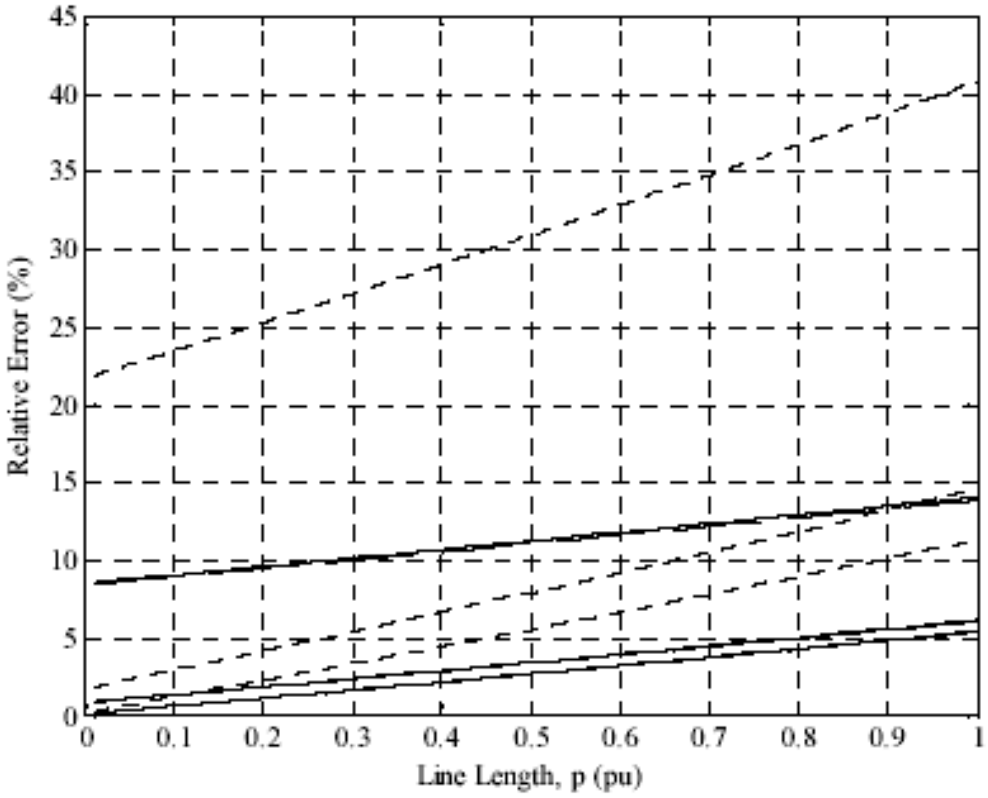
در مورد سطح اتصال کوتاه دو مورد نسبت و اندازه مطرح می باشند .جهت بررسی تأثیر سطح اتصال کوتاه در با سهای مختلف بر روی امپدانس اندازه گیری شده، با شرایط بهره برداری مطرح شده برای شکل(۴-۴)، مشخصهٔ امپدانس (20و ،10، 2) ، اندازه گیری شده به ازای سه حالت (1200گیگاولت آمپر در شکل (۴-۱۵) نمایش داده شده ،100)است.

با توجه به شکل (۴-۱۵) می توان مشاهده کرد که با کاهش سطح اتصال کوتاه، مشخصهٔ امپدانس اندازه گیری شده به یک چهارضلعی نزدیک می گردد.

در شکل (۴-۱۶) میزان کاهش مقاومت، راکتانس و اندازهٔ امپدانس اندازه گیری شده در شرایط ذکر شده نمایش داده شده است .از میان منحنی های نمایش داده شده بیشترین انحراف مربوط به سطوح اتصال کوتاه 1 و 2 گیگاولت آمپر و کمترین میزان انحراف مربوط به سطوح اتصال کوتاه 100و 200گیگاولت آمپر است.



شکل (۴-۱۵) اثر تغییر اندازه سطوح اتصال کوتاه دو انتهای خط انتقال بر مشخصه امپدانس اندازه گیری شده



شکل (۴-۱۶) تغییر میزان کاهش مقاومت، راکتانس و اندازه امپدانس اندازه گیری شده با تغییر سطح اتصال کوتاه دو انتهای خط انتقال

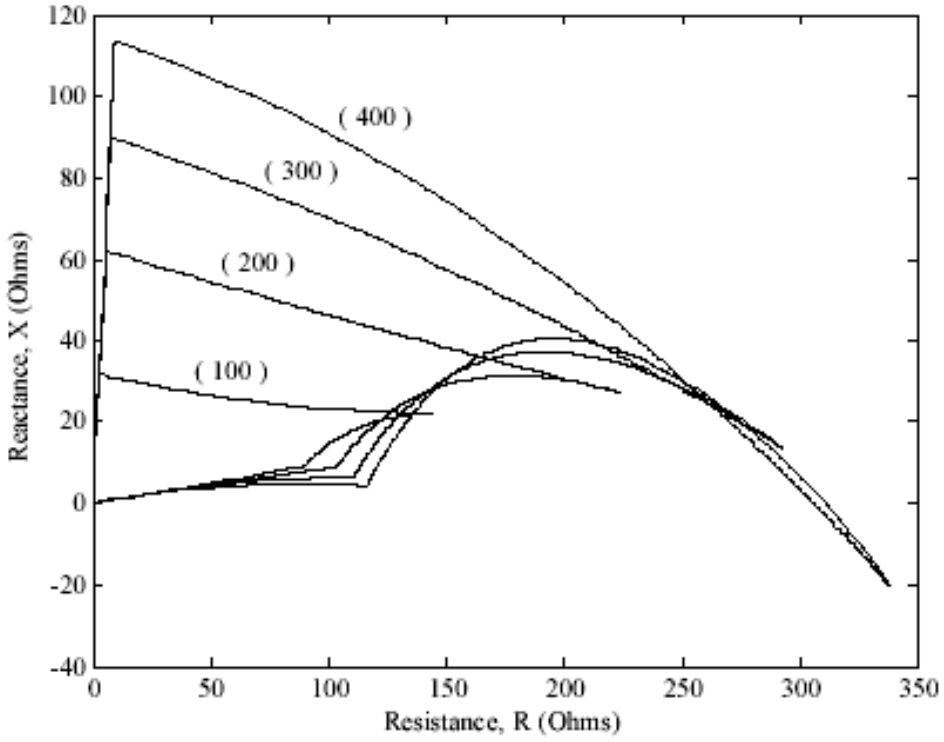
همان گونه که مشاهده می گردد با کاهش سطح اتصال کوتاه، میزان انحراف مقاومت، راکتانس و اندازهٔ امپدانس اندازه گیری شده افزایش پیدا می کنند .حداکثر میزان کاهش مقاومت اندازه گیری شده با مقاومت خطای صفر، در حالات مختلف برابر ۱۱/۲۸، ۱۴/۵۵ و ۴۰/۷۳ درصد می باشد. میزان کاهش راکتانس به ترتیب برابر ۵/۳۳، ۶/۰۲ و ۱۳/۸۳درصد است

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

میزان کاهش اندازه امپدانس اندازه گیری شده به ترتیب برابر ۵/۳۸، ۶/۰۹ و ۱۴/۰۳ درصد می باشد.

۴-۳-۴- طول خط

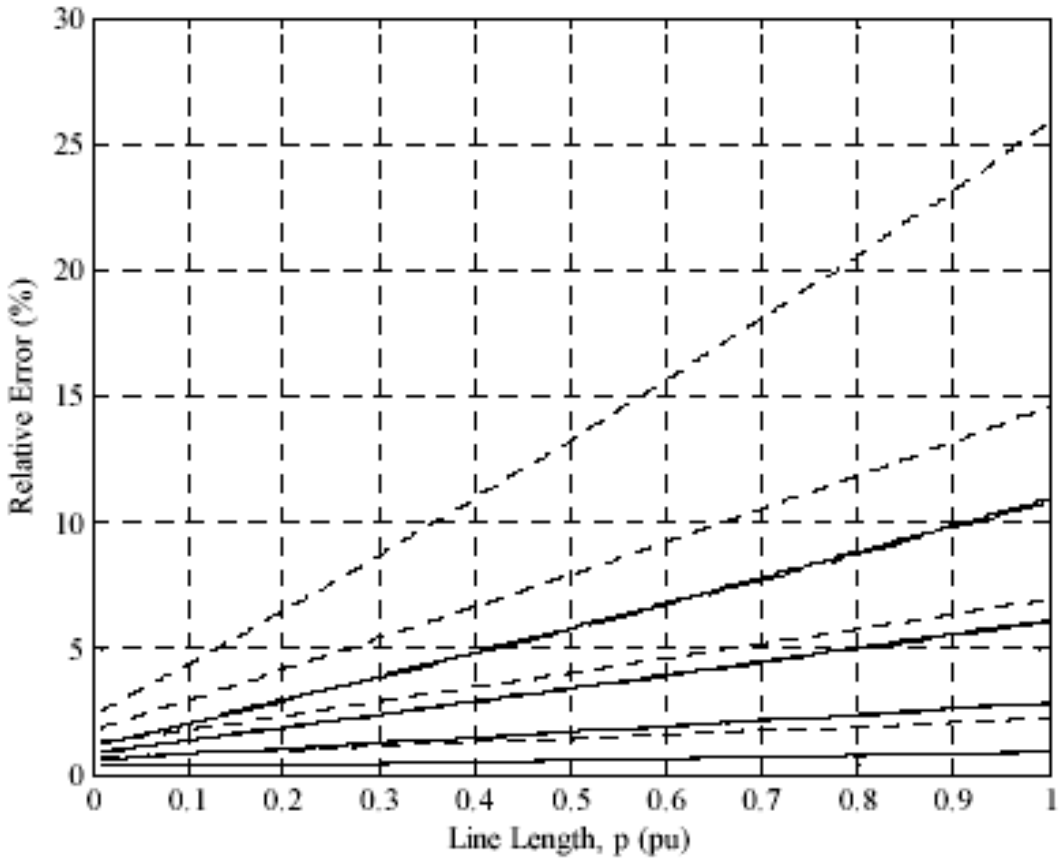
در بخش های قبلی تأثیر شرایط بهره برداری و ساختاری خط انتقال بر روی امپدانس انداز هگیری شده در نقطهٔ رله گذاری با در نظر گرفتن اثر خازنی خط مطرح شدند .طول خط را نمی توان به عنوان یک پارامتر تغییرپذیر در نظر گرفت، با این وجود جهت کامل شدن عوامل مؤثر بر روی امپدانس اندازه گیری شده با در نظر گرفتن ظرفیت خازنی خط، این موضوع نیز مورد بررسی قرار می گیرد. در شکل 17 با فرض آن که شرایط ساختاری و بهره برداری ، 200، همانند شکل 4می باشند، طول خط انتقال مقادیر100 ، 300و 400 کیلومتر را اختیار می کند.



شکل (۴-۱۷) اثر تغییر طول خط بر مشخصه امپدانس اندازه گیری شده

همان گونه که مشاهده می گردد، با افزایش طول خط، ناحیهٔ پوشش داده شده توسط مشخصهٔ امپدانس اندازه گیری شده در هر دو قسمت مقاومتی و راکتانسی افزایش می یابد .در این حالت افزایش راکتانس ناشی از افزایش راکتانس خط است.

در شکل (۴-۱۶) میزان کاهش مقاومت، راکتانس و اندازهٔ امپدانس اندازه گیری شده به ازای طول های مختلف خط انتقال نمایش داده شده است.



شکل (۴-۱۸) تغییر میزان کاهش مقاومت، راکتانس و اندازه امپدانس اندازه گیری شده با تغییر طول خط انتقال

همان گونه که مشاهده می گردد با افزایش طول خط انتقال، میزان انحراف مقاومت، راکتانس و اندازهٔ امپدانس انداز ه گیری شده افزایش پیدا می کنند .حداکثر میزان کاهش مقاومت اندازه

گیری شده با مقاومت خطای صفر، به ازای خطوط ۱۰۰ تا ۴۰۰ کیلومتر به ترتیب برابر ۲/۱۷، ۶/۹۳ ، ۱۴/۵۵ و ۲۵/۸۳ درصد می باشد. میزان کاهش راکتانس به ترتیب برابر ۰/۱/۸، ۲/۷۷، ۶/۰۲ و ۱۰/۷۹ درصد است. میزان کاهش اندازه امپدانس اندازه گیری شده به ترتیب برابر ۰/۸۲، ۲/۸۱، ۶/۰۹ و ۱۰/۹۲ درصد می باشد.

نتیجه گیری(۴):

در این مقاله امپدانس اندازه گیری شده در نقطهٔ رله گذاری با در نظر گرفتن ظرفیت خازنی خط انتقال ارائه شده است .به ازای وقوع خطا در نقاط مختلف خط و تغییر مقاومت خطا از 0تا 200 اهم، مشخصهٔ امپدانس اندازه گیری شده به دست آمده است .امپدانس اندازه گیری شده، و در نتیجه مشخصهٔ آن، به شرایط بهره برداری سیستم قدرت، شامل زاویهٔ بار و نسبت ولتاژهای باس های مختلف، و شرایط ساختاری سیستم، شامل سطح اتصال کوتاه در باس های سیستم، وابسته می باشند.

WikiPower.ir

از میان شرایط بهر هبرداری، زاویهٔ بار شاخص تر از نسبت ولتاژها است .با تغییر زاویهٔ بار، مشخصهٔ امپدانس انداز ه گیری شده به شدت دس تخوش تغییر می گردد .تغییر نسبت ولتاژهای باس های مختلف تأثیر چندانی بر روی امپدانس اندازه گیری شده نداشته و تنها تا حدی موجب تغییر راکتانس اندازه گیری شده می گردد.

در ارتباط با شرایط ساختاری سیستم قدرت، سطح اتصال کوتاه در دو انتهای خط انتقال نقش بسیار مهمی را ایفا می کند .در صورت بالا بودن سطح اتصال کوتاه در دو انتهای خط انتقال تأثیر شرایط بهره برداری سیستم بر روی امپدانس اندازه گیری شده افزایش می یابد.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در صورتی مشخصهٔ امپدانس انداز هگیری شده به دست آمده با در نظر گرفتن ظرفیت خازنی خط انتقال با مشخصهٔ امپدانس اندازه گیری شده بدون در نظر گرفتن ظرفیت خازنی خط مقایسه گردد، می توان مشاهده کرد که در حالت نخست امپدانس در صورت صفر بودن مقاومت خطا نیز از مقدار واقعی خود منحرف م یگردد .این انحراف همیشه به صورت کاهش امپدانس انداز هگیری شده نسبت به امپدانس واقعی ظاهر می گردد .میزان این کاهش به شرایط بهر ه برداری، ساختاری و طول خط انتقال وابسته می باشد.

از میان عوامل ذکر شده شرایط بهره برداری سیستم قدرت نقش چندان مؤثری بر روی میزان کاهش امپدانس اندازه گیری شده ندارند .در مورد سطح اتصال کوتاه نیز م یتوان گفت که نسبت سطح اتصال کوتاه به ظرفیت خازنی خط عامل تعیین کنندهٔ میزان کاهش امپدانس اندازه گیری شده از مقدار واقعی آن می باشد .با افزایش طول خط انتقال، میزان انحراف امپدانس اندازه گیری شده از مقدار واقعی نیز افزایش می یابد.

این افزایش غیرخطی است، به عنوان مثال همان گونه که نشان داده شد حداکثر میزان

انحراف به ازای مقاومت خطای صفر از ۰/۸۲ درصد در مورد خط ۱۰۰ کیلومتری به ۱۰/۹۲ درصد و در مورد خط ۴۰۰ کیلومتری افزایش یافت.

لازم است توجه شود که میزان انحراف از مقدار واقعی به موقعیت وقوع خطا نیز وابسته می باشد، به نحوی که با دور شدن از محل رله گذاری، میزان انحراف افزایش می یابد و به ازای انتهای دور خط انتقال، انحراف به حداکثر مقدار خود می رسد.

نتیجه گیری: .

در این پروژه ، روشی ترکیبی برای بهبود حفاظت واحد خط جبران شده با خازن سری ارائه گردیده است(Protection unit) . روش پیشنهادی علاوه بر داشتن مزایای سایر روش های حفاظت واحد مبتنی بر رله های دیستانس، برخی از مشکلات آنها را که در نتیجه ی معیوب بودن کانال ارتباطی و یا خارج بودن خازن ایجاد می شود نیز برطرف می سازد .ضمن آنکه تنظیم درنظر گرفته شده برای زون ها در این روش عملکرد بهتری نسبت به تنظیم متداول (بر اساس امپدانس کاهش یافته خط) دارد.

به دلیل برخی از مسائل ناشی از وجود خازن، حفاظت خط جبران سری شده با استفاده از رله های مستقل عملکرد رضایت بخشی ندارد

.روش های حفاظت واحد با به کارگیری کانال ارتباطی بین رله ها و تصمیم گیری بر اساس اطلاعات دو سر خط حفاظت مطمئن تری را بر ای خط انتقال فراهم می آورند .در این پروژ ، روشی برای حفاظت واحد خط جبران شده با خازن سر ی ارائه شده است

رله اتصال زمین از توع حفاظت شده زمین در محدوده حفاظت نشده 95 درصدی و پی آمدهای ناشی از بوجود آمدن اتصال زمین بعدی در همان فاز و یا فاز دیگر ، این ضرورت را ایجاب می نماید که د رانتخاب و خرید توربوژنراتور در نظر گرفته شود و برای آن دسته از ژنراتورهای

موجود در کشور که فاقداین نوع حفاظت می باشند در صورت امکان حفاظت مذکور اضافه شده و یا به نحوی حوزه حفاظت سیم پیچی استاتور را با توجه به پایداری واحد گسترده نمود.

با بررسی که دراین پروژ انجام گردید ، می توان بطور مطالعه شد ه ای مشخصات الکتریکی سیستم را با نصب خازنهای قدرت در طرف فشار ضعیف ترانس اصلی واحد تغییر داد، این خازنها ضمن اینکه می توانند نقش موثر و مناسب در بسیاری از شرایط گذرای سیستم ایفا نمایند (بطور مثال حذف کامل اضافه ولتاژهای ناشی از تشدید، کاهش شیب موج سیار و....)، انتقال خارنی اضافه ولتاژ از طریق ترانس قدرت به سمت ژنراتور را به حداقل رسانیده و متعاقباً موجب کاهش ولتاژ ظاهر شده در نقطه نول ژنراتور که مهمترین عامل محدود کننده جهت افزایش حساسیت رله های اتصال زمین 95 درصدی است، تا امکان حفاظت درصد بیشتری از سیم پیچی ژنراتور با حساس تر نمودن نتظیم رله فراهم گردد.

به دلیل برخی از مسائل ناشی از وجود خازن، حفاظت خط جبران سری شده با استفاده از رله های مستقل ، عملکرد رضایت بخشی ندارد . روش های حفاظت واحد با به کارگیری کانال ارتباطی بین رله ها و تصمیم گیری بر اساس اطلاعات دو سر خط حفاظت مطمئن تری را بر ای خط انتقال فراهم می آورند .در این پروژ ، روشی برای حفاظت واحد خط جبران شده با خازن سر ی ارائه شده است که بر اساس عملکرد توسط زون 2 غیرشرطی زون 1 و ارسال سیگنال Permissive رله ها عمل می کند .در نتیجه، روش پیشنهادی علاوه بر داشتن مزایای سایر روش های حفاظت واحد، برخی از مشکلات آن ها را که در اثر معیوب بودن کانال ارتباطی و یا خارج بودن خازن ایجاد می شود نیز برطرف می سازد .ضمن آنکه تنظیم پیشنهادی برای زون ها در این روش ،

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

نقاط میانی خط جبران سری شده را تحت پوشش قرار می دهد و از این رو عملکرد بهتری نسبت به تنظیم بر اساس امپدانس کاهش یافته ی خط دارد.

WikiPower.ir

برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

RESUME

For porper operatin of power network relay in main or redandant
Protection synchronization among then is necessary
This synchronization between main and redundant earth fault and distance relays or overcurrent and distans relays should be complelely different from synchronization methhod between relays of the same type
For first time synchronization and analyse of different adjustment Methods have been accomplish by using the basic theories for each Case ,suitable computer program has been writtten by specitying The optimized method in which the adjustment of relays is gained By concerning the interaction betweenthe two
Distanct type of relays, overcurrent relays and distanct relays.
And also earth fault relays and distanct relays.
Inother word ,in this project opitimized algorithms for making Synchronization in combination of over current relays and distancet relay and combination of earth faultrelay and distance
Relaywhich is a new topic in the field,has been acheived by synchronization we mean time and current operating character
Inboth time and current aspects.
Because each of then alone causes problems.
More over today we see arise in digital topics and the emersion of Digitalin this area and as a cones quence analog systems are being removed form the desk of engineers specially protection engineers
In a way that the protection engineers.
In a way that the protection method and sending signals have been

برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

Changed modern digital methods .have made protecion more reliable,easeer and faster and have provided efficiency.regrding the Mentioned subjects in first chapter we investigate distance protection types of distance relays and their structre and operation and also digital distance relays ,their components needed calculatioins. Their operation and Their Advantages in the second chapter we investigatc analog over current relays .types of over current protectionsand corrcspondent

over current relays.connection of direction finding equipment to then ,adjusting time and current relays .

digital over current relays operation, digital directional over current relays directional measurement, directional elements an their usage and advantages and disadvantages.

The third chapter descibes earthfault protection,directional Earth fault relays.

Polarizingthen,time grading and their settings.

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

منابع و مآخذ:

۱)حفاظت ورله

تالیفدکتر حسین عسکریان ابیانه_ مهندس مهدی طالشیان جلودار

تالیف GESانگلستان ۲)راهنمای انتخاب رله های حفاظتی

۳)هنر ودانش رله های حفاظتی تالیف سی راسل میسن

۴)رله و حفاظت سیستم ها

۵)حفاظت سیستم های قدرت.حفاظت وسیگنال دهی دیجیتال

ترجمه:دکتر صادق جمالی

۶)رله وحفاظت سیستم های قدرت درتاسیسات صنعتی

تالیف.ت دیویس مترجم :خیبرمیرجانی

۷-www.civilica.com

۸-www.sid.ir