





مؤسسه آموزش عالی غیر دولتی- غیر انتفاعی آئین کمال
دانشکده فنی و مهندسی
گروه مهندسی برق

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی برق قدرت

بهبود حفاظت تفاضلی طولی خطوط توزیع در حضور تولیدات پراکنده

اساتید راهنما

دکتر صادق محمدزاده بازارچی

دکتر توحید ستارپور

دانشجو

مرتضی بیگزاده

زمستان ۱۴۰۳

کلیه حقوق این اثر متعلق به مؤسسه آموزش عالی آئین کمال است.



مؤسسه آموزش عالی غیر دولتی- غیر انتفاعی آئین کمال
دانشکده فنی و مهندسی
گروه مهندسی برق

فرم ارزیابی دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

مدیر محترم گروه مهندسی برق، قدرت جناب آقای ...

با سلام، بدینوسیله به اطلاع میرساند جلسه دفاع از پایان نامه آقای مرتضی بیگزاده دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی برق گرایش قدرت به شماره دانشجویی ... با عنوان پایان نامه "بهبود حفاظت تفاضلی طولی خطوط توزیع در حضور تولیدات پراکنده" با حضور اساتید راهنما و داور در ساعت تاریخ تشکیل و بر اساس محتوی، چگونگی ارائه پایان نامه و با احتساب مقالات مستخرج از آن با نمره به عدد/ حرف: و با رتبه: مورد تصویب اعضای کمیته قرار گرفت. خواهشمند است دستور فرمائید مراتب جهت اطلاع و اقدام به سرپرست تحصیلات تکمیلی اعلام گردد.

استاد راهنما:

استاد داور:



مؤسسه آموزش عالی غیر دولتی- غیر انتفاعی آئین کمال
دانشکده فنی و مهندسی
گروه مهندسی برق

تعهدنامه پژوهشی

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه های تحصیلی دانشجویان مؤسسه آموزش عالی آئین کمال مبین بخشی از فعالیت علمی- پژوهشی دانشجو میباشد که با استفاده از اعتبارات دانشگاه انجام می شود، لذا برای آگاهی دانشجو و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان گرامی نسبت به موارد ذیل متعهد می شوند:

۱. قبل از چاپ پایان نامه خود، مراتب را به طور کتبی به مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه اطلاع و کسب اجازه نمایند.
۲. در انتشار نتایج پایان نامه در قالب مقاله، همایش، اختراع، اکتشاف و سایر موارد ذکر نام مؤسسه آموزش عالی آئین کمال الزامی است.
۳. انتشار نتایج پایان نامه باید با اطلاع و کسب اجازه از استاد راهنما صورت گیرد.

اینجانب **مرتضی بیگزاده** دانشجوی رشته مهندسی برق گرایش قدرت کارشناسی ارشد تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده و به آن ملتزم می شوم

تاریخ و امضای دانشجو

اکنون که به یاری پروردگار و یاری ، راهنمایی اساتید بزرگوار و حمایت های خانواده عزیزم موفق به اتمام این پایاننامه شده‌ام وظیفه خود دانسته تا ضمن تقدیم این رساله به آنها ، نهایت سپاسگزاری را از تمامی عزیزانی که در این راه به من کمک کرده‌اند را به عمل آورم:

در آغاز این پایاننامه را تقدیم میکنم به **روح پاک پدرم** که عالمانه به من آموخت تا چگونه در عرصه زندگی ایستادگی را تجربه نمایم.

و به **مادرم** ، دریای بی کران فداکاری و عشق که وجودم برایش همه رنج بود و وجودش برایم همه مهر.
و به **همسرم** ، به پاس قدردانی از قلبی آکنده از عشق و معرفت که محیطی سرشار از سلامت ، امنیت ، آرامش و آسایش برای من فراهم آورده است .
و به **خواهرم** ، که وجودش شادی بخش و صفایش مایه آرامش من است.
و به **برادرم** ، که همواره در طول تحصیل متحمل زحماتم بود و تکیه گاه من در مواجهه با مشکلات و وجودش مایه دلگرمی من می باشد.
و تمام کسانی که داشته های خود را مدیون آنان هستم.

از استاتید بزرگ و دانشمند جناب آقای دکتر **صادق محمدزاده بازاریچی** و جناب آقای دکتر **توحید ستارپور** که راهنمایی این پایاننامه را به عهده داشته‌اند کمال تشکر را دارم.

از داوران گرامی جناب آقای دکتر **فتحی** جناب آقای دکتر **حاجی بیگی** که زحمت داوری و تصحیح این پایاننامه را به عهده داشتند کمال سپاس را دارم.

خالصانه از تمامی اساتید و معلمان که در مقاطع مختلف تحصیلی به من علم آموخته و مرا از سرچشمه دانایی سیراب کرده‌اند متشکرم.

از کلیه خانواده ، هم دانشگاهیان ، همراهان عزیز و دوستان خوبم نهایت سپاس را دارم.

چکیده

با رشد روز افزون میزان نفوذ منابع تولید پراکنده در شبکه‌های توزیع و وجود عدم قطعیت در توان تولیدی آن‌ها، شبکه‌های توزیع به سمت شبکه فعال سوق داده می‌شود. این امر به دلایلی همچون استفاده بهینه از منابع تولید پراکنده و تامین بار با قابلیت اطمینان بالا انجام می‌شود. در این میان، استفاده از تولیدات پراکنده در شبکه توزیع فعال مشکلات عدیدی را برای عملکرد صحیح سیستم حفاظتی به وجود می‌آورد. این امر به دلایلی همچون تغییر سطح اتصال کوتاه شبکه و تثبیت ولتاژ توسط تولیدات پراکنده می‌باشد. لذا لازم است که برای حفاظت‌های مختلف شبکه توزیع چاره‌ای اندیشیده شود. در این پایان‌نامه، حفاظت دیفرانسیل طولی خطوط اصلی شبکه توزیع فعال که دارای انواع مختلف تولیدات پراکنده اعم از منابع بادی و خورشیدی است بهبود داده شده‌است. بهبود حفاظت دیفرانسیل طولی با استفاده از روش فاصله هاسدورف انجام شده‌است. بدین صورت که فاصله هاسدورف برای طرفین خطی که به وسیله دیفرانسیل طولی حفاظت می‌شود، برای دو پنجره جریان به فاصله یک سیکل مقایسه می‌شود. بر این اساس یک اندیس پیشنهاد داده می‌شود و اگر از آستانه عملکرد آن بیشتر شود، خطای داخل زون حفاظتی را تشخیص می‌دهد. روش پیشنهادی که بر روی یک شبکه توزیع نمونه دارای تولیدات پراکنده مختلف شبیه‌سازی شده‌است، که نتایج حاصل از آن سرعت و کارایی مناسب و قابل قبولی را ارایه می‌دهد.

کلمات کلیدی: حفاظت دیفرانسیل طولی، حفاظت خطوط توزیع، تولیدات پراکنده، شبکه توزیع فعال،

روش فاصله هاسدورف

فهرست مطالب

۱. کلیات تحقیق	۱۵
۱-۱ مقدمه	۱۶
۱-۲ بیان مسئله	۱۷
۱-۳ اهداف تحقیق	۱۸
۱-۴ پیشینه تحقیق	۱۸
۱-۵ کارهای انجام شده و ساختار تحقیق	۲۰
۱-۶ ساختار تحقیق	۲۰
۲. مروری بر حفاظت خطوط در حضور تولیدات پراکنده	۲۱
۲-۱ مقدمه	۲۲
۲-۲ اثر تولید پراکنده بر عملکرد عناصر حفاظتی	۲۴
۲-۲-۱ سوختن فیوز	۲۴
۲-۲-۲ تریپ اشتباه	۲۵
۲-۳ کاهش پوشش حفاظتی	۲۶
۲-۲-۴ باز بست غیر سنکرون	۲۷
۲-۲-۵ جزیره‌های شدن	۲۸
۲-۲-۶ ایمنی شبکه	۲۹
۲-۳ اثر تولیدات پراکنده روی هماهنگی تجهیزات حفاظتی	۳۰
۲-۳-۱ اثر تولید پراکنده روی هماهنگی فیوز - فیوز	۳۰
۲-۳-۲ اثر تولید پراکنده روی هماهنگی رله - رله	۳۳
۲-۴ راهحلهای ارائه شده برای حذف یا کاهش اثرات DG	۳۴

- ۲-۴-۱ تغییر در تنظیمات یا تجهیزات حفاظتی ۳۴
- ۲-۴-۲ جداکردن DG از شبکه هنگام وقوع خطا ۳۶
- ۲-۴-۳ روش حفاظت تطبیقی ۳۹
- ۲-۵ ساختار شبکه توزیع برای نصب منابع تولید پراکنده ۴۲
- ۲-۶ حفاظت شبکه‌های الکتریکی ۴۳
 - ۲-۶-۱ برتری حفاظت دیجیتال نسبت به حفاظت های سنتی ۴۴
 - ۲-۶-۲ ساختار کلی رله های دیجیتال ۴۶
 - ۲-۶-۳ بررسی ساختار رله های حفاظتی دیجیتال ۴۷
 - ۲-۶-۴ فیلترکردن دیجیتال در رله های حفاظتی ۵۲
 - ۲-۶-۵ نحوه ارتباط در رله های دیجیتال ۵۳
 - ۲-۷ حفاظت خطوط انتقال با استفاده از رله دیفرانسیل ۵۵
 - ۲-۷-۱ ساختار حفاظت دیفرانسیل میکروپروسسوری ۵۵
 - ۲-۷-۲ ارتباط میان رله های دیفرانسیل میکروپروسسوری از طریق کانال مخابراتی ۵۷
 - ۲-۷-۳ انواع کاربرد رله های دیفرانسیل میکروپروسسوری ۶۰
 - ۲-۷-۴ مشخصه رله ۶۰
۳. روش پیشنهادی بهبود حفاظت دیفرانسیل طولی خطوط توزیع ۶۲
 - ۳-۱ مقدمه ۶۳
 - ۳-۲ اصول کلی حفاظت دیفرانسیل طولی ۶۳
 - ۳-۳ معرفی روش Hausdorff distance ۶۵
 - ۳-۴ روش پیشنهادی بهبود حفاظت دیفرانسیل طولی ۶۷
 - ۳-۵ شبکه مدلسازی شده ۶۹
 ۴. نتایج حاصل از شبیه‌سازی روش پیشنهادی بهبود حفاظت دیفرانسیل طولی ۷۰
 - ۴-۱ مقدمه ۷۱
 - ۴-۲ سناریوهای شبیه‌سازی شده ۷۱
 - ۴-۳ حفاظت دیفرانسیل طولی خط AB با روش پیشنهادی ۷۲
 - ۴-۳-۱ وقوع اتصالی سه‌فاز در ۲۰ درصد خط AB با مقاومت خطای ۲ اهم ۷۲

- ۴-۳-۲ وقوع اتصالی سه‌فاز در ۸۰ درصد خط AB با مقاومت خطای ۱۰ اهم..... ۷۵
- ۴-۳-۳ وقوع اتصالی سه‌فاز در ۵۰ درصد خط AD با مقاومت خطای ۳ اهم..... ۷۷
- ۴-۳-۴ وقوع اتصالی سه‌فاز در ۵۰ درصد خط BC با مقاومت خطای ۳ اهم..... ۸۰
- ۴-۴ حفاظت دیفرانسیل طولی خط DE با روش پیشنهادی..... ۸۲
- ۴-۴-۱ وقوع اتصالی سه‌فاز در ۵۰ درصد خط DE با مقاومت خطای ۱۰ اهم..... ۸۳
- ۴-۴-۲ وقوع اتصالی دوفاز در ۵۰ درصد خط AD با مقاومت خطای ۳ اهم..... ۸۵
- ۴-۴-۳ وقوع اتصالی تک‌فاز به زمین در ۵۰ درصد خط AD با مقاومت خطای ۳ اهم..... ۸۸
- ۴-۴-۴ وقوع اتصالی دوفاز به زمین در ۵۰ درصد خط DE با مقاومت خطای ۵ اهم..... ۹۰
- ۴-۴-۵ وقوع اتصالی تک‌فاز به زمین در ۵۰ درصد خط DE با مقاومت خطای ۵ اهم..... ۹۳
- ۴-۵ جمع‌بندی..... ۹۵
۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادات..... ۹۷
- ۵-۱ نتیجه‌گیری..... ۹۸
- ۵-۲ پیشنهادات..... ۹۹
6. مراجع مورد استفاده..... ۱۰۰

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۲ سوختن فیوز با نصب DG ۲۵
- شکل ۲-۲ مسیر جریان تغذیه شده توسط DG در فیدر شعاعی ۲۶
- شکل ۳-۲ هماهنگی رله حفاظتی در حضور DG ۲۷
- شکل ۴-۲ بخشی از شبکه توزیع با تولیدات پراکنده ۳۱
- شکل ۵-۲ فیدر شبکه توزیع ۳۳
- شکل ۶-۲ فیدر شبکه توزیع با نصب تولید پراکنده ۳۴
- شکل ۷-۲ قسمتی از یک فیدر شعاعی با نصب تولید پراکنده ۳۶
- شکل ۸-۲ اتصال تولید پراکنده به شبکه توسط سویچهای نیمه هادی ۳۸
- شکل ۹-۲ ساختار کلی رله دیجیتال ۴۷
- شکل ۱۰-۲ ساختار رله دیفرانسیل میکروپروسسوری و حفاظت دیفرانسیل هوشمند در ترانسفورماتورهای قدرت [۳۷] ۵۵
- شکل ۱۱-۲ دیگرام حفاظت دیفرانسیل [۳۷] ۵۶
- شکل ۱۲-۲ دیگرام حفاظت و کنترل در ترانسفورماتورهای قدرت [۳۷] ۵۶
- شکل ۱۳-۲ اختلاف فاز بین اندازه های جریان اندازه گیری شده در انتهای خط انتقال ۵۹
- شکل ۱۴-۲ مشخصه تفاضلی گرایشی رله دیفرانسیل دیجیتال [۳۸] ۶۱
- شکل ۱-۳ عملکرد رله دیفرانسیل طولی برای حفاظت خط انتقال؛ (الف) خطای خارجی، (ب) خطای داخلی [۴] ۶۴
- شکل ۲-۳ مشخصه عملکرد رله دیفرانسیل ۶۴

- شکل ۳-۳ جریانهای I_1 و I_2 حفاظت دیفرانسیل ۶۵
- شکل ۳-۴ فلوچارت الگوریتم پیشنهادی حفاظت دیفرانسیل طولی ۶۸
- شکل ۳-۵ شبکه مدلسازی شده جهت انجام شبیهسازی ۶۹
- شکل ۴-۱ شکل موجهای ولتاژ و جریان طرفین خط حفاظت شده در شرایط وقوع اتصالی سه فاز در ۲۰ درصد خط AB با مقاومت خطای ۲ اهم ۷۳
- شکل ۴-۲ منحنی عملکرد حفاظت دیفرانسیل در شرایط در شرایط وقوع اتصالی سه فاز در ۲۰ درصد خط AB با مقاومت خطای ۲ اهم ۷۳
- شکل ۴-۳ اندیسهای H_R ، H_S و TTCAF پیشنهادی در شرایط در شرایط وقوع اتصالی سه فاز در ۲۰ درصد خط AB با مقاومت خطای ۲ اهم ۷۴
- شکل ۴-۴ عملکرد حفاظت دیفرانسیل طولی متداول و پیشنهادی در شرایط در شرایط وقوع اتصالی سه فاز در ۲۰ درصد خط AB با مقاومت خطای ۲ اهم ۷۴
- شکل ۴-۵ شکل موجهای ولتاژ و جریان طرفین خط حفاظت شده در شرایط وقوع اتصالی سه فاز در ۸۰ درصد خط AB با مقاومت خطای ۱۰ اهم ۷۵
- شکل ۴-۶ منحنی عملکرد حفاظت دیفرانسیل در شرایط وقوع اتصالی سه فاز در ۸۰ درصد خط AB با مقاومت خطای ۱۰ اهم ۷۶
- شکل ۴-۷ اندیسهای H_R ، H_S و TTCAF پیشنهادی در شرایط وقوع اتصالی سه فاز در ۸۰ درصد خط AB با مقاومت خطای ۱۰ اهم ۷۶
- شکل ۴-۸ عملکرد حفاظت دیفرانسیل طولی متداول و پیشنهادی در شرایط وقوع اتصالی سه فاز در ۸۰ درصد خط AB با مقاومت خطای ۱۰ اهم ۷۷
- شکل ۴-۹ شکل موجهای ولتاژ و جریان طرفین خط حفاظت شده در شرایط وقوع اتصالی سه فاز در ۵۰ درصد خط AD با مقاومت خطای ۳ اهم ۷۸

- شکل ۴-۱۰ منحنی عملکرد حفاظت دیفرانسیل در شرایط وقوع اتصالی سه فاز در ۵۰ درصد خط AD با مقاومت خطای ۳ اهم ۷۸
- شکل ۴-۱۱ اندیسه‌های H_S ، H_R و TTCAF پیشنهادی در شرایط وقوع اتصالی سه فاز در ۵۰ درصد خط AD با مقاومت خطای ۳ اهم ۷۹
- شکل ۴-۱۲ عملکرد حفاظت دیفرانسیل طولی متداول و پیشنهادی در شرایط وقوع اتصالی سه فاز در ۵۰ درصد خط AD با مقاومت خطای ۳ اهم ۷۹
- شکل ۴-۱۳ شکل موجهای ولتاژ و جریان طرفین خط حفاظت شده در شرایط وقوع اتصالی سه فاز در ۵۰ درصد خط BC با مقاومت خطای ۳ اهم ۸۰
- شکل ۴-۱۴ منحنی عملکرد حفاظت دیفرانسیل در شرایط وقوع اتصالی سه فاز در ۵۰ درصد خط BC با مقاومت خطای ۳ اهم ۸۱
- شکل ۴-۱۵ اندیسه‌های H_S ، H_R و TTCAF پیشنهادی در شرایط وقوع اتصالی سه فاز در ۵۰ درصد خط BC با مقاومت خطای ۳ اهم ۸۱
- شکل ۴-۱۶ عملکرد حفاظت دیفرانسیل طولی متداول و پیشنهادی در شرایط وقوع اتصالی سه فاز در ۵۰ درصد خط BC با مقاومت خطای ۳ اهم ۸۲
- شکل ۴-۱۷ شکل موجهای ولتاژ و جریان طرفین خط حفاظت شده در شرایط وقوع اتصالی سه فاز در ۵۰ درصد خط DE با مقاومت خطای ۱۰ اهم ۸۳
- شکل ۴-۱۸ منحنی عملکرد حفاظت دیفرانسیل در شرایط وقوع اتصالی سه فاز در ۵۰ درصد خط DE با مقاومت خطای ۱۰ اهم ۸۴
- شکل ۴-۱۹ اندیسه‌های H_S ، H_R و TTCAF پیشنهادی در شرایط وقوع اتصالی سه فاز در ۵۰ درصد خط DE با مقاومت خطای ۱۰ اهم ۸۴
- شکل ۴-۲۰ عملکرد حفاظت دیفرانسیل طولی متداول و پیشنهادی در شرایط وقوع اتصالی سه فاز در ۵۰ درصد خط DE با مقاومت خطای ۱۰ اهم ۸۵

- شکل ۴-۲۱ شکل موجهای ولتاژ و جریان طرفین خط حفاظت شده در شرایط وقوع اتصالی دوفاز در ۵۰ درصد خط AD با مقاومت خطای ۳ اهم ۸۶
- شکل ۴-۲۲ منحنی عملکرد حفاظت دیفرانسیل در شرایط وقوع اتصالی دوفاز در ۵۰ درصد خط AD با مقاومت خطای ۳ اهم ۸۶
- شکل ۴-۲۳ اندیسهای H_S ، H_R و TTCAF پیشنهادی در شرایط وقوع اتصالی دوفاز در ۵۰ درصد خط AD با مقاومت خطای ۳ اهم ۸۷
- شکل ۴-۲۴ عملکرد حفاظت دیفرانسیل طولی متداول و پیشنهادی در شرایط وقوع اتصالی دوفاز در ۵۰ درصد خط AD با مقاومت خطای ۳ اهم ۸۷
- شکل ۴-۲۵ شکل موجهای ولتاژ و جریان طرفین خط حفاظت شده در شرایط وقوع اتصالی تکفاز به زمین در ۵۰ درصد خط AD با مقاومت خطای ۳ اهم ۸۸
- شکل ۴-۲۶ منحنی عملکرد حفاظت دیفرانسیل در شرایط وقوع اتصالی تکفاز به زمین در ۵۰ درصد خط AD با مقاومت خطای ۳ اهم ۸۹
- شکل ۴-۲۷ اندیسهای H_S ، H_R و TTCAF پیشنهادی در شرایط وقوع اتصالی تکفاز به زمین در ۵۰ درصد خط AD با مقاومت خطای ۳ اهم ۸۹
- شکل ۴-۲۸ عملکرد حفاظت دیفرانسیل طولی متداول و پیشنهادی در شرایط وقوع اتصالی تکفاز به زمین در ۵۰ درصد خط AD با مقاومت خطای ۳ اهم ۹۰
- شکل ۴-۲۹ شکل موجهای ولتاژ و جریان طرفین خط حفاظت شده در شرایط وقوع اتصالی دوفاز به زمین در ۵۰ درصد خط DE با مقاومت خطای ۵ اهم ۹۱
- شکل ۴-۳۰ منحنی عملکرد حفاظت دیفرانسیل در شرایط وقوع اتصالی دوفاز به زمین در ۵۰ درصد خط DE با مقاومت خطای ۵ اهم ۹۱
- شکل ۴-۳۱ اندیسهای H_S ، H_R و TTCAF پیشنهادی در شرایط وقوع اتصالی دوفاز به زمین در ۵۰ درصد خط DE با مقاومت خطای ۵ اهم ۹۲

- شکل ۴-۳۲ عملکرد حفاظت دیفرانسیل طولی متداول و پیشنهادی در شرایط وقوع اتصالی دوفاز به زمین در ۵۰ درصد خط DE با مقاومت خطای ۵ اهم..... ۹۲
- شکل ۴-۳۳ شکل موجهای ولتاژ و جریان طرفین خط حفاظت شده در شرایط وقوع اتصالی تکفاز به زمین در ۵۰ درصد خط DE با مقاومت خطای ۵ اهم..... ۹۳
- شکل ۴-۳۴ منحنی عملکرد حفاظت دیفرانسیل در شرایط وقوع اتصالی تکفاز به زمین در ۵۰ درصد خط DE با مقاومت خطای ۵ اهم..... ۹۴
- شکل ۴-۳۵ اندیسهای H_S ، H_R و TTCAF پیشنهادی در شرایط وقوع اتصالی تکفاز به زمین در ۵۰ درصد خط DE با مقاومت خطای ۵ اهم..... ۹۴
- شکل ۴-۳۶ عملکرد حفاظت دیفرانسیل طولی متداول و پیشنهادی در شرایط وقوع اتصالی تکفاز به زمین در ۵۰ درصد خط DE با مقاومت خطای ۵ اهم..... ۹۵

فصل اول

کلیات تحقیق

کلیات تحقیق

۱-۱ مقدمه

در روزهای آغازین کار شبکه‌های الکتریکی تولید، انتقال و توزیع مشکلاتی وجود داشت که امروزه نیز در شبکه‌ها وجود دارد. سیستم باید تغییراتی که در شبکه به وجود می‌آید شامل تغییرات توان مورد نیاز مصرف کننده‌ها، حوادث، خرابی تجهیزات و دیگر اتفاقات پیش‌بینی نشده را تحمل کند و پایدار بماند. امروزه مهندسین شبکه می‌توانند با استفاده از تجهیزات پیشرفته مبتنی بر ریزپردازنده‌ها، سیستم‌های حفاظتی و کنترلی بسیار پیچیده و پیشرفته طراحی کنند. اما پیشرفت طرح‌های حفاظتی و کنترلی در شبکه، همواره همراه با گسترش و پیچیده‌تر شدن شبکه‌های قدرت بوده‌است. خاموشی‌های گسترده همواره در شبکه‌های قدرت اتفاق افتاده‌است، اما تعداد زیاد این خاموشی‌ها در سالیان اخیر در نقاط مختلف جهان نشان دهنده این است که شبکه‌های کنونی قدرت بسیار شکننده و حساس هستند. شکننده‌تر شدن شبکه‌های قدرت با وجود پیشرفت‌های عمده تکنولوژی دلایل مختلفی دارد که از جمله آن‌ها می‌توان به سرمایه‌گذاری کم در بخش حفاظتی شبکه‌های قدرت در سالیان اخیر، تجدید ساختار و قوانین مرتبط با آن که هنوز کارآمد نیستند و بهره‌برداری سنگین از شبکه‌ها به دلیل تجدید ساختار آن‌ها اشاره کرد [۱]. با توجه به این شرایط می‌توان

¹ Microprocessor Based

انتظار خاموشی‌های بیشتری را در سال‌های آینده نیز داشت. بنابراین، نفوذ منابع انرژی پراکنده در شبکه‌های توزیع مدرن، امری اجتناب ناپذیر است. این امر برای تامین محلی بارها، کاهش تلفات شبکه توزیع و همچنین کاهش هزینه‌های انرژی خریداری شده مورد استفاده قرار می‌گیرد. لذا، هم از سوی بهره‌برداران شبکه و هم از سوی مصرف کنندگان به شدت مورد استقبال قرار می‌گیرد. اما استفاده از منابع تولید پراکنده در شبکه توزیع مشکل جدی برای حفاظت شبکه به‌وجود می‌آورد. بنابراین در شبکه‌هایی که دارای منابع تولید پراکنده هستند، می‌بایستی حفاظت آن شبکه مورد بازبینی قرار گیرد. در این پایان‌نامه به ارائه راه‌حلی برای بهبود حفاظت دیفرانسیل طولی که برای خطوط مهم شبکه توزیع استفاده می‌شود، پرداخته شده‌است/

۱-۲ بیان مسئله

منابع تولید پراکنده باعث عملکرد نادرست رله‌های حفاظت به دو صورت که در زمانی که در شبکه خطای اتصالی به‌وجود آمده‌است و باید عمل کنند که خطا پاکسازی شود، قادر به تشخیص خطا نیستند. در حالت دیگر، زمانی که خطایی در شبکه به‌وجود آمده‌است، رله‌های پشتیبان به‌جای رله اصلی عمل می‌کنند و باعث خاموشی‌های ناخواسته می‌شوند. بنابراین، علاوه بر استفاده از رله‌های جریان زیاد، در شبکه‌های توزیع از سایر حفاظت‌ها مانند حفاظت دیفرانسیل نیز در راستای عملکرد سیستم حفاظتی استفاده می‌شود. حفاظت دیفرانسیل طولی در خطوط مهم شبکه توزیع مورد استفاده قرار می‌گیرد. اساس کار آن بدین صورت است که جریان ابتدای خطوط باس‌های متوالی گرفته شده و به رله‌های طرف مقابل خط ارسال می‌شود. در این شرایط جریان، اختلاف جریان باید بیشتر از حداکثر جریان بار نباشد و در صورتی که اندازه جریان از حداکثر جریان بار بیشتر باشد، رله آن را به‌صورت اتصالی تشخیص داده و فرمان قطع را صادر می‌نماید. جریان اندازه‌گیری‌شده توسط ترانسفورماتورهای جریان (CT) در طرفین، به رله حفاظتی داده می‌شود. رله حفاظتی از جریان ثانویه CTها نمونه‌برداری می‌نماید و نمونه‌های جریان سه‌فاز طرفین را وارد پنجره تخمین فازور می‌نماید. سپس فازور جریان طرفین که شامل اندازه و فاز جریان طرفین خط می‌باشد، به‌صورت سنکرون‌شده از یکدیگر کم می‌شود و جریان دیفرانسیل محاسبه می‌گردد.

در شرایطی که در شبکه توزیع از تولیدات پراکنده استفاده می‌شود، حفاظت دیفرانسیل طولی به دو دلیل ممکن است که دچار اشتباه شود؛ یکی اینکه منابع تولید پراکنده در حالت بهره‌برداری نرمال شبکه، جریانی را تزریق می‌کنند که ممکن است از حد تنظیمی رله‌های حفاظت دیفرانسیل طولی بیشتر باشد و منجر به صدور فرمان قطع ناخواسته توسط آن‌ها شود. دیگری اینکه در شرایطی که در شبکه اتصالی به‌وجود می‌آید، با تزریق جریان اتصالی نزدیک به خود، مقدار جریان دیفرانسیل اندازه‌گیری شده توسط رله را کاهش می‌دهند و باعث می‌شود که رله دیفرانسیل طولی قادر به تشخیص اتصالی نباشد. بنابراین ارزیابی حفاظت دیفرانسیل طولی در حضور منابع تولید پراکنده نصب شده در شبکه توزیع حائز اهمیت است در بخشی از این پایان‌نامه به آن پرداخته خواهد شد.

۱-۳ اهداف تحقیق

در این پایان‌نامه، هدف بهبود حفاظت دیفرانسیل طوی خطوط مهم شبکه توزیع در حضور منابع تولید پراکنده می‌باشد. وجود منابع تولید پراکنده باعث تزریق جریان به شبکه در زمان اتصالی می‌شود. این امر حفاظت دیفرانسیل طولی خطوط را با خطا مواجه می‌سازد. بنابراین، یک شبکه تست نمونه شبیه‌سازی شده- است و منابع تولید پراکنده در آن قرا داده شده که اثر آن‌ها بر حفاظت دیفرانسیل طولی دیده شود. سپس با استفاده از مقایسه مولفه‌های فرکانسی جریان و روش فاصله هاسدورف روشی برای بهبود حفاظت دیفرانسیل خطوط پیشنهاد و پیاده سازی شده‌است. نتایج حاصل از شبیه‌سازی کارایی مفید و دقت بالای روش پیشنهادی را نشان می‌دهد.

۱-۴ پیشینه تحقیق

در مقاله [۱] به ارزیابی حفاظت دیفرانسیل طولی در شبکه‌های توزیع فعال که دارای نفوذ گسترده منابع تولید پراکنده می‌باشند، پرداخته شده‌است. در این مقاله، ابتدا اثر منابع تولید پراکنده بر حفاظت دیفرانسیل خطوط دیده شده‌است. بدین صورت که نشان داده شده‌است که در صورتی که منابع تولید پراکنده در داخل و یا خارج از زون حفاظتی حفاظت دیفرانسیل طولی قرار داشته باشند، هرکدام به چه صورتی باعث عملکرد

نابجای آن خواهند شد. سپس، راه حلی بر اساس تخمین فرکانس ولتاژ در قبل از وقوع اتصالی به صورت رجود به شکل موج ثبت شده در رله برای بهبود آن پیشنهاد شده است. در [2] به بررسی اثرات منابع بادی موجود در شبکه توزیع بر حفاظت دیفرانسیل خطوط پرداخته شده است. منابع بادی با توجه به اینکه جریانی با فرکانس متفاوت به اتصالی تزریق می کنند، عملکردی متفاوت با ژنراتورهای سنکرون در زمان وقوع اتصال کوتاه خواهند داشت. در این مقاله نشان داده شده است که با تخمین فرکانس جریان تزریقی از این منابع، می توان خطا را به درستی تشخیص داد. در [3] روش دیگری برای بهبود حفاظت دیفرانسیل خطوط شبکه توزیع بر اساس تغییر زمان سنکرون بین رله ها پیشنهاد داده شده است. بدین صورت بیان شده است که در زمان وقوع اتصالی، سنکرون زمانی بین رله های ابتدا و انتهای خط به علت تغییر زاویه ولتاژ و شعاعی بودن شبکه دچار اشکال می شود. لذا راه حلی بر اساس پردازش سیگنال ولتاژ قبل از اتصالی برای رفع این مورد پیشنهاد شده است. در مقالات [4, 5, 6] به بررسی حفاظت های موجود در شبکه های توزیع فعال و تاثیر منابع انرژی پراکنده بر هر کدام پرداخته شده است. به این صورت که منابع تولید پراکنده استفاده شده در شبکه توزیع، در بیشتر موارد باعث عملکرد نابجای رله های مذکور می شود. در مقاله [7] یک روش تطبیقی بر اساس میزان وجود منابع انرژی پراکنده در شبکه توزیع پیشنهاد داده شده است. اساس کار به این صورت است که بر اساس میزان نفوذ منابع تولید پراکنده در شبکه توزیع، تنظیمات رله های حفاظتی تغییر می یابد. بدین صورت که اگر منابع تولید پراکنده به صورت گسترده در شبکه وجود داشته باشند، آستانه عملکرد حفاظت دیفرانسیل طولی به صورت تطبیقی با مقدار نفوذ آن ها افزایش می یابد. این امر از عملکرد نابجای حفاظت دیفرانسیل طولی جلوگیری می کند اما در زمان وقوع اتصالی ممکن است قادر به تشخیص صحیح آن نباشد. در مقالات [8, 9]، از دیفرانسیل امپدانس پائین که بر اساس مشخصه عملکردی شیب دار می باشد، برای بهبود حفاظت شبکه توزیع در حضور منابع تولید پراکنده استفاده شده است. در این مقالات، روش هایی بر اساس تحلیل شکل موج جریان پیشنهاد شده است که حفاظت دیفرانسیل طولی را در شبکه توزیع بهبود می دهد. در مقاله [10] از حفاظت جامع شبکه برای بهبود سیستم حفاظتی در شرایط نفوذ منابع انرژی تجدیدپذیر استفاده شده است. در این مقاله از رله های مختلفی اعم از جریانی، اتصال زمین، جهت دار، ولتاژی و ... برای حفاظت شبکه توزیع

فعال استفاده شده است که آن‌ها را به صورت تجمعی در یک مرکز کنترل و حفاظت بکار برده است. در مقالات [۱۱، ۱۲] روش‌های پیاده‌سازی حفاظت دیفرانسیل طولی در خطوط توزیع و شرایط مختلف آن آورده شده است که در این پایان‌نامه، برای مدلسازی می‌توان از آن‌ها بهره گرفت. بدین صورت که در این مقالات، صرف نظر از روش ارائه شده، شیوه مدلسازی حفاظت دیفرانسیل طولی مدنظر بوده و از روش پیاده‌سازی شده در آن‌ها استفاده می‌گردد که رله مورد نظر ساخته شود.

۱-۵ کارهای انجام شده و ساختار تحقیق

در این پایان‌نامه از روش فاصله هاسدورف بین نمونه‌های جریان که بر اساس آن اندیسی ارائه شده است، برای بهبود حفاظت دیفرانسیل طولی استفاده شده است. اساس کار بدین صورت است که دو پنجره متحرک^۱ برای دو سیکل متوالی جریان‌های طرفین خط در نظر گرفته می‌شود و سپس فاصله هاسدورف دو پنجره برای طرفین خط محاسبه می‌گردد. پس از آن اندیسی به صورت نسبت دو فاصله هاسدورف بدست آمده معرفی شده است و برای تشخیص خطای داخل زون حفاظت دیفرانسیل خط استفاده می‌شود. روش پیشنهادی در این پایان‌نامه با حفاظت دیفرانسیل متداول در رله‌های دیفرانسیل دیجیتال که در صنعت برق مورد استفاده قرار می‌گیرد مقایسه شده است و نتایج حاصل از آن برتری روش پیشنهادی را نشان می‌دهد.

۱-۶ ساختار تحقیق

در فصل دوم این پایان‌نامه، به مروری بر حفاظت دیجیتالی سیستم‌های الکتریکی در حضور منابع تولید پراکنده و اثرات نامطلوب این منابع بر حفاظت شبکه پرداخته شده است. در فصل سوم روش پیشنهادی برای بهبود حفاظت دیفرانسیل طولی خطوط اتصال منابع تولید پراکنده موجود در شبکه توزیع بر اساس روش پیشنهادی معرفی شده است. در فصل چهارم نتایج حاصل از شبیه‌سازی روش پیشنهادی بر روی شبکه نمونه و در فصل پنجم نتیجه‌گیری و پیشنهادات آورده شده است.

^۱ Moving window