بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد

رشته برق گرایش قدرت

عنوان پایان نامه :

کنکاش تطبیقی بررسی عملکرد روشهای تعیین نوع و محل خطا در خطوط انتقال سیستم قدرت

استاد راهنما : دکتر سعید سید طبایی

نگارش : عبدالمجید عبداللهی

فصل بهار سال ۱۳۸۹

رعایت حقوق دانشگاه

تعهد نامه اصالت اثر

اینجانب **عبدالمجید عبداللهی** تأیید می‌کنم که مطالب مندرج در این پایان‌نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آنها استفاده شده است مطابق مقررات ارجاع شده است. این پایان‌نامه قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم‌سطح و بالاتر ارائه نشده است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه شاهد می‌باشد.

نام و نام خانوادگی: عبدالمجید عبداللهی

امضاء

دانشگاه شاهد

دانشکده فنی و مهندسی

صورت جلسه هیئت داوران رساله کارشناسی ارشد

جلسه دفاعیه پروژه کارشناسی ارشد مربوط به آقای **عبدالمجید عبداللهی** به شماره دانشجویی**۸۶۷۵۱۶۵۰۲**در رشته قدرت با عنوان "**کنکاش تطبیقی عملکرد روشهای هوشمند در تعیین نوع و محل خطا در خطوط انتقال سیستم قدرت**" به ارزش **۶ واحد** در روز **۸۹/۳/۱۱** در دانشکده فنی و مهندسی با حضور افراد ذیل تشکیل شد، نتیجه به قرار زیر است :

☑ پروژه نامبرده با نمره ۱۷/۱۷ قابل قبول می‌باشد.

☐ پروژه نامبرده مردود می‌باشد.

☐ پروژه نامبرده به شرط انجام اصلاحات جزیی قابل قبول می‌باشد. نمرهٔ دانشجو متعاقباً اعلام می‌شود.

☐ نام استاد راهنمای اول	سعید سید طبایی	دانشگاه : شاهد	امضاء
☐ نام استاد راهنمای دوم		دانشگاه :	امضاء
☐ نام استاد مشاور اول		دانشگاه :	امضاء
☐ نام استاد مشاور دوم		دانشگاه :	امضاء
☑ نام داور اول	سید حسن حسینیان	دانشگاه : امیرکبیر	امضاء
☑ نام داور دوم	سید ناصر رضوی	دانشگاه : شاهد	امضاء
☐ نام داور سوم		دانشگاه :	امضاء
☐ نام داور چهارم		دانشگاه :	امضاء
☐ نام نماینده معاونت پژوهشی	سید محمد جانتی زاده		امضاء

تقدیم به

پدر و مادرم،

که حمایت های خود را لحظه ای از من دریغ نکردند...

و خواهران عزیزم،

که شریک تمام پیشرفت هایم بودند...

تشکر و قدردانی

حمایت های بی دریغ استاد گرانقدر، جناب آقای دکتر سیدطبایی، همواره راهگشای دانشجویان بوده است. من نیز از حمایت های صادقانه ایشان در راستای پیشبرد این پایان نامه صمیمانه تشکر می کنم. از اساتید محترم آقایان دکتر حسینیان و دکتر اخباری که زحمت مطالعه و داوری نوشته های بنده را پذیرفتند سپاسگزارم و از همه عزیزانی که به نحوی مرا در انجام این امر یاری کرده اند، کمال تشکر را دارم.

حمایت‌های پدر و مادر مهربانم و خواهران گرامی‌ام همواره مرا قدردان این عزیزان کرده است.

چکیده پایان نامه

کیفیت و قابلیت اطمینان سیستم قدرت باید به منظور به دست آوردن عملکرد بهینه حفظ شود. خطوط انتقال در میان دیگر تجهیزات سیستم قدرت تحت تاثیر خطاهای غیر قابل انتظار و تصادفی قرار می گیرند. بنابراین، بسیار مهم است که خطاهای خط انتقال از منابع مختلف به سرعت و به درستی تشخیص داده شده و هر چه زودتر برطرف شوند. سیستمهای حفاظتی باید خطاها را تشخیص داده، نوع آن را دسته بندی کرده و نیز مکان خط خطازده را تعیین کنند. در این تحقیق یک روش جدید برای تشخیص خطا به منظور جلوگیری از اثر نویز پیشنهاد شده است. هدف آن است که خطاها در حدود نیم سیکل تشخیص داده شده و دسته بندی شوند.

تبدیل فوریه روشی است که برای آنالیز حالت گذرای خطا بکار می رود. این روش یک سیگنال زمانی را در نمایش حوزه فرکانسی آن بررسی می کند. یکی از ابزارهایی که اخیرا در حفاظت سیستمهای قدرت معرفی شده آنالیز بوسیله ویولت است. ویولت پنجره را بر اساس مولفه های فرکانس بالا و پایین تنظیم می کند. این روش فاصله های زمان کوتاه را برای مولفه های فرکانس بالا و فاصله های بلند را برای مولفه های فرکانس پایین استفاده می کند. در این پایان نامه، الگوریتمهای پیشنهادشده بر اساس آنالیز تبدیل فوریه فرکانس بنیادین سیگنالهای جریان و ولتاژ در هنگام بروز خطای اتصال کوتاه در خط انتقال بررسی می شود. سپس آنالیز مشابهی بر روی سیگنالهای جریان و ولتاژ گذرا با استفاده از تبدیل ویولت *Haar* و *Daubchies-9* چندگانه انجام شده و مشخصات مقایسه بین این دو روش مورد بحث قرار می گیرد.

در سال های اخیر، شبکه های عصبی مصنوعی (*ANN*) به طور موفقیت آمیزی برای بسیاری از طراحی های سیستم قدرت و مشکلات بهره برداری بکار می رود. روشهای متکی بر *ANN* شامل خصوصیات قدرتمندی مانند یادگیری سریع، تحمل خطا و توانایی تولید خروجی های صحیح هنگامیکه اطلاعات مناسب ابتدایی به عنوان ورودی به شبکه داده شود هستند. روشهای متکی بر *ANN* به طور گسترده در سیستمهای قدرت الکتریکی خصوصا برای کیفیت توان، دسته بندی خطا، تخمین حالت و کنترل سیستمها بکار می رود. این پایان نامه از یک روش شبکه عصبی مصنوعی برای تشخیص، دسته بندی و تخمین مکان خطاها در خطوط انتقال استفاده می کند. هدف، مطالعه و مقایسه کاربرد سه ساختار شبکه عصبی مختلف برای حفاظت خطوط انتقال است. این سه روش عبارتند از: *back-propagatin*، *radial basis function* و *elman recurrent network*. نتایج شبیه سازی نشان می دهد کدام ترکیب برای مساله ما مناسب تر است.

کلمات کلیدی: تبدیل فوریه، تبدیل ویولت، طبقه بندی خطا، مکان یابی خطا، خط انتقال، خطاهای سیستم قدرت، شبکه عصبی.

فهرست مطالب

فهرست نمودارها.....ط
فهرست جداول.....ی
۱- پیش گفتار و اهداف تحقیق.....
۱-۱ مقدمه..... ۱
۱-۲ انگیزه تحقیق..... ۲
۱-۳ مرور کارهای گذشته..... ۲
۱-۴ اهداف تحقیق و سهم پایان نامه..... ۳
۱-۵ روش تحقیق..... ۴
۱-۶ نمای کلی پروژه..... ۵
۲- خطاهای خط انتقال.....
۲-۱ خطا در خط انتقال..... ۶
۲-۲ انواع خطای اتصال کوتاه..... ۶
۲-۳ درصد وقوع خطاها..... ۸
۳- اصول تشخیص و مکان یابی خطا در خط انتقال.....
۳-۱ مقدمه..... ۹
۳-۲ چگونگی تعیین پارامترهای خط..... ۱۰
۳-۳ تکنیک های اندازه گیری امپدانسی تک ترمیناله..... ۱۲
۳-۴ تکنیک های موج سیار ۱۹
۳-۵ نتیجه..... ۲۳
۴- مروری بر تبدیل فوریه & ویولت و شبکه های عصبی.....
۴-۱ مقدمه..... ۲۴
۴-۲ تئوری تبدیل فوریه گسسته..... ۲۴
۴-۳ تئوری تبدیل ویولت گسسته..... ۲۵
۴-۴ شبکه عصبی و مقایسه روشهای تشخیص خطا بوسیله آن..... ۲۷

۵- مقایسه دو روش تشخیص و دسته بندی خطا .....
۵-۱ مقدمه ۳۱
۵-۲ مدل سازی سیستم قدرت ۳۱
۵-۳ تشخیص خطا ۳۲
۵-۴ تبدیل فوریه گسسته ۳۳
۵-۵ تبدیل ویولت گسسته ۳۵
۵-۶ شبیه سازی و مقایسه ۳۶
۵-۷ نتیجه گیری ۴۱
۶- مقایسه دو روش تخمین مکان خطا .....
۶-۱ محاسبات اولیه ۴۲
۶-۲ تبدیل فوریه گسسته ۴۲
۶-۳ تبدیل ویولت گسسته ۴۴
۶-۴ شبیه سازی و مقایسه ۴۷
۶-۵ نتیجه گیری ۵۱
۷- نتیجه گیری و زمینه کارهای آتی .....
۷-۱ نتیجه گیری ۵۲
۷-۲ زمینه کارهای آتی ۵۳
پیوست ها و ضمائم .....
پیوست ۱ ..... ۵۵
پیوست ۲ ..... ۶۳
منابع و مراجع ۶۵
چکیده پایان نامه به لاتین ۷۰

فهرست نمودارها

۱-۱ روش تحقیق برای تشخیص، دسته بندی و مکان یابی خطا در خط انتقال ۴

۳-۱ مدار تک خطی و معادل برای یک خطای سه فاز در یک خط انتقال با دو منبع, G و H ۱۴

۳-۲ شرح گرافیکی مقاومت خطا و خطاهای بار قبل از خطا ۱۵

۴-۱ طرح تجزیه چندگانه $S=A3+D3+D2+D1$ ۲۶

۴-۲ ساختار شبکه PNN در $MATLAB$ ۲۸

۴-۳ ساختار کلی استفاده شده برای مدل تمرینی BP ۲۸

۴-۴ ساختار کلی استفاده شده با مدل RBF ۲۹

۴-۵ ساختار شبکه المان ۳۰

۴-۶ ساختار ساده شبکه هوپفیلد ۳۰

۵-۱ مدل سیستم قدرت ۳۲

۵-۲ الگوریتم دسته بندی خطا با استفاده از DFT ۳۴

۵-۳ الگوریتم دسته بندی خطا با استفاده از DWT ۳۵

۵-۴ شکل موج جریان خطای تکفاز به زمین (CG) ۳۶

۵-۵ خطای مجذور میانگین برای شبکه BP فیدفوروارد ۳۸

۵-۶ مقایسه نتایج دو روش DFT و DWT برای دسته بندی خطاهای AG-BC-ACG-ABC-$ABCG$ به ترتیب ۳۸

۶-۱ الگوریتم مکان یابی خطا با استفاده از تبدیل فوریه ۴۳

۶-۲ مقادیر پارامتر خطا برای خطای ACG با روش DFT ۴۳

۶-۳ الگوریتم مکان یابی خطا با استفاده از تبدیل ویولت ۴۴

۶-۴ شکل موج جریان فاز A بدست آمده از تبدیل ویولت $DB9$ در فرکانسهای مختلف برای خطاهای AG-BC-ACG-ABC-$ABCG$ به ترتیب ۴۵

۶-۵ شکل موج ولتاژ فاز A بدست آمده از تبدیل ویولت $DB9$ در فرکانسهای مختلف برای خطاهای AG-BC-ACG-ABC-$ABCG$ به ترتیب ۴۶

۶-۶ مقادیر پارامتر خطا برای خطای ACG با روش DWT ۴۶

۶-۷ مقایسه خطا برای خطای LLL-G برای $Rf = 200$ ۵۱

فهرست جداول

۲-۱ درصد احتمال خطا برای خطوط ولتاژ بالا ۸

۲-۲ درصد احتمال خطا برای خطوط $500kv$ ۸

۳-۱ معادلات امپدانس ساده ۱۲

۵-۱ کدگذاری باینری خروجی مطلوب ANN ۳۷

۵-۲ مقایسه عملکرد سه تابع NN ۳۷

۵-۳ مقایسه نتایج آزمایش دسته بندی خطا برای $Zs=5+j30\ \Omega$ در $40\ km$ ۳۹

۵-۴ مقایسه نتایج آزمایش دسته بندی خطا برای $Zs=6+j36\ \Omega$ در $120\ km$ ۳۹

۶-۱ مقایسه مکان خطا برای خطای $L\text{-}G$ ۴۷

۶-۲ مقایسه مکان خطا برای خطای LL ۴۸

۶-۳ مقایسه مکان خطا برای خطای $LL\text{-}G$ ۴۸

۶-۴ مقایسه مکان خطا برای خطای LLL ۴۹

۶-۵ مقایسه مکان خطا برای خطای $LLL\text{-}G$ ۵۰

پ۲ ارزیابی فرمولهای مکانیابی خطا ۶۴

۱

پیش گفتار و اهداف تحقیق

۱.۱ مقدمه

تهیه انرژی الکتریکی قابل اطمینان و مستمر برای تولیدکننده و مصرف کننده ضروری است. پیشرفت در زمینه های حفاظت و کنترل یک شرط لازم و حیاتی برای توسعه مستمر و کارآمد سیستمهای تولید قدرت به عنوان یک مجموعه کامل است. مهمترین تهدید ادامه تامین برق، خطاهای سیستم است که در سیستمهای قدرت یک مشکل غیرقابل اجتناب است. بنابراین یک سیستم حفاظتی باید داشته باشیم تا خطاها را به سرعت تشخیص داده و آنها را به سرعت از سیستم جدا کند تا خسارت و قطعی های وارده به سیستم قدرت حداقل شود [۱]. خطوط انتقال قسمتهای ضروری سیستمهای قدرت هستند. یک خطا در خط انتقال هنگامی اتفاق می افتد که هادی ها با یکدیگر یا با زمین تماس پیدا کنند. خطاهای خط انتقال به خطاهای متعادل و نامتعادل تقسیم می شوند. خطاهای متعادل شامل اتصال کوتاه سه فاز و خطای سه فاز به زمین می شوند. اکثر خطاهای خط انتقال ماهیت غیرمتعادل دارند. خطاهای تک فاز به زمین، خط به خط، دو خط به زمین و خطاهای امپدانس بالا به عنوان خطاهای غیرمتعادل دسته بندی می شوند. یک خطای اتصال کوتاه که در خطوط انتقال اتفاق می افتد موجب خسارات جدی به علت جریانهای خطرناک عبورکننده از اتصال کوتاه می شود. خطاهای خط انتقال ممکن است دائم یا گذرا باشد. خطاهای دائمی موجب اثرات مخربی بر تجهیزات سیستم قدرت می شود. در عین حال خطاهای گذرا نیز اثرات نامطلوبی بر کیفیت توان دارند. بنابر این، ضروری است تا از این خسارات هرچه زودتر جلوگیری شود. یک سیستم حفاظت قابل اطمینان باید خطا و محل آن را به سرعت و دقت تشخیص دهد. تشخیص محل خطا در خط انتقال باعث ترمیم خط و حفظ پایداری سیستم می شود [۲]. حفاظت خط انتقال شامل سه وظیفه اصلی است که عبارتند از:

۱) تشخیص خطا

۲) دسته بندی خطا

۳) مکان یابی خطا [۳]

طبقه بندی و تعیین خطای خط انتقال یکی از نگرانی های جدی مهندسان قدرت است [۴]. خطاهای امپدانس بالا (HIF) به سختی توسط حفاظتهای قراردادی مانند رله های دیستانس تشخیص داده می شوند [۵]. تشخیص خطا یک نقش مهم در حداقل کردن خسارت به تجهیزات در نتیجه اتصال کوتاه ایفا می کند و تشخیص سریع خطا در هر خط به جدایی سریع خط خطازده از فعالیت و بنابراین حفاظت آن از نتایج ضرربخش خطا راهنمایی می کند. طبقه بندی خطا، نوع خطاهایی که ممکن است در خطوط انتقال اتفاق بیفتد را مشخص می کند و اطلاعات نوع خطا را که اساسا برای کشف محل خطا ضروری است به دست می دهد [۳].

عملکرد خوب شبکه های عصبی در سیستمهای قدرت نشان داده این ابزار قدرتمند می تواند به عنوان روشی برای حل مسائل با دقت و کارآیی بکار رود. روشهای متکی بر ANN دارای خصوصیات ارزشمندی همچون یادگیری سریع، تحمل خطا و توانایی تولید خروجی های مطلوب با دادن ورودیهای مناسب هستند [۲]. یک الگوریتم طبقه بندی کننده الگوی تقویتی محافظت کننده شبکه عصبی که در وضعیت مناسبی طراحی شده برای دسته بندی خطاها با استفاده از تبدیل فوریه گسسته (DFT) و تبدیل ویولت گسسته (DWT) استفاده می شود.

۱.۲ انگیزه تحقیق

خط انتقال عنصری از سیستم قدرت است که بیشتر از همه در معرض خطا قرار می گیرد، به خصوص هنگامی که ابعاد فیزیکی را به حساب بیاوریم [۱]. این پایان نامه بر روی درک رفتار ولتاژها و جریان های فاز خط انتقال در نتیجه وقوع خطا تمرکز می کند. هدف این تحقیق مطالعه و کاربرد دو روش برای تشخیص، دسته بندی و مجزا کردن خطاها در سیستم خط انتقال است. در این تحقیق، یک مطالعه مقایسه ای عملکرد تبدیل فوریه و تبدیل ویولت ترکیب شده با شبکه عصبی (NN) ارائه شده است. شبکه های عصبی ابزار قدرتمندی برای تشخیص، دسته بندی و مکان یابی خطاها در خطوط انتقال ولتاژ بالا هستند. مقایسه اجمالی بین چند روش دسته بندی کننده شبکه عصبی برای تعیین بهترین نوع، به منظور کاهش زمان تمرین و ابعاد شبکه عصبی پیشنهاد می شود.

۱.۳ مرور کارهای گذشته

تشخیص و دسته بندی دقیق خطاها در خط انتقال امر بسیار مهمی است. خطاهای مختلفی در خط اتفاق می افتد. مرجع [۶] در مورد انواع مختلف خطا و روابط حاکم بر سیگنالهای جریان و ولتاژ هنگام وقوع خطا به تفصیل بحث می کند. وقوع هر خطای خط انتقال, باعث بوجود آمدن حالت گذرا در سیستم می شود, که با جریان های هارمونیک نشان داده می شود. تبدیل های گوناگونی استفاده می شود تا اطلاعات این هارمونیکها را استخراج کند.

در سالهای اخیر، روشهای مختلف تشخیص و دسته بندی خطا پیشنهاد شده است. این روشها بر اساس شبکه های عصبی مصنوعی [۷]-[۸]، تبدیل فوریه (*FT*) [۹]، تبدیل ویولت (*WT*) [۱۰]-[۱۱] یا ترکیبی از این روشها [۱۲]-[۱۳] هستند. تبدیل های فوریه [۱۴] و تبدیل های ویولت [۱۵]-[۱۶] دو ابزار اصلی هستند که برای آنالیز حوزه فرکانسی هر سیگنال استفاده می شوند. در حالیکه تبدیل فوریه درباره همه فرکانس های موجود در سیگنال اطلاعات فراهم می کند، این تبدیل مشخص نمی کند در چه زمانی این سیگنالها وجود دارند. بر خلاف *FT*، *WT* نه تنها سیگنال را در باندهای فرکانسی آنالیز می کند بلکه تقسیم غیریکنواخت حوزه فرکانس را فراهم می کند, یعنی *WT* پنجره های کوچک را در فرکانس های بالا و پنجره های بزرگ را در فرکانس های پایین استفاده می کند. این مطلب کمک می کند تا سیگنال را در هر دو حوزه فرکانس و زمان به طور موثر آنالیز کنیم [۱۱].

روشهای متعددی برای تعیین نقطه خطا وجود دارد. روش امپدانسی یک تکنیک شناخته شده است که برای تقویت تخمین مکان خطا استفاده شده است [۱۷]. این تکنیک بر اساس رابطه خطی بین تخمین رآکتانس ولتاژ و جریان خطا و محل خطا انجام می شود. اکثر طرح های رآکتانسی، اندازه گیری بار قبل از خطا یا اطلاعات انتهای خط را احتیاج دارند. این روش ساده است، ولی اگر سیستم به دو ژنراتور متصل باشد دقیق نیست.

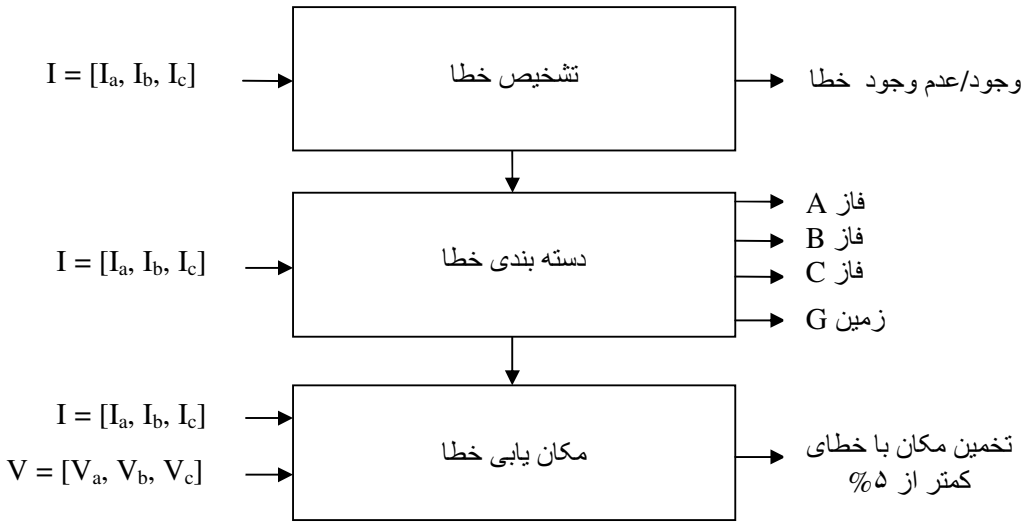
تکنیکهای هوشمند می تواند برای هر یک از *FT* و *WT* بکار برده شود تا فازهای خطازده را از میان سه فاز سیستم قدرت و یا مکان خطا را تشخیص دهند. برای مثال, شبکه های عصبی مصنوعی در تشخیص الگو و دسته بندی توانمند هستند [۱۸]. به علاوه, *ANN* ها برای تخمین مکان خطا در [۱۷] و [۱۹] استفاده شده اند.

۱.۴ اهداف تحقیق و سهم پایان نامه

این پایان نامه یک روش جدید برای جلوگیری از اثر نویز در تشخیص خطا ارائه می دهد. نیاز به روشهای ابتکاری برای حفاظت خط انتقال و دانستن اینکه کدام روش کاربردی تر است همواره وجود دارد. بر اساس آخرین دانسته های ما, اگر چه مطالعات زیادی به طور مستقل بر روی استفاده از تبدیل های ویولت [۲۰]- [۲۲] و فوریه [۳] برای تشخیص و دسته بندی خطا انجام شده، عملکرد آنها به طور دقیق و کامل مقایسه نشده است [۲۳]. مهم است بدانیم کدام روش به چه منظوری باید بکار رود تا بهترین پاسخ ممکن را بگیریم. مرجع [۲۳] ادعا می کند این آزمایش قبلا انجام نشده است. لذا در این پایان نامه, یک مقایسه جدید و جامع انجام شده که مطالعه مقاله مذکور را برای انواع دیگر خطا مانند سه فاز به زمین (*LLL-G*) و با روشهای جدیدتر و تخمینهای بهتر برای شرایط مختلف کامل می کند. جزئیات این مسائل در فصول بعدی شرح داده شده است.

۱.۵ روش تحقیق

با در نظر گرفتن سیگنالهای ولتاژ و جریان خط، می توان وجود خطاها را در سیستم تشخیص داد. این سیگنالها همچنین برای تعیین نوع خطا و مکان آن استفاده می شود. شکل ۱-۱ مراحل بکار رفته در این پایان نامه را نشان می دهد. همانطور که در شکل ۱-۱ نشان داده شده، الگوریتم بررسی شده در این پایان نامه شامل سه مرحله است:



شکل ۱-۱: روش تحقیق برای تشخیص، دسته بندی و مکان یابی خطا در خط انتقال

۱) تشخیص خطا: از شبکه عصبی استفاده می کنیم تا خروجی شبکه نشان بدهد آیا خطا اتفاق افتاده یا نه. ورودی های این شبکه، سیگنال های جریان سه فاز هستند؛ یعنی $I = [I_a \ I_b \ I_c]$ به علاوه یک تکنیک جدید برای حذف اثر نویز در تشخیص خطا در خطوط انتقال ولتاژ بالا ارائه شده است.

۲) دسته بندی خطا: برای دسته بندی خطا نیز از شبکه عصبی استفاده می کنیم. ورودی ها مانند قسمت قبل است، یعنی جریان سه فاز. شبکه عصبی چهار خروجی دارد که معین می کند آیا هر یک از فازها و/یا زمین دچار خطا شده اند یا خیر. در این تحقیق انواع مختلف خطا (شامل تکفاز به زمین، دوفاز، دوفاز به زمین، سه فاز، و نیز سه فاز به زمین که تشخیص آن برخی مشکلات خاص خود را دارد) در مکانهای مختلف و با پارامترها و شرایط مختلف سیستم در طی خط انتقال شبیه سازی شده و تلاش می شود تا به درستی نوع خطا تشخیص داده شده و دسته بندی شود.

۳) مکان یابی خطا: برای این مرحله یک شبکه عصبی جداگانه بکار می رود تا مکان خطا را تخمین بزند. در این قسمت خط را به فواصل ۱۰٪ تقسیم می کنیم و بنابراین سعی می شود محل خطا با تخمین کمتر از ۵٪ بدست آید. در این بخش، علاوه بر جریانهای سه فاز، استفاده از ولتاژهای فازها نیز ضروری است.

به منظور انجام این مراحل، از نرم افزار *PSCAD/EMTDC* برای شبیه سازی یک مدل سیستم انتقال استفاده می شود. سپس با استفاده از دو روش تبدیل فوریه (*FT*) و تبدیل ویولت (*WT*) و ترکیب آنها با شبکه عصبی هر یک از این مراحل انجام شده و نتیجه بدست آمده از آنها مورد مقایسه قرار می گیرد. در ضمن ترکیب *FT* یا *WT* و *NN* با استفاده از *MATLAB* صورت می گیرد.

۱.۶ نمای کلی پروژه

در فصل ۲ پس از ذکر کلیاتی درباره خطا در خط انتقال، به شرح انواع خطای اتصال کوتاه سری و موازی در خط انتقال می پردازیم و در مورد درصد وقوع هر یک از این خطاها بحث می کنیم. فصل ۳ به بررسی اصول تشخیص و مکان یابی خطا در خط انتقال می پردازد. پس از تبیین لزوم تشخیص سریع خطا و توضیح انواع روشهای تشخیص خطا، در مورد چگونگی تعیین پارامترهای خط صحبت می کنیم. دو روش از مهمترین روشهای تخمین مکان که شامل اندازه گیری بر پایه امپدانس دیده شده از یکی از ترمینال ها و موج سیار است در این فصل به تفصیل شرح داده شده است. سپس فصل چهارم به توضیح کلیاتی درباره تبدیل فوریه و ویولت و در ادامه مقایسه اجمالی روشهای تشخیص خطای شبکه عصبی می پردازد. فصل ۵ در مورد مقایسه روش های فوریه و ویولت برای تشخیص خطا و تعیین نوع آن با توجه به فازهای خطازده است. شبیه سازی های زیادی به منظور بررسی کامل ابعاد این مقایسه صورت گرفته است. فصل ۶ این مقایسه را در مورد تعیین مکان خطا انجام می دهد. نتایج تعیین نوع خطا که از فصل ۵ بدست آمده به عنوان پیش فرض استفاده شده و با توجه به آن تخمین مکان صورت می پذیرد. در فصل ۷ نتایج این پایان نامه بیان شده و توصیه هایی برای استفاده در آینده برای بهبود روشهای تشخیص نوع و محل خطای سیستم های خط انتقال خطازده ارائه شده است.

۲

خطاهای خط انتقال

۲.۱ خطا در خط انتقال

خط انتقال یک جزء مهم از سیستم قدرت الکتریکی است و حفاظت از آن برای تضمین پایداری سیستم ضروری است. هدف سیستمهای تشخیص خطا در خط انتقال سیستم قدرت، تشخیص به موقع وقوع خطا و نوع آن و در نتیجه مقابله با آن در حداقل زمان ممکن است. خطاهای مختلفی در یک خط انتقال حفاظت شده تشخیص داده شده و به سرعت و درستی طبقه بندی می شوند. در سالهای اخیر، سیستمهای قدرت پیچیده تر شده اند؛ در نتیجه حفاظت پیشرفته تری لازم است تا عملکرد و برنامه ریزی توان را هموار کند. می دانیم حفظ امنیت سیستم قدرت یکی از مهمترین نگرانیهای کنونی است. در چارچوب حفظ امنیت، تشخیص خطا یکی از مهمترین وظایف است. خصوصا لازم است اپراتورهای سیستم قدرت در مراکز کنترل به دقت اطلاعات خطاها را مدیریت کنند و به طور موثر خطاها را تشخیص دهند. به عبارت دیگر تکنیکهای تشخیص خطای پیچیده تری لازم است تا سیستمهای قدرت را ایمن نگه دارد [۲۴].

در این فصل ابتدا انواع خطای اتصال کوتاه در خط انتقال بررسی می شود و سپس درصد وقوع هر یک از خطاها را مقایسه می کنیم.

۲.۲ انواع خطای اتصال کوتاه

هر گونه عدم تعادل در یک نقطه از شبکه به عنوان خطا تلقی شده که آن شرایط می تواند اتصال یک بار نامتعادل به باس نیز باشد. در اینجا مناسب است که بین خطاها یا عدم تعادلهای سری و موازی فرق گذاشته شود. یک خطای موازی، عدم تعادل بین فازها یا بین فازها و زمین می باشد؛ در حالیکه یک خطای سری، عدم تعادل در امپدانس خطوط می باشد که شامل زمین یا همان باس پتانسیل صفر نمی شود.

انواع خطاهای موازی و سری عبارتند از:

الف) خطاهای موازی

از مهمترین خطاها در شبکه قدرت می باشند و شامل انواع خطاهای اتصال کوتاه و بار نامتعادل می باشد.

۱) *خطای تکفاز به زمین*

۲) *خطای اتصال فاز به فاز*

۳) *خطای اتصال دوفاز به زمین*

۴) *خطای سه فاز/ سه فاز به زمین:* هر چند که خطای سه فاز/سه فاز به زمین یک شرایط نامتعادل نیست، اما آنالیز آن را مانند سایر خطاهای موازی نامتعادل انجام می دهیم. معمولا این نوع خطا، شدیدترین نوع خطای بوجودآمده روی باسها می باشد و باید برای قطع جریان آن، کلیدهای قدرت مورد استفاده قرار بگیرد. البته خطاهای دیگر در شرایط خاصی ممکن است شدیدتر از خطای سه فاز نیز باشند. در یک خط ترنسپوز نمی توان تمایزی بین خطای سه فاز و خطای سه فاز به زمین قایل شد.

ب) خطاهای سری

این گروه از خطاها، شامل هیچ اتصالی بین خطوط یا بین خط انتقال و زمین در نقطه خطادیده نمی شود. این گروه خطاهای سری نامیده می شوند، زیرا معمولا یک امپدانس نامتعادل بطور سری بین باسها قرار می گیرد.

۵) *امپدانس های سری نامتعادل*: در این حالت امپدانس دو فاز از فازها برابر نیست.

۶) *خطای باز شدن یک هادی از خط انتقال:* باز شدن هادی فاز a از خط انتقال حالت خاصی از حالت کلی قبلی است که در آن:

$Z_b, Z_a = \infty$ محدود باشد (۲-۱)

۷) *خطای باز شدن دو هادی از خط انتقال:* اگر دو هادی از یک خط انتقال باز شود، مقادیر $Zb = Zc = \infty$ می باشد [۶].

فرض می شود امپدانس خطوط متعادل است، در نتیجه بررسی بر روی خطاهای اتصال کوتاه صورت می گیرد.

۲.۳ درصد وقوع خطاها

در این قسمت به مقایسه اجمالی درصد وقوع خطاهای اتصال کوتاه می پردازیم. طبق مطالعات آماری *IEEE* که بر روی خطوط انتقال ولتاژ بالا صورت گرفته نشان می دهد که احتمال خطای تک فاز خیلی بیشتر از انواع دیگر خطا است. نتایج مقایسه برای انواع اتصال کوتاه در جدول ۱-۲ آمده است و برای خطوط با سطح ولتاژ *500kv* درصد وقوع خطا بصورت جدول ۲-۲ است.

جدول۱-۲: درصد احتمال خطا برای خطوط ولتاژ بالا

نوع خطا	درصد وقوع
تکفاز به زمین	۷۰
دو فاز به یکدیگر	۱۵
دو فاز به زمین	۱۰
سه فاز	۵

جدول۲-۲: درصد احتمال خطا برای خطوط 500kv

نوع خطا	درصد وقوع
تکفاز به زمین	۹۳
دو فاز به یکدیگر	۴
دو فاز به زمین	۲
سه فاز	۱

همانطور که از جداول بالا مشخص است هر چه سطح ولتاژ بالاتر می رود ارتفاع هادی ها و فاصله هادی ها بیشتر می شود، در نتیجه در سطوح ولتاژ بالا احتمال خطای دوفاز یا سه فاز خیلی کم خواهد بود [۲۵].

۳

اصول تشخیص و مکان یابی خطا در خط انتقال

۳.۱ مقدمه

خطاهای الکتریکی در خطوط انتقال و توزیع تشخیص داده شده و بوسیله ادوات حفاظتی از سیستم جدا می شود. هرگاه خطا از بین برده شد، اگر مکان خطا بتواند هر چه سریعتر تعیین شود زمانهای قطعی برق کم خواهد شد [۲۶]. پیشرفت های تکنولوژی دیجیتال و افزایش پیچیدگی سیستمهای قدرت، مطالعات سیستمهای حفاظت را شتاب می بخشد. عملکرد سیستم قدرت با معادلات فازوری و دیاگرامهای انتقال[۱] آنالیز می شود. هنگامیکه سیستم ماهیت غیرمتعادل داشته باشد، روشهای دیگری باید استفاده شوند. روشی که اغلب مورد توجه است "مولفه های متقارن[۲]" می باشد که توسط فورتسکیو پیشنهاد شده است. این روش برای بدست آوردن جریان و ولتاژ خطا در سیستمهای قدرت ساده بسیار مفید است.

تشخیص خطا و محل آن موضوع بسیار مهمی در حفاظت سیستم قدرت است. مهندسین و محققین تلاش کرده اند تا یک راه قابل اطمینان و سریع برای تخمین محل خطا بیابند. روشهای مختلفی در مقالات ارائه شده تا نقطه خطا تشخیص داده شود. مطالعات معمول در تشخیص خطای خط انتقال را می توانیم به سه روش عمده تقسیم کنیم:

۱) روش مداری[۳]: روش متکی بر رآکتانس یک تکنیک مشهور است که استفاده شده تا تخمین محل خطا را بهبود ببخشد. این تکنیک بر اساس رابطه خطی بین رآکتانس، تخمین ولتاژ و جریان خطا، و محل خطا است. بیشتر طرحهای متکی بر رآکتانس، سنجش های بار قبل از خطا یا اطلاعات هر دو سر خط را نیاز دارند. روش متکی بر رآکتانس ساده است؛ اما اگر سیستم به دو ژنراتور متصل باشد دقیق نیست.

۲) روش موج سیار[۴]: استفاده از امواج سیار[۵] برای تشخیص و تعیین محل خطاها در چنین خطوطی یک جایگزین عملی دیگر است. این طرح بر اساس تشخیص زمان لازم برای یک موج برای حرکت بین پایانه محلی و محل خطاست. این روش محل خطا را به سرعت تشخیص می دهد، اما مشکلاتی با خطاهای نزدیک به باس و

1 Transmission Diagrams
2 Symmetrical Components