

اصلاح الگوریتم های دیستانس مبتنی بر مقایسه امپدانس محاسبه شده از کمیت های دو خط موازی برای خطاهای تکفاز به زمین نزدیک به باس بار دور رله

مهرداد ترابیان
دانشگاه صنعتی اصفهان

علی نصری
دانشگاه صنعتی اصفهان
ali_nasri_2003@yahoo.com

محمد اسماعیل همدانی گلشن
دانشگاه صنعتی اصفهان
hgolshan@cc.iut.ac.ir

چکیده - رله های دیستانس به عنوان حفاظت اصلی خطوط انتقال استفاده می شوند. به طور معمول در شبکه های از دو سو تغذیه برای حفاظت خط انتقال دو رله دیستانس - یکی در ابتدای خط و دیگری در انتهای خط انتقال - به کار می رود و با همین دیدگاه، برای خطوط دومداره نیز برای هر خط دو رله و در مجموع چهار رله به کار برده می شود. الگوریتم هایی نیز ارائه شده اند که در آن ها برای حفاظت خطوط دو مداره از دو رله استفاده می کنند، یکی در ابتدای خط و دیگری در انتهای خط. این الگوریتم ها در شناخت خطاهای نزدیک به باس دور رله ها دچار اشتباه می شود. در این مقاله که مبتنی بر مقایسه امپدانس های محاسبه شده توسط کمیت های دو خط هستند، عملکرد نامطمئن رله ها در هنگام بروز خطای نزدیک به باس دور رله ها نشان داده می شود و سپس با حذف جبران متقابل در محاسبه امپدانس بوسیله کمیت های خط سالم الگوریتم اصلاح شده که در همه موارد عملکرد مناسبی دارد پیشنهاد می شود. از نسبت توالی صفر جریان های دو خط برای تصمیم در مورد استفاده از الگوریتم اولیه یا الگوریتم اصلاح شده استفاده می شود.

کلید واژه-حفاظت دیستانس -خط دو مداره-تزیوج توالی صفر-جبران متقابل-خطای تکفاز به زمین

۱- مقدمه

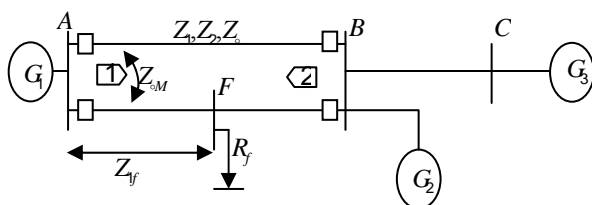
دیستانس حاصل می شود. امروزه با رشد رله های دیجیتال، امکان بکارگیری الگوریتمهای حفاظتی کاملتر و پیشرفته تر بوجود آمده است از جمله در [۱]-[۴] الگوریتم هایی برای بهبود عملکرد رله های دیستانس موجود روی خطوط موازی پیشنهاد شده است. یکی از مشکلات معمول در حفاظت دیستانس خطوط، مولفه جریان خطایی است که از طرف دیگر خط می آید. این مولفه جریان خطا همچون مولفه جاری از طرف رله مورد نظر به مقاومت خطا جاری می شود و به این ترتیب امپدانس اندازه گیری شده توسط رله نسبت به امپدانس واقعی از محل رله افزایش یا کاهش می یابد. بنابر این امکان است که رله دیستانس خطاهای رخ داده در خارج ناحیه خود را ببیند، به عبارتی دیگر، امکان تشخیص نادرست بین خط سالم و خط معیوب مخصوصاً در مواردی که خطا در نزدیکی طرف دیگر خط رخ می دهد بوجود می آید. مشکل دیگر آن است که در مواقعی که مقادیر بسیار بزرگ توان روی خطوط انتقال EHV دو مداره منتقل می شود، بروز خطاهای همزمان روی دو خط می تواند باعث ایجاد مشکلات اساسی در پایداری شود. با توجه به اینکه طرح های رله گذاری دیستانس شامل واحدهای اندازه گیر

بواسطه کاهش روز افزون حاشیه های پایداری در سیستم های قدرت، تاخیر در برطرف شدن اتصال کوتاه ها یا خارج شدن بی مورد خطوط سالم در اثر وقوی خطا روی خطوط دیگر می تواند به ناپایداری سیستم منجر شود. برای اینکه سیستم های قدرت کمتر در معرض ناپایداری قرار گیرند لازم است تمهیداتی از جمله استفاده از حفاظت های سریع و با قابلیت اطمینان و امنیت بالا روی خطوط انتقال مهم بکار گرفته شود. بر این اساس، امروزه از حفاظت دیستانس به عنوان حفاظت اصلی خطوط انتقال استفاده می شود. طرح های حفاظت دیستانس را می توان برای یک خط تنها و یا خطوط دو مداره در نظر گرفت. در صورتی که در حالت خطوط دو مداره، خطوط به صورت جداگانه در نظر گرفته شوند و از دو رله در ابتدا و انتهای هر خط برای اندازه گیری امپدانس ها استفاده شود، بواسطه پیچیدگی های موجود در انواع خطا، تزیوج متقابل بین خطوط، جریان های مختلف تغذیه کننده محل خطا که از مسیرهای مختلف می آیند و مقاومت خطای بزرگ، مشکلاتی در عملکرد حفاظت

منظور هنگامیکه خطا به باس دور رله نزدیک می شود برای محاسبه امپدانس توسط کمیت های خط سالم از جبران متقابل استفاده نمی شود. به این ترتیب امپدانس محاسبه شده توسط کمیت های خط سالم افزایش و اختلاف امپدانس های محاسبه شده توسط کمیت های دو خط افزایش و احتمال عملکرد صحیح الگوریتم افزایش می یابد. از نسبت جریان های توالی صفر جاری روی دو خط به عنوان معیاری برای حذف جبران متقابل در محاسبه امپدانس با استفاده از کمیت های خط سالم استفاده می شود.

۲- الگوریتم مبتنی بر مقایسه امپدانس اندازه گیری شده توسط کمیت‌های متناظر دو خط

برای توضیح الگوریتم سیستم قدرت شکل ۱ که شامل دو خط موازی یکسان است را در نظر بگیرید



شکل ۱ - سیستم قدرت شامل دو خط موازی

فرض کنید خطا در نقطه F رخ دهد. برای خط دو مداره، دو رله به جای چهار رله در نظر گرفته می شود که یک رله در ابتدا و دیگری در انتهای خط قرار دارند. هر رله بوسیله سه ولتاژ و شش سیگنال جریان مربوط به سه فاز دو خط تغذیه می شود. هنگامی که یکی از خطوط موازی بواسطه تعمیرات یا دلایل دیگر از سرویس خارج می شوند، سیگنالهای ورودی به رله، سه ولتاژ و سه جریان مربوط به خط موجود هستند. این وضعیت را می توان توسط اندازه گیری جریانهای خط یا وضعیت کلید تشخیص داد. معادلات حاکم بر روابط بین ولتاژها و جریان ها در محل رله برای خطهای مختلف، متفاوتند. شش واحد اندازه گیر امپدانس برای در نظر گرفتن همه انواع خطاها بکار می روند و هر کدام از آنها بوسیله یک جفت ویژه از ورودیهای ولتاژ و جریان تغذیه می شوند.

رله های فاز :

$$Z_{ab,bc,ca} + Z_f (I_{fp}) = \frac{E_{ab,bc,ca}}{I_{a,b,c} - I_{b,c,a}} \quad (1)$$

رله های زمین :

خطاهای فاز و زمین هستند، امکان وقوع این حالتها وجود دارد. به عنوان مثال فرض کنید که یک خطای تکفاز به زمین روی فاز A در خط ۱ و بطور همزمان خطای تکفاز دیگری روی فاز B به زمین و در خط ۲ رخ دهد. با توجه به اینکه اغلب خطاها، خطای تکفاز به زمین و گذرا هستند، یکی از اهداف رله گذاری خطوطی که از نظر پایداری سیستم بسیار مهم هستند، آن است که در حالت خطاهای تکفاز به زمین، فقط فاز دچار خطا، قطع شود و پس از مدتی با عمل کردن طرح وصل مجدد، کلیدهای دو طرف، فاز قطع شده مجددا متصل شوند. این هدف با استفاده از اینکه خطای تکفاز به زمین فقط توسط واحد اندازه گیر متناظر با فازی که دچار خطا شده تشخیص داده می شود، انجام می گردد. حال در مثال ذکر شده، خطای تکفاز به زمین همزمان روی دو خط موازی (با توجه به اینکه خطوط در دو طرف به باسهای مشترک متصل هستند) به صورت یک خطای دو فاز به زمین (a-b-g) برای رله های دو خط ظاهر می شود و این باعث قطع هر سه فاز در هر دو مدار می شود.

برای مقابله با اینگونه عوامل، دسته دیگری از الگوریتم های دیستانس برای خطوط موازی معرفی شده اند [۵] و [۶]. در این الگوریتم ها از یک رله در هر طرف خطوط موازی استفاده می شود و مبنای اصلی آنها مقایسه کمیت های یکسان برای فازهای متناظر دو خط می باشد. از ویژگی های این دسته الگوریتم ها آن است که از نظر روابط بسیار ساده و به راحتی قابل پیاده سازی می باشند. در [۶] مقایسه بین امپدانس های محاسبه شده از روی کمیت های دو خط توسط واحدهای اندازه گیر مشابه انجام می شود. نتایج شبیه سازی نشان می دهد که الگوریتم در کلید خطاهای دو فاز و زمین دارای عملکرد خوبی است. در اکثر خطاهای تکفاز به زمین نیز عملکرد الگوریتم قابل قبول است. تنها در هنگامیکه خطاهای شامل زمین نزدیک باس دور یک رله رخ دهد، امپدانس های اندازه گیری شده توسط کمیت های متناظر در دو خط به هم بسیار نزدیک بوده و بنابراین معیار تمایز خطا مقدار کوچکی خواهد شد و احتمال ندیدن اینگونه خطاهای داخل ناحیه توسط یکی از رله ها وجود دارد. برای حل این مشکل و اصلاح عملکرد الگوریتم بطوریکه همه خطاهای داخل ناحیه را بطور آنی برطرف کند، در این مقاله اصلاحی بر الگوریتم اولیه ارائه می شود. به این

برای خطای داخلی:

$$\left| Z_{1f} \right|_{\text{خط } 1(a,b,c)} \neq \left| Z_{2f} \right|_{\text{خط } 2(a,b,c)} \quad (6)$$

a, b, c فازها را نشان می دهند و خط ۱ Z_{1f} ، خط ۲ Z_{2f} امپدانسهای اندازه گیری شده یک فاز متناظر برای خطوط ۱ و ۲ هستند. برای کامل شدن طرح رله گذاری، اختلاف اندازه امپدانسهای اندازه گیری شده به صورت DZ_{12} تعریف می شود که DZ_{12} معیار تشخیص خطاست.

$$DZ_{12} = \left| Z_{1f} \right|_{\text{خط } 1} - \left| Z_{2f} \right|_{\text{خط } 2} \quad (7)$$

در حالی که DZ_{12} کمتر از یک آستانه منفی $-\psi$ است، رله تشخیص می دهد که خط ۱ دچار خطا شده است. از طرف دیگر، اگر DZ_{12} از آستانه $+\psi$ بزرگتر باشد، خط ۲ به عنوان خط معیوب تشخیص داده می شود. برای اجرای الگوریتم فوق، در ابتدا سیگنال های ولتاژ و جریان در رله نمونه برداری شده و مقیاس می شوند. برای شروع کار رله از جریان راه انداز استفاده می شود. هنگامی که اندازه جریان پس از خطا نسبت به جریان قبل از خطا، از یک حد مشخص شده بیشتر شود، رله بکار می افتد. مولفه های اصلی سیگنالهای ولتاژ و جریان با استفاده از الگوریتم فوریه پنجره سیکل کامل تخمین زده می شوند و در نهایت الگوریتم برای واحدهای اندازه گیر فاز و زمین اجرا می شود و از معیار تشخیص خطا برای تعیین محل خطا استفاده می شود. در رابطه با الگوریتم بالا موارد زیر قابل توجه است:

الف - در صورتی که بوسیله عملکرد الگوریتم، یکی از خطوط قطع شده باشد برای حفاظت خط باقیمانده باید از الگوریتم دیگری مثل حفاظت دیستانس مرسوم استفاده نمود.

ب - آستانه ψ نباید عدد کوچکی باشد، زیرا در اینصورت امکان دارد بواسطه انواع منابع خطا، در حالی که خطا در ابتدای خط بعدی رخ می دهد DZ_{12} از ψ بزرگتر یا از $-\psi$ کوچکتر شده و حفاظت با عملکرد آنی، بدون دلیل خط سالم را قطع نماید. معمولا ψ برابر ۲۰٪ امپدانس توالی مثبت خطوط حفاظت شده انتخاب می شود. اگر خطائی روی خطوط موازی باشد و شرط عملکرد برقرار نشود، یعنی DZ_{12} از ψ بزرگتر یا از $-\psi$ کوچکتر نشود، خطا با تاخیر برطرف می شود. البته در صورت استفاده از کانال های مخابراتی با توجه به اینکه رله یک طرف به

$$Z_{a,b,c} + Z_f(I_{fe}) = \frac{E_a}{I_{a,b,c} + m(I_{01} + m'I_{02})} \quad (2)$$

که

$$m = \frac{Z_o - Z_1}{Z_1} \quad (3)$$

$$m' = \frac{Z_{om}}{Z_1} \quad (4)$$

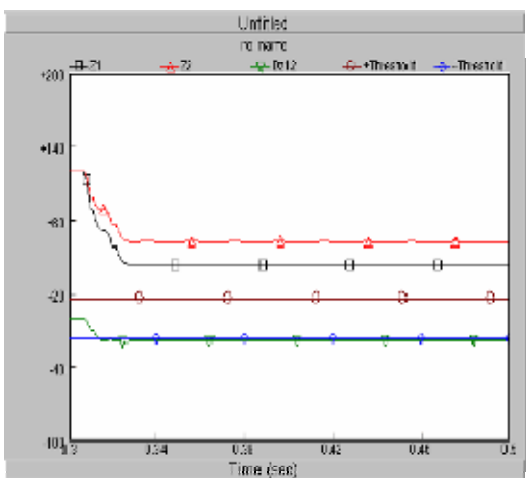
در روابط بالا $E_{a,b,c}$ و $I_{a,b,c}$ فازورهای مولفه اساسی ولتاژ و جریان سه فاز در محل رله، I_{01}, I_{02} جریانهای توالی صفر خطوط ۱ و ۲، Z_{om} امپدانس متقابل توالی صفر بین خطوط ۱ و ۲، Z_1 امپدانس توالی مثبت خطوط و Z_f امپدانس خطاست. I_{fp} و I_{fe} نیز جریانهای جاری در خط هستند که به ترتیب در حالتی خطاهای فاز و زمین از دو طرف خط تامین می شود. همانگونه که از روابط بالا مشخص است، مولفه جریان خطا که از طرف دیگر خط می آید، در مقاومت خطا جاری می شود و بنابراین مقدار امپدانس اندازه گیری شده را نسبت به مقدار واقعی تغییر می دهد. این مولفه جریان خطا در محل رله قابل اندازه گیری نیست. بنابراین مقاومت خطا باعث ایجاد خطائی در اندازه گیری فاصله از رله تا محل خطا می شود و ممکن است باعث عملکرد غیر قابل اطمینان و غیر حساس رله دیستانس شود. در روش معرفی شده در [۶] این مشکل از طریق مقایسه امپدانسهای اندازه گیری شده با استفاده از کمیتهای دو خط از محل رله تا محل خطا اجتناب و بنابراین خطای ایجاد شده به وسیله تفاوت خطاها تقریباً صفر می شود.

با مقایسه امپدانسهای دیده شده توسط رله برای خط های ۱ و ۲ می توان تشخیص داد که خطا نسبت به ناحیه حفاظت شده، داخلی یا خارجی است. برای رله، خطای خارجی نسبت به خطوط موازی، امپدانس توالی مثبت دیده شده به وسیله رله برای خط ۱، همان امپدانس توالی مثبت دیده شده برای خط ۲ است. با این وجود در حالت یک خطای داخلی روی یکی از خطوط موازی، امپدانس دیده شده بوسیله رله برای خط ۱ با امپدانس توالی مثبت خط ۲ برابر نیست. این مقایسه به صورت ریاضی چنین توصیف می شود:

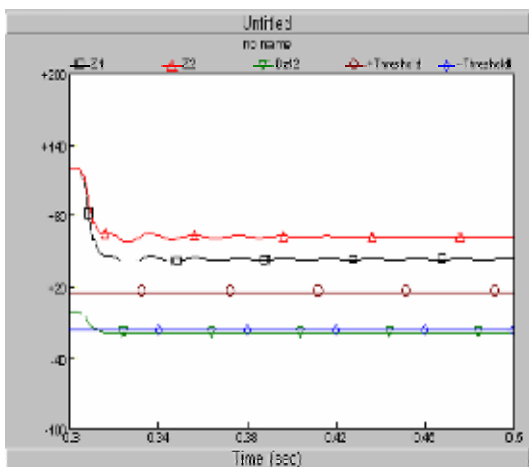
برای خطای خارجی:

$$\left| Z_{1f} \right|_{\text{خط } 1(a,b,c)} = \left| Z_{2f} \right|_{\text{خط } 2(a,b,c)} \quad (5)$$

می توان الگوریتم اولیه را اصلاح و مشکل عدم تشخیص خطاهای نزدیک باس دور رله را مرتفع نمود.



شکل ۲- امپدانس های اندازه گیری شده و معیار تمایز برای یک خطای تکفاز به زمین در ۰/۸ طول خط در شرایط زاویه خطا ۹۰ درجه



شکل ۳- امپدانس اندازه گیری شده و معیار تمایز برای یک خطای تکفاز به زمین در ۰/۸ طول خط در شرایط زاویه خطا ۰ درجه

۴ - بهبود عملکرد الگوریتم در خطاهای نزدیک به باس دور رله

با توجه به آستانه های انتخاب شده Ψ و $-\Psi$ ، که از عملکرد الگوریتم برای خطاهای بیرون ناحیه جلوگیری و امنیت حفاظت را افزایش می دهد. امکان عدم عملکرد الگوریتم برای خطاهای نزدیک به باس دور رله وجود دارد. یک راه برای حل این مشکل استفاده از کانال های مخابراتی است. به این معنی که با وقوع خطا در انتهای خط

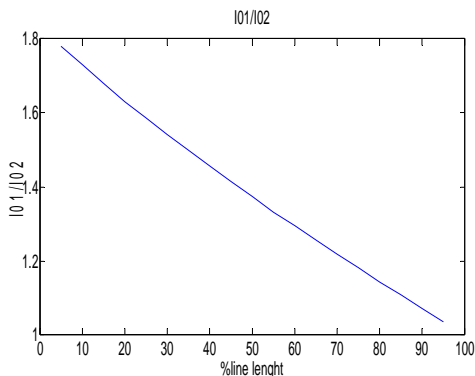
سرعت عمل می کند، می توان عملکرد رله طرف دیگر را آنی کرد.

ج- با استفاده از این الگوریتم مشکل قطع سه فاز برای خطاهای تکفاز به زمین همزمان روی دو خط که در حفاظت دیستانس مرسوم وجود دارد، حل می شود.
د- توسط این الگوریتم یک حفاظت واحد بوجود می آید. به این معنی که خطاهای روی دو خط موازی بطور آنی برطرف می شود اما خطاهای بیرون دو خط قابل تشخیص نیست. در صورتی که لازم باشد توسط رله های روی خطوط موازی حفاظت پشتیبان برای نواحی بعدی بوجود می آید، الگوریتم معرفی شده باید با الگوریتم های مکمل کامل شود.

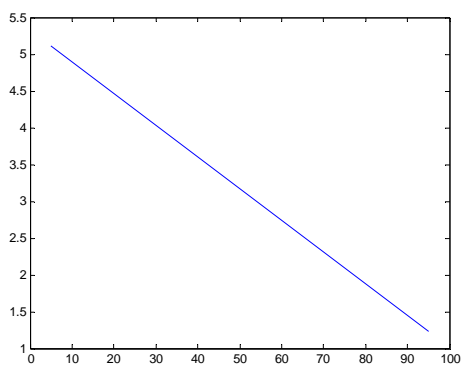
۳- بررسی عملکرد الگوریتم

شبیه سازی های مختلف بر روی یک سیستم قدرت تست نمونه که اطلاعات آن در مرجع [۴] ارایه شده است، نشان می دهد که الگوریتم معرفی شده در بخش ۲ برای اغلب خطاهای واقع بر روی خط انتقال دو مداره دارای سرعت و دقت قابل قبول می باشد. به عنوان مثال در شکل های ۲ تا ۴ اندازه امپدانس های اندازه گیری شده توسط رله دیستانس واقع در یک طرف خط و همچنین اندازه معیار تشخیص خطا و موقعیت آستانه های عملکرد به ازای خطاهای تکفاز به زمین مختلف نشان داده شده است. فرض می شود که خطا در فاصله ۸۰٪ از محل رله روی یکی از خطوط موازی رخ دهد. از شکل های ۲ و ۳ مشاهده می شود که زمان وقوع خطا (نقطه ای از شکل موج ولتاژ که در آن خطا رخ می دهد) که بوسیله زاویه خطا مشخص می شود تأثیری در عملکرد الگوریتم ندارد. به علاوه همانطور که انتظار می رود شکل ۴ نشان می دهد که مقاومت خطا تأثیری در عملکرد الگوریتم ندارد. الگوریتم برای حالت های مختلف دارای عملکردی با سرعت مناسب است و در کمتر از یک سیکل پس از وقوع خطا عمل می کند. نکته مهم دیگر اینکه مولفه DC جریان خطا روی الگوریتم تأثیری نمی گذارد. تنها حالتی که الگوریتم بدرستی عمل نمی کند، وقوع خطاهای تکفاز به زمین واقع در انتهای خط می باشد که این موضوع در شکل ۵ نشان داده شده است. در اینگونه حالت ها اندازه امپدانس های اندازه گیری شده توسط رله با استفاده از کمیت های دو خط به هم نزدیک هستند. در بخش بعد روشی پیشنهاد می شود که توسط آن

خطوط مواری رخ می دهد، جریان های توالی صفر روی دو خط در یک جهت جاری می شوند.



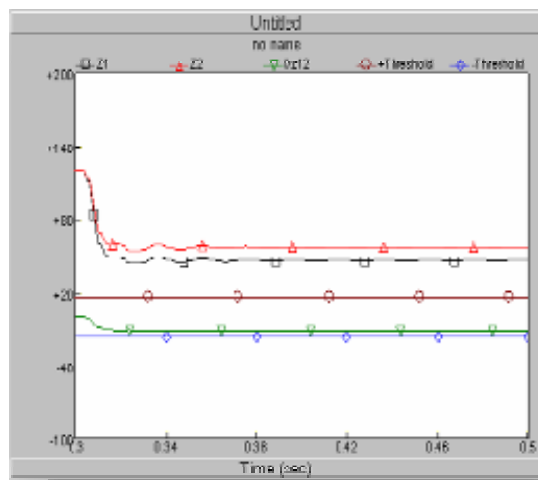
شکل ۶-نسبت جریان های توالی صفر خط معیوب به خط سالم برای مقاومت ۲۰۰ اهم



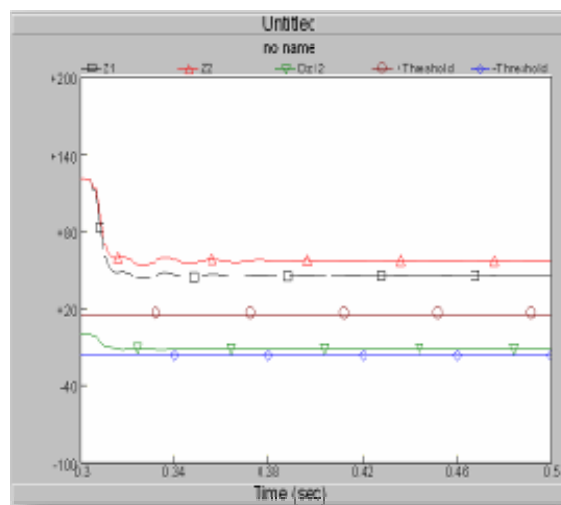
شکل ۷-نسبت جریان های توالی صفر خط معیوب به خط سالم برای مقاومت صفر اهم

در صورت عدم استفاده از جبران متقابل رله امیدانس بزرگتری را نسبت به مقدار واقعی اندازه گیری می کند. از این حقیقت استفاده می کنیم و برای بهبود عملکرد الگوریتم در خطاهای تکفاز به زمین نزدیک به باس دور رله، برای ایجاد اختلاف بیشتر بین دو امیدانسی که رله با استفاده از کمیات دو خط محاسبه می کند، مولفه جبران متقابل را در محاسبه امیدانس با استفاده از کمیات خط سالم در نظر نمی گیریم. به این ترتیب این امیدانس نسبت به مقدار واقعی مقدار بیشتری خواهد داشت و در نتیجه مقدار معیار خطا ($DZ12$) افزایش می یابد. با توجه به اینکه این اصلاحیه فقط باید برای خطاهای نزدیک به باس دور رله انجام شود و برای سایر خطاها دو مقدار امیدانس بر اساس روش معمول محاسبه شوند، لازم است به طریقی حالت های بکار گیری روش اصلاحی مشخص شود. به این منظور از شاخص نسبت جریان های توالی صفر جاری روی

که از نظر رله طرف دیگر خط، یک خطای نزدیک است، این رله خطا را تشخیص داده و همزمان با صدور فرمان قطع به رله طرف دیگر اعلام می کند. در صورت عدم وجود کانال و

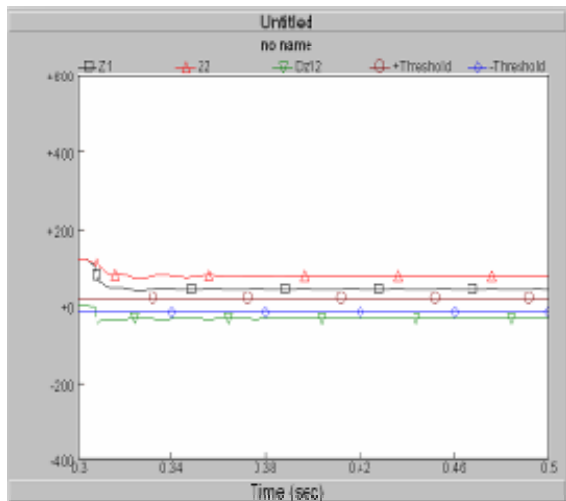


شکل ۴- امیدانس اندازه گیری شده و معیار تمایز برای یک خطای تکفاز به زمین در ۰/۸ طول خط در شرایط مقاومت خطای ۲۰۰ اهم



شکل ۵- امیدانس اندازه گیری شده و معیار تمایز برای خطای تکفاز به زمین در ۰/۹ طول خط

یاز خارج از سرویس بودن آن، لازم است به روشی توسط هر دو رله تشخیص داده شود که خطا در ناحیه مورد حفاظت رخ داده است. با توجه به اینکه مشکل عدم تشخیص خطاهای انتهای ناحیه فقط در حالت ها خطاهای تکفاز به زمین پیش می آید به نظر می رسد استفاده از جبران متقابل در رله های خطای فاز به زمین در این موضوع مؤثر می باشد. هنگامیکه خطای تکفاز به زمین روی یکی از



شکل ۸- امیدانس اندازه گیری شده و معیار تمایز توسط روش اصلاح شده برای یک خطای تکفاز به زمین در ۰/۹ طول خط

۶- مراجع

[1]. D.L.Walkar, S.Elangovan, A.C.Liew, "Fault impedance estimation algorithm for digital distance relaying", IEEE Trans. On Power Delivery, Vol.9, No.3, pp.1375-1383, 1994.

[2]. Y.Liao, S.Elangovan, "Digital distance relaying for first-zone protection for parallel lines", IEE Proc. Transm. Distrib., Vol.145, No.5, pp.531-535, 1998.

[3] Y.Liao, S.Elangovan, "Improved symmetrical component-based fault distance estimation for digital distance protection", IEE Proc. Transm. Distrib., Vol.145, No.6, pp.739-746, 1998.

[۴]. محمد اسماعیل همدانی گلشن، مهرداد ترابیان "بهبود عملکرد رله های دیستانس خطوط موازی با استفاده از تخمین دقیق جریان توالی صفر خط سالم از روی جریان های خط معیوب"، چهاردهمین کنفرانس مهندسی برق ایران، اردیبهشت ۱۳۸۵.

[5]. M.I.Gilany, O.P.Malik, S.Hope, "A digital protection technique for parallel transmission lines using a single relay at each end", IEEE Trans. On Power Delivery, Vol.7, No 1, 1992.

[6] M.M.Eissa, M.Masoud "A novel Digital distance relaying technique for transmission line protection", IEEE Trans. On Power Delivery, Vol.16, No 3, 1992.

دو خط استفاده می نماییم. شکل ۶ و ۷ نسبت جریان های توالی صفر خط معیوب به خط سالم را به ازای خطاهای تکفاز به زمین در فواصل مختلف از رله برای مقاومت های خطای ۲۰۰ اهم و صفر اهم نشان می دهد. همانطوریکه مشخص است با دور شدن محل خطا از رله، این نسبت کم می شود تا به ازای یک مقدار مشخص از این نسبت، عدم عملکرد صحیح رله اتفاق می افتد. در الگوریتم پیشنهادی، این آستانه بصورت off-line محاسبه می شود، سپس در هنگام بروز خطا نسبت جریان های توالی صفر خطوط معیوب و سالم محاسبه شده و با مقدار آستانه آن مقایسه می شود، هرگاه مقدار محاسبه شده از مقدار آستانه کمتر بود، الگوریتم فعال شده و در محاسبه امیدانس از جبران متقابل صرف نظر می شود. مقدار آستانه برای خطای ۲۰۰ اهم، ۱/۲۳ و برای خطای صفر اهم ۱/۵۳ است. در این حالت مقدار آستانه ای که در الگوریتم استفاده می شود، مقدار ۱/۵۳ است، زیرا که با انتخاب این مقدار برای همه مقاومت های خطا بین صفر و ۲۰۰ اهم الگوریتم بدرستی عمل می کند. در شکل ۸، عملکرد الگوریتم پیشنهادی نشان داده شده است. همانطوریکه مشخص است، برای خطا نزدیک به باس دور رله (۰/۹ طول خط)، عملکرد آن به نحو مطلوبی اصلاح شده است.

۵- نتیجه گیری

الگوریتم هایی که فقط ازدو رله برای حفاظت خطوط دو مداره استفاده می نمایند، برای اغلب خطاهای واقع بر روی خط انتقال دو مداره دارای سرعت و دقت قابل قبول می باشند. علی رغم مزایای فراوان این الگوریتم ها، آن ها برای خطاهای تکفاز به زمین نزدیک به باس دور رله عملکرد صحیحی ندارند. برای بهبود عملکرد این الگوریتم ها در همه حالت ها، در این الگوریتم اصلاح شده، پیشنهاد شد که در حالت خطاهای تکفاز به زمین نزدیک به باس دور رله بر مبنای مقایسه نسبت جریان های توالی صفر دو خط، جبران متقابل را در محاسبه امیدانس از روی کمیت های خط سالم حذف و به این ترتیب باعث افزایش مقدار معیار تمایز میشود. عملکرد مناسب الگوریتم اصلاح شده با بررسی شبیه سازی ها روی یک سیستم تست مشاهده شد.