دانشکده مهندسی

گروه برق

پروژه کارشناسی

گرایش : برق – قدرت

عنوان مقاله:

طراحی بهینه رله دیستانس برای خط انتقال با جبران ساز سری

استاد راهنما:

دکتر کاظم مظلومی

تهیه کنندگان:

۱-ابوالفضل محمدی

۲-میلاد میرزایی

تابستان ۹۷

ازدست و زبان که برآید
کز عهده شکرش به در آید

سپاس ایزد منان را که توفیق فراگیری علم را بر من عطا فرمود و مرا در کوران مشکلات و سختیها یاری نمود، تا این پایان نامه را با موفقیت به پایان برسانم.

در طول دوران تحصیل و تهیه این پایان نامه از راهنماییها و مساعدت های استادان و دوستان عزیزی بهره بردهام که در اینجا لازم است از همه ایشان مراتب سپاس قلبی و تشکر خالصانه خود را داشته باشـــــم:

از استاد فرهیخته جناب آقای دکتر کاظم مظلومی به پاس حمایت های علمی ارزشمندشان و از دوستان و تمامی کسانی که ما را در تهیه این پایان نامه یاری نموده اند صمیمانه سپاسگزاریم.

چکیده

حفاظت مناسب خط انتقال نه تنها از منظر پیشگیری از آسیب به تجهیزات، بلکه از نظر حفاظت سیستم قدرت و جلوگیری از گسترش حادثه و ناپایداری شبکه اهمیت زیادی دارد. متداول ترین رله مورد استفاده برای این منظور، رله دیستانس می باشد که در کنار مزیت های بسیار، نقاط ضعفی در حفاظت از خطوط انتقال کوتاه از خود نشان می دهد

رله دیستانس معمول با اندازه گیری امپدانس توالی مثبت خط انتقال را در برابر خطاهای اتصال کوتاه محافظت می کند. وجود جبران ساز سری باعث بهبود عمل کرد خط انتقال میشود، اما بر روی امپدانس توالی مثبت تاثیر می گذارد و آن را تغییر میدهد. نتیجه این تاثیر اختلال در عمل کرد رله دیستانس خواهد بود[۱].

طرح پیشنهاد شده در این مقاله قادر است بر این مشکل غلبه کند و خط را در برابر تمامی خطا ها حفاظت کند.

در این طرح برای تشخیص خطا های تکفاز و دو فاز به زمین از امپدانس متقابل به جای امپدانس توالی مثبت استفاده شده است چراکه امپدانس متقابل همانطور در ادامه نشان داده خواهد شد از جبران ساز سری مستقل است. برای تشخیص خطا های سه فاز و دو فاز از امپدانس توالی مثبت استفاده می شود زیرا برای این خطاها محاسبه امپدانس متقابل مشکل خواهد بود[۲].

سیستم مورد بررسی در محیط سیمولینک متلب شبیه سازی شده است. نتیجه رفتار خط با جبران ساز سری را تحت شرایط مختلف خطا ها نشان می دهد و عمل کرد صحیح طرح پیشنهادی را تایید می کند.

کلمات کلیدی _ رله دیستانس، جبران ساز سری، حفاظت خط انتقال و امپدانس متقابل

فهرست مطالب

عنوان **صفحات**

فصل اول : رله دیستانس

۱-۱) مقدمه ۷

۱-۲) معرفی رله دیستانس..... ۸

۱-۲-۱) رله دیستانس با مشخصه امپدانسی..... ۱۰

۱-۲-۲) رله دیستانس با مشخصه مهو ۱۳

۱-۲-۳) رله دیستانس با مشخصه آفست مهو..... ۱۵

۱-۲-۴) رله دیستانس با مشخصه راکتانسی..... ۱۶

۱-۲-۵) رله دیستانس با مشخصه کوآد(چهار گوش)..... ۱۸

۱-۳) تنظیم و هماهنگی رله های دیستانس در یک شبکه شعاعی..... ۱۹

۱-۴) تنظیم و هماهنگی ناحیه اول رله دیستانس..... ۲۲

۱-۴-۲) تنظیم ناحیه دوم رله دیستانس..... ۲۴

فصل دوم : معرفی اجزای شبکه و نحوه محاسبه امپدانس خطا

۲-۱) خازن سری جبران ساز ۳۰

۲-۲) بررسی تاثیر خازن سری بر امپدانس خط..... ۳۱

۲-۳) محاسبه امپدانس متقابل..... ۳۴

فصل سوم : شبیه سازی سیستم و الگوریتم

۳-۱) پارامتر ها ی شبیه سازی سیستم و الگوریتم..... ۳۷
۳-۲) نحوه عمل کرد رله پیشنهادی..... ۴۱
۳-۳) بررسی تاثیر خازن سری بر رله در خطای تکفاز..... ۴۲
۳-۴) بررسی تاثیر خازن سری بر رله در خطای سه فاز..... ۴۶
نتایج و یافته های مقاله..... ۵۱
مراجع..... ۵۳

فصل اول :

معرفی رله دیستانس

۱-۱) مقدمه

حفاظت شبکه قدرت نقش اساسی را در پایداری و پیوستگی شبکه قدرت دارد. طرح های حفاظتی مختلفی برای حفاظت سیستم قدرت مورد استفاده قرار می گیرد. حفاظت دیستانس برای حفاظت از خط انتقال و شبکه های بهم پیوسته مورد استفاده قرار می گیرد[۳].

رله دیستانس معمول امپداس توالی مثبت بین رله تا محل خطا را اندازه گیری می کند. سپس آن را با مقدار از پیش تعریف شده ای مقایسه می کند و وجود یا عدم وجود خطا را تشخیص می دهد.

اما اگر در حین رخ داد خطا خط شامل خازن جبران ساز سری باشد ممکن است رله دچار اختلال شود. زیرا خازن سری امپدانس خط را تغییر می دهد در نتیجه سبب شود که رله دوچار مشکل افزایش برد و یا کاهش برد شود.

همچنین خازن سری باعث می شود که رله در تشخیص محل خطا (اینکه خطا در پشت رله است یا جلوی آن) دوچار اختلال شود زیرا ممکن است در حالت هایی ولتاژ و جریان معکوس شوند[۴].

جبران ساز سری سبب افزایش ظرفیت خط، بهبود تنظم ولتاژ و افزاش پایداری شبکه قدرت می شود[۲].

برای استفاده از مزیت های جبران ساز سری در خط انتقال لازم است تا برمشکلات آن غلبه کنیم. ازین رو حفاظت خط انتقال با جبران ساز سری پر اهمییت می شود.

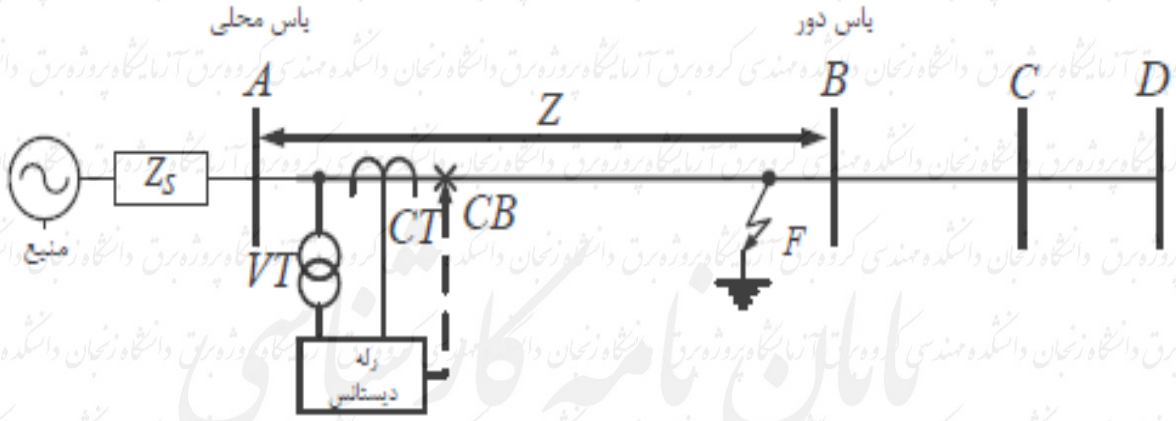
در این مقاله رله دیستانس بر اساس امپدانس متقابل و امپدانس توالی مثبت است. زیرا امپدانس متقابل از خازن سری مستقل است. اما در خطا های سه فاز و دو فاز قادر به

محاسبه امپدانس متقابل نیستیم. بنابراین در این رله پیشنهادی برای خطا های تکفاز و دو فاز به زمین از امپدانس متقابل و برای خطا های سه فاز و دو فاز از امپدانس تولی مثبت استفاده می کنیم. از این رو تنها با یک رله می توانیم همه خطا ها را تشخیص دهیم.

۲-۱) رله های دیستانس

اگرچه رله های دیستانس از لحاظ قیمت نسبت به رله های جریان زیاد گران تر هستند، ولی سرعت عمل کرد آن ها سبب شده است که به عنوان حفاظت اصلی برای حفاظت خطوط انتقال به کار روند.

این رله ها از آنجا که فاصله محل نصب تا محل وقوع خطا را توسط اندازه گیری امپدانس مشخص می کنند، به این نام مشهور شده اند . به طور کلی وقتی خطایی در شبکه رخ می دهد این رله ها نقش حفاظت از خط و تعیین فاصله محل وقوع خطا تا رله را به عهده دارند. معمولا حفاظت اصلی خطوط انتقال رله های دیستانس و حفاظت پشتیبان این خطوط رله های جریان زیاد می باشد. دلیل این امر آن است که زمان عمل کرد رله های دیستانس در مقایسه با رله های جریان زیاد کم است. این رله ها در مواقعی که حداقل جریان خطا با جریان بار قابل مقایسه باشد کار برد وسیعی پیدا می کند. دلیل این امر عدم حساسیت رله دیستانس به جریان است. این رله ها در حقیقت امپدانس ظاهری تا محل خطا را می سنجند. ناحیه اول رله های دیستانس دارای یک امپدانس تنظیمی رله به نا $\mathbf{Z_1}$ می باشد که برابر امپدانس قسمتی از خط است که رله باید آن قسمت را به عنوان حفاظت اصلی مورد حفاظت قرار دهد. شکل(۱-۱) مدار تونن شبکه را از دید رله نشان می دهد که در آن رله نیز مشخص شده است.



شکل (۱-۱): مدار تونن شبکه از دید رله

در این شکل، $\mathbf{Z_1}$ امپدانس معادل خط می باشد. تنظیم ناحیه اول رله نیز $\mathbf{Z_1}$ است و برابر با $\mathbf{Z_1 = K*Z}$ می باشد. که **K** ضریب کوچک تر از واحد و معمولا بین ۰,۸ تا ۰,۹می باشد.

در حالتی که نسبت **V/I** یعنی امپدانس دیده شده توسط رله کمتر از $\mathbf{Z_1}$باشد، رله دیستانس عمل می کند . در حالت عادی یهنی زمانی که خطایی رخ نداده اسن، **V/I** بزرگتر از $\mathbf{Z_1}$و در نتیجه رله عمل نخواهد کرد . بنابر این هنگامی که در محدوده عمل کرد رله مثلا در نقطه **F** خطایی ایجاد گردد، نسبت **V/I** کوچک تر از $\mathbf{Z_1}$خواهد شد و در نتیجه رله عمل می کند. دیده می شود که افزایش جریان موجب عمل کرد رله افزایش ولتاژ موجب عمل نکردن آن می شود. به همین علت به جریان کمیت عمل کننده و به ولتاژ کمیت باز دارنه می گویند.

طبق توضیحات ارایه شده مشخص گردد که رله های دیستانس با توجه به امپدانس تنظیمی عمل می کنند. این امپدانس مقداری مختلط است در نتیجه داری دامنه و فاز می باشد. با توجه به این موضوع می توان محدوده عمکرد رله های دیستانس را در صفحه مختلط **R-X** توسط یک مشخصه بیان نمود.

یک رله دیستانس با هر نوع منحنی مشخصه ای، دارای سه ناحیه حفاظتی می باشد. در ناحیه اول معمولا امپدانس معادل ۸۰٪ خط اول تنظیم می شود. زمان عملکرد آن نیز خیلی سریع یعنی حدود ۰/۱ ثانیه در نظر گرفته می شود و به عنوان حفاظت اصلی خط به کار می رود. علت اینکه کل خط اصلی به عموان تنظیم ناحیه اول انتخاب نمی شود آن است که به واسته خطاهای ناشی از ترانسفورماتور جریان و ترانسفورماتور ولتاژ، عملکرد این رله با رله حفاظتی روی خط بعدی همزان نباشد. امپدانس تنظیم ناحیه دوم رله معمولا برابر کل امپدانس خط اصلی به اضافه حدود ۵۰٪ امپدانس خط بعدی است و زمان عملکرد آن حدود ۰,۳ ثانیه است. ناحیه سوم رله دیستانس دارای امپدانس تنظیمی برابر کل خط اول به اضافه کل خط دوم، بعلاوه حدود ۲۵٪ خط سوم است.زمان عملکرد این ناحیه حدود ۰,۶ ثانیه است.

در ادامه انواع مختلف مشخصه های موجود برای رله های دیستانس مختصرا ذکر می شود.

۱-۲-۱) رله دیستانس با مشخصه امپدانسی

این نوع از رله دیستانس، ساده ترین رله از نظر ساختمان و عملکرد می باشد.

مشخصه این رله دیستانس، دایره ای است که مرکز آن مبدا مختصات و شعاع آن به اندازه قدر مطلق امپدانس یعنی $|Z_S|$ باشد. در شکل (۲-۱) مشخصه این رله نشان داده شده است. در این شکل، Ψ زاویه امپدانس خط **OA** است. این رله فقط به دامنه امپدانس دیده شده توسط رله حساس است و برای خطاهای که قدر مطلق امپدانس

دیده شده از محل نصب رله تا محل وقوع خطا کمتر از $|Z_S|$ باشد، صرفظر از جهت جریان خطا عمل می کند. با توجه به شکل(۲-۱)، رله خطاهای در جهت دیده رله و پشت سر رله مل می نماید که این عملکرد عیب بزرگی محسوب می شود . زیرا همانند رله های غیر جهت دار عمل می کند. از این رو هماهنگی رله ها با یکدیگر مشکل و در بعضی موارد غیر ممکن است. به همین دلیل این رله را هیچگاه به تنهایی مورد استفاده قرار نمی دهند و همواره به همراه رله های دیگر که در ادامه شرح داده می شوند استفاده می گردد.

رابطه عملکرد این رله عبارت هست از :

$$|Z_S| \quad =< \quad |Z| \qquad \textbf{(1-1)}$$

رابطه فوق نشان دهنده درون و روی محیط دایره ای است که در شکل(۲-۱) نشان داده شده است. در رابطه اخیر، $|Z|$ امپدانس خطا و $|Z_S|$ امپدانس تنظیمی رله است.

دانشجویان محترم:

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

نتایج و یافته های مقاله :

الف- در شبکه های قدرت، از رله های دیستانس برای حفاظت خطوط انتقال انرژی در برابر خطا های مختلف فاز به فاز و فاز به زمین استفاده می شود. رله های دیستانس سه ناحیه حفاظتی دارند. از ناحیه اول و بخشی از ناحیه دوم برای حفاظت اصلی و از بخشی از ناحیه دوم و ناحیه سوم برای حفاظت پشتیبان استفاده می شود. عملکرد رله در ناحیه اول سریع است و در نواحی دوم و سوم با تاخیر صورت میگیرد. برای تنظیم رله، علاوه بر نواحی حفاظتی، زمان های عملکرد در نواحی دوک و سوم نیز باید مشخص شود. بنابراین برای تنظیم یک رله دیستانس، سه امپدانس مربوط به نواحی ۱، ۲و ۳و دو زمان برای نواحی ۲و۳ باید مشخص گردد.

ب-چگونگی تنظیم و هماهنگی رله دیستانس زمانی که شبکه بهم پیوسته است:

$$Z_{1A}=FZ^{*}\min\{Z_{AB},Z_{AC},Z_A(A_1,B),Z_A(A_1,C)\}$$

ج- تنظیم و هماهنگی ناحیه دوم رله دیستانس زمانی که شبکه به هم پیوسته است:

$$Z_{2min}=SZ_{min}^{*}\max\{Z_{AB},Z_{AC},Z_A(A_1,B),Z_A(A_1,C)\}$$

$$Z_{2max}=SZ_{max}^{*}\min\{Z_A(A_1,F_1),Z_A(A_1,F'_1),Z_A(A_1,F''_1)\}$$

که در آن ضریب SZ_{min} (**second-zone minimum**) برابر ۱,۱ تا ۱,۳ و ضریب SZ_{max} را ۰,۸ تا ۰,۹ در نظر گرفته می شود.

رله دیستانس معمول با اندازه گیری امپدانس توالی مثبت خط انتقال را در برابر خطاهای اتصال کوتاه محافظت می کند. وجود جبران ساز سری باعث بهبود عمل کرد خط انتقال میشود، اما بر روی امپدانس توالی مثبت تاثیر می گذارد و آن را تغییر میدهد. نتیجه این تاثیر اختلال در عمل کرد رله دیستانس خواهد بود.

طرح پیشنهاد شده در این مقاله قادر است بر این مشکل غلبه کند و خط را در برابر تمامی خطا ها حفاظت کند.

خازن در امپدانس توالی مثبت تاثیر میگذارد و آن را کاهش می دهد، و باید در تنظیمات رله لحاظ شود در این مقاله به تاثیر خازن بر عملکرد رله پرداخته شده است .با توجه به اینکه امپدانس متقابل از خازن سری تاثیر پذیر نیست در خطاهای تک فاز و دوفاز به زمین از امپدانس متقابل استفاده شده است. که باعث بهبود عملکرد رله شده است و خازن سری جبران ساز تاثیری بر عملکرد آن ندارد اما در خطاهای سه فاز و دو فاز چون نمی توان امپدانس متقابل را محاسبه نمود از امپدانس توالی مثبت استفاده شده است.

همچنین خازن جبرانساز سری دارای محافظی است که اگر انرژی تلفاتی آن در مواقع بروز خطا از حدی فراتر برود خازن را از مدار خارج می کند . با عملکرد حفاظت خازن سری امپدانس توالی مثبت خط تغییر کرده و در عملکرد رله که تنظیمات آن با وجود

خـازن انجـام شـده اسـت اخـتلال ایجـاد خواهـد کـرد و رلـه دچـار کـاهش بـرد شـده و ممکـن است خطا را در محدوده حفاظتی خود نبیند .

مراجع:

[1] *PallaviM . Tonape ، "ModifiedDesignofDistanceRelayforSeries CompensatedTransmissionLine".* 978-1-5090-1277-0/16/$31.00©2016IEEE.

[2] *S . M. Hashemi ، "A NovelBackupDistanceProtectionSchemefor Series-CompensatedTransmissionLines". IEEE TRANSACTIONSONPOWERDELIVERY ، VOL . 29 ،NO.*

[3] P. M. Anderson ،*PowerSystemProtection*. NewYork : IEEE ،1999.

[4] Ziegler ،NumericalDistanceProtection : PrinciplesandApplications. Erlangen ،Germany : Publicis ،2006.

[5] Ziegler ،NumericalDistanceProtection : PrinciplesandApplications. Erlangen ،Germany : Publicis ،2006.

[6] D. P. Kothari ،I. J. Nagrath *"ModernPowerSystemAnalysis"* Third edition-TataMcGrawHillEducationprivateLimited ،Chapter10-Symmetricalcomponents ،pageno. 380.

[7] Dr. HamidH. Sherwali ،Eng. AbdlmnamA. Abdlrahem ،" Simulation

of numerical distance relays".

[۸] حسین عسکریان ابیانه با همکاری مهدی طالشیان، "حفاظت و رله ها" انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر، ۱۳۹۲

[۹] بیژن رازی، حسین عسکریان ابیانه، فرزاد رضوی، رضا محمدی "روش جدید برای هماهنگی رله های دیستانس در شبکه های بهم پیوسته"، دومین کنفرانس تخصصی حفاظت و کنترل سیستم های قدرت، دانشگاه امیر کبیر، تهران،دی ۱۳۸۶

[10] R.Ramaswami, S.Venkata, J.Damborg and postforoosh, "Computer Aided Transmission Protection System Design, Part II Implementation and Results", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, vol. PAS-103, no. 1, pp. 60-65, January 1984.

[11] R.Ramaswami, M.J.Damborg, S.Venkata, A.K.Jampala and J.M.Postforoosh, "Enhanced Algorithm for Transmission Protective Relay Coordination", IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 1, no. 1, pp. 280-287, January 1986.

[12] Abedi, E؛ Abyaneh, H.A؛ Asgari, R؛ Sadeghi, S "Analysis of the SVC Impact on Distance Relays Performance", 31st International Telecommunications Energy Conference, Incheon, ۱South Korea, pp. 1-5, October 2009.