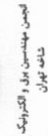




پنجمین کنفرانس تخصصی حفاظت و کنترل سیستمهای قدرت  
تهران - دانشکده برق و کامپیوتر دانشگاه شهید بهشتی  
۲۱ و ۲۲ دی ماه ۱۳۸۹



پنجمین کنفرانس تخصصی حفاظت و کنترل سیستمهای قدرت  
تهران - دانشکده برق و کامپیوتر دانشگاه شهید بهشتی  
۲۱ و ۲۲ دی ماه ۱۳۸۹



پنجمین کنفرانس تخصصی حفاظت و کنترل سیستمهای قدرت  
تهران - دانشکده برق و کامپیوتر دانشگاه شهید بهشتی  
۲۱ و ۲۲ دی ماه ۱۳۸۹

چهارشنبه ۸۹/۱۰/۲۲

مکان: دانشکده برق کلاس (۱)

عنوان مقاله	ارائه دهنده	زمان ارائه
ارائه یک روش نوین اجرایی جهت تعیین بخش خطا در شبکه توزیع	رحمن دشکی	۸:۴۵-۹
یک روش نوین برای تشخیص فازهای درگیر خطا در شبکه انتقال - برپایه جمع بازگشتی نمونه ها	محمدرضا توری	۹-۹:۱۵
یک روش مناسب برای تشخیص خطاهای امپدانس بالا در سیستم توزیع قدرت براساس آنتیپار هارمونیک های جریان پالیمانده	محسن جنسی	۹:۱۵-۹:۳۰
روش هوشمند در گروه بندی آلام و مکان یابی بلادرنگ خطا در سیستم قدرت	سعید خادمی	۹:۳۰-۹:۴۵
تشخیص و تخمین میزان خطای حلقه استاتور موتور القایی با یکارگیری تبدیل موجک و شبکه عصبی - فازی	احسان غریب رضا	۹:۴۵-۱۰
Removal of Decaying DC Component in Current Signal Using a Novel Estimation Algorithm	مجید آغاسی	۱۰-۱۰:۱۵
A New High-Speed Fault Detection Scheme for Transmission Line Based on Traveling Wave	ابوالفضل مصدق	رزرو

مکان: دانشکده برق کلاس (۲)

عنوان مقاله	ارائه دهنده	زمان ارائه
روش جدید حفاظت همزمان (غیرمختار) خطوط انتقال سه پایانه ای مبتنی بر الگوریتم گردان ریخت شناسی ریاضیاتی	مسعود خدادادی	۸:۴۵-۹
تاثیر نرخ خرابی عنصر حفاظت نونده و مدار تست های خودارزیابی و مانیتورینگ بر روی زمان بهینه تست دوره ای سیستم حفاظتی با در نظر گرفتن احتمال خرابی سیستم حفاظت پشتیبان	یاسر دامچی	۹-۹:۱۵
تاثیر انواع مختلف محدودساز جریان خطا در محدودساز جریان خطای تولیدات پراکنده جهت حفظ صافگی رله های اضافه جریان در شبکه توزیع	علی عاقلی	۹:۱۵-۹:۳۰
طراحی محدودساز جریان نوع نیمه هادی و بل دیودی و تعیین مقدار بهینه پارامترهای آن	انوشین آذری	۹:۳۰-۹:۴۵
ارزیابی محدودساز جریان خطای رزونانسی در بهبود عملکرد زبراتور	سعید افلاج زاده	۹:۴۵-۱۰



پنجمین کنفرانس تخصصی حفاظت و کنترل سیستمهای قدرت  
تهران - دانشکده برق و کامپیوتر دانشگاه شهید بهشتی  
۲۱ و ۲۲ دی ماه ۱۳۸۹



پنجمین کنفرانس تخصصی حفاظت و کنترل سیستمهای قدرت  
تهران - دانشکده برق و کامپیوتر دانشگاه شهید بهشتی  
۲۱ و ۲۲ دی ماه ۱۳۸۹

برنامه زمانی پنجمین کنفرانس تخصصی حفاظت و کنترل سیستمهای قدرت  
های قدرت دانشگاه شهید بهشتی

افتتاحیه  
سه شنبه ۸۹/۱۰/۲۱

از ساعت ۹ الی ۱۱ در سالن خوارزمی مرکز همایش های بین المللی دانشگاه شهید بهشتی

نشست (۱): حفاظت دیستانس و دیفرانسیل

عنوان مقاله	ارائه دهنده	زمان ارائه
همافگی رله های حفاظتی دیستانس در خطوط موازی چندگانه	حسین محمدی	۱۱:۴۰-۱۱:۴۵
الگوریتم جدیدی برای جبران سازی رله دیستانس در حفاظت خطوط دو مداره	لایق بهروزی	۱۱:۴۵-۱۱:۵۰
شناسایی جریان هجومی در ترانسفورماتورهای قدرت با استفاده از شبکه عصبی آموزش دیده با الگوریتم جستجوی گرانشی	علیرضا برادی	۱۱:۵۰-۱۲:۰۵
الگوریتم جدید حفاظت واحد خطوط انتقال کوتاه براساس شبکه های عصبی	وحید قنصی	۱۲:۰۵-۱۲:۲۰
الگوریتمی جدید در حفاظت دیفرانسیل توان خطوط انتقال جبران شده سری با دو مسیر ترکیبی تشخیص خطا	منعم حاجی زاده	رزرو

سه شنبه ۸۹/۱۰/۲۱ محل ارائه

عنوان کارگاه	ارائه دهندگان	زمان ارائه
سیستم زمین و شبیه سازی آن توسط نرم افزار CYME	دکتر کاظمی کارگر، مهندس عربی دکتر شیکانی، شرکت قفس نیرو	۱۴-۱۷
DCS	دکتر شهرتاش، شرکت نیوناد	۱۴-۱۷



انجمن مهندسين برق و الكترونيك ايران  
شاخه تهران

# پنجمين كنفرانس تخصصي حفاظت و كنترل سيستمهاي قدرت

تهران - دانشكده برق و كامپيوتر دانشگاه شهيد بهشتي ۲۱ و ۲۲ دی ماه ۱۳۸۹



دانشكده مهندسي برق و كامپيوتر

## ارائه يك روش نوين اجرائي جهت تعيين بخش خطا در شبكه توزيع

جواد ساده

رحمن دشتي

گروه برق، دانشكده مهندسي، دانشگاه فردوسي مشهد، مشهد، ايران

[rahmandashti@gmail.com](mailto:rahmandashti@gmail.com), [sadeh@um.ac.ir](mailto:sadeh@um.ac.ir)

### چكیده

هدف اصلي سيستم توزيع، تامين انرژي مورد نياز مشتركين با حداقل تعداد و مدت زمان قطعي می‌باشد. با توجه به ميزان خاموشي‌هاي شبكه توزيع در ميان ديگر اجزا سيستم قدرت و مشكل بودن يافت مكان خطا به علت گستردگي اين شبكه‌ها، موضوع تعيين مكان خطا در سيستم‌هاي توزيع از اهميت ويژه اي برخوردار می‌شود. در اين مقاله ابتدا مجموعه روشهاي ارائه شده جهت تعيين بخش خطا در شبكه توزيع مرور می‌شود و سپس جهت حذف مشكل چند پاسخي روش‌هاي امپدانس، روشي اجرائي جديدي در شبكه‌هاي توزيع جهت رسيدن به بخش اصلي خطا ارائه می‌نمايد. اين روش ابتدا فيدر توزيع را با استفاده از طبقه بندي امپدانس به زونهاي متفاوتي تقسيم می‌نمايد سپس براي زونهاي مختلف به چيدمان تجهيزات حفاظتي فيوز كات اوت با استفاده از تجربيات فرد خبره می‌پردازد. آنگاه با تنظيم زماني خاص هر يك از فيوزكات اوتها براي هر بخش يك خصوصيت منحصر به فرد براي آن ايجاد می‌نمايد. اکنون در زمان حادث شدن خطا تنها لازم است زون خطا را تشخيص و از طريق بررسي شكل موج جريان ابتدای فيدر، بخش خطا ديده تعيين گردد. در انتها صحت روش مورد نظر در يك شبكه فرضي و همچنين شبكه استاندارد ۱۳ شين IEEE نشان داده شده است.

**كلمات كليدي:** شبكه توزيع، مكان يابی خطا، تعيين بخش خطا، روش امپدانس، كات اوت، فيوز لينك.

### ۱- مقدمه

شبكه‌هاي توزيع دارای بیشترین درصد تعداد خاموشي بين چهار بخش سيستم قدرت بوده که به صورت ارقام ۸۰ درصد کل تعداد قطعي‌ها توسط اين بخش اعمال می‌شود. خطاهای شبكه توزيع خود به دو دسته عمده خطاهای گذرا و خطاهای دائم تقسيم بندی می‌شود که از اين ميزان حدود ۸۰٪ خطاهای گذرا و ۲۰٪ خطاهای دائم می‌باشند [۱]. بروز خطا باعث پايين آمدن كيفيت برق و قابليت اطمینان شبكه می‌شود که تمامی اين موارد باعث تحمیل خسارتهای مالی به شرکت برق و مصرف کنندگان می‌گردد. بنابراین تلاش شرکتهاي برق بر اين امر است که اولاً از اين خطوط در برابر خطا حفاظت شود و ثانياً مكان خطا در اسرع وقت شناسایی شده تا عمليات لازم جهت ترميم شبكه و برقراری مجدد انرژي الكتريكي انجام شود و ميزان خسارت ناشی از عدم فروش برق در زمان قطع شبكه را به حداقل برسانند. همچنين از مزایای فاصله يابی خطا می‌توان از صرفه جویی در زمان و انرژي، بهبود آمادگی سيستم، تداوم برق رسانی و اصلاح برنامه ریزی آینده نام برد. روشهائي که در زمينه مكان يابی خطا ارائه شده است به دو گروه اصلي تقسيم می‌شوند.

- روشهائي مبتنی بر فرکانس اصلي سيگنال ولتاژ يا جريان (روشهائي امپدانس)



انجمن مهندسين برق و الكترونيك ايران  
شاخه تهران

## پنجمين كنفرانس تخصصي حفاظت و كنترل سيستمهاي قدرت

تهران - دانشكده برق و كامپيوتر دانشگاه شهيد بهشتي ۲۱ و ۲۲ دی ماه ۱۳۸۹



دانشكده مهندسي برق و كامپيوتر

جریانی تشریح می‌شود و سپس روش اجرایی پیشنهادی مورد بحث قرار می‌گیرد. در روش پیشنهادی ابتدا فیدر توزیع با استفاده از طبقه بندی امیدانسی به زونهای متفاوتی تقسیم می‌گردد سپس برای زونهای مختلف به چیدمان تجهیزات حفاظتی فیوز کات اوت با استفاده از تجربیات فرد خبره می‌پردازد. آنگاه با تنظیم خاص تجهیزات حفاظتی نصب شده در نقاط مختلف شبکه اقدامی صورت می‌گیرد که در اثر وقوع خطا در هر نقطه‌ای از زونهای تعریف شده الگوی جریانی خاصی در ابتدای فیدر مشاهده شود که می‌توان به کمک آن بخش خطا را تشخیص داد. در انتها صحت روش مورد نظر در یک شبکه فرضی و شبکه استاندارد ۱۳ شین IEEE نشان داده شده است.

### ۲- روشهای تخمین بخش خطا در شبکه توزیع

روشهای متعددی جهت یافتن مکان و بخش خطا در شبکه توزیع ارائه شده اند که عبارتند از:

۱- تشخیص بصری

۲- تشخیص از طریق تقسیم بندی فیدر به زیر بخشهای مجزا

۳- تشخیص از طریق نشانگرهای خط

پس از این سه مرحله، پیشرفتهای علمی در این زمینه به سمت ارائه راه کارهای مختلف جهت شناسایی بخش خطا سوق پیدا نمود.

سال ۱۹۹۸ آقای Das روشی جهت مکان یابی خطا در شبکه توزیع ارائه کرد که در آن ابتدا انشعاب خطا دیده از طریق نشانگرهای خطا شناسایی سپس از طریق الگوریتم مکان یابی خطای معمول (امیدانسی) به یافتن مکان خطا می‌پرداخت. مشکل این روش این است که نشانگرهای خطا می‌بایست به سیستم بیسیم و سیستم مخابراتی و امن مجهز باشند که اطلاعات بخش خطا دیده را به ایستگاه مخابره و ایستگاه با اطلاعات آن و اجرای الگوریتم خاصی، مکان خطا را اعلام می‌نمود[۴].

سپس روشهای الگوریتم هوشمند، بهینه سازی و یادگیرنده مانند عصبی، فازی، ژنتیک، نزدیکترین همسایگی، ماشین بردار پشتیبان و ... جهت شناسایی بخش خطا دیده ارائه گردید. در الگوریتم ژنتیک نیاز به بانک داده مقادیر ولتاژ و جریان برای

• روشهای مبتنی بر امواج سیار<sup>۱</sup> و مولفه های فرکانس بالای ولتاژ و جریان

گروه اول شامل روشهایی می شوند که از ولتاژها و جریانهای حالت دائمی سینوسی و همچنین پارامترهای خط و اطلاعات بارها برای تخمین مکان خطا استفاده می کنند. روشهای این گروه از نظر عملی شدن اقتصادی و پیاده سازی آنها ساده می‌باشد[۲].

گروه دوم شامل روشهایی می شوند که بر مبنای اصول امواج سیار کار می کنند. روشهای این گروه از سرعت بالایی برخوردار هستند، اما در عین حال پیچیده و پیاده سازی آنها مشکل است[۳].

علاوه بر دو گروه ذکر شده، از روشهای هوشمند نیز در زمینه تعیین مکان خطا استفاده می‌شود. در این روشها جهت تعیین مکان خطا از یک بانک اطلاعاتی بر اساس امیدانسی ظاهری یا امواج سیار استفاده می شود. بنابراین می توان گفت که این روشها جزء یکی از دو گروه فوق هستند.

روشهایی که در زمینه مکان یابی خطا در سیستم های توزیع ارائه شده است، تقریباً مشابه با روشهای خطوط انتقال است، با این تفاوت که در این روشها جزئیات مربوط به سیستم توزیع نیز در نظر گرفته شده است. برخی از تفاوتهای اساسی سیستم های توزیع در مقایسه با سیستم های انتقال عبارتند از وجود انشعابات متعدد بر روی فیدر اصلی، غیریکنواختی فیدر<sup>۲</sup> به دلیل وجود کابلها و خطوط هوایی با مشخصات مختلف، نامتعادلی به دلیل عدم جابجاشدگی خطوط<sup>۳</sup> و همچنین وجود بارهای تکفاز، دوفاز و سه فاز، اندازه گیری مقادیر ولتاژ و جریان فقط در ابتدای فیدر توزیع و بارهای متعدد و گوناگون. لذا بحث مکان یابی خطا در خطوط توزیع دو مرحله دارد. ابتدا تعیین بخش خطا و دوم محاسبه مکان دقیق خطا و فاصله یابی خطا. در این مقاله به بررسی روشهای ارائه شده در زمینه شناسایی بخش خطا در شبکه توزیع پرداخته و انواع فیوزلینکها با منحنی های زمان

<sup>۱</sup> Traveling Wave

<sup>۲</sup> Heterogeneity of feeder

<sup>۳</sup> Untransposed Lines



از طبقه بندی کننده SVM مجموعه بردارهای پشتیبان به مکان یابی خطا می‌پردازد.

سپس بحث تخمین بخش خطا در شبکه توزیع اتوماسیون شده مطرح گردید [۱۱ و ۱۲]. در این روش با توجه به داده های مربوط به رله ها و آلارم ها و داده های دیگری که به سیستم اسکادا مرکزی ارسال می‌گردد بخش خطا تعیین می‌شود. و طی روش امپدانس محل خطا یافت می‌شد.

در مقاله [۱۳] بحث تخمین بخش خطا در سیستم قدرت با استفاده از ماشین بولتزمن مطرح شد که با استفاده از نمونه ای شبکه عصبی و داشتن اطلاعات رله و اطلاعات هر بخش به مکان یابی خطا می‌پرداخت که این یعنی داشتن تمام اطلاعات در هر لحظه که در سیستم توزیع امری مشکل است. همچنین مراجع [۱۴] از طریق شبکه عصبی و بررسی شاخصهای هارمونیک اول ولتاژ و جریان به شناسایی بخش خطا می‌پردازد.

مقاله [۱۵] تکنیک تشخیص الگو بر اساس فرورفتگی ولتاژ<sup>۵</sup> را معرفی می‌کند که بر اساس آن می‌توان به شناسایی بخش خطا پرداخت. در این روش تغییرات دامنه و جابجایی فاز فرورفتگی ولتاژ در اولیه پست ناشی از خطا با مقدارهای شبیه سازی شده موجود در بانک داده مقایسه می‌شود و مکان های احتمالی خطا یافت می‌شود. اما برای مقابله با محدودیتهای اندازه گیریها، احتمال چند پاسخه بودن وجود دارد لذا الگوریتم اولویت بندی بخش های احتمالی خطا ارائه می‌شود. ابتدا منحنی دامنه فروولتاژ بر حسب فاز فرو ولتاژ به صورت خطی ترسیم و پس از آن دامنه و فاز فروولتاژ واقعی خطا در آن به صورت نقطه مشخص می‌کنند. آنگاه فاصله خط عمود نقطه واقعی تا خطوط راست مکانهای احتمالی مشخص می‌شود. هر کدام که فاصله عمود کمتری داشت آن بخش اصلی با اولویت بالا انتخاب می‌شود و به ترتیب بر اساس این فاصله اولویت‌های دیگر بخشها مشخص می‌شود. طی نتایج این مقاله، خطای روش ۱۰٪ اعلام شده است.

شرایط خطا با حالت‌های مختلف است. از مقایسه مقادیر ولتاژ و جریان ناشی از خطا با بانک داده مذکور مکان خطا و امپدانس خطا تعیین می‌شود. اما باز مشکل این روش شناسایی صحیح بخش خطا در شبکه توزیع است.

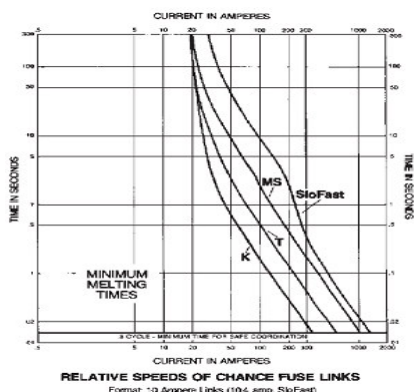
در روش شبکه عصبی ابتدا شاخص‌های مختلف تعریف و مقادیر آنها به ازای نمونه‌های مختلف خطا در هر بخش با شبیه سازی استخراج و در مجموعه بانک داده ذخیره می‌نماید. سپس بر اساس آن به سیستم شبکه عصبی آموزش می‌دهند. اکنون پس از وقوع خطای واقعی شاخص‌های خاص استخراج و با هر کدام از مسائل یادگیری شده مقایسه می‌کنند سپس بخش خطا تعیین می‌شود. مشکل این روش چگونگی شناسایی متغیرهای مناسب و یکتا است. دیگر مشکل این روش عدم اجرایی بودن آن در عمل است.

مقاله [۵] تعیین بخش خطا در فیدرهای توزیع از طریق روابط kvl و kcl مداری ارائه نمود. در این روش با توجه به اینکه شبکه هر چند هم سطح مقطع ولی با خطا در محل های مختلف می تواند ولتاژ و جریان متفاوت ایجاد نماید لذا به یافتن بخش خطا با اولویت بندی منحصر به فرد می نماید.

در مقاله [۶] با قرار دهی ثبات مجهز به ارسال داده (FTD<sup>۴</sup>) در هر انشعاب نسبت به ذخیره زمان خطا و ارسال آن به پایانه نسبت به تشخیص خطا و موقعیت مربوطه اقدام می‌نماید. عیب این روش نیاز به وجود ثباتهای متفاوت مجهز به ارسال داده است. نمونه ساده این روش در تایوان پیاده سازی شده که در مقاله [۷] آورده شده است. نمونه دیگر این روش به طور عملی توسط مقاله [۸] در محدوده نیویورک، سان دیاگو شرح داده شده است که محور آن وجود مرکز مانیتورینگ و مراکز فرعی ارسال داده است که نوع روش مکان یابی خطا در آن از نوع امپدانس است. سپس سیستم توسعه پیدا کرد و با استفاده از مراکز اندازه گیری های کیفیت توان شبکه که در پستهای توزیع موجود می‌باشند بخش خطا تعیین می‌شد [۹]. مقاله [۱۰] بر اساس اطلاعات اخذ شده از مانیتور کننده کیفیت توان و استفاده

<sup>۵</sup> Voltage Sag

<sup>۴</sup> Feeder Terminal Unit



شکل (۱) - منحنی زمان جریان فیوز لینکهای K, T, MS, SLOW-FAST

جدول ۱ مقایسه نسبت سرعت ۶ فیوز لینک پر کاربرد در شبکه توزیع جهان نمایش می‌دهد.

جدول ۱ نسبت سرعت ۶ نوع فیوز لینک پر کاربرد

Designation	Tin Element(s) Slow T		Dual Element		
	Fast	Medium	Slow	Very Slow	Extra Slow
Type	K	200, QA	T	KS	X
Speed Ratio	6-8	7-11	10-13	20	32

#### ۴- روش پیشنهادی

این مقاله با کات اوت گذاری و تنظیم ویژه فیوز لینک آنها روشی به نمایش می‌گذارد که قابلیت تخمین بخش خطا با استفاده از شکل موج جریان و طبقه بندی کننده امپدانسی را دارا باشد. مزیت این روش سهولت در اجرای آن است.

برای ارائه این روش موارد زیر مورد فرض قرار می‌گیرد:

- ۱- در ابتدای فیدر ثبات‌هایی وجود دارد که قابلیت ثبت شکل موج ولتاژ و جریان را دارا باشد.
- ۲- منحنی مشخصه های جریان زمان فیوزها و رله ها از انواع مختلف در دسترس است.

روش پیشنهادی در ابتدا شبکه توزیع را به چندین زون متفاوت تقسیم بندی می‌نماید. تقسیم بندی زونها توسط طبقه بندی کننده امپدانسی صورت می‌پذیرد. سپس کات اوتها بر اساس تجربه فرد خبره در هر زون جا گذاری و فیوز لینکهای لازم با منحنی جریان-زمانی مشخص جهت منحصر به فرد کردن رفتار هر بخش خطا در هر زون جهت افزایش قدرت تشخیص مشخص می‌شود و تنظیم هر یک طی یک منحنی در اطلاعات بانک داده

مقاله [۱۶] استراتژی مکان یابی خطا در شبکه توزیع بر اساس انتخاب بهترین رفتار جریان منسوب به منطقه خطا ارائه می‌نماید. در این روش بر اساس اطلاعات تغییرات جریانی در بانک داده اطلاعات ذخیره می‌شود. آنگاه پس از وقوع خطای واقعی اطلاعات جریان استخراج و با روش ماشینهای بردار پشتیبان (SVM) به عنوان طبقه بندی کننده، منطقه خطا تشخیص داده می‌شود.

در مقاله [۱۷] که توسط نویسندگان مقاله حاضر ارائه شده است، روشی اجرایی با استفاده از فیوزها جهت تخمین بخش خطا ارائه گردیده که در آن نوع منحنی جریان-زمانی فیوزها زمان ثابت فرض گردیده است. سپس روشی جهت تنظیم و هماهنگی ویژه زمانی آنها ارائه می‌نماید که خطا در هر بخش رفتار منحصر به فردی در شکل موج جریان ایجاد می‌نماید که بر اساس آن تشخیص بخش خطا انجام می‌شود.

#### ۳- انواع فیوز لینکهای کات اوتها

مطابق استاندارد ANSI فیوز لینکها به دو طبقه K و T تقسیم می‌گردند. این طبقه بندی با توجه به سرعت (نسبت جریان ذوب ۰.۱ ثانیه به جریان ۳۰۰ ثانیه یا ۶۰۰ ثانیه) انجام می‌شود. نسبت سرعت فیوز لینک K (تند) بین ۶ تا ۸.۱ است. در حالیکه فیوز لینک T (کند) نسبت بین ۱۰ تا ۱۳ دارد [۱۸، ۱۹].

علاوه بر دو طبقه T و K یاد شده سازندگان، فیوز لینکهای دیگری نیز می‌سازند مانند فیوز لینک MS یا KS و Slow-Fast یا N که منحنی زمان-جریان آنها ترکیبی از دو نوع T و K است که منحنی آنها در شکل (۱) در قیاس با انواع K و T مشاهده می‌شود.





#### ۴-۲- انتخاب تعداد و موقعیت مکانی کات اوت فیوزها

در روش پیشنهادی ماتریس درجه شبکه با توجه به توپولوژی آن تعریف می‌شود. این ماتریس  $n \times n$  بوده که  $n$  تعداد گره های شبکه است. هر درایه این ماتریس نشان دهنده تعداد خطوط متصل به آن گره متناظر با آن درایه است.

با توجه به ماتریس درجه، تعداد و مکان کات اوت مشخص می‌شود. اگر درجه گره  $n$  ام باشد یعنی  $n-2$  انشعاب و یک تنه اصلی به سمت انتهای فیدر و یک تنه اصلی به سمت ابتدای فیدر داراست. برای داشتن حفاظت کامل می‌بایست  $n-2$  فیوز کات اوت در انشعابهای پایین دست قرار گیرد. همچنین در شبکه های بزرگ یک فیوز کات اوت در پشت باس  $i$  در تنه اصلی به سمت ایستگاه نصب می‌شود تا نقش حفاظت پشتیبان را ایفا نماید. اکنون برای ایجاد شاخص متمایز کننده بین انشعابها نیاز به تنظیم خاص و تفاوت گذاری در فیوز لینکهای کات اوت های مختلف می‌باشد.

#### ۴-۳- تخمین بخش خطا با توجه به هماهنگی حفاظتی

اکنون شبکه به زونهای مختلف تقسیم و مکان کات اوتها مشخص شده است. در این مرحله جهت منحصر به فرد کردن رفتار جریانی هر شاخه موجود در هر زون از دیدگاه ابتدای فیدر، به تنظیمات خاص فیوز لینکهای هر کات اوت نیاز است به گونه ای که علاوه بر منحصر به فرد کردن رفتار جریانی هماهنگی حفاظتی حفظ شود. این تنظیم به طور کاربردی به ازای خطا در زون دو شکل (۳) تشریح می‌شود. فرض کنید در شین ۱۰ و ۱۱ به ترتیب بارهای  $650 \text{ kVA}$  و  $1300 \text{ kVA}$  موجود باشد. با توجه به بند ۴-۲ در زون ۳، دو کات اوت  $C^6$  و  $C^7$  روی انشعابها قرار دارند و کات اوت  $C^5$  در زون ۱ پشتیبان آنها می‌باشد. در این سیستم منحنی عملکرد فیوزلینک کات اوت  $C^6$  را منحنی جریان- زمان آنی ۲۰ آمپر از نوع  $K$  انتخاب می‌شود که منحنی آن سریعتر و تندتر از منحنی های دیگر فیوز لینکها

ذخیره می‌شود. ابتدا خطایی در شبکه ایجاد می‌شود. در مرحله ۱ سیستم مکان یاب خطا ولتاژ و جریان موجود در پست را توسط ثباتهای ابتدای فیدر اندازه گیری و به الگوریتم وارد می‌نماید سپس مقادیر زیر مورد محاسبه قرار می‌گیرد.

۱. دامنه و زاویه جریان که از رله اضافه جریان عبور می‌نماید ( $I_s$ )

۲. دامنه و زاویه ولتاژ ابتدای فیدر ( $V_s$ )

۳. امپدانس خطا دیده شده از ابتدای فیدر ( $Z_s = V_s / I_s$ )

۴. مدت زمان جریان خطای عبوری از رله

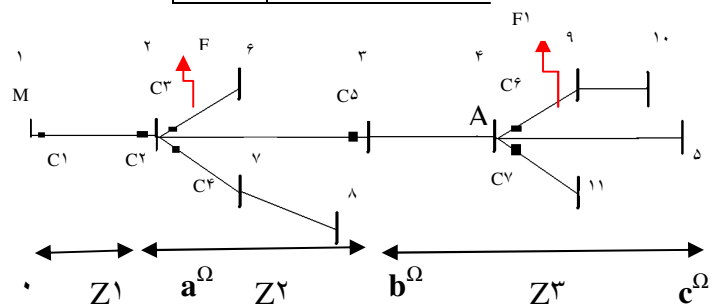
سپس بر اساس جریان خطا، خطا را تشخیص و نوع آن مشخص می‌گردد. آنگاه زون خطا و تجهیزات حفاظتی کات اوت عمل کرده در آن زون مشخص می‌شود.

#### ۴-۱- طبقه بندی کننده امپدانسی

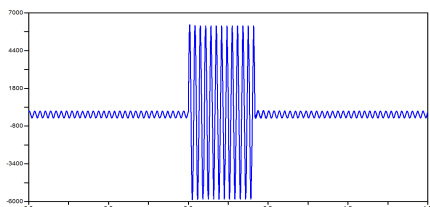
در ابتدا شبکه توزیع به تعدادی زون توسط طبقه بندی کننده امپدانسی بر اساس محدوده امپدانس آن تقسیم می‌شود. در شکل (۳) یک سیستم توزیع شامل سه زون متفاوت  $Z^1$ ،  $Z^2$  و  $Z^3$  نشان داده شده است. جدول ۲ محدوده امپدانسی هر زون را مشخص می‌نماید.

جدول ۲- محدوده امپدانس هر زون شکل ۱

زون	محدوده امپدانس
$Z^1$	$0-a^{\Omega}$
$Z^2$	$a^{\Omega}-b^{\Omega}$
$Z^3$	$b^{\Omega}-c^{\Omega}$



شکل (۳) آرایش کات اوت در شبکه توزیع



شکل (۴) شکل موج جریان برای خطا در نقطه F1

#### ۴-۴- تعیین موقعیت خطا

بعد از آنکه بخش خطا مشخص شد، می‌توان با اجرای یکی از روش‌های مکان‌یابی خطا مانند روش امپدانس مکان خطا را تعیین نمود. در این مقاله روش امپدانس ارائه شده در مرجع [۳] استفاده شده است.

در شکل (۵) فلوجارت الگوریتم پیشنهادی تعیین بخش خطا نشان داده شده است.

#### ۵- نتایج شبیه‌سازی

برای ارزیابی دقت و امکان‌پذیری روش پیشنهادی بر دو فیدر نمونه که یکی فیدر فرضی و دیگری فیدر ۱۳ باسه IEEE است مورد ارزیابی قرار گرفت که هر یک از بررسی‌ها در بندهای ۵-۱ و ۵-۲ شرح داده شده است.

#### ۵-۱- نتایج شبیه‌سازی بر شبکه توزیع فرضی

در این قسمت سیستم توزیع شکل (۶) که با استفاده از نرم افزار EMTP/ATP شبیه‌سازی شده مورد آنالیز قرار می‌گیرد. این سیستم پنج زون متفاوت دارد که در شکل (۶) به صورت  $Z_0$ ،  $Z_1$ ،  $Z_2$ ،  $Z_3$  و  $Z_4$  نمایش داده شده است. در جدول ۳ محدوده امپدانس هر زون را برای تشخیص زون خطا نشان می‌دهد. بر اساس روش پیشنهادی، تنظیم فیوز لینکهای کات اوت مطابق جدول ۴ انجام شده است.

فرض کنید که خطای سه فاز در شاخه ۲ از زون ۱ اتفاق افتاده باشد. از طریق شکل موج جریان که در شکل (۷-a)

است. برای تنظیم  $C_7$  نیاز به شناسایی و تعیین محدوده جریان خطا در انشعاب بالادست این کات اوت است. سپس نوع فیوزلینک کات اوت  $C_7$  جهت ایجاد تفاوت در الگوی جریانی به صورت الگوریتم زیر انتخاب می‌شود.

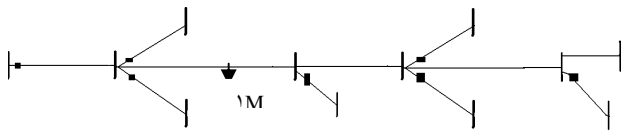
- i. جریان تنظیمی کات اوت  $C_7$  انتخاب شود. (۴۰ آمپر).
- ii. منحنی جریان- زمانی کات اوت  $C_6$  را در محدوده جریان خطای بالادست کات اوت  $C_7$  را به اندازه  $CTI=350$  ms جابجا نماید.
- iii. منحنی فیوز لینکهای موجود ۴۰ آمپر از هر نوع را با منحنی بدست آمده از بند ii مقایسه و منحنی که نزدیکتر به آن باشد به عنوان فیوز لینک مناسب انتخاب می‌شود.
- iv. اقدامات ii و iii برای تنظیم  $C_5$  انجام می‌شود. با این تفاوت که در ii می‌بایست بین منحنی  $C_6$  و  $C_7$  منحنی باید جابجا شود که از نظر زمانی از همه بیشتر باشد.

اکنون خطا در انشعابات مختلف زون ۲ دارای زمان قطع متفاوت می‌باشد. برای مثال فرض کنید که خطا در نقطه F1 در جلوی  $C_6$  همانگونه که شکل (۳) نمایش داده اتفاق افتاده باشد. شکل موج جریان به ازای این محل خطا که از ایستگاه می‌گذرد در شکل (۴) نمایش داده شده است. ابتدا از طریق روش امپدانس زون ۲ به عنوان زون خطا مشخص می‌شود. سپس بر اساس شکل (۴) مدت زمان عبور جریان خطا از ثبات ابتدای فیدر محاسبه ( $147$  ms) و در منحنی هر یک از فیوزها چک می‌شود تا فیوز متناظر عمل کرده یافت شود (با توجه به زون) که در این شبکه مشخص می‌شود که کات اوت  $C_3$  عمل نموده است.

این روند در تمام زونها انجام می‌شود تا هر بخش در هر زون دارای الگوی جریانی منحصر به فرد و قابل تشخیص از دیدگاه ابتدای فیدر باشد.



شكل (۵) فلوجارت روش پيشنهادي



A: A B C شماره زون و C معرف شماره شاخه در آن زون است.

b نماينده branch (شاخه)

شكل (۶) آرايش كات اوت و نماي تك خطي شبكه توزيع فرضي

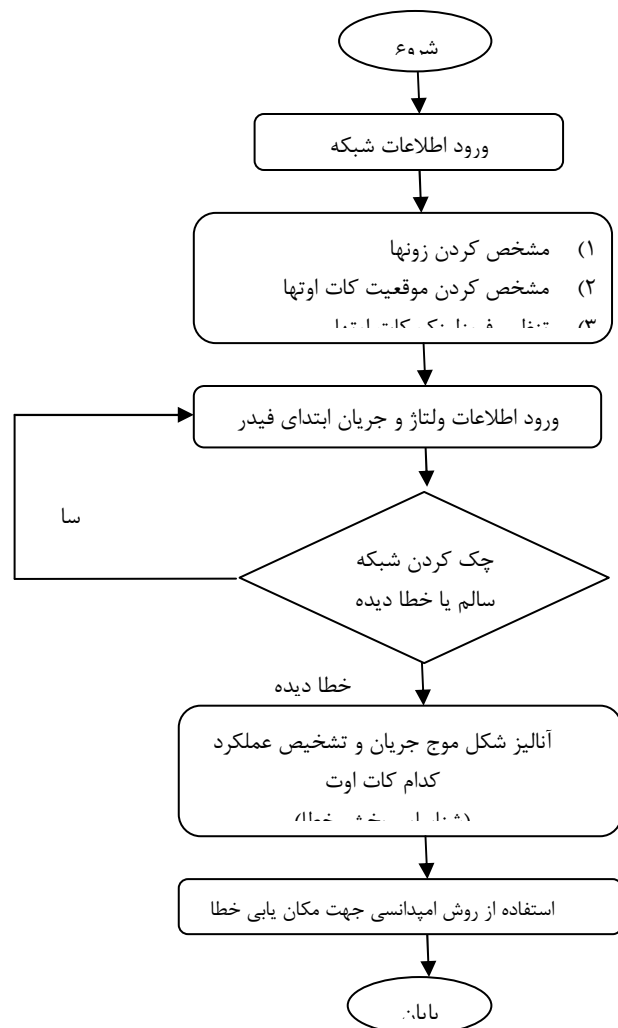
همچنين با توجه به زمان محاسبه شده براي كات اوتها جهت قطع جريان خطا و منحنی های موجود برای كات اوتها مطابق جدول ۴ و قرار گذاری ۰.۵ ثانیه در تك تك منحنی های كات اوتهاي در زون ۱ مشخص می شود كه كات اوت شاخه ۲ از زون ۱ عمل كرده است زیرا با قرار دهی زمان در رابطه منحنی فیوز و محاسبه جريان متوجه می شويم كه كمترین فاصله تا جريان محاسبه شده از رابطه منحنی جريان - زمان كات اوت دارد پس سیستم مكان ياب خطا اعلام تشخیص 1b2 یعنی زون ۱ شاخه ۲ به عنوان بخش خطا معرفی می نماید. در ادامه خطاهای مختلف در فواصل مختلف در زونهای مختلف خصوصا در فواصل ۱ تا ۵ درصدی ابتدای انشعابها قرارداده شده و در همگی سیستم مكان ياب خطا، بخش خطا را به درستی اعلام نمود.

### ۵-۲- نتایج شبیه سازی بر فیذر ۱۳ شینه IEEE

در این قسمت شبكه ۱۳ باسه IEEE كه در شكل (۸) نمایش داده شده جهت تایید روش پيشنهادي مورد شبیه سازی قرار گرفته است. این شبكه به سه زون تقسیم بندی شده كه در جدول ۵ مشخصات امپدانس این زونها نشان داده شده است. سپس جهت تفكيك هر انشعاب از هر زون به تفكيك منحنی جريان- زمانی هر كات اوت می پردازد كه جدول ۶ منحنی كات اوت هر يك از انشعابها را نشان می دهد.

نمایش داده شده، مدت زمان عملکرد كات اوت ۰.۵ ثانیه تعیین می گردد.

با توجه به امپدانس خطا ( $۲.۶۵۱\Omega$ ) در شكل (b-۷) زون خطا در زون ۱ تشخیص داده می شود. سپس با تشخیص خطا در زون ۱ سه نقطه محتمل وقوع خطا وجود دارد: (۱) خطا در شاخه اصلی زون ۱ (M). (۲) خطا در انشعاب (b1). (۳) خطا در انشعاب 1b2. با توجه به TMS تنظیمی و شكل موج جريان ابتدای فیذر مشخص می كند كه رله عملکرد نداشته است پس خطا در انشعابهای كات اوت دار زون (b1 یا 1b2) اتفاق افتاده است.







جدول ۵- محدوده امپدانس هر زون شکل ۸

محدوده امپدانس	زون
$0.04012\Omega$	Z <sub>1</sub>
$0.4012\Omega - 1.598\Omega$	Z <sub>2</sub>
$1.598\Omega - 2.5\Omega$	Z <sub>3</sub>

جدول ۶- تنظيم منحنی جریان - زمان بر اساس انتخاب فیوز لینک

هر کات اوت در شبکه ۱۳ باسه IEEE

نوع منحنی فیوز لینک پیشنهادی	شماره زون و شاخه کات اوت
K ۴۰ or ۲۰۰(N) ۴۰	۱b <sub>1</sub>
MS ۴۰ or X۴۰	۱b <sub>2</sub>
K ۱۵ or ۲۰۰(N) ۱۵	۲b <sub>1</sub>
K ۳۰ or ۲۰۰(N) ۳۰	۳b <sub>1</sub>
MS ۲۰ or X۲۰	۳b <sub>2</sub>
K ۱۲ or ۲۰۰(N) ۱۲	۴b <sub>1</sub>
TMS= ۱۰%	رله D.O.C ایستگاه

### مراجع

- [۱] دفتر معاونت بهره برداری، "گزارش بهره برداری سالیانه"، شرکت توزیع نیروی برق استان بوشهر، صفحه ۱۳۸۸-۷، ۱۳۸۵.
- [۲] احسان بخشی زاده، "مکان یابی خطا در شبکه توزیع الکتریکی"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه سهند تبریز، ۱۳۸۷.
- [۳] S.-J. Lee, M.-S. Choi, S.-H. Kang, B.-G. Jin, D.-S. Lee, B.-S. Ahn, N.-S. Yoon, H.-Y. Kim, and S.-B. Wee, "An intelligent and efficient fault location and diagnosis scheme for radial distribution systems," IEEE Trans. Power Del., vol. ۱۹, no. ۲, pp. ۵۲۴-۵۳۲, Apr. ۲۰۰۴.
- [۴] R. Das, "Determining the Locations of Faults in Distribution Systems", Ph.D. Thesis, College of Graduate Studies and Research, University of Saskatchewan, Saskatchewan, ۱۹۹۸.
- [۵] G. Morales-España et al, "Elimination of Multiple Estimation for Fault Location in Radial Power Systems by Using Fundamental Single-End Measurements" IEEE Trans. Power Del, VOL. ۲۴, NO. ۳, JULY ۲۰۰۹.
- [۶] H. Nouri, C. Wang and T. Davies, "An Accurate Fault Location Technique for Distribution Lines with Tapped Loads Using Wavelet Transform", IEEE Power Tech. Conference Proceedings, Porto, pp. ۱۰-۱۲, September ۲۰۰۱.
- [۷] Wen-Hui Chen et al, "Fast Fault Section Estimation in Distribution Substations Using Matrix-Based Cause-Effect Networks" IEEE Trans. Power Del, VOL. ۱۶, NO. ۴, OCTOBER ۲۰۰۱.

در این شبکه با شبیه سازی خطا در محل های مختلف با مقاومت های خطای مختلف تا محدوده ۵۰ اهم مشاهده گردید که با روش پیشنهادی بخش خطا به ازای تمام خطاها صحیح استخراج گردید حتی در نقاط ۵ درصدی طول انشعاب.

### ۵- نتیجه گیری

در این مقاله روشی تجربی، عملیاتی و اجرایی جهت تخمین بخش خطا و حذف مشکل چند پاسخی روش های امپدانس ارائه شده است. در این روش ابتدا از طریق طبقه بندی کننده امپدانس سیستم به زون های مختلف تقسیم بندی و سپس انشعاب های مختلف هر زون کات اوت گذاری شد. آنگاه با انتخاب فیوز لینک و تنظیم زمانی آنها، الگوی جریانی منحصر به فرد از دیدگاه ابتدای فیدر برای هر بخش ایجاد گردید. سپس بر اساس امپدانس محاسبه شده با استفاده از ولتاژ و جریان ابتدای فیدر بعد خطا، زون خطا دیده شناسایی سپس بر اساس شکل موج جریان، کات اوت قطع شده را شناسایی و در نتیجه بخش خطا دیده مشخص گردید. قابلیت این روش عملکرد قوی آن و پاسخگویی آن به تمام حالت های شبکه توزیع است. این روش قادر خواهد است که شاخص های قابلیت اطمینان را در سطح مطلوبی افزایش دهد.

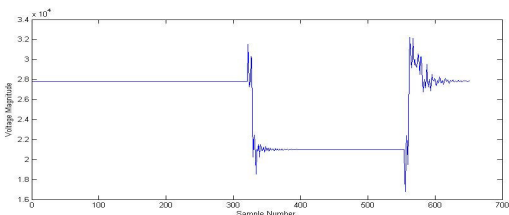
جدول ۳- محدوده امپدانس هر زون

محدوده امپدانس	زون
$0.1412$	Z <sub>0</sub>
$1.412 - 2.86$	Z <sub>1</sub>
$2.86 - 4.32$	Z <sub>2</sub>
$4.32 - 5.82$	Z <sub>3</sub>
$5.82 - 10$	Z <sub>4</sub>

جدول ۴- تنظیم منحنی جریان - زمان بر اساس انتخاب فیوز لینک

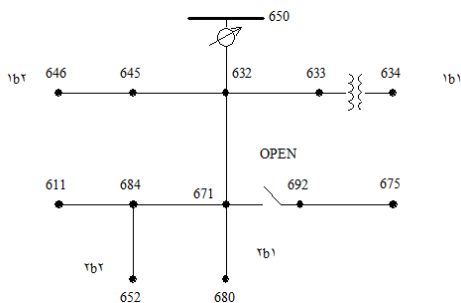
هر کات اوت برای شبکه فرضی

نوع منحنی فیوز لینک پیشنهادی	شماره زون و شاخه کات اوت
K ۲۰ or ۲۰۰(N)	۱b <sub>1</sub>
MS ۲۰ or X۲۰	۱b <sub>2</sub>
K ۲۰ or ۲۰۰(N)	۲b <sub>1</sub>
MS ۲۰ or X۲۰	۲b <sub>2</sub>
TMS= ۱۰%	رله D.O.C ایستگاه



(c)

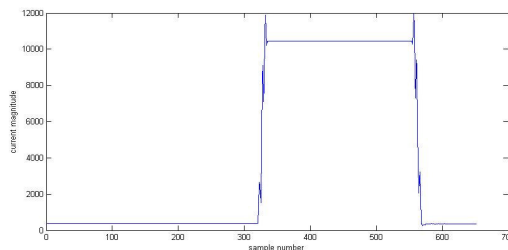
شکل (۷) دامنه جریان (a) امیدانس دیده شده از ابتدای خط (b) و ولتاژ ابتدای فیدر (c) برای خط در شاخه ۲ از زون ۱



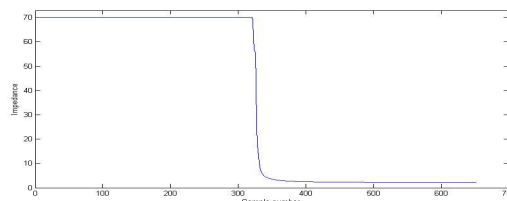
مکان کات اوتها: C۱ "۶۳۳-۶۳۳"، C۲ "۶۴۵-۶۳۳"، C۳ "۶۸۴-۶۸۴"، C۴ "۶۷۱-۶۸۰"

شکل (۸) آرایش کات اوت و نمای تک خطی شبکه توزیع ۱۳ باسه  
IEEE

- [۸] Tom SHORT et al, "Update on Distribution System Fault Location Technologies and Effectiveness", ۲۰th International Conference on Electricity Distribution Prague, ۸-۱۱ June ۲۰۰۹.
- [۹] Mario TREMBLAY et al, "Accurate Fault-Location Technique Based on Distributed Power- Quality Measurements", ۱۹th International Conference on Electricity Distribution Vienna, ۲۱-۲۴ May ۲۰۰۷.
- [۱۰] Deepti Shakya et al, "SVM Based Fault Location and Classification Using Fuzzy Classifier for PQ Monitoring" IEEE conference, ۲۰۰۸
- [۱۱] V.N.Gohokar et al, "Faults location in Automated Distribution System", Electric Power Systems Research (Elsevier Journal), Vol. ۷۵, pp. ۵۱-۵۵, ۲۰۰۵.
- [۱۲] C.Y. Evrenosoglu and A. Abur, "Fault Location in Distribution Systems with Distributed Generation", ۱۵th PSCC Liege Session ۱۰ Paper ۵ pp. ۵, August ۲۰۰۵
- [۱۳] Tsutomu Oyama, "Fault Section Estimation in Power System Using Boltzmann Machine" IEEE conference, ۱۹۹۳.
- [۱۴] K. R. C. Oliveira, R. H. Salim, A. D. Filomena, M. Resener, and A.S. Bretas, "Unbalanced underground distribution systems fault detection and section estimation," in Advanced Intelligent Computing Theories and Applications. With Aspects of Artificial Intelligence, ser. Lect. Notes Comput. Sci. Berlin, Germany: Springer, ۲۰۰۷, vol. ۴۶۸۲, pp. ۱۰۵۴-۱۰۶۵. [Online]. Available: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-74205-0\\_109](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-74205-0_109).
- [۱۵] H. Mokhlis, "Fault Location Estimation For Distribution System Using Simulated Voltage Sags Data", UPEC ۲۰۰۷, pp. ۲۴۲ - ۲۴۷, ۲۰۰۷.
- [۱۶] J. Mora-Florez et al, "Selection of currents patterns using SVMs for locating faults in radial power systems", Transmission and Distribution Conference and Exposition: Latin America, ۲۰۰۸ IEEE/PES, pp. ۱-۷, ۲۰۰۸.
- [۱۷] R. Dashti, and J. Sadeh, "A New Method for Fault Section Estimation in Distribution Network", International Conference on Power System Technology (POWERCON۲۰۱۰), ۲۰۱۰.
- [۱۸] Fuse Links Catagories, By Hubbell Power Systems, INC, CHANCE Section ۱۰ B.
- [۱۹] Fusing Equipment Catagories by Cooper Power systems



(a)



(b)