دانشگاه زنجان
دانشکده مهندسی
گروه برق

پایان نامه کارشناسی

تشخیص خطای امپدانس بالا به وسیله تبدیل موجک در شبکه های توزیع

دانشجو: مهران محمدی

استاد راهنما : دکتر کاظم مظلومی

شهریورماه ۱۳۸۸

تشکر و قدردانی:

در این گفتار به مصداق حدیث "من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق" برخود لازم می دانم از زحمات بی دریغ استاد گرامی جناب آقای دکتر کاظم مظلومی که در مراحل مختلف انجام این پایان نامه، با نهایت دقت، حوصله و خوش اخلاقی علی رغم بعد مسافت آن را راهبری کردن کمال تشکر و امتنان را داشته باشم و برای ایشان در تمام مراحل زندگی موفقیت و پیروزی را آرزو نمایم. همچنین از آقای مهندس مجید کیامینی که علی رغم مشغله های بسیار خود کمک شایانی با قرار دادن اطلاعات بسیار ارزشمند در اختیار اینجانب مبذول نمودند.

دیگر جناب آقای مهندس عبداللهی معاون سابق شرکت برق منطقه ای زنجان که از راهنمایی های ایشان در این پایان نامه بهره برده شد. و تشکر ویژه از دو دوست و یار بسیار عزیز و نازنینم، همدمان دوران تحصیل در دوره کارشناسی جناب آقایان مهندس وحید قربانیان و مهندس حمیدرضا مهاجری که الطاف بی دریغشان به ویژه در کمک به یادگیری نرم افزارهای مربوط به انجام این پایان نامه و تهیه مراجع آن همواره شامل حال بنده بوده است.

چکیده:

خطاهای امپدانس بالا (High Impedance Faults) به خطاهایی گفته می شود که در صورت بروز، جریان ناچیزی از شبکه می کشند به طوری که تجهیزات حفاظتی جریان زیاد قادر به تشخیص آن ها نیستند. در این پایان نامه به کمک تبدیل موجک گسسته الگوریتم جدیدی برای تشخیص این گونه خطاها در سیستم های توزیع ارائه می شود. با رخداد این گونه خطاها در شبکه سیگنال های آغشته به مولفه های فرکانسی در جریان فاز خطا ایجاد می شود که تبدیل موجک ابزاری قدرتمند برای تجزیه و تحلیل این گونه مولفه ها در سیگنال می باشد. و می تواند با استخراج طیف فرکانسی شکل موج جریان با قابلیت بالایی خطای امپدانس بالا را تشخیص دهد. نتایج شبیه سازی نشان می دهد که الگوریتم ارائه شده همچنین می تواند خطای امپدانس بالا را از حالت های دیگر شبکه مانند خطای امپدانس پایین و کلید زنی بانک خازنی تفکیک کند.

کلمات کلیدی: شبکه توزیع، خطای امپدانس بالا، تبدیل موجک(Wavelet Transform)

فهرست :

مقدمه..... ۱

فصل اول (نگاهی به سیستم های توزیع)..... ۳

۱-۱) مقدمه..... ۴

۱-۲) ساختار یا پیکره بندی سیستم قدرت..... ۴

۱-۳) انواع شبکه های توزیع..... ۹

الف-۱) سیستم‌های شعاعی..... ۱۰

الف-۲) سیستم های حلقوی..... ۱۲

الف-۳) سیستم‌های فشار متوسط غربالی..... ۱۴

فصل دوم (خطای امپدانس بالا)..... ۱۷

۲-۱) مقدمه..... ۱۸

۲-۲) ویژگی های خطای امپدانس بالا..... ۱۹

۱- سطح جریان پایین..... ۲۳

۲- جرقه..... ۲۶

۳- رفتار تصادفی..... ۲۷

۲-۳) تناوب پدیده HIF..... ۳۱

۲-۴) مروری بر روش های تشخیص خطای امپدانس بالا..... ۳۲

الف) روش های مکانیکی..... ۳۲

ب) روش های الکتریکی..... ۳۳

۲-۵) قابلیت اطمینان و ایمنی..... ۳۴

۲-۶) ملاحظاتی درباره تشخیص و برطرف سازی خطا..... ۳۵

۲-۷) مدل سازی خطای امپدانس بالا..... ۳۶

فصل سوم (تئوری موجک)..... ۳۹

۳-۱) بسط فوریه..... ۴۰

۳-۲) تبدیل فوریه..... ۴۰

۳-۳) تبدیل فوریه زمان کوتاه (STFT)..... ۴۳

۳-۴) آنالیز موجک..... ۵۲

الف) مفهوم موجک (Wavelet)..... ۵۲

ب) مفهوم مقیاس کردن و شیفت دادن..... ۵۳

پ) تابع موجک و تابع مقیاس..... ۵۵
۳-۵) بسط موجک یک سیگنال..... ۵۶
۳-۶) تبدیل موجک پیوسته..... ۵۸
۳-۷) فرمول وارون برای تبدیل موجک..... ۶۴
۳-۸) تبدیل موجک گسسته..... ۶۴
۳-۹) تجزیه چند سطحی سیگنال..... ۶۹
۳-۱۰) بازسازی..... ۷۳
۳-۱۱) بسته موجک..... ۷۵
۳-۱۲) مشخصات مناسب برای انتخاب موجک مادر..... ۷۷
۳-۱۳) تجزیه و تحلیل با دقت چندگانه..... ۷۸
۳-۱۴) انواع موجک..... ۸۰
۱- موجک Haar..... ۸۰
۲- موجک Daubechies..... ۸۰
۳- موجک Coilflets..... ۸۱
۴- موجک Symlet..... ۸۲
۵- موجک Meyer..... ۸۳
۶- موجک Biorthogonal..... ۸۳
۷- موجک معکوس Biorthogonal..... ۸۵
فصل چهارم (تشخیص خطای امپدانس بالا)..... ۸۶
۴-۱) مقدمه..... ۸۷
۴-۲) مدل سازی شبکه..... ۸۷
الف) شبکه شعاعی ۲۰kv تک شاخه..... ۸۸
الف-۱) حالت اول..... ۹۲
الف-۲) حالت دوم..... ۹۹
الف-۳) حالت سوم..... ۱۰۱
الف-۴) حالت چهارم..... ۱۰۳

الف-۵) حالت پنجم..... ۱۰۴
الف-۶) حالت ششم..... ۱۰۶
الف-۷) حالت هفتم..... ۱۰۸
الف-۸) حالت هشتم..... ۱۱۰
الف-۹) حالت نهم..... ۱۱۱
الف-۱۰) حالت دهم..... ۱۱۲
الف-۱۱) حالت یازدهم..... ۱۱۴
الف-۱۲) حالت دوازدهم..... ۱۱۶
الف-۱۳) حالت سیزدهم..... ۱۱۷
الف-۱۴) حالت چهاردهم..... ۱۱۹
الف-۱۵) حالت پانزدهم..... ۱۲۰
ب) شبکه شعاعی kv ۲۵ با سه شاخه..... ۱۲۲
ب-۱) حالت اول..... ۱۲۶
ب-۲) حالت دوم..... ۱۲۸
ب-۳) حالت سوم..... ۱۲۹
ب-۴) حالت چهارم..... ۱۳۱
ب-۵) حالت پنجم..... ۱۳۲
ب-۶) حالت ششم..... ۱۳۴
ب-۷) حالت هفتم..... ۱۳۶
ب-۸) حالت هشتم..... ۱۳۷
ب-۹) حالت نهم..... ۱۳۸
ب-۱۰) حالت دهم..... ۱۴۰
ب-۱۱) حالت یازدهم..... ۱۴۲
ب-۱۲) حالت دوازدهم..... ۱۴۳
ب-۱۳) حالت سیزدهم..... ۱۴۴
ب-۱۴) حالت چهاردهم..... ۱۴۶
ب-۱۵) حالت پانزدهم..... ۱۴۸
۴-۳) نتیجه گیری..... ۱۵۰
حالت الف)..... ۱۵۰
حالت ب)..... ۱۵۱
مراجع..... ۱۵۳

مقدمه:

با توجه به اهمیت فوق العاده زیادی که انرژی الکتریکی در جوامع مختلف بشری ایفا می کند آشنایی با ساختار شبکه قدرت برای هر گونه فعالیت در حوزه مهندسی قدرت ضروری به نظر می رسد. فصل اول این پایان نامه با عنوان "نگاهی به سیستم های توزیع" ابتدا به توضیح اجزای مختلف شبکه قدرت یعنی تولید، انتقال و توزیع می پردازد. و برای هر کدام از قسمت ها، محدوده های ولتاژ و ولتاژهای استاندارد را بیان می کند. سپس بسته به اهمیتی که سیستم توزیع در اقتصاد هر کشور بازی می کند (مجموع سرمایه گذاری در بخش تولید و توزیع حدود ۸۰% کل سرمایه گذاری را در سیستم برق تشکیل می دهد) به توضیح انواع ساختارهای مختلف شبکه توزیع می پردازد.

با توجه به پیچیدگی ها و گستردگی شبکه توزیع، روزانه اتفاقات متعددی سبب قطع برق مشترکینی می شود که وظیفه عمده همین شبکه توزیع تامین انرژی مورد نیاز آن هاست.

به منظور کاهش آثار سوء قطعی برق و خرابی هایی که ممکن است در شبکه توزیع رخ دهد شبکه های توزیع به تجهیزات حفاظتی متعددی مجهز می باشند.

از جمله مخاطراتی که همواره شبکه توزیع را در معرض تهدید خود قرار داده بروز خطاهای اتصال کوتاه در این شبکه است. از میان این خطاها خطاهای تکفاز به زمین از اهمیت زیادی برخوردارند.

برخی خطاهای اتصال کوتاه که جریان ناشی از آن ها در حد جریان بار یا کمتر از آن می باشد به خطاهای امپدانس بالا معروف هستند که این خطاها با حفاظت های معمول جریان زیاد قابل شناسایی نیستند.

فصل دوم این پایان نامه به بحث و بررسی ویژگی این گونه خطاها و همچنین پارامترهای موثر بر رفتار آن ها می پردازد و در پایان فصل برای شبیه سازی آن مدلی ارائه می شود.

در فصل سوم به بحث و بسط تئوری موجک پرداخته شده است. پردازش سیگنال به عنوان روشی برای استخراج اطلاعات از سیستم و فهم و تحلیل آن ها برای مهندسین حفاظت اهمیت ویژه ای دارد.

تبدیل موجک قادر است یک سیگنال را به سطوح مختلف که هر سطح بیانگر یک محدوده فرکانسی خاص است تجزیه کند. با توجه به این که مشخصات و ویژگی های سیگنال در ضرائب

آن ها نهفته است از روی این ضرائب می توان به نوع سیگنال پی برد. ضرائب تبدیل موجک از مقیاس کردن و انتقال دادن یک موجک خاص که موجک مادر نامیده می شود به دست می آیند. وقتی ضریب به دست آمده عدد بزرگی باشد بیانگر این است که در آن موقعیت یک اغتشاش که فرکانس آن متناسب با فشردگی تابع موجک است رخ داده است. پس در واقع تبدیل موجک یک تصویر فرکانس-زمانی از سیگنال مورد نظر ارائه می دهد.

بنابراین تبدیل موجک می تواند ابزار بسیار قدرتمند در استخراج اطلاعات زمانی و فرکانسی از یک سیستم باشد. تبدیل موجک برای تحلیل سیگنال های نامنظم و ناپایدار مناسب می باشد. و می تواند کاستی های تبدیل فوریه را جبران کند. در ارائه مطالب این فصل سعی بر این بوده است که تا حد ممکن از بیان فرمول های پیچیده ریاضی امتناع شود و بیش تر به توضیح مفهوم پرداخته گردد.

درنهایت فصل چهارم به شبیه سازی دو شبکه توزیع ۲۰ و ۲۵ کیلوولت و اعمال خطای امپدانس بالا به این شبکه ها اختصاص دارد. کلیه شبیه سازی ها با نرم افزار PSCAD انجام گرفته و از میان صدها حالت ممکن (از لحاظ انواع مدل های خطا، مکان خطا، زاویه شروع خطا و ...) برای هر کدام ۱۵ حالت مختلف انتخاب شده و مورد بررسی قرار گرفته اند. سپس به توضیح الگوریتم پیشنهادی پرداخته شده و با در نظر گرفتن حالت های مختلف (خطای امپدانس بالا، خطای امپدانس پایین و کلید زنی بانک خازنی) نتیجه گیری شده است.

فصل اول

نگاهی به سیستم های توزیع

۱-۱) مقدمه

برای این که انرژی الکتریکی به دست مصرف کننده برسد و به دلیل این که معمولا نیروگاه ها درمکان هایی دورتر از شهرها و محل های مسکونی قرار دارند فرآیندهای مختلفی باید بر روی آن انجام شود. برای مطالعه این فرآیند ها آشنایی با ساختار یا پیکره بندی سیستم قدرت ضروری به نظر می رسد.

۱-۲) ساختار یا پیکره بندی سیستم قدرت

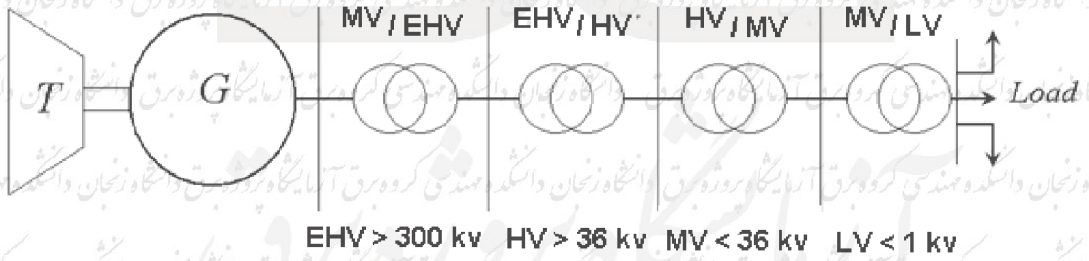
سیستم قدرت از سه بخش اصلی تشکیل شده است:

۱) تولید: شامل نیروگاهها و پست های فشار قوی می باشد.

۲) انتقال: شامل خطوط انتقال انرژی و پست های فشار قوی می باشد.

۳) توزیع: شامل خطوط فشار متوسط و فشار ضعیف و پست های توزیع می باشد که امکان دارد هوایی یا زمینی باشند.

دیاگرام تک خطی سیستم قدرت به صورت شکل ۱-۱ است.



شکل 1-1) دیاگرام تک خطی سیستم قدرت

- در مرحله تولید ولتاژهای ۳، ۶، ۱۰.۵، ۱۳.۵، ۱۹، ۲۰.۵ و ۳۳ کیلو ولت توسط ژنراتور تولید می شود.
- ولتاژ فشار ضعیف (low voltage) با محدوده ولتاژ V<۱kv شامل خطوط ۲۳۰ و ۴۰۰ ولت می باشد.
- ولتاژ فشار متوسط (medium voltage) با محدوده ولتاژ ۱kv<V<۳۶kv شامل ولتاژهای ۶.۳، ۱۰.۵، ۱۱، ۲۰ و ۳۳ کیلو ولت می باشد. که ولتاژ فشار متوسط در شبکه توزیع ایران عموماً ۲۰ کیلوولت می باشد.
- ولتاژ فشار قوی (high voltage) با محدوده ۳۶ kv<V<۲۳۰ kv شامل ولتاژهای ۶۳، ۱۳۲ و ۲۳۰ کیلو ولت است که رده ولتاژ ۶۳ و ۱۳۲ کیلو ولت در شبکه برق ایران به شبکه فوق توزیع معروف است.
- ولتاژ بسیار قوی (extra high voltage) که شامل ۴۰۰ کیلو ولت به بالاست شامل ولتاژ ۴۰۰ کیلو ولت در ایران و ۵۰۰ و ۷۵۰ کیلو ولت در اروپا و امریکاست.
- ولتاژ فوق العاده فشار قوی (UHV) که شامل ولتاژهای ۱۰۰۰، ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ کیلو ولت می باشد که در ایران وجود ندارد.

با توجه به شکل ۱-۲ که شبکه قدرت را به همراه پست های مختلف آن نمایش می دهد ولتاژ تولیدی مولدها (ژنراتورها) برای وارد شدن به خط انتقال به کمک یک ترانسفورماتور افزاینده در پست نیروگاه به محدوده ولتاژ انتقال یعنی ولتاژ EHV(V > ۴۰۰ kv) تبدیل می شود.

در این پست ترانسفورماتورها و شین ها به وسیله کلیدهای قدرت، برقگیرها و دیگرتجهیزات محافظ حفاظت می شوند. بدیهی است به علت کاهش تلفات خط که با مجذور جریان نسبت مستقیم دارد باید ولتاژ تا حد ممکن بالا برده شود که در نتیجه آن جریان پایین آورده می شود.

ولتاژ EHV در پست انتقال به وسیله یک ترانسفورماتور کاهنده به محدوده ولتاژ HV یعنی بازه ۲۳۰>V>۳۶ کیلوولت کاهش می یابد و شبکه وارد خط فوق توزیع می گردد.

سیستم فوق توزیع می تواند پست های توزیع متعددی را تغذیه کند و امکان دارد به عنوان فیدرهای ارتباطی بین دو یا چند پست باشد و هریک از پست ها هم می تواند از نوع توزیع، فوق توزیع یا انتقال باشند. معمولاً از طریق یک کلید قدرت می توان از خطوط فوق توزیع برای تغذیه بعضی از بارهای توزیع، مصرف کننده های بزرگ انفرادی و به طور کلی برای یک کارخانه صنعتی یا مشترک تجاری که دارای بار خیلی بزرگ می باشد انشعاب گرفت.

پست توزیع به کمک یک ترانسفورماتور کاهنده ولتاژ فوق توزیع را برای وارد شدن به خطوط توزیع به محدوده ولتاژ MV یعنی ۱kv<V<۳۶kv کاهش می دهد. پست توزیع از طریق یک شین ایستگاهی شبکه سه فاز را تغذیه می نماید.

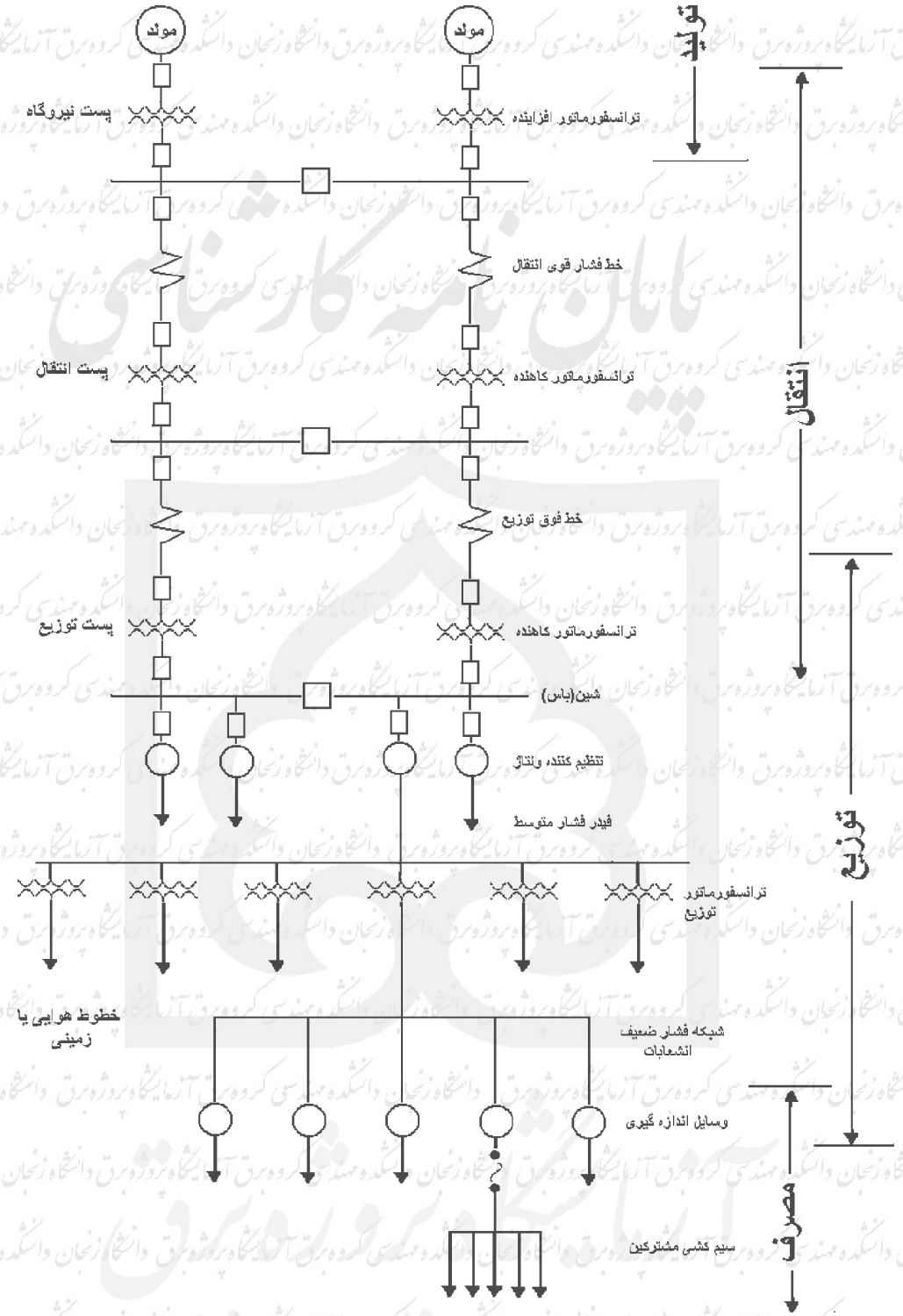
زمانی شبکه سه فاز به عنوان یک مدار یا فیدر(تغذیه کننده) نامبرده می شود که از طریق یک کلید قدرت تحت حفاظت و گاهی اوقات از طریق یک تنظیم کننده ولتاژ به شین متصل گردد. تنظیم کننده ولتاژ کمک می کند تا ولتاژ خروجی در تغذیه کننده یا مدار بر اثر تغییرات بار در یک پهنه یا محدوده از قبل تعیین شده ثابت بماند. تنظیم کننده ولتاژ در بعضی موارد به جای اینکه ولتاژ یک تغذیه کننده یا مدار را تنظیم کند در مدار پست طوری نصب می شود که ولتاژ کل پست را تنظیم کند. گاهی اوقات نیز در مسیر یک تغذیه کننده قرار می گیرد تا ولتاژ آن تغذیه کننده جزء را تنظیم نماید. در مواقع

وقوع اتصالی یا اضافه بار در تغذیه کننده خروجی یا توزیع کلید قدرت فیدر عمل می کند و آن را از شین جدا می نماید.

سرانجام این ولتاژ برای مصارف خانگی یا تجاری و صنعتی کوچک توسط ترانسفورماتور توزیع به محدوده LV یعنی ولتاژهای کمتر از ۱kv پایین آورده می شود. این شبکه فشار ضعیف به عنوان مسیری عمل می کند که برق را به مشترکین تحویل دهد و مشترکین زیادی از شبکه فشار ضعیف انشعاب می گیرند. دستگاه های اندازه گیری (کنتورهای برق) انرژی مصرفی مشترکین را اندازه گرفته و صورتحساب آنان توسط شرکت های برق محاسبه و فرستاده می شود.

همان طور که مشخص است اجزای مختلف شبکه قدرت با یکدیگر همپوشانی دارند. بنابراین شبکه توزیع می تواند از پست توزیع تا وسایل اندازه گیری مشترکین وسعت داشته باشد.

در این پایان نامه منظور از شبکه توزیع ولتاژهای فشار متوسط (medium voltage) می باشد.



شکل 1-2) شبکه قدرت با تجهیزات مختلف آن

دانشجویان محترم:

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

۴-۳) نتیجه گیری:

حالت الف) همان طور که در شکل های مربوط به حالت الف مشخص است بیشینه مجموع ضرائب d۱ مربوط به خطای امپدانس بالا در نقاط ابتدایی خط بیشتر است و هر چه محل خطا به طرف انتهای خط می رود این مجموع ضرائب کاهش می یابد. دلیل این موضوع این است که در محل های انتهای خط به دلیل افت ولتاژ جریان خطای امپدانس بالا و امپدانس پایین هر دو کاهش می یابد و دامنه جریان با دامنه ضرائب d۱ نسبت مستقیم دارد و کاهش دامنه جریان باعث کاهش این ضرائب در مرحله اول و مجموع این ضرائب در مرحله بعدی خواهد شد.

با توجه به جدول ۴-۷مجموع ضرائب d۱ برای فازهای دیگر که دچار خطا نشده اند تقریباً در همه جا نزدیک به صفر یا دقیق تر حدود ۰.۰۰۰۲ می باشد. بنابراین می توان حد آستانه sum-d۱ را در بدترین حالت برای نقاط انتهای خط ۰.۰۰۵ در نظر گرفت که حدود ۵ تا ۱۰ برابر از مجموع ضرائب برای بیشترین مقدار خطاهای امپدانس بالا که در ابتدای خط اتفاق می افتند، و حدود ۲۵ برابر فازهای دیگر که دچار خطا نشده اند می باشد.

ولی حد آستانه sum-d۱ تنها شرط الگوریتم نیست بلکه آستانه m نیز مشخص می کند که این خطای رخ داده به مدت چند سیکل ادامه پیدا کند. با کمی دقت در نمودار مجموع ضرائب مربوط به خطاهای امپدانس پایین مشخص می شود که مدت افزایش آن حدود ۱ الی ۲ سیکل می باشد(۲۰ تا ۴۰ نمونه) در حالی که این مقدار را می توان برای خطاهای امپدانس بالا به علت طبیعت مخاطره آمیز نبودن آن برای شبکه قدرت برای سیکل های بیشتری (۱۰ سیکل به بالا) تنظیم کرد. بنابراین با توجه به این که هر سیکل برابر ۱۰ نمونه است m>۱۰۰ در نظر گرفته می شود.

حالت ب) همان گونه که در شکل های مربوط به ضرائب d۱ در حالت کلید زنی بانک خازنی مشخص است، تنها در حالت های گذرای کلید زنی (۲ سیکل اول پس از کلید زنی) که سیگنال جریان دچار اعوجاج می شود ضرائب d۱ دچار افزایش مقطعی می شود و پس از طی حالت های گذرا صرف نظر از اینکه دامنه جریان کاهش یا افزایش یافته باشد ضرائب جزئیات سطح اول دوباره به مقادیر کوچک نزدیک به صفر باز می گردد. البته در حالت های قطع خازنی مجموع ضرائب d۱ پس از لحظه کلید زنی نسبت به لحظات قبل کاهش می یابد.

همان طور که در نتایج مندرج در جدول ۴-۸ مشخص است بیشینه مجموع ضرائب d۱ مربوط به خطای امپدانس بالا در نقاط ابتدایی خط بیشتر و در نقاط انتهایی خط کمتر است. دلیل این موضوع در قسمت توضیحات مربوط به نتایج شبکه الف توضیح داده شد.

مجموع ضرائب d۱ برای فازهای دیگر که دچار خطا نشده اند تقریباً در همه جا حدود ۰.۰۰۰۱۶ می باشد.

بنابراین می توان حد آستانه sum-d۱ را در بدترین حالت برای نقاط انتهای خط ۰.۰۱ در نظر گرفت.

آستانه m را نیز می توان با توجه با این که افزایش ضرائب d۱ در حالت امپدانس پایین ۱ تا ۲ سیکل و حالت کلید زنی خازنی در بدترین شرایط ۲ سیکل بیشتر ادامه پیدا نمی کند، همانند حال قبل ۱۰ سیکل تعیین کرد.(m=۱۰۰)

بنابراین ملاحظه می شود که الگوریتم اعمالی بر مبنای تبدیل موجک گسسته ابزاری مناسب برای تشخیص خطای امپدانس بالا از عملکرد عادی شبکه و همچنین تفکیک آن از حالت های دیگر مانند خطای امپدانس پایین و کلید زنی بانک خازنی می باشد.

مراجع:

[۱] - آلبرت بوکس، فرانسیس نارکوویچ، دکتر عطاء ا... عسکری همت(مترجم)، اولین درس در موجک ها به کمک تبدیل فوریه

[۲] - آلفرد مرتینز، دکترمحمد حسن مرادی(مترجم)، آنالیز سیگنال(ویولت، فیلتر بانک ، تبدیل زمان-فرکانس و کاربرد آن ها)، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر زمستان ۱۳۸۴

[۳]- ارکی لکروی، ادوارد هومز، دکتر صادق جمالی(مترجم) طراحی شبکه های توزیع برق، تهران انتشارات دانشگاه علم و صنعت ۱۳۸۴

[۴]- صدیقی انارکی علی رضا، شناسایی خطاهای امپدانس بالا در شبکه های توزیع انرژی الکتریکی، رساله دکترا، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده فنی و مهندسی، زمستان ۱۳۸۳

[۵]- Lai Tsz Ming Terence, High Impedance Fault Identification using FIR filters,Wavelet Transform and Computational Intelligence, for the degree of Doctor of Philosophy at the Hong Kong Polytechnic University, March ۲۰۰۴

[۵]- خراشادی زاده حسن، حسینی نوه سعید، طراحی یک روش جدید برای تشخیص خطاهای امپدانس بالا بر اساس تبدیل wavelet، نهمین کنفرانس شبکه های توزیع نیروی برق، زنجان بهار ۱۳۸۳

[۶]- مرتضوی سعید، سعدی نژاد ایمان، محسنی منصور، آشکارسازی خطای امپدانس بالا با استفاده از تبدیل موجک گسسته و سیستم استنتاج فازی، بیست و یکمین کنفرانس بین المللی برق ۱۳۸۵

[۷]- جلیلوند ابوالفضل، فیضی محمد رضا، مهرآیین علی، تشخیص عیب امپدانس بالا در سیستم توزیع شعاعی با استفاده از تبدیل موجک گسسته، اولین کنفرانس تخصصی حفاظت و کنترل پاییز ۱۳۸۵ دانشگاه صنعتی امیرکبیر

[۸]- John Tengdin, Chairman, High Impedance Fault Detection Technology, Report of PSRC, Working Growp D۱۵, March ۱۹۹۶

[۹]- Mark Adamiak, Craig Wester, High Impedance Fault Detection On Distribution Feeders

[۱۰]- Daqing Hou, Norman Fischet, Deterministic High Impedance Fault Detection and Phase Selection on Ungrounded Distribution System, Schueitzer Engineering laboratories, Inc

[۱۱]- Tao Cui, Xinzhou Dong, Zhiqian Bo, Andrew Klimek, Armien Edwards, Modellinf Study for High Impedance Fault Detection in MV Distributation System

[۱۲]- James Stoupis, Mohamed Moharsi, Reynaldo, Nuqui, Ground alert Reliable detection of high impedance faults caused by dound conductors