حفاظت دیستانس خطوط انتقال موازی دو مداره برای خطاهای بین مداری

اسماعیل ساری

کارشناس ارشد شرکت توزیع برق اهواز sari.esmail@yahoo.com

چکیده – خطوط انتقال موازی دو مداره که بر روی یک دکل قرار دارند مشکلات منحصر به فردی برای رله های دیستانس بخصوص برای خطاهای بین مداری بوجود می آورند. در این مقاله سعی شده که الگوریتم جدیدی برای حفاظت دیستانس خطوط انتقال موازی دو مداره برای خطاهای بین مداری ارائه شود. این الگوریتم، امپدانس را با استفاده از نمونه گیری از یک سمت یکی از خطوط محاسبه می کند. اساس تئوری این الگوریتم که در این مقاله بیان شده بر اساس مولفه های متقارن خطوط دو مداره می باشد. اثر تزویج متقابل بین مدارها با استفاده از تبدیل، حذف شده و رابطه بین جریان توالی صفر بین دو مدار بدست آورده شده است. شبیه سازی کامپیوتری با استفاده از نرم افزار PSCAD/EMTDC و پارامتر های خط واقعی انجام شده است. نتایج نشان می دهد که الگوریتم پیشنهاد شده می تواند امپدانس اندازه گیری شده دقیقی را برای خطاهای بین مداری بدست آورد و دقت آن بوسیله مقاومت های خطا، جریان های بار و امپدانس های منبع تحت تاثیر قرار نمی گیرد.

کلید واژه-حفاظت دیستانس، خطوط انتقال موازی دو مداره، خطاهای بین مداری

۱– مقدمه

خطوط انتقال دو مداره در سیستم های قدرت مدرن بخاطر فواید اقتصادی و محیطی قابل توجه آن نسبت به خطوط تک مداره به طور وسیعی استفاده می شود (Liao and Elangovan 1998). اما حفاظت رله دیستانس برای خطوط انتقال موازی دو مداره بخاطر تزویج متقابل بین دو مدار و خطاهای بین مداری مشکل تر از خط تک مداره می باشد. امپدانس متقابل بین دو مدار می تواند به بزرگی ۵۰–۷۰ درصد امپدانس خودی تزویج توالی صفر باشد (Bhalja and Maheshwari 2007). ضرورت جبران سازی جریان توالی صفر رله دیستانس زمین بدلیل تزویج متقابل خطوط انتقال موازی دو مداره برای سال ها شناخته شده می باشد (McLaren et al,1997) , (Jongepier and Sluis,1994), (Horowitz and Phadke, 1992) . معمولا بوسیله قوس خطای ناشی از اولین خطای زمین بوجود می آید. فاصله زمانی کوچکی از اولین خطای زمین تا خطای بین مداری وجود دارد. اما این فاصله زمانی در مقایسه با مدت زمان خطا خیلی کوچک می باشد. برخی رلهها که امپدانس خطا را با استفاده از نمونه گیری از یک انتهای دو مدار اندازه گیری می کند در چند سال اخیر توسعه یافتهاند (1983) که امیدانس خطا را با (Phadke and Lu, 1985) , (Gilany et al, 2005). در نظر گرفتن جریان توالی صفر مدار مجاور، منجر به اتصال پیچیده رلههای دیستانس و کاهش قابلیت اعتماد رلههای حفاظتی می شود. در این مقاله پیشنهاد شده است که جریان توالی صفر خط انتقال دیستانس و کاهش قابلیت اعتماد رله می کند خر گرفتن جریان توالی صفر مدار مجاور، منجر به اتصال پیچیده رلههای موازی مجاور در محل رله بوسیله جریان توالی صفر خط مورد نظر بدست آورده شده است که جریان توالی صفر خط انتقال

۲- بررسی مشخصه جریانهای توالی صفر

الگوریتم انتخاب فاز برای شناسایی فازهای تحت خطا برای حفاظتهای دیستانس مورد نیاز میباشد و بر اساس این فرض که فازهای تحت خطا بوسیله الگوریتم انتخاب کننده فاز شناسایی می شود (Khorashadi-Zadeh, 2004) این مقاله بر الگوریتم محاسبه مسافت خطا تمرکز دارد. دیا گرام شماتیک خطوط انتقال موازی دو مداره برای خطای بین مداری در شکل ۱ نشان داده شده است.

تبدیل مولفه توالی برای بررسی خطای خطوط انتقال موازی دو مداره مناسب میباشد چون که تزویج متقابل بین دو مدار را به خوبی حذف می کند. ما فرض می کنیم که امپدانس متقابل بین خطوط انتقال موازی سه فاز در طول دو مدار مشابه میباشند. در روش زیر خازن موازی خطوط انتقال موازی دو مداره برای ساده سازی الگوریتم نادیده گرفته شده است. با روش مولفه متقارن خطوط انتقال موازی دو مداره برای ساده سازی الگوریتم نادیده گرفته شده است. با روش مولفه متقارن خطوط انتقال موازی دو مداره مناسب میباشد چون که تزویج متقابل بین دو مدار مشابه میباشند. در روش زیر خازن موازی خطوط انتقال موازی دو مداره برای ساده سازی الگوریتم نادیده گرفته شده است. با روش مولفه متقارن خطوط انتقال موازی دو مداره میتوان جریانهای توالی صفر خطوط موازی را به I_{K07} و I_{K07} تبدیل کرد (یعنی مولفه متقارن خطوط انتقال موازی دو مداره میتوان جریانهای توالی صفر خطوط موازی را به I_{K07} و I_{K07} ای I_{K07} ای I_{K07} از I_{K07} و I_{K07} ای I_{K07} ای I_{K07} ای I_{K07} و I_{K07} ای I_{K07} و I_{K07} ای I_{K07} و I_{K07} و I

$$I_{K0F} = \frac{-j\sqrt{3}U_K}{3Z_{K1T} + Z_{K1F} + 2Z_{K0F} + 6R_f}$$
(1)

$$I_{K0T} = \frac{O_K}{Z_{K1T} + 3Z_{K1F} + 2Z_{K0T} + 6R_f + 12R_g}$$
(7)

وقتی خطای بین مداری بدون مقاومت زمین رخ دهد هر دو R_f و R_g برابر صفر میباشند.

$$I_{K0F} = \frac{-j\sqrt{3}U_K}{3Z_{K1T} + Z_{K1F} + 2Z_{K0F}}$$
(*)

$$I_{K0T} = \frac{O_K}{Z_{K1T} + 3Z_{K1F} + 2Z_{K0T}}$$
(f)

با در نظر نگرفتن مقاومتها، میتوان نوشت

(۵)
وقتی که خطای بین مداری زمین شده با مقاومت خطا رخ دهد (به این معنی که حداقل یکی از
$$R_f$$
 و R_g برابر صفر نباشند)
رابطه (۵) کاملا صریح نخواهد بود. اما رابطه فاز بین I_{K0F} و I_{K0T} را می توان به صورت زیر بیان کرد

$$\arg\left(\frac{I_{K0F}}{I_{K0T}}\right) = \frac{j(Z_{K1T} + 3Z_{K1F} + 2Z_{K0T} + 6R_f + 12R_g)}{3Z_{K1T} + Z_{K1F} + 2Z_{K0F} + 6R_f} \tag{6}$$

نتیجه گیری نسبی را می توان با بررسی کردن وضعیت های حدی R_f و R_g بدست آورد. وقتی R_f و R_g به سمت صفر میل کند زاویه $arg\left(\frac{I_{K0F}}{I_{K0T}}\right)$ تقریباً برابر ۹۰ میشود. وقتی R_f به سمت بی نهایت میل کند و R_g نیز به سمت صفر میل کند زاویه تقریبا برابر ۹۰ درجه میشود. وقتی R_f به صفر نزدیک شود و R_g نیز به سمت بی نهایت نزدیک شود زاویه تقریبا صفر میشود. بنابراین حدود تغییرات زاویه از ۰ تا ۹۰ درجه میباشد. بر طبق رابطه فاز بین I_{K0F} و I_{K0T} ، رابطه فاز بین جریان های توالی صفر خطوط انتقال موازی دو مداره را میتوان بدست آورد که برای بدست آوردن الگوریتم دیستانس از آن استفاده میشود.



وقتی خطاهای بین مداری رخ میدهد (به عنوان مثال *IBIICG*). با به کار بردن قانون ولتاژ کیرشف برای مدار از محل رله M تا محل خطا K در شکل ۱، رابطه زیر بدست میآید. که $K_{12} = \frac{Z_{M0}}{Z_1} = K_0 = \frac{Z_{M0}}{Z_1}$

$$\begin{cases} U_{MIB} - U_{K3IB} = DZ_1(I_{MIB} + K_0 I_{MI0} + K_{M0} I_{MI10}) \\ U_{MIIC} - U_{K4IIC} = DZ_1(I_{MIIC} + K_0 I_{MI10} + K_{M0} I_{M10}) \\ U_{K3IB} - I_{KIB}R_f = U_{K4IIC} - I_{KIIC}R_f = I_K R_g \\ J = 0 \\ J$$

$$\{I_{MI0} = 3C_{M0T}I_{K0T} + 3C_{M0F}I_{K0F}$$
 (Λ)
 $I_{MII0} = 3C_{M0T}I_{K0T} - 3C_{M0F}I_{K0F}$
که C_{M0F} و C_{M0F} به ترتیب فاکتورهای توزیع مولفه مستقیم و معکوس میباشند.

شکل ۲ دیاگرام شماتیکی شبکههای توزیع توالی صفر مولفههای خطا را نشان میدهد. فاکتورهای توزیع جریانهای توالی صفر مستقیم و معکوس به صورت زیر فرمول بندی شده است.



توزیع مولفه مستقیم توالی صفر ب) شبکه توزیع مولفه معکوس توالی صفر

$$\begin{cases} C_{M0T} = \frac{(1-D)(Z_0 + 3Z_{M0}) + 2Z_{NS0}}{2Z_{MS0} + Z_0 + 3Z_{M0} + 2Z_{NS0}} & (A) \\ C_{M0F} = 1 - D & (A) \\ c_{M0F} = I_{M10} & (A) \\ c_{M0F} = I_{M10} & (A) \\ c_{M0F} = I_{M10} & (A) \\ c_{M110} = I_{M10} & (A) \\ (A$$

سپس(۱۴) را به صورت زیر تغییر میدهیم

$$a_{2}b_{1}\cos(\beta+\theta) - a_{1}b_{3}\sin(\beta+\theta) = a_{1}b_{2} - a_{2}b_{1} \qquad (16)$$

$$\sin(r_{1} - (\beta+\theta)) = \sin r_{2} \qquad (17)$$

$$\sin r_{1} = \frac{a_{2}b_{1}}{\sqrt{(a_{2}b_{1})^{2} + (a_{1}b_{3})^{2}}}$$

$$\cos r_{1} = \frac{a_{2}b_{3}}{\sqrt{(a_{2}b_{1})^{2} + (a_{1}b_{3})^{2}}}$$

$$\sin r_{2} = (\frac{a_{3}b_{-a}}{\sqrt{(a_{3}b_{1})^{2} + (a_{1}b_{3})^{2}}}$$

$$\sin r_{2} = (\frac{a_{3}b_{-a}}{\sqrt{(a_{3}b_{1})^{2} + (a_{1}b_{3})^{2}}}$$

$$(17)$$

$$\sin(180 - r_{2}) = \sin r_{2} \qquad (17)$$

$$\sin(180 - r_{2}) = \sin r_{2} \qquad (18)$$

$$r_{1} = r_{1} - (180 - r_{2}) - \theta \qquad (18)$$

$$r_{1} = r_{1} - (180 - r_{2}) - \theta \qquad (18)$$

$$r_{1} = r_{1} - (180 - r_{2}) - \theta \qquad (18)$$

$$r_{2} = r_{1} - (180 - r_{2}) - \theta \qquad (18)$$

$$r_{2} = r_{1} - (180 - r_{2}) - \theta \qquad (18)$$

$$r_{2} = r_{1} - (180 - r_{2}) - \theta \qquad (18)$$

$$r_{2} = r_{1} - (180 - r_{2}) - \theta \qquad (18)$$

$$r_{2} = r_{1} - (180 - r_{2}) - \theta \qquad (18)$$

$$r_{2} = r_{1} - (180 - r_{2}) - \theta \qquad (19)$$

$$r_{2} = r_{1} - (180 - r_{2}) - \theta \qquad (19)$$

$$r_{1} = \sin^{-1} \left(\frac{a_{3}b_{1}}{\sqrt{(a_{5}b_{1})^{2} + (a_{1}b_{3})^{2}}}\right)$$

$$r_{1} = \sin^{-1} \left(\frac{a_{3}b_{1}}{\sqrt{(a_{5}b_{1})^{2} + (a_{1}b_{3})^{2}}}\right)$$

$$r_{2} = \sin^{-1} \left(\frac{a_{3}b_{1}}{\sqrt{(a_{5}b_{1})^{2} + (a_{1}b_{3})^{2}}}\right)$$

$$r_{2} = \sin^{-1} \left(\frac{a_{3}b_{1}}{\sqrt{(a_{5}b_{1})^{2} + (a_{1}b_{3})^{2}}}\right)$$

$$r_{2} = \sin^{-1} \left(\frac{a_{3}b_{1}}{\sqrt{(a_{5}b_{1})^{2} + (a_{1}b_{3})^{2}}}\right)$$

$$r_{3} = \sin^{-1} \left(\frac{a_{3}b_{1}}{\sqrt{(a_{5}b_{1})^{2} + (a_{1}b_{3})^{2}}}\right)$$

$$r_{3} = n + 1 \sum_{1} \sum_{1} \frac{a_{1}b_{2}}{\sqrt{(a_{5}b_{1})^{2} + (a_{1}b_{3})^{2}}}\right)$$

$$r_{3} = n + 1 \sum_{1} \sum_{1} \frac{a_{1}b_{2}}{\sqrt{(a_{5}b_{1})^{2} + (a_{1}b_{3})^{2}}}\right)$$

$$r_{3} = n + 1 \sum_{1} \sum_{1} \frac{a_{1}b_{1}}{\sqrt{(a_{5}b_{1})^{2} + (a_{1}b_{3})^{2}}}\right)$$

$$r_{3} = n + 1 \sum_{1} \sum_{1} \frac{a_{1}b_{2}}{\sqrt{(a_{2}b_{1})^{2} + (a_{1}b_{3})^{2}}}\right)$$

$$r_{3} = n + 1 \sum_{1} \sum_{1} \frac{a_{1}b_{2}}{\sqrt{(a_{2}b_{1})^{2} + (a_{1}b_{3})^{2}}}\right)$$

$$r_{3} = n + 1 \sum_{1} \sum_{1} \frac{a_{1}b_{2}}{\sqrt{(a_{2}b_{1})^{2} + (a_{1}b_{3})^{2}}}\right)$$

$$r_{3} = n + 1 \sum_{1} \sum_{1} \frac{a_{1}b_{2}}{\sqrt{(a_{2}b_{1})^{2} + (a_{1}b_{3})^{2}}}\right)$$

$$r_{3} = n + 1 \sum_{1} \sum_{1} \frac{a_{1}b_{2}}{\sqrt{(a_{2}b_{1})^{2} + (a_{1}b_{3})^{2}}}\right)$$

$$r_{3} = n + 1 \sum_{1} \sum_{1} \sum_{1} \frac{a_{1}b_{$$

 $Z_{MS1} = j6, Z_{MS0} = j7.8, m \div \left(\frac{Z_{MS1}}{Z_{NS1}}\right) = 0.1, n \div \left(\frac{Z_{MS1}}{Z_{NS1}}\right)$ $= 1, p \div \left(\frac{Z_{MS1}}{Z_{NS1}}\right) = 10$

www.SID.ir

بر

بر

به طور مشابه معادلات عملکرد برای راکتانسهای القایی تخمین زده شده برای انواع دیگر خطاهای بین مداری را میتوان بدست آورد. در فرمول بدست آمده (۱۲)، Umib و Imib را باید به ترتیب با جریان و ولتاژ فاز خطادار جایگزین کرد.

۴- مطالعات موردی

مدل شبیه سازی سیستم دو ماشینه معادل ۵۰۰ kv در شکل ۱ نشان داده شده است. از نرمافزار *PSCAD/EMTDC* برای شبیهسازی سیستم قدرت استفاده شده است. منبع *M* از منبع *N* به اندازه ۳۰ درجه (بار سنگین) و ۰ درجه (بی باری) جلوتر میباشد. خطاها در ۵٫۵ ثانیه اتفاق افتاده است. رابطه فوریه تمام سیکل به عنوان الگوریتم فیلتر با استفاده از نرخ نمونه گیری ۱۰۰ نمونه در هر سیکل (برای سیستم ۵۰ هرتز) استفاده شده است. معادله شده است. تنها مولفه فرکانس اصلی بررسی شده است. معادل ۲۰ محل خطا به کار میرود.

به منظور ارزیابی الگوریتم پیشنهاد شده، بعضی نتایج مقایسهای بین الگوریتم پیشنهاد شده و الگوریتم با جبران سازی جریان توالی صفر مستقیم خطوط انتقال موازی دو مداره یا الگوریتم سنتی بدون جبران سازی جریان توالی صفر خطوط انتقال موازی دو مداره انجام شده است.

الگوریتم با جبران سازی جریان توالی صفر مستقیم دو مداره به صورت زیر می باشد

$$X = imag\left(\frac{U_{MI\emptyset}}{I_{MI\emptyset} + K_0 I_{MI0} + K_0 I_{MII0}}\right)$$
 (۲۱)
الگوريتم سنتی بدون جبران سازی جريان توالی صفر دو مداره را می توان به صورت زير بيان کرد

(۲۲)
$$X = imag\left(\frac{U_{M10}}{I_{M10} + K_0I_{M10}}\right)$$
 (۲۲) شكل ۴ و ۵ نتايج مقايسه بين الگوريتم پيشنهاد شده و الگوريتم با جبران سازى جريان توالى صفر وقتى كه خطاى IBIICG مستقما زمين شده كه در دو محل مختلف اتفاق مىافتد را نشان مىدهد. وقتى فاز خطا انتخاب شود الگوريتم پيشنهاد شده راكتانس خطا را در ظرف ۲۰ ميلى ثانيه مىتواند محاسبه كند. مى توان ديد كه چند تخمين اوليه داراى خطا هستند چونكه پنجره داده عمدتا شامل داده هاى پيش از خطا هستند. وقتى كه پنجره داده با داده هاى بعد از خطا بر شود تخمين ها به تدريج پيشنهاد شده پيخره داده عدتا شامل داده هاى پيش از خطا هستند. وقتى كه پنجره داده با داده هاى بعد از خطا پر شود تخمين ها به تدريج بي مقدار راكتانس خطا را در ظرف ۲۰ ميلى ثانيه مىتواند محاسبه كند. مى توان ديد كه چند تخمين اوليه داراى خطا هستند چونكه معدور داده عمدتا شامل داده هاى پيش از خطا هستند. وقتى كه پنجره داده با داده هاى بعد از خطا پر شود تخمين ها به تدريج بي مقدار راكتانس خطاى واقعى مىرسد. جريان توالى صفر خطوط انتقال موازى براى جبران سازى اثر تزويج متقابل در اندازه گيرى به مقدار راكتانس القايى خط خطا دار در رابطه (۲۱) استفاده شده است. وقتى كه هر دو خط دو مداره در مدار باشند اندازه گيرى ديرى راكتانس القايى خط خطا دار در رابطه (۲۱) استفاده شده است. وقتى كه هر دو خط دو مداره در مدار باشند اندازه گيرى ديرى راكتانس القايى خط خطا دار در رابطه انتقال موازى خطوط خطا دار هميشه درست خواهد بود.بنابراين الگوريتم با جبران سازى جريان باري سازى ميري ن يوالى صفر كاملا جبران شده خطوط انتقال موازى خطوط خطا دار هميشه درست خواهد بود.بنابراين الگوريتم با جبران سازى جريان سازى جريان توالى صفر كاملا جبران شده معاورى دو مداره مى تواند راكتانس خطاى دقيق را محاسبه كند. همان طورى به در شكل ۴ و ۵ نشان داده شده است مكان هندسى الگوريتم پيشنهاد شده به مكان هندسى الگوريتم با جبران سازى جريان عور م حر من خلوط انتقال موازى دو مداره در محل هاى خطول مخطوط ناندى مى ماه در مي مام خطوط انتقال موازى دو مداره دره مى مى خطوط انتقال موازى دو مداره در محل هاى خطاى مختلف نزديك مى باشد. نتاي مى مىد خلو دا مدان مازى مى خلول انتقال موازى دو مداره دره مى مى خطوط انتقال موازى دو مداره دره مى مى خطوط انتقال موازى دو مداره در محل هاى خطاى مخلوم نزديك مى باشد. نديكم به



شکل ۴ راکتانس خطای تخمین زده شده تحت خطای مستقیم *IBIICG* با محل خطای *IA۰ km* از شین *M*

خطای ماکزیمم الگوریتم پیشنهاد شده کمتر از ۳ درصد در شکل ۵ میباشد. خطاها بخاطر این است که فرض شده سیستم کاملا از مولفههای القایی تشکیل شده و امپدانس های منبع اثر کم اهمیتی بر فاکتورهای توزیع جریان دارد اما مقدار ماکزیمم کمتر از ۳ درصد قابل قبول میباشد. شبیه سازی در شکل ۵ نشان میدهد که هر دو الگوریتم از پیش بیان شده، وقتی که پوشش زون ۸۵ درصد زون اول است میتواند به درستی عمل کند. بنابراین الگوریتم پیشنهاد شده میتواند دقت رله دیستانس زون اول تحت خطاهای بین مداری مستقیما زمین شده را بر آورده کند.

جریان توالی صفر خطوط انتقال موازی همیشه برای رله در عمل در برخی موارد قابل دسترسی نمیباشد. الگوریتم سنتی بدون جبران سازی جریان توالی صفر دو مداره بسته به جهت نسبی جریان توالی صفر خطوط انتقال موازی ممکن است اضافه برد یا کاهش برد پیدا کند. برای تایید الگوریتم پیشنهاد شده ، مقایسهی بین الگوریتم پیشنهاد شده و الگوریتم سنتی بدون جبران سازی جریان توالی صفر خطوط انتقال موازی دو مداره در دو وضعیت متداول انجام شده است شکل ۶ مقایسه بین الگوریتم پیشنهاد شده و الگوریتم سنتی بدون جبران سازی جریان توالی صفر خطوط انتقال موازی دو محالی



M از منبع N جلوتر می باشد) δ =۳۰ (بار سنگین ، منبع M از منبع N جلوتر می باشد) تحت وضعیتهای خطای مختلف شبیه سازی شدند. همان طوری که در شکل β نشان داده شده، خطاهای تخمین زده الگوریتم پیشنهاد شده کوچکتر از الگوریتم سنتی میباشد. رله با الگوریتم پیشنهاد شده میتواند به درستی در این وضعیت عمل کند در حالی که رله با الگوریتم سنتی ممکن است اضافه برد پیدا کند.

مقاومت خطا بین فازهای تحت خطا در عمل کوچک است اما مقاومت زمین ممکن است بزرگ باشد. شبیه سازی تحت وضعیتهای حدی $\delta = 0$ و R_f برابر صفر و R_s بین ۰-۳۰۰ انجام شده است. خطاهای تخمین زده شده سه الگوریتم در شکل ۷ نشان داده شده است.



شکل ۶ خطاهای راکتانس خطا تخمین زده شده تحت خطای مستقيم BIICG با وضعيت δ =٣٠ تحت محل هاى خطاى مختلف



(راكتانس واقعی خط) E =
$$\frac{X - X_{actual}(I)}{X_1}$$

بر طبق شكل ۷ میتوان دید که خطای تخمین زده شده الگوریتم پیشنهاد شده کوچک میباشد. وقتی که مقاومت زمین کوچک
باشد الگوریتم پیشنهاد شده نسبت به الگوریتم سنتی برتری دارد. بنابراین استفاده از الگوریتم پیشنهاد شده عملکرد حفاظت

۵- مطالعه حساسیتها

(۳۳)

برای بدست آوردن رابطه (۲۰) فرض شده است که دو خط کاملا جابجایی فاز شده و خطای بین مداری مستقیما زمین شده رخ داده است. چون که در عمل این چنین حالت ایده آلی وجود ندارد، بنابراین ضروری است که حساسیت الگوریتم بررسی شده را نسبت به خطای ناشی از این پارامترها بررسی کنیم.

۵-۱ تاثیر فاکتورهای توزیع جریان

دیستانس خطوط انتقال موازی دو مداره را بهبود میدهد.

لازم است که در الگوریتم بررسی شده، فاکتور توزیع جریان C_{M0T} در رابطه (۹) یک عدد حقیقی باشد. دست یافتن به عدد حقیقی همیشه امکانپذیر نمیباشد چون که بسته به پارامترهای خط انتقال و سیستم، فاز فاکتور توزیع جریان (\emptyset) در حدود خاصی تغییر می کند. تغییرات زاویه Ø در محلهای خطای مختلف در شکل ۸ نشان داده شده است.



شکل۸ تغییرات Ø به عنوان تابع محل خطا برای دو نسبت امپدانس منبع به خط Z₁₅₀ = Z₂₅₀

شکل ۸ تغییرات زاویه \emptyset در مقابل محلهای خطای مختلف برای دو نسبت امپدانس منبع به خط حدی را نشان می دهد. همان طوری که در شکل ۸ نشان داده شده است مقدار ماکزیمم زاویه فاز \emptyset تنها ۳/۹۲ (خط صاف) می باشد، که مربوط به محل خطای نزدیک به انتهای خط انتقال می باشد. این مقدار خطا، باعث می شود که ماکزیمم خطای تخمین زده شده به مقدار ۲-در صد برسد (متناظر با نقطه در انتهای خط شکل ۷ می باشد). تغییرات زاویه G_{M0T} در شکل ۸ خیلی کوچک می باشد، که اثر قابل اغماضی بر راکتانس خطای تخمین زده شده دارد، همان طوری که در شکل ۶ مشاهده می شود.

۵-۲ تاثیر مقاومتهای خطا

در الگوریتم بررسی شده، در حین بدست آوردن رابطه (۱) و (۲) مقاومت خطا در نظر گرفته شده است. در شکل ۴ و ۵ میتوان مشاهده کرد وقتی که خطای بین مداری مستقیما زمین شده اتفاق میافتد، الگوریتم بررسی شده عملکرد خوبی از خود نشان میدهد.

شکلهای ۶ و ۷ نشان میدهند که الگوریتم بررسی شده عملکرد خوبی نسبت به الگوریتم سنتی بدون جبرانسازی جریان توالی صفر خطوط موازی برای خطای بین مداری زمین شده با مقاومتهای بالا دارد.

۵-۳ تاثیر وضعیت جابجایی فاز خط

در الگوریتم بررسی شده، فرض شده است که خطوط انتقال موازی دو مداره کاملاً جابجایی فاز شده و سه فاز دو خط متقارن میباشند. اگر خطوط کاملاً جابجایی فاز نشده باشند، امپدانسهای توالی به هندسه خط بستگی خواهند داشت و تاثیر متقابل خطوط نامتقارن را نمیتوان کاملاً از طریق روش مولفه متقارن حذف کرد. اگر بهجای پارمترهای خط جابجایی فاز شده، از پارمترهای خط جابجایی فاز نشده در الگوریتم بررسی شده استفاده شود باعث بوجود آمدن مقداری خطا در الگوریتم بررسی شده میشود. پیکربندی ساختار برج برای خطوط انتقال ۵۰۰ kV در شکل ۹ ارائه شده است. طول خط ۱۵۰ کیلومتر فرض شده است. برای رله دیستانس که حدود تنظیمات زون اول ۸۰ تا ۹۰ درصد طول خط مورد حفاظت می باشد، معمولا مورد انتظار است که خطا نزدیک مرز زون اول، کمتر از ۵± درصد باشد (Xu, 2007) . شکل ۱۰ نشان می دهد وقتی که محل خطا نزدیک انتهای زون اول (۱۲۷/۵ کیلومتر) باشد خطای، راکتانس خطای تخمین زده شده کمتر از ۵ درصد می باشد.



شکل ۱۰ خطای، راکتانس خطای تخمین زده شده با به کار بردن الگوریتم بررسی شده برای خطوط جابجایی فاز شده و نشده

۶- نتیجه گیری

عملکرد رلههای دیستانس متداول خطوط انتقال موازی دو مداره به طور نامطلوبی بخاطر تزویج متقابل بین خطوط، مخصوصاً برای خطاهای بین مداری تحت تاثیر قرار می گیرد. رله دیستانس متداول بدون در نظر گرفتن جبران سازی جریان توالی صفر خطوط خطوط انتقال موازی دو مداره ممکن است اضافه برد داشته باشد. الگوریتم جدید رله گذاری دیستانس زون اول برای خطاهای بین مداری زمین شده در این مقاله پیشنهاد شده است. جریان توالی صفر خط مجاور در محل رله بوسیله جریان توالی صفر خط مورد نظر با استفاده از روش مولفه متقارن خطوط انتقال موازی دو مداره بیان شد. دقت الگوریتم پیشنهاد شده تحت همه نوع وضعیت های خطا بررسی شده است. نتایج شبیه سازی نشان میدهد که الگوریتم پیشنهاد شده به خوبی الگوریتم با جبران سازی جریان توالی صفر مستقیم دو مداره میباشد. در حالی که عملکرد بهتری در مقایسه با الگوریتم سنتی بدون جبران سازی جریان توالی صفر خطوط انتقال موازی دو مداره بیان شد. دقت الگوریتم پیشنهاد

۷- مراجع

Y. Liao and S. Elangovan. (1998). "Digital distance relaying algorithm for first zone protection for parallel transmission lines," *Proc. Inst. Elect. Eng., Gen. Transm. Distrib.*, vol. 145, no. 5, pp. 531–536, Sep.

B. R. Bhalja and R. P. Maheshwari. (2007) "High-resistance faultson two terminal parallel transmission line: Analysis, simulation studies, and an adaptive distance relaying scheme," *IEEE Trans. Power Del.*,vol.22, no. 2, pp. 801–812, Apr.

S. H. Horowitz and A. G. Phadke.(1992) *Power System Relaying*. Taunton, U.K.: Research Studies Press, pp. 120–121.

A. G. Jongepier and L. van der Sluis.(1994) "Adaptive distance protection of a double circuit line," *IEEE Trans. Power Del.*, vol. 9, no.3,pp.1289–1297, Jul..

P. G. McLaren, I. Fernando, H. Liu, E. Dirks, G. W. Swift, and C.Steele. (1997) "Enhanced double circuit line protection," *IEEE Trans.Power Del.*, vol. 12, no. 3, pp. 1100–1108, Jul.

A. G. Phadke and J. H. Lu, (1985) "A new computer based integrated distance relay for parallel transmission lines," *IEEE Trans Power App.Syst.*, vol.PAS-104, no. 2, pp. 445–452, Feb.

M. I. Gilany, O. P. Malik, and G. S. Hope. (1992) "A digital technique for parallel transmission lines using a single relay at each end," *IEEE Trans. Power Del.*, vol. 7, no. 1, pp. 118–123, Jan.

Q. C. Zhang, Y. Zhang, W. N. Song, Y. X. Yu, and Z. G. Wang.(1999)" Fault location of two-parallel transmission line for non-earth fault using one terminal data," *IEEE Trans. Power Del.*, vol.14,no.3,pp.863–867,Jul.

H. Khorashadi-Zadeh. (2004) "Artificial neural network approach to fault classification for double circuit transmission lines," in *Proc. IEEE Power Eng. Sox. Transmiss. Distribution Conf. Expo.: Latin America*, pp. 859–862.

Yoshihide.Hase. (2007) "Handbook of power system engineering," John Wiley & sons,Ltd.

Z. Y. Xu, S. F. Huang, L. Ran, J. F. Liu, Q. X. Yang, and J. L. He. (2008) "A distance relay for a 1000-kV UHV transmission line," IEEE Trans.Power Del., vol. 23, no. 4, pp. 1795–1804, Oct.