

فاصله یابی خطا در خطوط انتقال نیرو با سه پایانه

عبداله کامیاب^۱ جواد ساده^۱ محمد حسین جاویدی^۱
(۱) گروه برق، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران
(۲) معاونت بهره برداری، برق منطقه‌ای خراسان مشهد، ایران

واژه های کلیدی: الگوریتم فاصله یابی خطا، خطوط با سه پایانه، فاصله یاب خطا، مدل خط انتقال در حوزه زمان

چکیده:

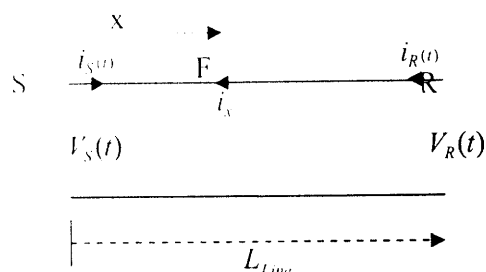
روشهای فاصله یابی خطا با استفاده از ولتاژها و جریانهای یک طرف خط انتقال برای سیستمهای با سه پایانه و بیشتر کاربردی ندارد. تاکنون روشهای مختلفی جهت حل مسئله فاصله یابی خطا در خطوط با چند پایانه ارائه شده که عمدتاً از مدل های فشرده و یا مدل گسترده حوزه فرکانس خط انتقال استفاده شده است. در این مقاله روشی برای فاصله یابی محل خطا و تعیین بخش خطدار خط انتقال با استفاده از مدل گسترده خط انتقال در حوزه زمان ارائه شده است که در آن پنجره اطلاعاتی مورد نیاز برای اجرای الگوریتم، پنجره ای کوتاهتر از نیم سیکل میباشد. در این روش اطلاعات همزمان هر سه پایانه برای اجرای الگوریتم مورد نیاز است. این روش به مقاومت خطا وابسته نبوده و زاویه شروع خطا، جریان بار و امپدانس منابع تاثیر کمی روی دقت آن دارند. جهت تشریح اصول روش فاصله یابی خطا ابتدا خط انتقال با دو پایانه (خط انتقال معمولی) در نظر گرفته شده و سپس به شبکه های با سه پایانه تعمیم داده شده است. صحت و دقت روش پیشنهادی به کمک شبیه سازی یک سیستم قدرت ساده توسط نرم افزار EMTP تایید گردیده است.

(۱) مقدمه:

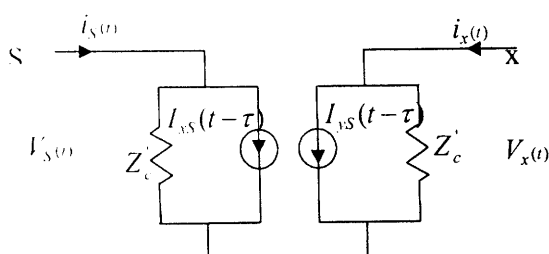
خطوط انتقال نیرو مانند همه تجهیزات دیگر سیستم قدرت در معرض انواع خطاها قرار دارند. شایع ترین نوع خطا روی خطوط انتقال نیرو اتصال کوتاه هائی هستند که به دلایل مختلف بوجود می آیند. پس از بروز اتصال کوتاه و قطع خط توسط رله های حفاظتی، مسئله به سرویس برگرداندن مجدد خط به میان می آید. به دلیل اینکه خطوط انتقال نیرو در مسیرهای طولانی گسترده شده اند، جهت تعیین محل خطا در صورت استفاده از روشهای گشت زنی به زمان زیادی نیاز خواهیم داشت. لذا به کارگیری روشی و یا استفاده از دستگاههایی که بتوان محل خطا را با سرعت و دقت کافی تعیین نمود، ضروری به نظر میرسد. این وسایل را فاصله یابهای خطا و الگوریتمهای استفاده شده در آنها را الگوریتمهای فاصله یابی خطا می نامند. تاکنون الگوریتمهای زیادی برای فاصله یابی خطا ارائه شده که در آنها از اطلاعات یک طرف و یا طرفین و مدلهای مختلف خط انتقال استفاده شده است. روشهای فاصله یابی خطا که از اطلاعات ولتاژها و جریان های یکطرف خط انتقال استفاده می کنند، در خطوط انتقال با انشعابهای میانی کاربرد ندارد. جهت حل مسئله

(۲) مدل گسترده خط انتقال در حوزه زمان [۶]

شکل (۱) مدل خط انتقال تکفاز با پارامترهای گسترده را نشان می دهد.



شکل (۱): خط انتقال با پارامترهای



شکل (۲): مدل گسترده بخش SF

در این شکل S و R پایانه های خط انتقال و F نقطه دلخواه از خط به فاصله x از پایانه S می باشند. مدل گسترده بخش SF در شکل (۲) نشان داده شده است. از شکل (۲) معادلات زیر را میتوان بدست آورد.

$$i_S(t) = \frac{1}{Z_c} V_S(t) + I_{XS}(t-\tau) \quad (1)$$

$$i_X(t) = \frac{1}{Z'_c} V_X(t) + I_{XS}(t-\tau) \quad (2)$$

در معادلات فوق منابع جریان وابسته I_{XS} و I_{XS} به صورت زیر تعریف می شوند:

$$I_{XS}(t-\tau) = \frac{R'}{Z_c^2} [V_S(t-\tau) + Z_c'' i_S(t-\tau)] - \frac{Z_c}{Z_c^2} [V_X(t-\tau) + Z_c'' i_X(t-\tau)] \quad (3)$$

فاصله یابی خطا در این خطوط روش های مختلفی ارائه شده که در آنها عمدتاً از مدل های فشرده و مدل گسترده خط انتقال در حوزه فرکانس استفاده شده است [۱-۴]. به عنوان مثال آقای A.Girgis در مرجع [۱] برای حل مسئله فاصله یابی خطا در خطوط انتقال با سه پایانه روشی ارائه نموده که در آن اطلاعات همزمان و غیر همزمان پایانه ها بکار گرفته شده است. در مرجع [۲] جهت حل مسئله فاصله یابی خطا در خطوط دو مداره با سه پایانه، اختلاف جریانهای متناظر دو مدار به عنوان داده های ورودی استفاده شده است. در روش اخیر از مدل فشرده خط انتقال استفاده شده است. آقای Ying-Hong Lin [۳] با استفاده از اطلاعات دو پایانه و با فرض تولید در پایانه سوم و استفاده از مدل گسترده خط انتقال در حوزه فرکانس روشی را برای فاصله یابی خطا در خطوط انتقال با سه پایانه پیشنهاد داده است. همچنین در مرجع [۴] با استفاده از اطلاعات هر سه پایانه و مدل گسترده حوزه فرکانس، روش ارائه شده در مرجع [۵] را جهت فاصله یابی خطا به خطوط انتقال با سه پایانه تعمیم داده است. الگوریتمهایی که در آنها جهت فاصله یابی خطا در خطوط انتقال نیرو از مدل فشرده خط انتقال استفاده کرده اند در خطوط متوسط و بلند دارای انشعاب به دلیل صرف نظر از اثر خازنی خط دارای دقت کافی نمی باشند. همچنین در روشهایی که از مدل گسترده خط انتقال در حوزه فرکانس استفاده میکنند به دلیل نیاز به محاسبه فازورهای ولتاژ و جریان که احتمال خطا در محاسبه آن وجود دارد باعث بروز خطاهایی در تعیین فاصله تا محل خطا در خطوط انتقال نیرو می شود. در این مقاله با استفاده از مدل گسترده خط انتقال در حوزه زمان روشی برای فاصله یابی خطا در خطوط انتقال با سه پایانه ارائه شده است. این روش از اطلاعات ولتاژها و جریانهای همزمان هر سه پایانه که توسط ماهواره و GPS محقق میشود به عنوان داده های ورودی استفاده میکند. از مشخصات دیگر الگوریتم پیشنهادی پنجره اطلاعاتی مورد نیاز آن است که کمتر از نیم سیکل میباشد و به دلیل استفاده از مدل گسترده خط انتقال در حوزه زمان دقت الگوریتم بیشتر میشود.

$$F(V_S, i_S, V_R, i_R, t, \tau) = 0 \quad (7)$$

تابع F به صورت زیر تعریف میشود:

$$\begin{aligned} F = & (Z_c' [V_S(t+\tau) - Z_c' i_S(t+\tau)] \\ & + Z_c' [V_S(t-\tau) + Z_c' i_S(t-\tau)] \\ & - Z_{rc}' R' / 4 [R' / 2 Z_c' V_S(t) + 2 Z_c' i_S(t)] \\ & - (Z_{rc}' [V_R(t+T-\tau) - Z_{rc}' i_R(t+T-\tau)] \\ & + Z_{rc}' [V_R(t-T+\tau) + Z_{rc}' i_R(t-T+\tau)] \\ & - Z_{rc}' R' / 4 [R' / 2 Z_c' V_R(t) + 2 Z_c' i_R(t)]) / 2 Z_c'^2 \quad (8) \end{aligned}$$

فاصله تا محل خطا (X) در معادله (۸) نه تنها در زمان سیر موج τ نهفته است بلکه در متغیرهای Z_c' و Z_{rc}' نیز بطور صریح وجود دارد. برای محاسبه محل خطا ابتدا معادله فوق گسسته سازی شده و سپس با حل مسئله بهینه سازی زیر محل خطا تعیین میگردد.

$$\text{Min } obj(m) = \text{Min} \sum_k F^2(V_S, i_S, V_R, i_R, k, m) \quad (9)$$

$$m \Delta t = \tau \text{ و } k \Delta t = t$$

$$\text{زمان نمونه برداری} : \Delta t$$

$$\text{اعداد صحیح دلخواه} : m, k$$

۲-۳) خطاهای نامتقارن

۱-۲-۳) تبدیل مودال

با تعریف مناسب تابع F برای اتصال کوتاههای نامتقارن و حل مسئله بهینه سازی بدست آمده محل خطا را میتوان بدست آورد. در خطاهای نامتقارن معادلات وابسته در حوزه فاز به کمک تبدیل مودال به معادلات مستقل در حوزه مودال تبدیل می شوند [۸]. برای هر مود، معادلات مربوط به فاصله یابی خطا را نوشته و تابع F را متناسب با نوع اتصال کوتاه تعریف میکنیم.

برای خطوط جابجاشده تبدیل زیر که به تبدیل کلارک معروف است [۸] جهت تغییر حوزه از زمان به مودال و بدست آوردن معادلات مستقل استفاده می شود:

$$\begin{aligned} I_{xS}(t-\tau) = & \frac{R'/4}{Z_c'^2} [V_x(t-\tau) + Z_c' i_x(t-\tau)] \\ & - \frac{Z_c'}{Z_c'^2} [V_S(t-\tau) + Z_c' i_S(t-\tau)] \quad (4) \end{aligned}$$

در این معادلات داریم:

$$\tau : \text{زمان سیر موج از S به F}$$

$$Z_c' : \text{امپدانس مشخصه خط}$$

$$R' : \text{مقاومت خط از S تا F}$$

$$Z_c' = Z_c + \frac{R'}{4}$$

$$Z_c'' = Z_c - \frac{R'}{4}$$

۳) مرور فاصله یابی خطا در خطوط انتقال با دو پایانه [۷]

۱-۳) خطاهای سه فاز متقارن

با حذف i_x از معادلات (۱) تا (۴) رابطه زیر بدست می آید.

$$\begin{aligned} V_x(t) = & (Z_c'^2 [V_S(t+\tau) - Z_c' i_S(t+\tau)] \\ & + Z_c'^2 [V_S(t-\tau) + Z_c' i_S(t-\tau)] \\ & - \frac{Z_c' R'}{4} \left[\frac{R'/2}{Z_c'} V_S(t) + 2 Z_c' i_S(t) \right]) / 2 Z_c'^2 \quad (5) \end{aligned}$$

به روش مشابه ولتاژ نقطه خطا بر حسب تابعی از ولتاژ و جریان طرف R بدست می آید.

$$\begin{aligned} V_x(t) = & (Z_{rc}'^2 [V_R(t+T-\tau) - Z_{rc}' i_R(t+T-\tau)] + \\ & Z_{rc}'^2 [V_R(t-T+\tau) + Z_{rc}' i_R(t-T+\tau)] \\ & - \frac{Z_{rc}' R'}{4} \left[\frac{R'/2}{Z_{rc}'} V_R(t) + 2 Z_{rc}' i_R(t) \right]) / 2 Z_{rc}'^2 \quad (6) \end{aligned}$$

پارامترها در معادلات فوق به صورت زیر تعریف میشوند:

$$T : \text{به F زمان انتشار موج از S}$$

$$R' : \text{مقاومت خط از F تا R}$$

$$Z_{rc}' = Z_c + R' / 4$$

$$Z_{rc}' = Z_c - R' / 4$$

به دلیل پیوستگی ولتاژ در طول خط انتقال باترکیب

معادلات (۵) و (۶) رابطه زیر به دست می آید:

در معادلات بالا داریم: $m = 0, 1, 2$

در بخش بعد معادلات لازم برای اتصال کوتاه نامتقارن به تفکیک آورده شده است.

۳-۲-۲) اتصال کوتاه تکفاز به زمین:

در اتصال کوتاه تکفاز به زمین جهت محاسبه فاصله تا محل خطا روابط زیر را داریم:

$$V_{sS}^{(a)} = V_{sS}^{(0)} + V_{sS}^{(1)} + V_{sS}^{(2)} \quad (16)$$

$$I_{sR}^{(a)} = I_{sR}^{(0)} + I_{sR}^{(1)} + I_{sR}^{(2)} \quad (17)$$

با ترکیب معادلات فوق به روابط زیر میرسیم:

$$V_{sS}^{(a)} = V_{sR}^{(a)} \quad (18)$$

$$F = I_{sS}^{(0)} + I_{sS}^{(1)} + I_{sS}^{(2)} - (I_{sR}^{(0)} + I_{sR}^{(1)} + I_{sR}^{(2)}) = 0 \quad (19)$$

$$F(I_{sS}^{(0)}, I_{sS}^{(1)}, I_{sS}^{(2)}, I_{sR}^{(0)}, I_{sR}^{(1)}, I_{sR}^{(2)}, t, \tau_0, \tau) = 0 \quad (20)$$

با گسسته سازی معادله (۲۰) و به کمک حل مسئله بهینه سازی پیشنهادی مکان خطا بدست می آید.

۳-۲-۳) اتصال کوتاه دو فاز:

با استفاده از معادلات خط انتقال در حوزه مودال برای اتصال کوتاه دوفاز معادله نهائی برای حل مسئله فاصله یابی خطا به صورت زیر بدست می آید:

$$F = I_{sS}^{(1)} - I_{sS}^{(2)} - (I_{sR}^{(1)} - I_{sR}^{(2)}) = 0 \quad (21)$$

$$F(I_{sS}^{(1)}, I_{sS}^{(2)}, I_{sR}^{(1)}, I_{sR}^{(2)}, t, \tau) = 0 \quad (22)$$

با گسسته سازی رابطه (۲۲) و حل آن به کمک روش بهینه سازی فاصله تا محل خطا بدست می آید.

۴) بکارگیری روش فاصله یابی خطا در شبکه های انتقال با سه پایانه (با انشعاب میانی)

جهت اعمال الگوریتم به خطوط با سه پایانه شکل (۳) را در نظر میگیریم. شرایط مختلف خطا در شکلهای ۳-الف، ۳-ب و ۳-ج نشان داده شده است.

$$[M]^{-1} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}, [M] = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & 1 \\ 1 & 1 & -2 \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$VI_{012}(t) = [M]^{-1} VI_{abc} \quad (11)$$

در معادله (۱۱) VI_{012} و VI_{abc} توسط معادلات زیر تعریف میشوند:

$$VI_{abc} = [VI_a \quad VI_b \quad VI_c]^T$$

$$VI_{012} = [VI_0 \quad VI_1 \quad VI_2]^T \text{ و}$$

که VI میتواند بردار ولتاژ یا جریان باشد و T عملگر ترانسپوز میباشد. به کمک معادلات (۱۰) و (۱۱) می توان روابط زیر را نوشت:

$$VI_0(t) = (VI_a(t) + VI_b(t) + VI_c(t))/3$$

$$VI_1(t) = (VI_a(t) - VI_b(t))/3 \quad (11)$$

$$VI_2(t) = (VI_a(t) - VI_c(t))/3$$

همچنین میتوان نوشت:

$$VI_a(t) = (VI_0(t) + VI_1(t) + VI_2(t))$$

$$VI_b(t) = (VI_0(t) - 2VI_1(t) + VI_2(t)) \quad (12)$$

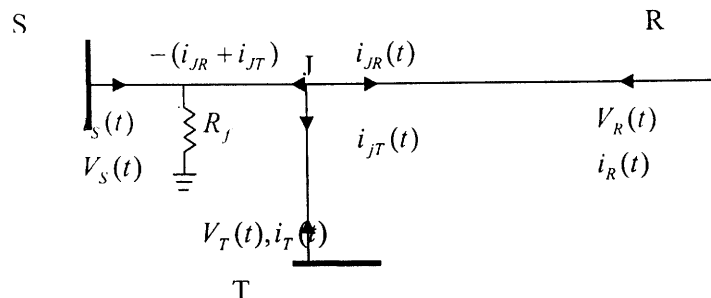
$$VI_c(t) = (VI_0(t) + VI_1(t) - 2VI_2(t))$$

هر معادله مستقل در حوزه مودال از هر نظر مشابه معادله خط انتقال تکفاز میباشد [۹]. بنابراین میتوان معادلات (۵) و (۶) را در حوزه مودال به صورت زیر تعریف کرد:

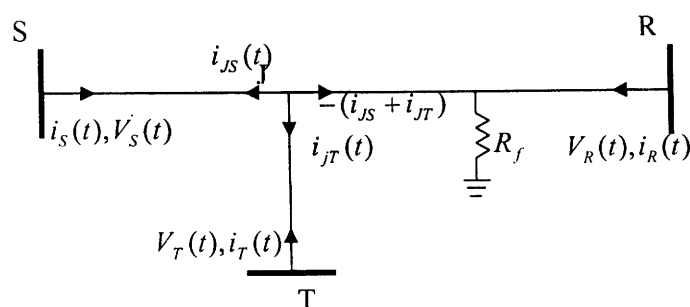
$$V_{sS}^{(m)}(t) = (Z_{cm}' [V_S^{(m)}(t + \tau_m) - Z_{cm}' (i_S^{(m)} + \tau_m)] + Z_{cm}'' [V_S^{(m)}(t - \tau_m) + Z_{cm}'' i_S^{(m)}(t - \tau_m)] - \frac{Z_{cm}' R_m'}{4} \left[\frac{R_m'/2}{Z_{cm}'} V_S^{(m)}(t) + 2Z_{cm}'' i_S^{(m)}(t) \right]) / 2Z_{cm}^2 \quad (13)$$

همچنین به طریق مشابه داریم:

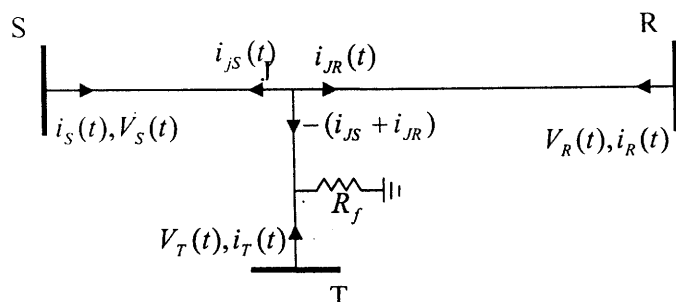
$$V_{sR}^{(m)}(t) = (Z_{rcm}^{*2} [V_R^{(m)}(t + T_m - \tau_m) - Z_{rcm}' i_R^{(m)}(t + T_m - \tau_m)] + Z_{rcm}^{*2} [V_R^{(m)}(t - T_m + \tau_m) + Z_{rcm}^{(m)} i_R^{(m)}(t - T_m + \tau_m)] - \frac{Z_{rcm}' R_{rm}'}{4} \left[\frac{R_{rm}'/2}{Z_{rcm}'} V_R^{(m)}(t) + 2Z_{rcm}'' i_R^{(m)}(t) \right]) / 2Z_{cm}^2 \quad (14)$$



شکل (۳-الف) خطا در بخش (S-J)



شکل (۳-ب) خطا در بخش (R-J)



شکل (۳-ج) خطا در بخش (T-J)

شکل (۳): مکانهای مختلف خطا

زمان بدون توجه به وقوع خطا بدست میاوریم
سیس توابع معیار زیر را تعریف
میکنیم:

$$X_1 = \int |V_J^{(S)}(t) - V_J^{(R)}(t)| dt \quad (23)$$

$$X_2 = \int |V_J^{(S)}(t) - V_J^{(T)}(t)| dt \quad (24)$$

$$X_3 = \int |V_J^{(R)}(t) - V_J^{(T)}(t)| dt \quad (25)$$

فاصله یابی خطا در خطوط انتقال با سه پایانه به دوبخش به
شرح زیر تقسیم بندی می شود:

۱- تعیین بخش خطا دار

۲- تعیین فاصله تا محل خطا

برای تعیین بخش خطا دار ابتدا ولتاژ نقطه انشعاب (J) را

به کمک مدل گسترده خطوط S-J و R-J و T-J در حوزه

$$Z'_{cJS} = Z_c + R_{JS}/4$$

$$Z''_{cJS} = Z_c - R_{JS}/4$$

جهت محاسبه جریان $i_{JR}(t)$ جریانهای $i_{JS}(t)$ و $i_{JT}(t)$ را با استفاده از مدل گسترده حوزه زمان خطوط سالم T-J و S-J توسط روابط زیر محاسبه مینماییم:

$$i_{JS}(t) = (Z'_{cJS}[V_S(t+T_2) - Z'_{cJS}i_{JS}(t+T_2)] - Z''_{cJS}[V_S(t-T_2) + Z''_{cJS}i_{JS}(t-T_2)] - \frac{R_{JS}}{4}[2V_S(t) + \frac{R_{JS}}{2}i_{JS}(t)]) / 2Z_c^2 \quad (27)$$

$$i_{JT}(t) = (Z'_{cJT}[V_T(t+T_3) - Z'_{cJT}i_{JT}(t+T_3)] - Z''_{cJT}[V_T(t-T_3) + Z''_{cJT}i_{JT}(t-T_3)] - \frac{R_{JT}}{4}[2V_T(t) + \frac{R_{JT}}{2}i_{JT}(t)]) / 2Z_c^2 \quad (28)$$

زمان سیر موج از T به J : T_3
مقاومت بخش T-J : R'_{JT}

$$Z'_{cJT} = Z_c + R_{JT}/4$$

$$Z''_{cJT} = Z_c - R_{JT}/4$$

باتوجه به مراحل طی شده در بالا شبکه با سه پایانه شکل (۳) به شبکه با دو پایانه شکل (۴) تبدیل میشود:

بین متغیرهای فوق متغیری که حداقل مقدار را دارد تعیین و پایانه ای که در تابع معیار مربوط به آن وجود ندارد را به عنوان بخش خطا دار در نظر میگیریم. فرض کنید X_1 حداقل مقدار را دارا باشد در اینصورت خطا در بخش T-J رخ داده است.

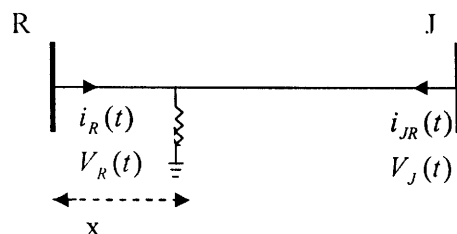
این روش در شرایط مختلف بررسی و نتایج رضای بخشی در تعیین بخش خطا دار داشته است.

برای تعیین فاصله تا محل خطا پس از تعیین بخش خطادار با تبدیل شبکه با سه پایانه به شبکه با دو پایانه عملیات فاصله یابی را ادامه میدهیم. برای توضیح بیشتر فرض کنید که خطا در بخش R-J اتفاق افتاده باشد. ابتدا ولتاژ نقطه J را با استفاده از مدل گسترده خط انتقال J-T یا J-S محاسبه میکنیم. به عنوان نمونه در صورتی که بخواهیم ولتاژ نقطه انشعاب را به کمک اطلاعات بخش S-J محاسبه کنیم رابطه زیر را خواهیم داشت:

$$V_{JS}(t) = (Z'_{cJS}[V_S(t+T_2) - Z'_{cJS}i_{JS}(t+T_2)] + Z''_{cJS}[V_S(t-T_2) + Z''_{cJS}i_{JS}(t-T_2)] - \frac{Z'_{cJS}}{4}[\frac{R_{JS}}{2}V_S(t) + 2Z''_{cJS}i_{JS}(t)]) / 2Z_c^2 \quad (26)$$

پارامترها بصورت زیر تعریف میشوند:

زمان سیر موج از S به J : T_2
مقاومت بخش S-J : R'_{JS}

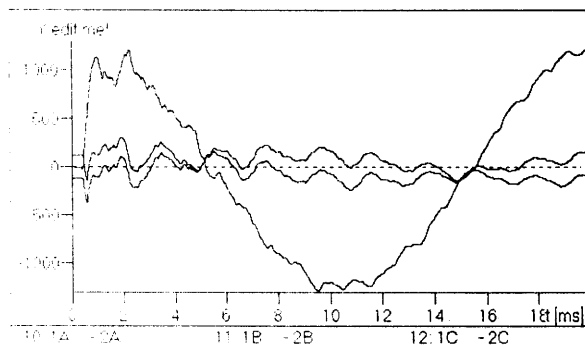


شکل (۴) : شبکه دوپایانه معادل با شبکه با سه پایانه

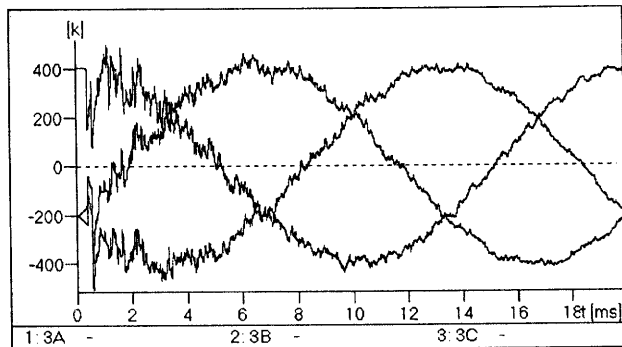
(۵) ارزیابی روش پیشنهادی

در این بخش برای اطمینان از صحت و دقت روش پیشنهادی، شبیه‌سازیهای انجام شده بر روی سیستم قدرت ساده‌ای که در قسمت ضمیمه معرفی شده ارائه شده است. خطای تک‌فاز به زمین (SLG) در نقطه دلخواهی از فاز (a) در بخش (S-J) از سیستم در فاصله $x = 100 \text{ km}$ از پایانه S رخ داده است. ولتاژها و جریانهای پایانه‌های S و R و T به ترتیب در شکل‌های (۵) و (۶) و (۷) نشان داده شده است. زاویه شروع خطا نود درجه و مقاومت خطا ۱۰۰ اهم فرض شده است.

که در آن $i_{JR}(t) = -(i_{JS}(t) + i_{JT}(t))$ است و $i_{JS}(t)$ و $i_{JT}(t)$ از روابط (۲۷) و (۲۸) تعیین میشوند. در این مرحله با استفاده از الگوریتم فاصله‌یابی خطا جهت خطوط با دو پایانه (روابط (۷) و (۸)) محل خطا مشخص میشود. روش مشابهی را میتوان برای وقوع خطا در بخشهای S-J و T-J بکار برد.

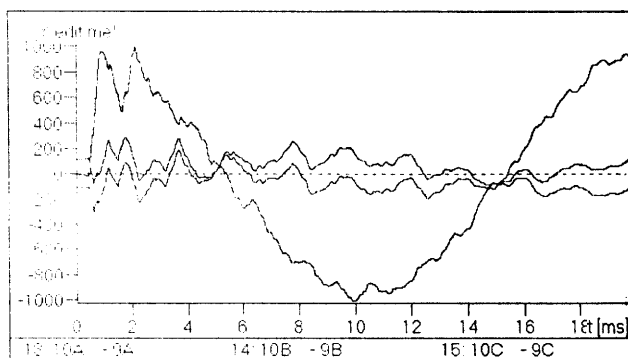


۵-ب- جریانهای فازها

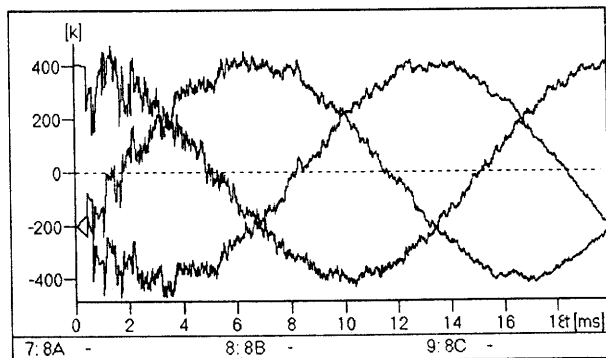


۵-الف- ولتاژهای فازها

شکل ۵۵ ولتاژ و جریان پایانه S

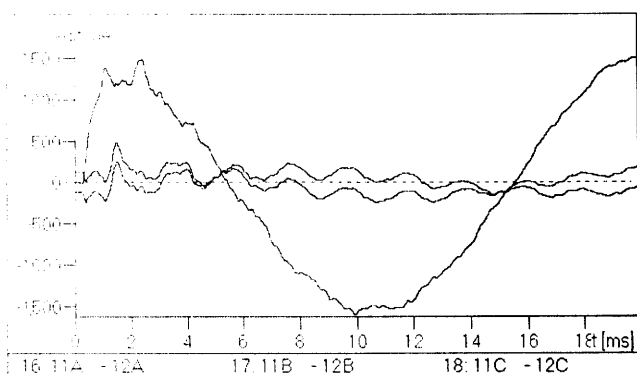


۶-ب- جریانهای فازها

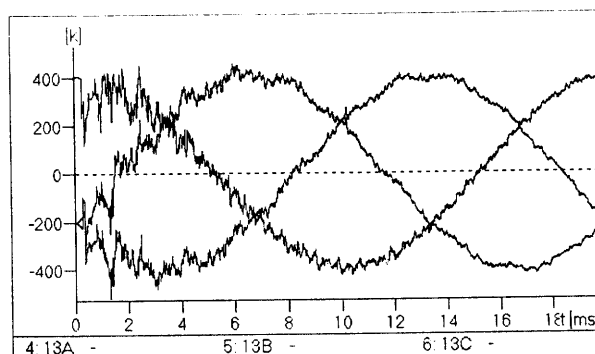


۶-الف- ولتاژهای فازها

شکل ۵۶ ولتاژ و جریان پایانه R

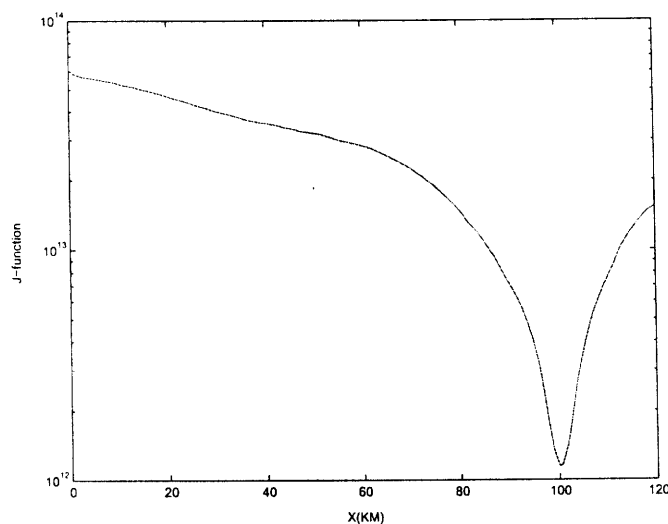


۷-ب- جریان های فازها



۷-الف- ولتاژهای فازها

شکل ۷ ولتاژ و جریان پایانه T



شکل ۸- تابع معیار obj

است. جهت برآورد دقت، محاسبه فاصله تا محل خطا توسط روش پیشنهادی برای خطا در بخشهای مختلف و شرایط متفاوت آزمایش شده است، که بخشی از نتایج در جداول (۱) و (۲) آمده است. شبیه سازیهای مختلف خطای الگوریتم را کمتر از ۰/۵ درصد نشان میدهد.

همچنان که دربخش قبل بیان شد، پس از تعیین بخش خطادار و محاسبه ولتاژها و جریانهای مورد نیاز الگوریتم، مسئله بهینه سازی حل گردیده است. تابع معیار obj که در معادله (۱۵) تعریف شد در شکل (۸) رسم شده است. با محاسبه معیارهای تعیین بخش خطا، بخش خطادار بدرستی تشخیص و فاصله تا محل خطا ۹۹/۷۱ کیلومتر برآورد شده

ارزیابی روش به ازای $R_f = 50$

فاصله تا محل خطا (x)	زاویه شروع خطا	برآورد فاصله	درصد خطا
۵۰	۹۰	۴۹/۸۵	/۰۷۰
۱۱۰	۹۰	۱۱۰/۷۹	/۳۸
۵۰	۰	۴۹/۸۵	/۰۷
۱۱۰	۰	۱۱۰/۷۹	/۳۸

ارزیابی روش به ازای $R_f = 50$

فاصله تا محل خطا (x)	زاویه شروع خطا	برآورد فاصله	درصد خطا
۵۰	۹۰	۴۹/۸۵	/۰۷۰
۱۱۰	۹۰	۱۱۰/۷۹	/۳۸
۵۰	۰	۴۹/۸۵	/۰۷
۱۱۰	۰	۱۱۰/۷۹	/۳۸

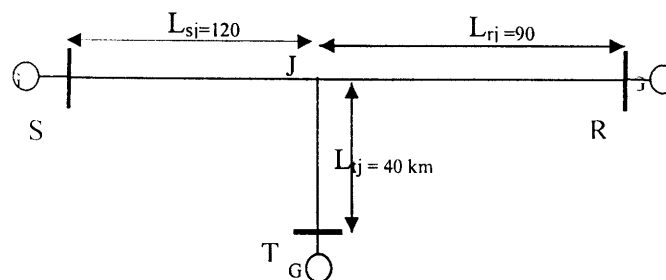
نتیجه گیری:

در این مقاله الگوریتم فاصله یابی خطا برای خطوط انتقال با سه پایانه با استفاده از مدل گسترده در حوزه زمان پیشنهاد شده است. مبنای این روش در تبدیل شبکه با سه پایانه به شبکه با دو پایانه پس از تشخیص بخش خطا دار و سپس حل مسئله فاصله یابی خطا میباشد. با توجه به اینکه از مدل کامل خط انتقال استفاده شده فاصله یابی خطا با دقت بسیار خوبی

انجام شده است. امیدانس منابع و جریان بار و مقاومت خطا تاثیری بر دقت الگوریتم ندارد. از مزایای این روش نیاز به داده های زمانی کم (کمتر از نیم سیکل) میباشد. روش ارائه شده جهت تشخیص بخش خطا دار در تمامی شرایط بخش خطا را به درستی تعیین مینماید. همچنین حداکثر خطا کمتر از ۰/۵ درصد محاسبه شده است.

ضمیمه:

سیستم نمونه مورد مطالعه:



داده های خط انتقال :

$$\begin{aligned} R^0 &= 0.275 \Omega / km & R^0 &= 0.275 \Omega / km \\ L^0 &= 1.00268 mH / km & L^0 &= 3.26798 mH / km \\ C^0 &= 0.013 \mu F / km & C^0 &= 0.0085 \mu F / km \end{aligned}$$

داده های منابع:

$$\begin{aligned} R^+ &= 1.31 \Omega & R^0 &= 2.33 \Omega \\ L^+ &= 47.75 mH & L^0 &= 84.67 mH / km \end{aligned}$$

مراجع

- [1] A.A. Girgis, D.G. Hart and W.L. Peterson, "A New Fault Location Technique for Two and Three Terminal Lines", IEEE Trans. On Power Delivery, Vol. 7, No. 1, pp. 98-107, Jan. 1992.
- [2] T. Nagasawa, M. Abe, N. Otsuzuki, T. Emura, Y. Jikihara and M. Takeuchi, Development of a New Fault Locator Algorithm for Multi-Terminal Two Parallel Transmission Lines", IEEE Trans. On Power Delivery, Vol. 7, No. 3, pp. 1516-1537, July. 1992.
- [3] Ying-Hong Lin and Chih-Wen Liu, "A New Fault Locator for Three-Terminal Transmission Lines Using Two-Terminal Synchronized Voltage and Current Phasors", IEEE Trans. On Power Delivery, Vol. 17, No. 2, pp. 452-459, April. 2002.
- [4] A Kalam and A.T. Johns, "Accurate Fault Location Technique For Multi-Terminal EHV Lines", IEE International Conference On Advances in Power System Control, Operation and Management, Nov. 1991, Hong Kong.
- [5] A.T. Johns and S. Jamali, "Accurate Fault Location Technique for Power Transmission Lines", IEE Proc. Vol. 137, Pt. C, No. 6, pp. 395-402, Nov. 1990.
- [6] H. Dommel, "Digital Computer Solution of Electromagnetic Transient in Single and Multi Phase Networks", IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-88, No. 4, PP. 388-399, Apr. 1969.
- [7] J. Sadeh, A.M. Ranjbar, N. Hadjsaid and R. Feuillet, "Accurate Fault Location Algorithm for Series Compensated Lines", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 15, No. 3, PP. 1027-1033, July. 2000.
- [8] A.O. Ibe, "Travelling Wave-Based Fault Location Algorithm for Power System", P.h.D. Thesis, Imperial College of Science and technology, London, 1984.
- [9] A.O. Ibe and B.J. Cory, "Fault-Location Algorithm for Multiphase Power Lines", IEE Proc. Vol. 134, Pt. C, No. 1, pp. 43-50, June. 1987.