

ارائه یک الگوریتم حفاظتی جدید برای افزایش سرعت حفاظت دیستانس در خطاهای داخلی قرار گرفته در ناحیه دوم

صبح دانیار^۱، هادی میرزائی^۲، امیرحسین خسروی سرونوئی^۱

^۱ دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه ایلام، ایلام، s.daniar@ilam.ac.ir، amirhoseinkhosravi799@gmail.com

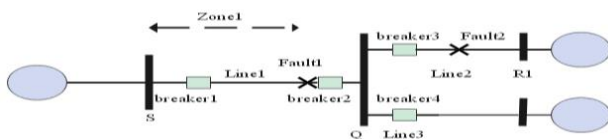
^۲ شرکت ملی گاز ایران، پالایش گاز ایلام، ایلام، haadimirzaie@gmail.com

چکیده

سیستم‌های قدرت الکتریکی بصورت مداوم با اختلالات و خطاها مواجه می‌باشند، در نتیجه تشخیص و رفع این موارد بصورت سریع و دقیق ضروری می‌باشد. این ضرورت برای تضمین پایداری و قابلیت اطمینان شبکه می‌باشد. در این مقاله برای عملکرد سریع ناحیه دوم رله دیستانس در خطاهای داخلی، یک طرح حفاظتی مبتنی بر تشخیص عملکرد کلید پایانه دوردست (RCBO) ارائه شده است که این طرح مبتنی بر تغییر حالت نقطه کار در مشخصه توان نسبی توالی مثبت عمل می‌کند. نقطه کار بدست آمده در خطاهای داخلی و خارجی به ترتیب در نواحی ۱ و ۲، ۳ و ۴ از مشخصه توان باقی می‌ماند که تحلیل‌های مبتنی بر شبکه‌های توالی در انواع خطاهای رخ داده شده در خط انتقال آنرا تایید می‌کند. مقدار تجمعی نرخ تغییرات توان راکتیو نسبی برای تشخیص RCBO تکفاز مورد استفاده قرار گرفته است. از روش کاهش ولتاژ ۲ از ۳ به منظور جلوگیری از عملکرد تکفاز در خطاهای دوفاز و سه فاز در منطق حفاظتی پیشنهادی استفاده شده است. منطق حفاظتی پیشنهادی مبتنی بر سه مؤلفه اساسی شامل نقطه کار توان در مشخصه توان نسبی، نرخ تجمعی تغییرات توان راکتیو نسبی و منطق کاهش ولتاژ می‌باشد. نتایج شبیه‌سازی‌ها بصورت رضایت بخشی کارایی بالای طرح حفاظتی پیشنهادی را در حالات مختلف خطای داخلی و خارجی با تغییر نوع خطا، مقاومت خط و ... را نشان می‌دهد.

کلمات کلیدی

الگوریتم حفاظتی، رله دیستانس، خطای داخلی، zone^۲، سرعت حفاظت دیستانس



شکل (۱): خطاهای رخ داده در حوزه عملکرد zone^۲ رله باس S

برای تسریع در عملکرد حفاظت دیستانس برای خطاهای ناحیه دوم در خط انتقال حفاظت شده، در [۶]، یک طرح جدید ارائه شده است که این طرح پیشنهادی برای انواع خطاها و شرایط مختلف سیستم قدرت طرحی ساده، دارای تنظیم آسان و مناسب می‌باشد. طرح ارائه شده از مزیت‌هایی همچون استفاده در سیستم‌های قدرت بدون نیاز به کانال‌های مخابراتی و استفاده در زمان از کار افتادن کانال‌های ارتباطی اشاره کرد. این طرح نیاز به محاسبات متوسطی دارد و تونلایی پیاده‌سازی در رله‌های دیستانس نسل جدید را دارد. در [۷]، الگوریتمی برای شتابدهی به

۱- مقدمه

رله‌های دیستانس نمی‌توانند بین خطاهای رخ داده در انتهای خط انتقال اصلی و خطاهای رخ داده در ابتدای خط مجاور تفاوت قائل شوند. همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است وقوع خطاهای f^1 و f^2 در این شبکه با توجه به منطق تنظیم zone^۲ رله دیستانس هر دو در این ناحیه حفاظتی تشخیص داده می‌شوند و در نتیجه خطاهای داخلی انتهای خط انتقال (f^1) هم داخلی تشخیص داده نمی‌شوند. رله‌های دیستانس از تاخیر زمانی برای عملکرد نواحی حفاظتی جهت هماهنگی استفاده می‌کنند و هنگام رخداد خطای f^1 رله دیستانس با تاخیر تاخیر عملکرد به اندازه تنظیم زمانی zone^۲ (بین ۲۵۰ تا ۴۰۰ میلی‌ثانیه) مواجه می‌شود [۵-۱].

۲- استفاده از متغیر نرخ تجمعی تغییرات توان راکتیو نسبی در مشخصه توان برای تشخیص قطع تک فاز کلید پایانه دوردست در مواردی که تریپ تک فاز خط مجاز می باشد.

۳- استفاده از یک منطق کاهش ولتاژ مبتنی بر دوفاز از سه فاز در جهت تشخیص فاز خطادار و عملکرد صحیح تریپ تک فاز

در ادامه جدول مقایسه روش پیشنهادی نسبت به سایر روش ها بیان شده است و همانطور که دیده می شود متغیرهای بکارگیری شده در این مقاله و نحوه ترکیب آنها در منطق حفاظتی در هیچ یک از تحقیقات بیان شده در این جدول به این نحو مورد استفاده قرار نگرفته شده است.

جدول ۱. مقایسه روش پیشنهادی با سایر روش های مرسوم

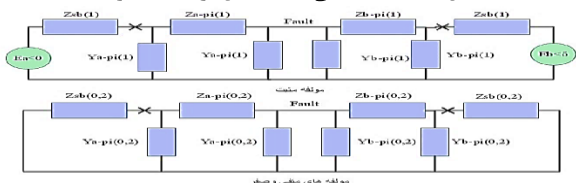
مزایا	معایب	نوع سیستم حفاظتی	منابع
پوشش کل توان خط انتقال در صورت خرابی ارتباط مخابراتی	تغییر جریان توانی صفر با تغییر مقاومت خط و خطاهای در حال تکامل خارجی	دامنه جریان/ولتاژ توانی	[۱]
بهبود حساسیت و جلوگیری از عملکرد نادرست سیستم	عدم رفع کامل خطا	دامنه جریان/ولتاژ توانی	[۲]
اقتصادی بودن	محدودیت در مقاومت خطی کم	دامنه جریان/ولتاژ توانی	[۳]
اقتصادی بودن		امپدانس فاز خطا	[۴]
حفاظت خطوط انتقال ولتاژ بالا	پیچیدگی	اندازه گیری ولتاژ فاز	[۵]
بهبود قابلیت اطمینان	عملکرد نامناسب در جریان پایین	اندازه گیری جریان فاز	[۶]
حفاظت بدون نیاز به کاتل ارتباطی	عملکرد نادرست سیستم حفاظتی در صورت خرابی از راه دور	جهت های تغییر امپدانس	[۷]
محاسبه ساده	قابلیت اطمینان پایین	دامنه جریان	[۸]
مدت زمان بسیار کوتاه تریپ	کاهش دقت حفاظت خط انتقال دو مدار	مبتنی بر امپدانس	[۹]
بهبود امنیت رله و تشخیص شرایط تنش	پیچیدگی سیستم	اندازه گیری ولتاژ و جریان	[۱۰]
پوشش کامل حفاظتی در شرایط مختلف و سرعت مناسب	پوشش ضعیف در خطاهای با امپدانس بالای خط (بالای ۱۲۰۰ اهم)	تغییر حالت مکان هندسی توان توانی مثبت نسبی و نرخ تجمعی تغییرات توان راکتیو نسبی	روش پیشنهادی

۲- مدل سازی مسئله

با توجه به اینکه به صورت کلی خط انتقال مورد مطالعه را می توان از دو سمت آن با مدار معادل تونن شبکه مدلسازی کرد، در نتیجه سیستم مورد استفاده با توجه به شمای کلی نشان داده شده در شکل ۲، در بررسی خطاهای مختلف برای مؤلفه های متقارن به صورت نمایش داده شده در شکل ۳ و در شکل ۴ مراحل ساده سازی شبکه های متوالی در شرایط وقوع خط داخلی خواهد بود.



شکل (۲): شمای کلی خط انتقال برای مدلسازی



شکل (۳): مدار معادل مؤلفه های متقارن در شرایط اتصال در داخل خط انتقال

عملکرد رله دیستانس بدون استفاده از کانال های مخابراتی معرفی شده است که این الگوریتم طراحی شده توانایی مقابله با رفع تاخیر در صورت عدم دسترسی به کانال مخابراتی و بهبود قابلیت اطمینان سیستم حفاظت را دارد. با استفاده از معیار تغییر امپدانس عملکرد قطع کننده مدار از راه دور داده می شود. صفحه R-X نشان دهنده فرمول مربوط به امپدانس رله مشاهده شده تغییرات امپدانس خاصی می باشد. برای مقاومت های خطی زیاد و کم بطور مکمل از دو واحد مختلف اجرا می شود که دلیل این امر پوشش طیف وسیعی از مقاومت ها و افزایش قابلیت اطمینان الگوریتم می باشد. برای عملکرد رله با سرعت بالا در کل طول خط انتقال، در [۸]، یک الگوریتم غیرپایلوت مبتنی بر امپدانس معرفی شده است که با استفاده از سیگنال های محلی می توان جریان خطای دقیق را پس از لحظه عملیات قطع کننده مدار از راه دور (RCB) را بدست آورد. استفاده از این جریان باعث محاسبه محل دقیق خطا می شود و فرمان قطع در اسرع وقت صادر میشود. برای عملکرد سریع ناحیه دوم رله های دیستانس، در [۹]، یک طرح مبتنی بر امپدانس غیرپایلوت پیشنهاد شده است که این روش برای تشخیص عملکرد قطع کننده از یک فرمول مکان خطای جدید استفاده می کند و در کمتر از ۲۵ میلی ثانیه عملیات تشخیص باز شدن کلید انجام می شود. در [۱۰]، برای تشخیص خطا از یک روش جدیدی براساس مولفه های سیگنال ولتاژ در یک صفحه تصمیم گیری دوبعدی استفاده می کند که این الگوریتم پیشنهادی برمسیر مولفه های ولتاژ در این صفحه نظارت می کند و نرخ دامنه ولتاژ در منطق پیشنهادی بکارگیری می شود.

در این تحقیق یک الگوریتم حفاظتی برای تسریع در فرمان قطع zone ۲ رله دیستانس ارائه شده است که در خطاهای داخلی رخ داده در خط انتقال مورد حفاظت در کمتر از ۱۰۰ میلی ثانیه (به طور متوسط ۸۵ میلی ثانیه) داخلی بودن خطای رخ داده را از طریق تشخیص RCBO تعیین می کند. این الگوریتم مبتنی بر دیاگرام حالت می باشد. با استفاده از مولفه های مثبت ولتاژ و جریان در محل رله توان های اکتیو و راکتیو نسبی به دست آمده و نقطه کار در منحنی چهار ناحیه ای $P \uparrow pu - Q \downarrow pu$ پایش می شود. در هنگام وجود اتصالی در خط انتقال نقطه کار در یکی از نواحی ۱ یا ۲ می باشد و در صورت داخلی بودن خطا این نقطه کار با تغییراتی در همین نواحی باقی مانده و یا بین این نواحی تبادل می شود. جهت تشخیص RCBO از همین خاصیت استفاده شده است ضمناً برای تشخیص تکفاز بودن RCBO از مقدار تجمعی نرخ تجمعی تغییرات توان راکتیو نسبی بهره گرفته شده است. بطور خلاصه نوآوری های این تحقیق موارد زیر می باشند:

۱- استفاده از روش تغییر حالت در مکان هندسی نقطه کار در مشخصه توان نسبی توانی مثبت جهت تشخیص RCBO

بصورت مشابه روابطی برای خطاهای دوفاز و دوفاز به زمین قابل دستیابی است.

حال بایستی پارامترهای الکتریکی در نقاط اندازه‌گیری فیزیکی محاسبه گردند یعنی آنچه که رله ابتدای خط اندازه می‌گیرد محاسبه شود. این محاسبات مطابق با روابط زیر می‌باشند:

$$i_{A(1)} = \frac{E'_A - V_f(1)}{Z'_{A(1)}} \quad (14)$$

$$V_{A(1)} = V_f(1) + i_{A(1)} \cdot Z_{A-\pi(1)} \quad (15)$$

$$i_{A(1,2)} = -\frac{V_f(1,2)}{Z'_{A(1,2)}} \quad (16)$$

$$V_{A(1,2)} = V_f(1,2) + i_{A(1,2)} \cdot Z_{A-\pi(1,2)} \quad (17)$$

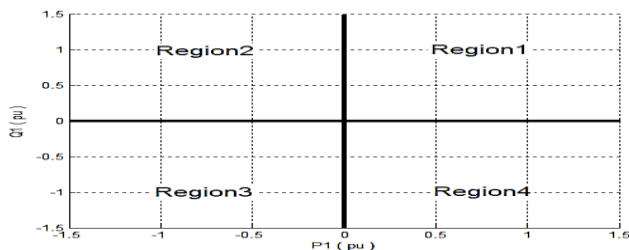
با توجه به این روابط دیده می‌شود که ولتاژ و جریان توالی مثبت در کلیه انواع خطاها وجود دارند. در نتیجه توان توالی مثبت که به صورت رابطه زیر تعریف می‌شود می‌تواند با استفاده از یک مشخصه مناسب برای تشخیص باز شدن کلید پایانه انتهایی خط مورد استفاده قرار گیرد:

$$S_1 = V_{A(1)} \times i_{A(1)}^* = P_1 + jQ_1 \quad (18)$$

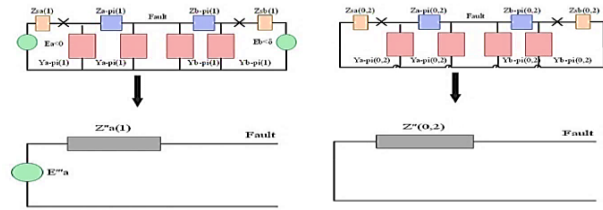
$$P_{1pu} = \frac{P_1}{|S_1|} \quad (19)$$

$$Q_{1pu} = \frac{Q_1}{|S_1|} \quad (20)$$

بر اساس شاخص‌های توان اکتیو و راکتیو توالی مثبت که به صورت پریونیت شده بر اساس اندازه توان ظاهری توالی مثبت محاسبه شده در محل رله یک مشخصه چهار ناحیه‌ای بر اساس منحنی $P_{1pu} - Q_{1pu}$ تعریف می‌شود که شکل ۵ شمای کلی آن را نمایش می‌دهد. در این مشخصه چهار ناحیه تعریف می‌شود که بسته به نوع خطای رخ داده، داخلی یا خارجی بودن آن، جهت شارش توان در خط انتقال (زاویه δ)، مقاومت خطا و تکفاز یا سه فاز بودن کلید پایانه انتهایی خط نقطه اندازه‌گیری شده در این منحنی در هر کدام از نواحی نشان داده شده ممکن است بیفتد.



شکل (۵): منحنی مشخصه بر حسب توان‌های اکتیو و راکتیو توالی مثبت پریونیت شده با جایگزینی روابط ۱۴ و ۱۵ در معادله ۱۸ مقادیر P_{1pu} و Q_{1pu} مطابق با روابط ۱۹ و ۲۰ قابل دستیابی می‌باشند در ادامه یک تحلیل حساسیت بر اساس تغییرات زاویه توان δ ، مقاومت خطای R_f و محل وقوع خطا بررسی می‌شود. این تحلیل حساسیت برای انواع خطاها قابل انجام می‌باشد.



شکل (۴): مراحل ساده سازی شبکه های توالی در شرایط وقوع خطای داخلی

مطابق با این ساده سازی ها روابط زیر برقرار است:

$$Z_{A-\pi} = \sqrt{\frac{Z}{Y}} \sinh(\sqrt{ZY} \cdot P \cdot l) \quad (1)$$

$$Y_{A-\pi} = \sqrt{\frac{Y}{Z}} \tanh\left(\sqrt{ZY} \cdot P \cdot \frac{l}{2}\right) \quad (2)$$

$$E'_A = \frac{Y_{A-\pi}^{-1}}{Y_{A-\pi}^{-1} + Z_{SA}} \cdot E_A \quad (3)$$

$$Z'_A = (Z_{SA} \parallel Y_{A-\pi}^{-1}) + Z_{A-\pi} \quad (4)$$

$$E''_A = \frac{Y_{A-\pi}^{-1}}{Y_{A-\pi}^{-1} + Z'_A} \cdot E'_A \quad (5)$$

$$Z'''_A = Z'_A \parallel Y_{A-\pi}^{-1} \quad (6)$$

برای قسمت سمت راست نقطه خطا در شکل‌های نشان داده شده با تغییر اندیس A به B و جایگزینی طول خط pl با $(1-p)l$ روابطی مشابه روابط ۱ تا ۶ به دست می‌آیند. در نهایت از ترکیب مدار سمت چپ و سمت راست خطا به دست می‌آید:

$$Z''' = Z'''_A \parallel Z'''_B \quad (7)$$

$$E''' = \left(\frac{E''_A}{Z'''_A} + \frac{E''_B}{Z'''_B} \right) \cdot Z''' \quad (8)$$

مولفه‌های ولتاژ و جریان در نقطه خطا برای انواع خطاها به شرح زیر می‌باشند:

۱-۲ خطای سه فاز :

$$I_f = \frac{E'''}{Z'''_{(1)} + 3R_f} \quad (9)$$

$$V_f = E''' - Z'''_{(1)} \cdot I_f \quad (10)$$

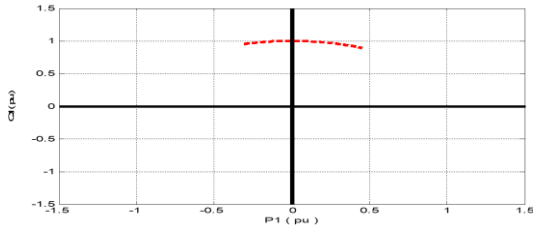
۲-۲ خطای تکفاز به زمین:

$$V_f = \frac{E'''}{2Z'''_{(1)} + Z'''_{(2)} + 3R_f} \quad (11)$$

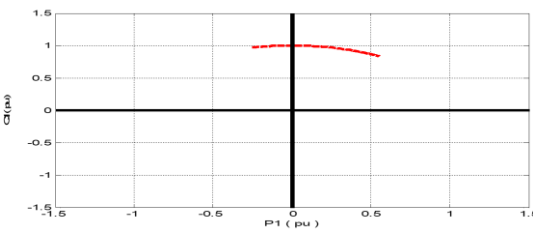
$$V_{f(1)} = E''' - Z'''_{(1)} \cdot I_f \quad (12)$$

$$V_{f(1,2)} = -Z'''_{(1,2)} \cdot I_f \quad (13)$$

گرفته شده است. شکل های ۱۰ و ۱۱ مشخصه های مربوطه در مقاومت های خطای مختلف را نشان می دهند.

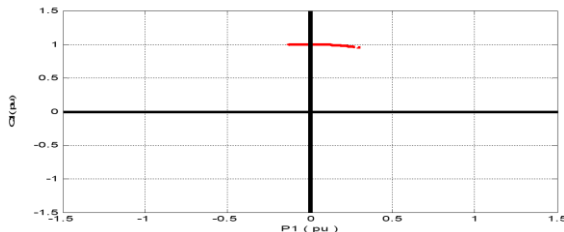


شکل (۱۰): نتیجه تحلیل حساسیت برای مقاومت خطای صفر در خطای دو فاز

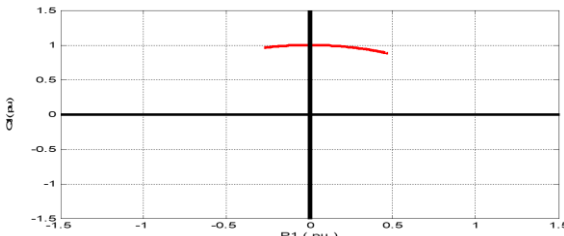


شکل (۱۱): نتیجه تحلیل حساسیت برای مقاومت خطای ۱۰ اهم در خطای دو فاز ۶-۲ خطای دوفاز به زمین:

تغییر زاویه توان در بازه $[-40, 40]$ درجه به صورت پله های یک درجه ای و در مقاومت های ۰ و ۵۰ اهم و برای محل خطای ۸۵٪ و ۹۵٪ در نظر گرفته شده است. شکل های ۱۲ و ۱۳ مشخصه های مربوطه در مقاومت های خطای مختلف را نشان می دهند.



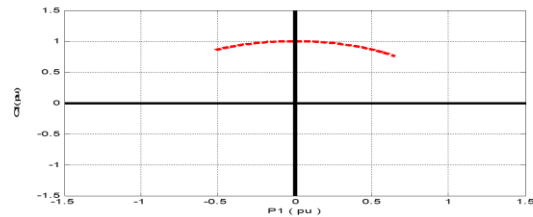
شکل (۱۲): نتیجه تحلیل حساسیت برای مقاومت خطای صفر در خطای دو فاز به زمین



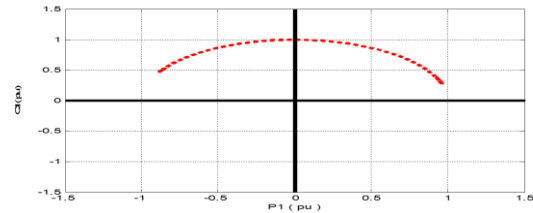
شکل (۱۳): نتیجه تحلیل حساسیت برای مقاومت خطای ۵۰ اهم در خطای دو فاز به زمین در این تحلیل ها دیده می شود در شرایط وقوع خطای داخلی در بازه انتهایی خط انتقال بسته به مقدار زاویه توان δ مقدار اندازه گیری شده برای توان در مشخصه مربوطه در ناحیه ۱ یا ناحیه ۲ قرار می گیرد و با توجه به اینکه وجود مقاومت بالا مقدار توان راکتیو را کاهش و توان اکتیو را افزایش می دهد، خطاهایی که در zone ۲ رله دیستانس ابتدای خط

۳-۲ خطای تکفاز به زمین:

تغییر زاویه توان در بازه $[-40, 40]$ درجه به صورت پله های یک درجه ای و در مقاومت های ۰ و ۵۰ اهم و برای محل خطای ۸۵٪ و ۹۵٪ در نظر گرفته شده است. شکل های ۶ و ۷ مشخصه های مربوطه در مقاومت های خطای مختلف را نشان می دهند.

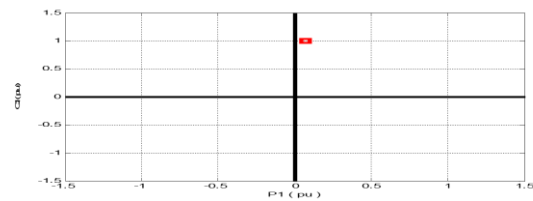


شکل (۶): نتیجه تحلیل حساسیت برای مقاومت خطای صفر در خطای تکفاز

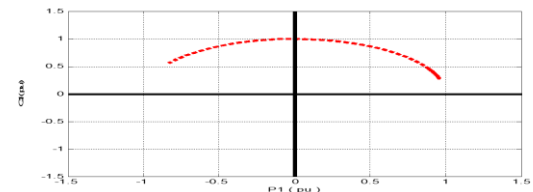


شکل (۷): نتیجه تحلیل حساسیت برای مقاومت خطای ۵۰ اهم در خطای تکفاز ۴-۲ خطای سه فاز :

تغییر زاویه توان در بازه $[-40, 40]$ درجه به صورت پله های یک درجه ای و در مقاومت های ۰ و ۲۵ اهم و برای محل خطای ۸۵٪ و ۹۵٪ در نظر گرفته شده است. شکل های ۸ و ۹ مشخصه های مربوطه در مقاومت های خطای مختلف را نشان می دهند.



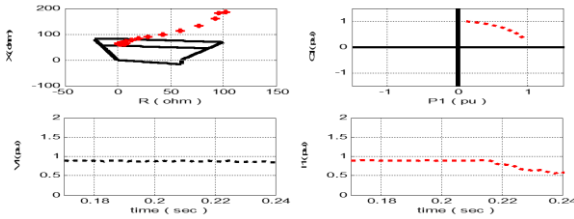
شکل (۸): نتیجه تحلیل حساسیت برای مقاومت خطای صفر در خطای سه فاز



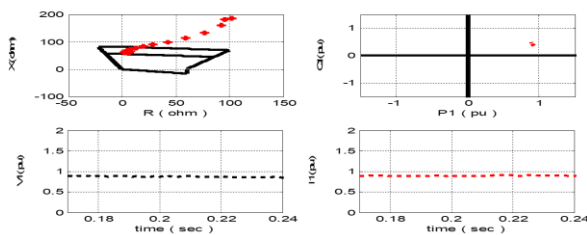
شکل (۹): نتیجه تحلیل حساسیت برای مقاومت خطای ۲۵ اهم در خطای سه فاز ۵-۲ خطای دو فاز:

تغییر زاویه توان در بازه $[-40, 40]$ درجه به صورت پله های یک درجه ای و در مقاومت های ۰ و ۱۰ اهم و برای محل خطای ۸۵٪ و ۹۵٪ در نظر

طور که انتظار می‌رفت در ناحیه ۱ باقی می‌ماند البته با افزایش Q^1pu نیز همراه است. همچنین دیده می‌شود که جریان توالی مثبت پس از RCBO روند کاهشی را دارد. ولتاژ توالی مثبت خیلی تحت تاثیر قرار نگرفته است. به علاوه چه در حین اتصال و چه پس از RCBO امپدانس دیده شده همچنان در $zone^2$ رله دیستانس دیده می‌شود.



شکل (۱۴) : نتایج به دست آمده در حالت اول - خطای تکفاز در کیلومتر ۲۳۷
حالت دوم : جهت توان از S به Q و قطع تکفاز کلید انتهایی خط - نتایج مربوط به این حالت در شکل ۱۵ نشان داده شده است. دیده می‌شود که در هنگام وجود اتصال در خط و قبل از RCBO از نقطه کار در منحنی توان در ناحیه ۱ قرار دارد و پس از RCBO این نقطه کار همان طور که انتظار می‌رفت در ناحیه ۱ باقی می‌ماند البته در این حالت با توجه به در مدار بودن دو فاز سالم Q^1pu قبل و بعد از RCBO تغییر محسوسی ندارد.



شکل (۱۵) : نتایج به دست آمده در حالت سوم - خطای تکفاز در کیلومتر ۲۳۷
۲-۳ خطای تکفاز به زمین در کیلومتر ۲۰۰ خط انتقال با مقاومت خطی ۳۰ اهم

حالت اول : جهت توان از S به Q و قطع تکفاز کلید انتهایی خط - نتایج مربوط به این حالت در شکل ۱۶ نشان داده شده است. دیده می‌شود که در هنگام وجود اتصال در خط و قبل از RCBO از نقطه کار در منحنی توان در ناحیه ۱ قرار دارد و پس از RCBO این نقطه کار همان طور که انتظار می‌رفت در ناحیه ۱ باقی می‌ماند البته در این حالت افزایش Q^1pu محسوس نمی‌باشد. در این حالت به علت وجود مقاومت خطی ۳۰ اهمی در حین اتصال نقطه کار در منحنی توان دارای مقدار P^1pu بزرگتری است.

دیده می‌شوند عموماً دارای توان راکتیو مثبت و نسبتاً زیاد و توان اکتیو مثبت یا منفی (بسته به زاویه توان) و نسبتاً کم می‌باشند. این تحلیل مختص بازه زمانی وجود اتصال در خط و تا قبل از باز شدن کلید انتهایی خط می‌باشد. همین تحلیل برای خطاهای خارجی نزدیک به خط انتقال مورد حفاظت هم تا حدودی صادق است ولی با باز شدن کلید انتهایی خط در خطاهای داخلی و کلید ابتدای خط بعدی در خطاهای خارجی وضعیت توان در مشخصه مربوطه در این دو حالت تغییرات متفاوتی به خود می‌گیرد.

با توجه به این تفاوت که در ادامه بیشتر به آن پرداخته می‌شود، می‌توان یک رویکرد حفاظتی مبتنی بر دیاگرام حالت را برای تشخیص RCBO و تسریع در عملکرد $zone^2$ رله ابتدای خط استخراج کرد. دیاگرام حالت بر اساس مشخصه توان P^1pu-Q^1pu به دست می‌آید.

با توجه به توضیحات اخیر می‌توان نتیجه گرفت که با وقوع اتصال داخلی و یا خارجی که در $zone^2$ رله دیستانس ابتدای خط دیده می‌شود نقطه کار در منحنی توان در ناحیه ۱ و یا ناحیه ۲ خواهد بود و با وقوع RCBO در خطاهای داخلی با توجه به اینکه جریان خطا همچنان از یک طرف تغذیه می‌شود مدار معادل های بررسی شده برای شبکه های توالی در شرایط اتصال همچنان برقرارند با این تفاوت که قسمت سمت راست این مدار معادل ها بی‌تاثیر می‌شود در نتیجه برای خطاهای داخلی پس از RCBO همچنان نقطه کار در نواحی ۱ یا ۲ مشخصه توان خواهد ماند. البته با توجه به زاویه توان δ ممکن است از ۱ به ۲ و یا از ۲ به ۱ تغییر حالت دهد و یا بدون تغییر حالت در ۱ یا ۲ بماند.

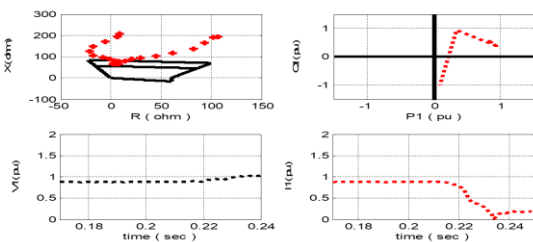
۳- الگوریتم حفاظتی

با توجه به روابط بخش قبلی و تحلیل های انجام شده، در این بخش به استخراج الگوریتم حفاظتی پیشنهادی در این تحقیق پرداخته می‌شود. سیستمی مشابه آنچه در شکل ۱ نشان داده شد در نظر گرفته می‌شود. فرض می‌شود که طول خط انتقال اصلی مورد حفاظت ۲۵۰ کیلومتر باشد. جهت به دست آوردن یک الگوریتم جامع حفاظتی که کلیه موارد احتمالی را پوشش دهد یک دسته شبیه سازی ها مبتنی بر تحلیل های بخش قبل به شرح زیر انجام شده است:

۳-۱ خطای تکفاز به زمین در کیلومتر ۲۳۷ خط انتقال با مقاومت خطی ناچیز

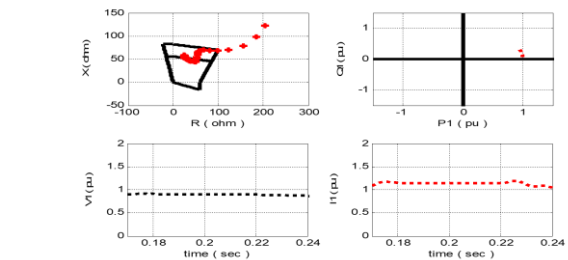
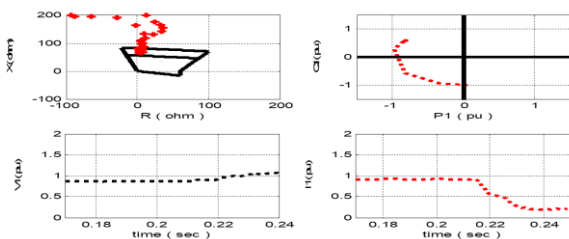
حالت اول : جهت توان از S به Q و قطع سه فاز کلید انتهایی خط - نتایج مربوط به این حالت در شکل ۱۴ نشان داده شده است. دیده می‌شود که در هنگام وجود اتصال در خط و قبل از RCBO از نقطه کار در منحنی توان در ناحیه ۱ قرار دارد و پس از RCBO این نقطه کار همان

ترک کرده و به ناحیه ۴ می رود در این ناحیه نیز دارای توان $Q \approx 1$ منفی و بزرگی است. همچنین دیده می شود که جریان توالی مثبت پس از شدن کلیدهای باس انتهایی خط، روند کاهشی دارد. ولتاژ توالی مثبت خیلی تحت تاثیر قرار نگرفته است و مقداری افزایش را تجربه کرده است. به علاوه در حین اتصال امپدانس در $zone_2$ می باشد ولی به محض رفع اتصال امپدانس شروع به خروج از $zone_2$ می کند در نتیجه در هر حال یا خروج امپدانس از $zone_2$ رله دیستانس و یا تشخیص خارجی بودن خط از طریق تغییر حالت نقطه کار در منحنی توان باعث عدم تسریع در فرمان تریپ $zone_2$ رله دیستانس خط می شوند.



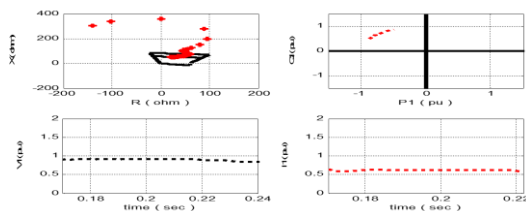
شکل (۱۶): نتایج به دست آمده در حالت اول - خطای تکفاز در باسبار پایانه انتهایی خط انتقال

حالت دوم: جهت توان از Q به S و قطع همزمان کلیه کلیدهای متصل به باسبار توسط رله حفاظت باسبار - نتایج مربوط به این حالت در شکل ۱۷ نشان داده شده است. دیده می شود که در هنگام وجود اتصال در باس و قبل از باز شدن کلیدهای باس انتهایی خط، نقطه کار در منحنی توان در ناحیه ۲ قرار دارد و پس از شدن کلیدهای باس انتهایی خط، این نقطه کار همان طور که انتظار می رفت پس از مدت کوتاهی این ناحیه را ترک کرده و به ناحیه ۳ می رود در این ناحیه نیز دارای توان $Q \approx 1$ منفی و بزرگی است. همچنین دیده می شود که جریان توالی مثبت پس از شدن کلیدهای باس انتهایی خط، روند کاهشی دارد. ولتاژ توالی مثبت خیلی تحت تاثیر قرار نگرفته است و مقداری افزایش را تجربه کرده است. به علاوه در حین اتصال امپدانس در $zone_2$ می باشد ولی به محض رفع اتصال امپدانس شروع به خروج از $zone_2$ می کند در نتیجه در هر حال یا خروج امپدانس از $zone_2$ رله دیستانس و یا تشخیص خارجی بودن خط از طریق تغییر حالت نقطه کار در منحنی توان باعث عدم تسریع در فرمان تریپ $zone_2$ رله دیستانس خط می شوند.



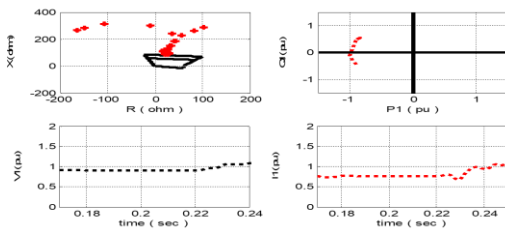
شکل (۱۶): نتایج به دست آمده در حالت دوم - خطای تکفاز در ۲۰۰ کیلومتر با مقاومت خطی ۳۰ اهم

حالت دوم: جهت توان از Q به S و قطع تکفاز کلید انتهایی خط - نتایج مربوط به این حالت در شکل ۱۷ نشان داده شده است. دیده می شود که در هنگام وجود اتصال در خط و قبل از RCBO نقطه کار در منحنی توان در ناحیه ۲ قرار دارد و پس از RCBO این نقطه کار همان طور که انتظار می رفت در ناحیه ۲ باقی می ماند البته در این حالت افزایش $Q \approx 1$ محسوس نمی باشد. در این حالت به علت وجود مقاومت خطی ۳۰ اهمی در حین اتصال نقطه کار در منحنی توان دارای مقدار $P1 \approx 1$ بزرگتری است. همچنین دیده می شود که جریان توالی مثبت پس از RCBO روند کاهشی محسوسی ندارد. ولتاژ توالی مثبت خیلی تحت تاثیر قرار نگرفته است. به علاوه در حین اتصال امپدانس دیده شده رله دیستانس در $zone_2$ است و پس از RCBO امپدانس دیده شده برای لحظاتی بین $zone_1$ و $zone_2$ نوسان می کند و این پدیده به این علت به وجود می آید که در ابتدا هم در واقع خطا در $zone_1$ بوده ولی به علت وجود مقاومت خطا و اثر infeed رله under-reach شده و خطا در $zone_2$ دیده شده است. در هر حال یا پس از RCBO به علت ورود امپدانس به $zone_1$ و یا با الگوریتم تشخیص RCBO در این حالت تسریع در عملکرد رله انجام می گیرد.

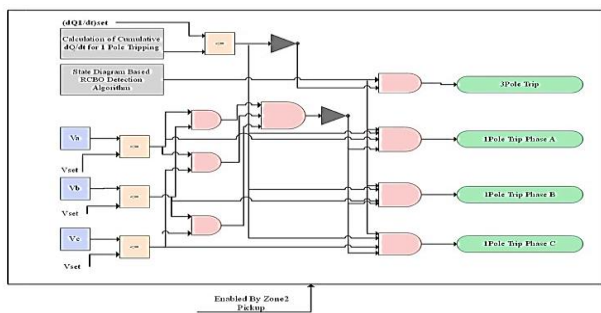


شکل (۱۷): نتایج به دست آمده در حالت سوم - خطای تکفاز در ۲۳۷ کیلومتر خطا در باسبار پایانه انتهایی خط

حالت اول: جهت توان از S به Q و قطع همزمان کلیه کلیدهای متصل به باسبار توسط رله حفاظت باسبار - نتایج مربوط به این حالت در شکل ۱۸ نشان داده شده است. دیده می شود که در هنگام وجود اتصال در باس و قبل از باز شدن کلیدهای باس انتهایی خط، نقطه کار در منحنی توان در ناحیه ۱ قرار دارد و پس از شدن کلیدهای باس انتهایی خط، این نقطه کار همان طور که انتظار می رفت پس از مدت کوتاهی این ناحیه را



شکل (۲۱): نتایج به دست آمده در حالت دوم - خطای تکفاز در خط بعدی با مقاومت خطی ۱۰ اهم
همچنین در شکل ۲۲ منطق الگوریتم حفاظتی نمایش داده شده است.



شکل (۲۲): منطق حفاظتی پیشنهادی

این منطق پیشنهادی همانطور که در شکل نیز دیده می شود شامل سه زیر منطق می باشد که در ترکیب با یکدیگر پوشش کامل حفاظتی در شرایط مختلف را تامین می کند. زیر منطق اول نرخ تجمعی تغییرات توان راکتیو نسبی می باشد که برای تشخیص تک فاز یا سه فاز بودن تریپ کلید پایانه دوردست استفاده می شود یعنی این متغیر در حالت هایی که کلید پایانه دوردست بصورت سه فاز قطع می شود در زمان بسیار کوتاهی شدت افزایش پیدا می کند ، درحالی که در حالت هایی که کلید پایانه دوردست بصورت تک فاز قطع می شود این افزایش بسیار کند بوده و از یک حدی نیز فراتر نمی رود. زیرمنطق دوم شامل تشخیص RCBO می باشد که از تغییرات در مکان هندسی نقطه کار توان در مشخصه توان توالی مثبت استفاده می کند یعنی هنگامی که خطای داخلی رخ دهد ، بعد از وقوع RCBO نقطه کار مربوطه در ناحیه ۱ یا ۲ باقی می ماند ، اما در صورت وقوع خطای خارجی این نقطه کار از این نواحی خارج می شود و در نواحی ۳ یا ۴ قرار می گیرد. زیرمنطق سوم شامل یک مکانیزم کاهش ولتاژ می باشد که در هنگام وقوع خطاهای تک فاز با دقت مناسب فاز خطا را تشخیص داده و تریپ تک فاز را برای آن فاز را فعال می کند.

۴- نتایج شبیه سازی ها

جهت ارزیابی الگوریتم حفاظتی پیشنهادی در این تحقیق یک سیستم سه منبعی مطابق شکل ۲۳ در نظر گرفته شده است که اطلاعات منابع و خطوط آن در جدول ۲ و ۳ آمده است.

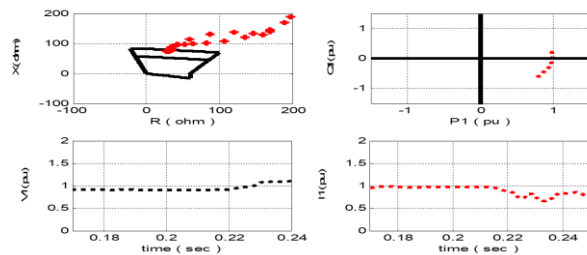
جدول (۲): پارامترهای منابع مورد استفاده در سیستم

Side	Z_s, Ω	Z_r, Ω	Voltage, Kv	S, MVA
M	۴۶۲۰+j۸۵.۱۵	۰.۶+j۲۹.۰۹۱	۵۰۰< δ	۵۰۰
N	۸۰۰+j۱۵۹.۶۵	۲.۰۰+j۳۷.۴۷	۵۰۰< ϕ	۵۰۰

شکل (۱۹): نتایج به دست آمده در حالت دوم - خطای تکفاز در باسبار پایانه انتهایی خط انتقال ۲۳۷

۳-۴ خطا در کیلومتر ۲۰ خط بعدی با مقاومت خطی ۲۰ اهم

حالت اول: جهت توان از S به Q و قطع سه فاز خط مذکور - نتایج مربوط به این حالت در شکل ۲۰ نشان داده شده است. دیده می شود که در هنگام وجود اتصالاتی در خط و قبل از باز شدن کلید خط، نقطه کار در منحنی توان در ناحیه ۱ قرار دارد و پس از شدن کلید خط، این نقطه کار همان طور که انتظار می رفت پس از مدت کوتاهی این ناحیه را ترک کرده و به ناحیه ۴ می رود. همچنین دیده می شود که جریان توالی مثبت پس از باز شدن کلید خط، روند کاهشی دارد. ولتاژ توالی مثبت خیلی تحت تاثیر قرار نگرفته است و مقداری افزایش را تجربه کرده است. به علاوه در حین اتصالاتی امپدانس در zone ۲ می باشد ولی به محض رفع اتصالاتی امپدانس شروع به خروج از zone ۲ می کند در نتیجه در هر حال یا خروج امپدانس از zone ۲ رله دیستانس و یا تشخیص خارجی بودن خطا از طریق تغییر حالت نقطه کار در منحنی توان باعث عدم تسریع در فرمان تریپ zone ۲ رله دیستانس خط می شوند.



شکل (۲۰): نتایج به دست آمده در حالت اول - خطای تکفاز در خط بعدی با مقاومت خطی ۱۰ اهم

حالت دوم: جهت توان از Q به S و قطع تکفاز خط مذکور - نتایج مربوط به این حالت در شکل ۲۱ نشان داده شده است. دیده می شود که در هنگام وجود اتصالاتی در خط و قبل از باز شدن تکفاز کلید خط، نقطه کار در منحنی توان در ناحیه ۲ قرار دارد و پس از باز شدن تکفاز کلید خط، این نقطه کار همان طور که انتظار می رفت پس از مدت کوتاهی این ناحیه را ترک کرده و به ناحیه ۳ می رود. همچنین دیده می شود که جریان توالی مثبت پس از باز شدن تکفاز کلید خط، روند نوسانی افزایشی کاهشی را دارد. ولتاژ توالی مثبت خیلی تحت تاثیر قرار نگرفته است و مقداری افزایش را تجربه کرده است. به علاوه در حین اتصالاتی امپدانس در zone ۲ می باشد ولی به محض رفع اتصالاتی امپدانس شروع به خروج از zone ۲ می کند در نتیجه در هر حال یا خروج امپدانس از zone ۲ رله دیستانس و یا تشخیص خارجی بودن خطا از طریق تغییر حالت نقطه کار در منحنی توان باعث عدم تسریع در فرمان تریپ zone ۲ رله دیستانس خط می شوند.

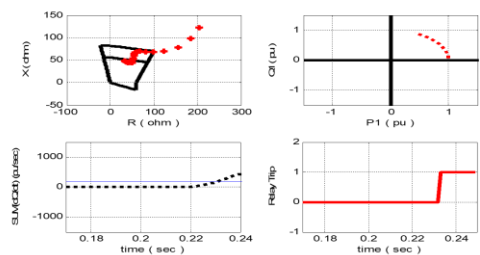
Q	۱۰۰۵/۴۳.۱۴	۰۶۰۲۹.۷	۵۰۰<۵	۵۰۰
---	------------	---------	-------	-----

جدول (۳): پارامترهای خطوط مورد استفاده در سیستم

Line	$Z', \Omega/\text{km}$	$Z'', \Omega/\text{km}$	$C', \mu\text{F}/\text{km}$	$C'', \mu\text{F}/\text{km}$	Length, km
L ^۱	۰.۱۸۳۹+j۰.۲۶۳۰	۰.۱۴۱۷+j۰.۶۰۲۷	۰.۰۰۶۴	۰.۰۰۴۰	۲۵۰
L ^۲	۰.۱۳۳+j۰.۲۶۵۹	۰.۳۰۸۰+j۰.۸۱۴۵	۰.۰۱۳۹	۰.۰۰۹۸	۲۲۰
L ^۳	۰.۲۰۸+j۰.۲۸۰۹	۰.۱۱۴۸+j۰.۷۱۸۶	۰.۰۱۲۹	۰.۰۰۵۲	۲۰۰
L ^۴	۰.۲۰۸+j۰.۲۸۰۹	۰.۱۱۴۸+j۰.۷۱۸۶	۰.۰۱۳۹	۰.۰۰۵۲	۲۰۰
L ^۵	۰.۲۷۰+j۰.۲۷۰۰	۰.۱۹۸۴+j۱.۱۳۰۴	۰.۰۱۲۳	۰.۰۰۵۱	۱۵۰

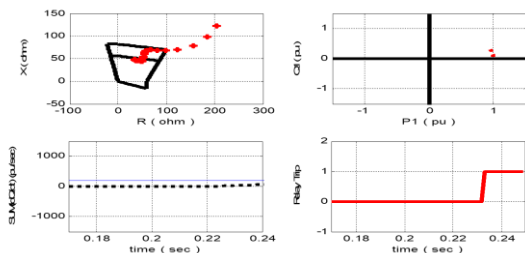
شکل (۲۷): خطای تکفاز در کیلومتر ۲۳۷ خط انتقال با جهت شارش توان S

به Q با قطع تکفاز طرف مقابل



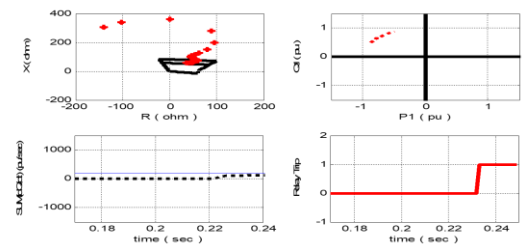
شکل (۲۸): خطای تکفاز در کیلومتر ۲۰۰ خط انتقال با $Rf=30$ با جهت

شارش توان S به Q با قطع سه فاز طرف مقابل



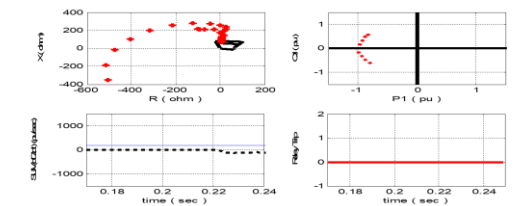
شکل (۲۹): خطای تکفاز در کیلومتر ۲۰۰ خط انتقال با $Rf=30$ با جهت

شارش توان S به Q با قطع تکفاز طرف مقابل



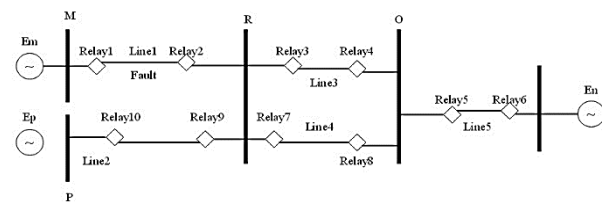
شکل (۳۰): خطای تکفاز در کیلومتر ۲۰۰ خط انتقال با $Rf=30$ با جهت

شارش توان Q به S با قطع تکفاز طرف مقابل



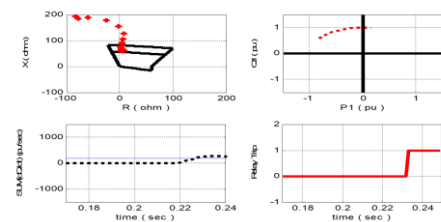
شکل (۳۱): خطای تکفاز در کیلومتر ۱۰ خط بعدی با جهت شارش توان Q به

S با قطع سه فاز خط بعدی



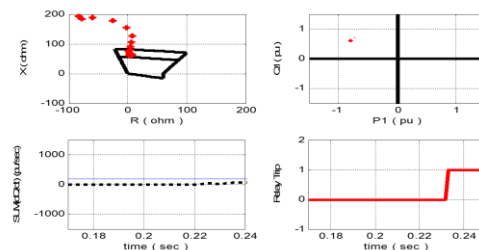
شکل (۲۳): سیستم قدرت سه منبعه مورد مطالعه

در شکل های ۲۴ تا ۳۶ نتایج داده شده اند. در این نتایج خطاهای داخلی و خارجی جهت ارزیابی عملکرد الگوریتم پیشنهادی مورد بررسی قرار گرفته اند.



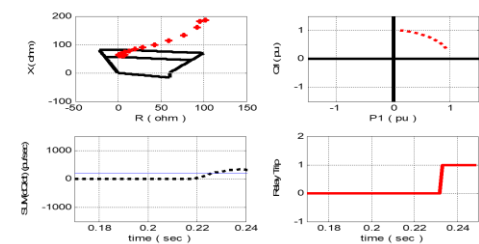
شکل (۲۴): خطای تکفاز در کیلومتر ۲۳۷ خط انتقال با جهت شارش توان Q

به S با قطع سه فاز طرف مقابل



شکل (۲۵): خطای تکفاز در کیلومتر ۲۳۷ خط انتقال با جهت شارش توان Q

به S با قطع تکفاز طرف مقابل



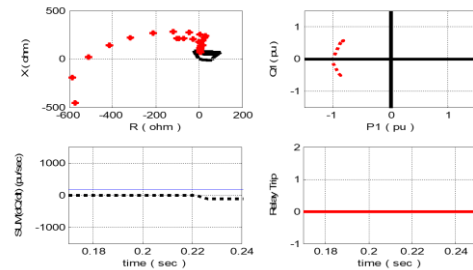
شکل (۲۶): خطای تکفاز در کیلومتر ۲۳۷ خط انتقال با جهت شارش توان S

به Q با قطع سه فاز طرف مقابل

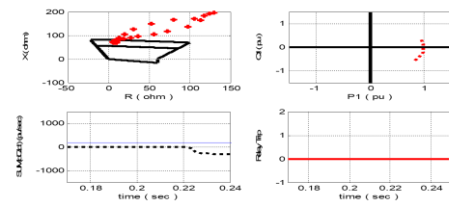
باتوجه به شکل نمایش داده شده، نقطه کار خطای داخلی تک فاز در نواحی ۱ و ۲ باقی می ماند یا بین این دو ناحیه شروع به حرکت می کند. در این خطاها در صورت قطع سه فاز پایانه دیگر خط انتقال نقطه کار در نواحی ۱ یا دو به قسمت های بالای مشخصه که دارای مقدار توان راکتیو نسبی زیادی می باشد منتقل می شود. این انتقال با نرخ بالایی صورت می گیرد در حالی که در حالت قطع تکفاز پایانه دیگر خط انتقال نرخ جمعی تغییرات توان راکتیو نسبی کمتر می باشد. در این شبیه سازی ها آستانه تشخیص برای حالت تکفاز ۲۰۰ در نظر گرفته شده است و همچنین برای تشخیص فاز خطادار در حالت تکفاز از قفل شدن تریپ تکفاز در حالت کاهش ولتاژ حداقل دو فاز از یک حد آستانه (۷۵ درصد) استفاده می شود. در حالی که در خطاهای خارجی تکفاز تغییر حالت نقطه کار به نواحی ۳ یا ۴ اتفاق می افتد. ۸۰ میلی ثانیه پس از استارت zone ۲ رله پایش مشخصه توان برای تشخیص تغییر حالت و یا عدم تغییر حالت و در نهایت تشخیص RCBO انجام می شود. همزمان پایش نرخ جمعی تغییرات توان راکتیو نسبی نیز انجام شده تا تشخیص تکفاز بودن RCBO قطعی شده و در صورت لازم تریپ تکفاز صادر شود. در کلیه انواع خطاها اعم از تکفاز، سه فاز و دوفاز نتایج رضایت بخشی به دست آمده است. لازم به ذکر است که جدول ۴ به تجزیه و تحلیل دقیق نتایج شبیه سازی پرداخته است.

جدول ۴. تجزیه و تحلیل نتایج شبیه سازی

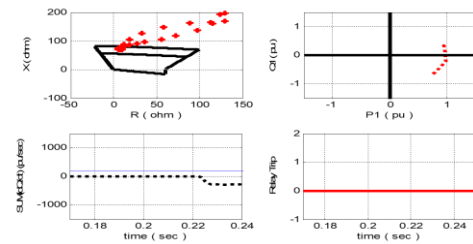
شماره شکل	نوع خطا	محل خطا	جهت شارش توان	نوع قطع خطا	تشخیص در منطق پیشنهادی
۳۰	تک فاز	در کیلومتر ۲۳۷	S به Q	۳ فاز طرف مقابل	خطای داخلی
۳۱	تک فاز	در کیلومتر ۲۳۷	S به Q	تک فاز طرف مقابل	خطای داخلی
۳۲	تک فاز	در کیلومتر ۲۳۷	Q به S	۳ فاز طرف مقابل	خطای داخلی
۳۳	تک فاز	در کیلومتر ۲۳۷	Q به S	تک فاز طرف مقابل	خطای داخلی
۳۴	تک فاز	در کیلومتر ۲۰۰	Q به S	۳ فاز طرف مقابل	خطای داخلی
۳۵	تک فاز	در کیلومتر ۲۰۰	Q به S	تک فاز طرف مقابل	خطای داخلی
۳۶	تک فاز	در کیلومتر ۲۰۰	S به Q	تک فاز طرف مقابل	خطای داخلی
۳۷	تک فاز	در کیلومتر ۱۰ خط بعدی	S به Q	۳ فاز خط بعدی	خطای خارجی
۳۸	تک فاز	در کیلومتر ۱۰ خط بعدی	S به Q	تک فاز خط بعدی	خطای خارجی
۳۹	تک فاز	در کیلومتر ۱۰ خط بعدی	Q به S	تک فاز خط بعدی	خطای خارجی
۴۰	تک فاز	در کیلومتر ۱۰ خط بعدی	Q به S	۳ فاز خط بعدی	خطای خارجی



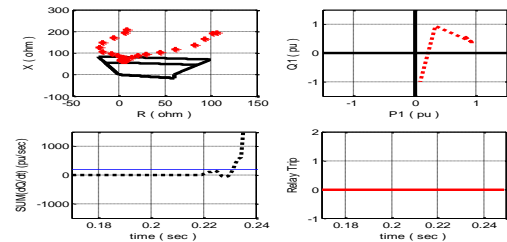
شکل (۳۲): خطای تکفاز در کیلومتر ۱۰ خط بعدی با جهت شارش توان Q به S با قطع تکفاز خط بعدی



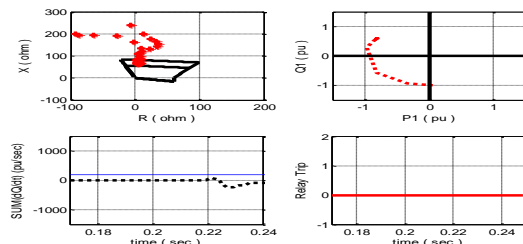
شکل (۳۳): خطای تکفاز در کیلومتر ۱۰ خط بعدی با جهت شارش توان S به Q با قطع تکفاز خط بعدی



شکل (۳۴): خطای تکفاز در کیلومتر ۱۰ خط بعدی با جهت شارش توان S به Q با قطع سه فاز خط بعدی



شکل (۳۵): خطای تکفاز در باسبار پایانه دوردست با جهت شارش توان S به Q با قطع سه فاز کلیه کلیدهای متصل به باس



شکل (۳۶): خطای تکفاز در باسبار پایانه دوردست با جهت شارش توان Q به S با قطع سه فاز کلیه کلیدهای متصل به باس

انتقال و خطوط مجاور و نیز تغییرات ناگهانی بار کارایی بالای طرح حفاظتی پیشنهادی را نشان می دهد.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله از کلیه مدیران و کارشناسان شرکت پالایش گاز ایلام بخصوص مدیر و کارشناسان واحد پژوهش و فناوری شرکت پالایش گاز ایلام کمال سپاس گزاری را دارند.

ضمایم

مراجع

- [۱] Deshu, Chen, et al. "Scheme for accelerated trip for faults in the second zone of protection of a transmission line." IEEE Transactions on Power Delivery ۴,۲ (۱۹۸۹): ۹۴۲-۹۴۸.
- [۲] Pei, Liu, et al. "Analysis of an accelerated trip scheme for faults in the second zone of protection of a transmission line." IEEE transactions on power delivery ۵,۱ (۱۹۹۰): ۷۲-۷۸.
- [۳] Darwish, Hatem A., et al. "Robust non-communication line protection scheme using novel quantities." Power Engineering Society General Meeting, ۲۰۰۶. IEEE. IEEE, ۲۰۰۶.
- [۴] Leitloff, Volker, and Patrick Bastard. "Novel algorithm for accelerated second zone tripping of non-unit distance protection." Developments in Power System Protection, ۲۰۰۱, Seventh International Conference on (IEE). IET, ۲۰۰۱.
- [۵] Vejdani, Sadegh, Majid Sanaye-Pasand, and Tarlochan S. Sidhu. "Accelerated Zone II Operation of Distance Relay Using Impedance Change Directions." IEEE Transactions on Power Delivery ۳۲,۶ (۲۰۱۷): ۲۴۶۲-۲۴۷۱.
- [۶] Mahari, Arash, and Majid Sanaye-Pasand. "An accelerated single-pole trip scheme for zone-۲ faults of distance relays." IEEE Transactions on Power Delivery ۳۲,۲ (۲۰۱۷): ۶۷۸-۶۸۷.
- [۷] Sidhu, T. S., P. Ye, and M. S. Sachdev. "Accelerated trip scheme for second-zone distance protection." IEE Proceedings-Generation, Transmission and Distribution ۱۵۰,۳ (۲۰۰۳): ۳۲۵-۳۳۳.
- [۸] Ghorbani A, Sanaye-Pasand M, Mehrjerdi H. Accelerated distance protection for transmission lines based on accurate fault location. Electric Power Systems Research. ۲۰۲۱ Apr ۱;۱۹۳:۱۰۷۰-۲۱.
- [۹] Ghorbani A, Mehrjerdi H, Sanaye-Pasand M. An accurate non-pilot scheme for accelerated trip of distance relay zone-۲ faults. IEEE Transactions on Power Delivery. ۲۰۲۰ Jul ۷;۳۶(۳):۱۳۷۰-۹.
- [۱۰] Parniani MS, Sanaye-Pasand M, Jafarian P. A blocking scheme for enhancement of distance relay security under stressed system conditions. International Journal of Electrical Power & Energy Systems. ۲۰۱۸ Jan ۱;۹۴:۱۰۴-۱۵.

خطای خارجی	۳ فاز کلیه کلید های متصل به بار	S به Q	در بار بار پایانه دوردست	تک فاز	۴۱
خطای خارجی	۳ فاز کلیه کلید های متصل به بار	S به Q	در بار بار پایانه دوردست	تک فاز	۴۲

شکل های اخیر حاصل نتایج شبیه سازی که خلاصه آنها در جدول ۴ بیان شده است نشان می دهند که مکان هندسی نقطه کار در مشخصه توان در موارد خطاهای داخلی در ناحیه ۱ یا ۲ باقی می ماند و در برخی موارد بین این دو ناحیه حرکت می کند. این ویژگی برای تشخیص RCBO در هنگام خطاهای داخلی استفاده می شود. همچنین، نرخ تجمعی تغییرات توان راکتیو نسبی تکمیل کننده منطق تشخیص RCBO برای حالت هایی که قطع تک فاز وجود دارد، می باشد. علاوه بر شبیه سازی شده در شکل های اخیر، حجم بالایی از شبیه سازی ها در حالت های مختلف و با تغییر در پارامترهایی همچون مقاومت خطا، نوع خطا، محل خطا، زاویه توان منابع صورت گرفته است که نتایج آنها مطابق با نتایج بیان شده در این تحقیق بوده و کارایی روش پیشنهادی را نشان می دهد.

۵- نتیجه گیری

در این تحقیق یک طرح حفاظتی برای تسریع در عملکرد zone ۲ رله دیستانس در خطاهای داخلی مبتنی بر تشخیص RCBO ارائه شد. این طرح مبتنی بر تغییر حالت در مشخصه توان توالی مثبت نسبی می باشد. نقطه کار به دست آمده در این مشخصه در خطاهای داخلی در نواحی ۱ و ۲ باقی مانده یا بین این دو ناحیه حرکت می کند در حالی که در خطاهای خارجی نقطه کار به دست آمده از این دو ناحیه به نواحی ۳ و ۴ می رود. تحلیل های مبتنی بر شبکه های توالی در انواع خطاهای رخ داده در خط انتقال این نتیجه را تایید می کند. برای تشخیص RCBO تکفاز از مقدار تجمعی نرخ تجمعی تغییرات توان راکتیو نسبی استفاده شده است. در منطق حفاظتی پیشنهادی برای جلوگیری از عملکرد تکفاز در خطاهای دوفاز و سه فاز از روش کاهش ولتاژ ۲ از ۳ استفاده شده است. همچنین برای اطمینان از تکفاز بودن و تشخیص فاز خطا در خط داده علاوه بر مقدار تجمعی نرخ تجمعی تغییرات توان راکتیو نسبی منطق کاهش ولتاژ در آن فاز به صورت AND استفاده شده است. کلیه محاسبات مربوطه در این طرح حفاظتی منوط به استارت zone ۲ رله می باشد و اگر به هر علت امیداندس اندازه گیری شده رله دیستانس از zone ۲ خارج شود این عملکرد غیر فعال می شود. نتایج شبیه سازی ها در حالات مختلف خطاهای داخلی و خارجی با تغییر نوع خطا، مقاومت خطا، زاویه انتقال توان و جهت شارش توان و همچنین در شرایط دیگری چون کلیدزنی خط