Abstracts

25th PSC

International Power System Conference

8-10 Nov. 2010/ Tehran

پژوهشگاه نیرو

انجمن صنفی کارفرمایی شرکتهای توزیع نیروی برق

دبیرخانه کنفرانس بین المللی برق
نشانی: تهران، قدس، بلوار شهید دادمان، پژوهشگاه نیرو، تلفن: ۹-۸۸۰۷۹۴۰۰ ۸۸۳۶۴۶۳۲ تلفکس: ۸۸۳۶۴۶۳۱

چکیده مقالات

Abstracts

بیست و پنجمین کنفرانس بین المللی برق

International Power System Conference

چکیده مقالات

بیست و پنجمین
کنفرانس بین المللی برق

۱۷ تا ۱۹ آبان ماه ۱۳۸۹/ تهران - ایران

www.psc-ir.com

مکان‌یابی خطا به کمک تبدیل موجک و الگوریتم ژنتیک در خطوط انتقال جبران شده با UPFC در میانه خط با اطلاعات یک پایانه خط انتقال

مرضیه نقدی[1و2]
کارشناس ارشد
marzie_naghdi@yahoo.com

مجید یزدانی[2]
دانشجوی کارشناسی
majid_y20@yahoo.com

مهدی نقدی[2]
دانشجوی کارشناسی
mehdi.naghdi@yahoo.com

۱. گروه برق، دانشکده مهندسی- دانشگاه فردوسی مشهد
۲. دانشکده مهندسی برق- دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد
ایران

واژه‌های کلیدی: الگوریتم ژنتیک، تبدیل موجک، خط انتقال جبران‌شده، مدل گسترده حوزه زمان خط، مکان‌یابی خطا، UPFC

چکیده

در این مقاله الگوریتم مکان‌یابی خطا به کمک الگوریتم ژنتیک و تبدیل موجک در خط انتقال که در میانه آن UPFC برای جبرانسازی نصب است، ارائه می‌شود. در این روش از اطلاعات ولتاژ و جریان نیم سیکل یک پایانه خط انتقال استفاده می‌گردد؛ و در مدل‌سازی خط انتقال از مدل گسترده حوزه زمان استفاده می‌شود. الگوریتم به مدل UPFC برای مکان‌یابی خطا در خط احتیاج ندارد و برای وسیله FACTS جعبه سیاهی را در نظر دارد که می‌تواند در زمان رخداد خطا در خط انتقال هر مشخصه‌ای را از خود نشان دهد؛ و عملکرد سیستم‌های کنترلی آن در زمان رخداد خطا تاثیری در نتایج روش پیشنهادی ندارد. مکان‌یابی خطای ارائه شده مستقل از ساختار سیستم، نوع جبران‌کننده UPFC نصب شده در میانه خط، زاویه شروع خطا و مقاومت خطا می‌باشد و نیاز به سیستم‌های مخابراتی ندارد. اتصال کوتاه‌های متفاوتی با شرایط مختلف شبیه‌سازی شده است. نتایج حاصله دقت کمتر از ۰.۱٪ را در روش پیشنهادی تایید می‌کند.

مکان‌یابی خطا به کمک تبدیل موجک و الگوریتم ژنتیک در خطوط انتقال جبران شده با UPFC در میانه خط با اطلاعات یک پایانه خط انتقال

مرضیه نقدی[۱و۲] — کارشناس ارشد
جواد ساده[۱] — استادیار گروه برق
مجید یزدانی[۲] — دانشجوی کارشناسی
مهدی نقدی[۲] — کارشناس

[۱]گروه برق، دانشکده مهندسی- دانشگاه فردوسی مشهد، [۲]دانشکده مهندسی برق- دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد ایران

marzie_naghdi@yahoo.com
sadeh@um.ac.ir
majid_y20@yahoo.com
mehdi.naghdi@yahoo.com

واژه‌های کلیدی: الگوریتم ژنتیک، تبدیل موجک، خط انتقال جبران شده، ، مدل گسترده حوزه زمان خط، مکان یابی خطا، UPFC

چکیده

در این مقاله روش مکان‌یابی خطایی به کمک الگوریتم ژنتیک و تبدیل موجک در خط انتقال که در میانه آن UPFC برای جبرانسازی نصب است، ارائه می شود. در این روش از اطلاعات ولتاژ و جریان نیم سیکل یک پایانه خط انتقال استفاده می گردد؛ و در مدل سازی خط انتقال از مدل گسترده حوزه زمان استفاده می شود. الگوریتم به مدل UPFC برای مکان یابی خطا در خط احتیاج ندارد و برای وسیله FACTS جعبه سیاهی را در نظر دارد که می تواند در زمان رخداد خطا در خط انتقال هر مشخصه ای را از خود نشان دهد؛ و عملکرد سیستمهای کنترلی آن تاثیری در نتایج روش پیشنهادی ندارد. مکان یابی خطای ارائه شده مستقل از ساختار سیستم، نوع جبران کننده UPFC نصب شده در میانه خط، زاویه شروع خطا و مقاومت خطا می باشد و تنها با اطلاعات یک پایانه خط انتقال، بدون نیاز به سیستمهای مخابراتی، انواع اتصال‌کوتاه در فواصل مختلف و شرایط گوناگون ساختاری شبکه را تشخیص می دهد. با استفاده از نرم‌افزار PSCAD اتصال کوتاههای متفاوتی با شرایط مختلف شبیه‌سازی شده و الگوریتم با نرم‌افزار MATLAB بر نتایج حاصل از شبیه‌سازیها پیاده گردیده است. نتایج حاصله خطای کمتر از ۰.۱٪ را در روش پیشنهادی تایید می‌کند.

۱- مقدمه

کنترلگر جریان توان یکپارچه UPFC (Unified Power Flow Controller) در خطوط انتقال شبکه قدرت با هدف افزایش ظرفیت انتقال توان و بهبود حدود پایداری ولتاژ حالت دائم و دینامیکی نصب می شود و مزایای دیگری چون بهبود میرایی انواع مختلف نوسان توان سیستم را در پی دارد [۱]. این جبران کننده در خطوط انتقال انرژی الکتریکی به دلیل قدرتمندی در تغییر استراتژی خود چون جبرانهای سری و موازی، جریان توان راکتیو، ولتاژها و جریانهای تغییر دهنده فاز یا زاویه، کاربرد فراوانتری نسبت به تجهیزات FACTS دیگر داراست [۲].

ایمنی شبکه قدرت در برابر اختلالاتی که در سیستم در اثر عوامل مختلفی چون اتصال کوتاه رخ می دهد، یکی از اهداف مهم در شبکه سراسری است، که به عهده سیستمهای حفاظتی می باشد. وجود ادوات FACTS چون UPFC در حلقه خطا بر مقدار دائمی و گذرای جریان و ولتاژ اثر می گذارد، زیرا آنها به تغییرات رخ داده در سیستم پاسخ می دهند. با مرور نوشته ها و تحقیقات مشخص می شود که ادوات FACTS دینامیک سیستم قدرت جدیدی را معرفی می کنند که باید بوسیله مهندسین حفاظت سیستم مورد بررسی قرار بگیرد. تغییرات سریع در پارامترهای سیستم مثل امپدانس خط، زاویه توان و جریانهای خط؛ گذراهایی که بوسیله عمل کنترل مربوط به جبران ساز بوجود می آیند؛ و هارمونیکهایی که در سیستم مرتبط وارد می گردند همه از تاثیرات وجود این تجهیز FACTS در خطوط انتقال در زمان رخداد خطاست [۳- ۹].

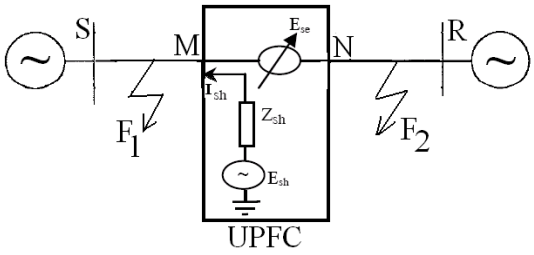
اگر چه جبران ساز UPFC جریان توان خط انتقال را بهبود می دهد، ولی مطالعات نشان می دهد که مکان یابهای خطا که از اطلاعات ولتاژ و جریان پایانه های خط انتقال برای مکان یابی خطا استفاده می کنند با وجود UPFC در میانه خط و تاثیر آن بر سیگنالهای ولتاژ و جریان، دچار اشتباهات فاحشی خواهند شد [۱۰- ۱۱].

در مرجع شماره [۱۰] مکان یابی خطایی در خطوط جبران شده با UPFC با استفاده از اطلاعات دو پایانه خط انتقال و مخابره اطلاعات از پایانه دور به پایانه نزدیک به کمک سیستم مخابراتی GPS ارائه شده است. احتمال وجود خطا در انتقال اطلاعات و خطای مدارهای فیلترینگ، سبب افزایش خطا در روش موجود این مرجع می شود (خطای مکان یابی در این مرجع حدود ۱٪ است)؛ ضمن آنکه ایجاد سیستمهای مخابراتی در خطوط انتقال بلند که معمولاً UPFC برای جبران سازی در آنها نصب می گردد، پر هزینه است . بنابراین روش ارائه شده در مرجع [۱۰] هم دارای احتمال خطای زیاد است و هم گران تمام خواهد شد.

در این مقاله الگوریتم مکان‌یابی خطای جدیدی با استفاده از مدل گسترده حوزه زمان برای خطوط انتقال جبران‌شده با وجود UPFC در میانه خط و تنها با اطلاعات ولتاژ و جریان یک پایانه خط ارائه می‌شود، که نیازی به داشتن مدل دقیق UPFC و دانستن عملکرد سیستمهای کنترلی آن در زمان رخداد خطا در خط انتقال ندارد؛ و همچنین احتیاجی به ارسال اطلاعات از پایانه دور و یا مکان نصب UPFC یعنی میانه خط انتقال نیست. مکان یابی خطای جدید برای محاسبه و تشخیص تاثیر تجهیز FACTS در زمان خطا از الگوریتم ژنتیک کمک می گیرد و با تبدیل موجک مکان خطا را در خط جبران شده با UPFC بدست می آورد. روش پیشنهادی مستقل از ساختار سیستم، نوع جبران کننده UPFC نصب شده، زاویه شروع خطا و مقاومت خطا است. این روش برای انواع مختلف اتصال‌کوتاه در فواصل مختلف و شرایط گوناگون با استفاده از نرم‌افزار PSCAD/EMTDC شبیه‌سازی گردیده و روش ارائه شده با نرم‌افزار MATLAB بر نتایج حاصل از شبیه‌سازیها پیاده شده است. نتایج حاصله خطای کمتر از ۰.۱٪ را تایید می‌کند که دقت قابل توجهی در مکان یابی خطا در خطوط انتقال بلند با فقط اطلاعات ولتاژ و جریان یک پایانه خط است.

۲- روش پیشنهادی مکان یابی خطا در خط انتقال

خط انتقال SR جبران شده با UPFC در میان آن در نقطه M به طول L وجود دارد؛ اتصال‌کوتاههای F_1 در فاصله بین پایانه S و نقطه میانی M و F_2 در فاصله بین میانه خط N و پایانه دیگر R می تواند رخ دهد (شکل ۱).



شکل ۱: اتصال کوتاه در مکانهای متفاوت در خط انتقال جبران شده با UPFC

برای مکان یابی خطا اطلاعات ولتاژ و جریان در پایانه S برای نیم سیکل از فرکانس اصلی با فرکانس نمونه برداری ۱ MHZ بدست می آید. به خاطر وجود تاثیرات فازهای مختلف ولتاژ و جریان بر یکدیگر از تبدیل مودال Clark استفاده می گردد و مولفه های فازی به مولفه های صفر ، یک و دو تبدیل می شود [۱۲]:

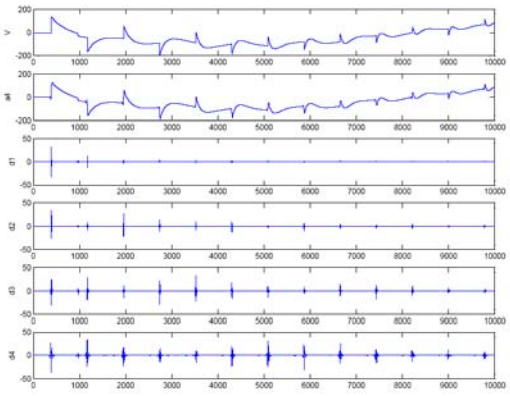
$$V_P=\begin{bmatrix}V_a\\V_b\\V_c\end{bmatrix},i_P=\begin{bmatrix}i_a\\i_b\\i_c\end{bmatrix}\text{ و }V_M=\begin{bmatrix}V_0\\V_1\\V_2\end{bmatrix},i_M=\begin{bmatrix}i_0\\i_1\\i_2\end{bmatrix}$$

$$T=\frac{1}{3}\begin{bmatrix}1&1&1\\2&-1&-1\\0&\sqrt{3}&-\sqrt{3}\end{bmatrix}$$

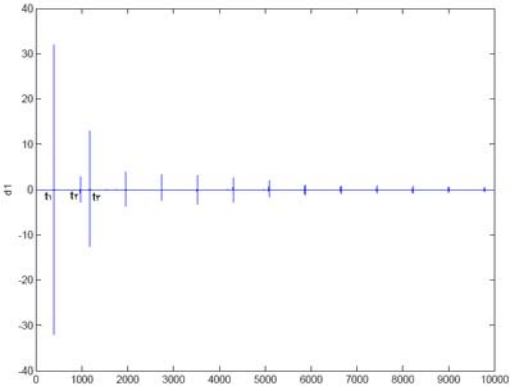
$$V_M=T\times V_p \qquad ,i_M=T\times i_P \qquad (۱)$$

مولفه یک برای تمام انواع خطاها (تکفاز به زمین، دوفاز به زمین، سه فاز به زمین و سه فاز به هم) و مولفه دو برای خطای دوفاز به هم مورد استفاده قرار می گیرد.

پله اول: ابتدا باید مشخص گردد که اتصال کوتاه مورد نظر در فاصله بین پایانه نزدیک S تا میانه خط M رخ داده یا در فاصله بین نقطه میانی N و پایانه دور R واقع شده است. با در نظر گرفتن مدل گسترده برای خط انتقال (توجه کنید که UPFC جبرانسازی است که در خطوط انتقال بلند نصب می گردد) و با تبدیل موجک (Wavelet) جزئیات مولفه های مدال ولتاژ پایانه S بدست می آید [۱۳]. شکل ۲ نمونه ای از این تبدیل را نشان می دهد. سه زمان t_1 و t_2 و t_3 از این نمودارها حاصل می گردد (شکل۲-ب:t_1=0.384msec و t_2=0.964msec و t_3=1.168msec و x=85 km و v=293.952km/sec(سرعت موج سیار برق) و t_0=0.0001) که نشان دهنده زمانهای رسیدن اولین موجهای سیار به پایانه S است (شکل ۳).



شکل۲- الف: آنالیز Wavelet برای ولتاژ پایانه S



شکل۲-ب: زمانها روی تجزیه d1 از تحلیل Wavelet

اگر اتصال کوتاه در نیمه ابتدایی خط انتقال رخ دهد (شکل ۳-الف) می توان روابط (۲) را نوشت:

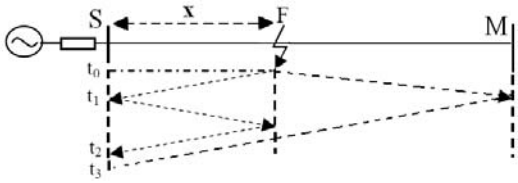
$$v.(t_1-t_0)=x$$
$$v.(t_2-t_0)=3x \qquad (۲)$$
$$v.(t_3-t_0)=L-x$$

ولی اگر خطا بعد از محل UPFC در نیمه انتهایی خط انتقال رخ دهد (شکل ۳-ب) روابط (۳) بدست می آید:

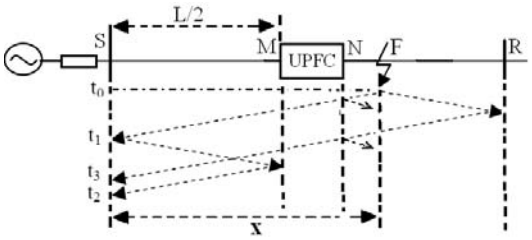
$$v.(t_1-t_0)=x$$
$$v.(t_2-t_0)=3x \qquad (۳)$$
$$v.(t_3-t_0)=2L-x$$

در روابط (۲) و (۳) ، x فاصله مکان انصال کوتاه از پایانه S است؛ t_0 زمان رخداد اتصال کوتاه و v سرعت موج سیار

در خط انتقال (که وابسته به پارامترهای اندوکتانسی و کاپاسیتانسی خط انتقال است) می باشد.



الف- اتصال کوتاه در نیمه ابتدایی خط انتقال



ب- اتصال کوتاه در مکانی بعد از محل نصب UPFC

شکل ۳: نمودار انتشار موج سیار اتصال کوتاه در خط انتقال

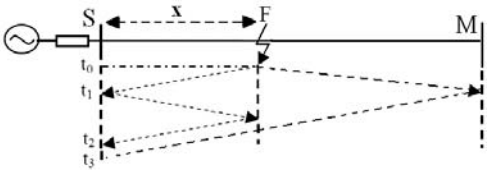
برای تشخیص آنکه اتصال کوتاه در نیمه ابتدایی قرار دارد یا در نیمه انتهایی آزمون (۴) انجام می گیرد:

$$v_0 = 300000 \quad km/\sec$$

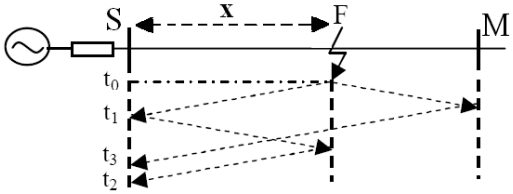
$$if \quad |t_3 - t_2| \geq L/v_0 \quad \Rightarrow \quad x \geq L/2 \qquad (۴)$$

$$if \quad |t_3 - t_2| \langle L/v_0 \quad \Rightarrow \quad x < L/2$$

پله دوم: اگر در پله اول معلوم شود که خطا در نیمه ابتدایی خط انتقال رخ داده است، با زمانهای t_1, t_2 و t_3 بدست آمده از تبدیل موجک سیگنال ولتاژ در پایانه S (شکل۲) باید مشخص می شود که اتصال کوتاه در نقطه ای به فاصله کمتر از یک چهارم خط انتقال رخ داده است یا نه (شکل ۴).



الف- خطا در مکانی به فاصله نزدیکتر از L/4 از پایانه S



ب- خطا در مکانی به فاصله دورتر از L/4 از پایانه S

شکل ۴: اتصال کوتاه در مکانی قبل از نیمه خط انتقال

برای تشخیص مقدار t از رابطه (۵) محاسبه می گردد:

$$t = (t_2 + t_3 - 2t_1)/2 \qquad (۵)$$

سپس با حل معادلات رابطه (۲) مقدار t_0 از رابطه (۶) بدست می آید:

$$t_0 = (3t_1 - t_2)/2 \qquad (۶)$$

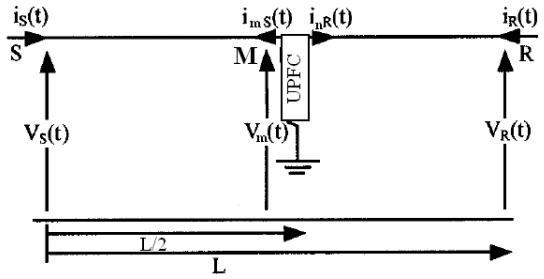
آنگاه اگر $t_3-t_0<3t/2$ بود مقدار t_2 با t_3 عوض می شود و اتصال کوتاه در فاصله $L/4<x<L/2$ رخ داده است. پس از تعیین مقدار درست t_2 و t_3 از رابطه (۷) که از حل معادلات رابطه (۲) بدست آمده مکان خطا و زمان درست رخداد خطا و سرعت موج سیار در خط انتقال بدست می آید:

$$t_0 = \frac{(3t_1 - t_2)}{2}$$

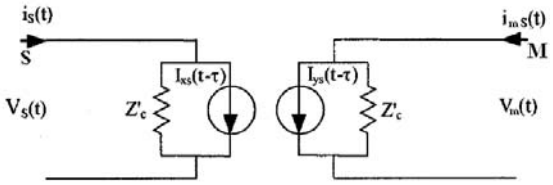
$$x = \frac{t_2 - t_1}{t_2 + t_3 - 2t_1}.L/2 \qquad (۷)$$

$$v = \frac{L}{t_2 + t_3 - 2t_1}$$

پله سوم: برای خط انتقال بلند در شکل ۵-الف مدل گسترده حوزه زمان شکل ۵-ب در نظر گرفته می شود [۱۴]. با توجه به شکل ۵ معادلات ولتاژ و جریان نقطه میانه خط M با مولفه های ولتاژ و جریان پایانه S به صورت روابط (۸) و (۹) حاصل می شود.



الف – نیمه SM خط با مدل گسترده در حوزه زمان



ب- مدل گسترده قسمت SM خط انتقال

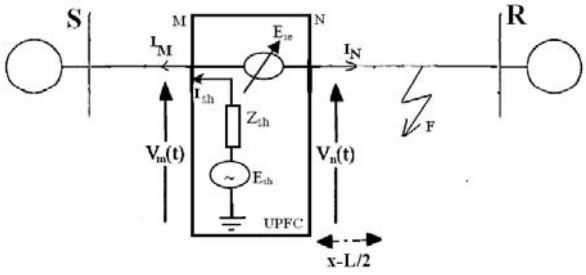
شکل ۵: مدل گسترده در حوزه زمان در خط انتقال

$$V_M(t)=\frac{1}{2}\left(\frac{Z+rd/2}{Z}\right).[u_S(t+\tau)-i_S(t+\tau).(Z+rd/2)]+\frac{1}{2}\left(\frac{Z-rd/2}{Z}\right).[u_S(t-\tau)+i_S(t-\tau).(Z-rd/2)] \quad (۸)$$

$$i_M(t)=\frac{1}{2Z}.[u_S(t+\tau)-i_S(t+\tau).(Z+rd/2)]+\frac{1}{2Z}.[u_S(t-\tau)+i_S(t-\tau).(Z-rd/2)] \quad (۹)$$

در اینجا: τ: زمانی که موج سیار از نقطه S به M می‌رسد $\tau=d.v$؛ $Z=\sqrt{l/c}$: امپدانس مشخصه خط انتقال؛ $v=\frac{1}{\sqrt{lc}}$: ثابت انتشار و r,l,c کاپاسیتانس و اندوکتانس و مقاومت واحد طول خط انتقال است.

ولی با توجه به شکل ۶ مقدار ولتاژ وجریان در نقطه M از روابط (۸) و (۹) بدست می آید، در حالیکه برای مکان یابی خطا با تبدیل موجک نیاز به ولتاژ و جریان در نقطه N سمت دیگر جبران ساز UPFC است. برای بدست آوردن این مقادیر از الگوریتم ژنتیک کمک گرفته می شود.



شکل ۶: مقادیر جریان و ولتاژ در خط انتقال جبران شده

کدینگ: یک کدینگ ۲ بیتی برای مقادیر ولتاژ و جریان UPFC در نظر گرفته شده که حدود آن بر اساس ماکزیمم و می نیمم جبرانی است که UPFC برای جبران جریان و ولتاژ خط انتقال ایجاد کند که از مقادیر نامی جبران کننده ای که در شبکه نصب است بدست می آید. فاصله بین مقادیر انتخاب شده برای ولتاژ و جریان انتخابی در محدوده مورد نظر می تواند اعداد کوچکتری انتخاب شود (مثلا ۰.۰۱ به جای ۰.۱) ؛ در این صورن خطا کمتر و زمان انجام الگوریتم بیشتر خواهد بود.

$$V_{C\min}\le V_C\le V_{C\max}$$
$$V_C(k)=V_C(k-1)+0.1(V_{C\max}-V_{C\min})$$
$$i_{C\min}\le i_C\le i_{C\max}$$
$$i_C(k)=i_C(k-1)+0.1(i_{C\max}-i_{C\min}) \quad (۱۰)$$

$V_C(k)$ و $i_C(k)$ مقدار انتخابی ولتاژ و جریان UPFC در هر مرحله از الگوریتم ژنتیک است.

جمعیت اولیه : با انتخاب تصادفی از دامنه ایجاد شده برای ولتاژ و جریان UPFC بدست می آید و مقادیر ولتاژ و جریان انتخاب شده برای جبران کننده به مقدار ولتاژ و جریان بدست آمده برای نقطه M افزوده می شود:

$$V_N(k)=V_C(k)+V_M$$
$$i_N(k)=i_C(k)+i_M \quad (۱۱)$$

تابع شایستگی : بعد از به دست آمدن مقادیر ولتاژ و جریان برای نقطه N با همان روش پله اول با تبدیل موجک مقدار (x-L/2) (شکل ۶) این بار هم از آنالیز ولتاژ و هم آنالیز جریان و روابط (۵) تا (۷) بدست می آید. تابع هدف یا شایستگی با رابطه (۱۲) تعریف می گردد که باید برای مقادیر ولتاژ و جریان در نقطه N برابر صفر باشد (مقادیر با اندیس V حاصل از آنالیز ولتاژ و مقادیر با اندیس i حاصل از آنالیز جریان است.):

$$J = |x_V - x_i| + |t_{0V} - t_{0i}| + |v_V - v_i| \qquad (۱۲)$$

برای هر انتخاب از جمعیت تعریف شده تابع شایستگی محاسبه می گردد.

برش: یک نرخ ثابتی برای برش در نظر گرفته شده است.

جهش: نرخ ثابت و کمی انتخاب شده برای جهش وجود دارد، که جوابهای خوبی را در بر داشته است.

روند اجرای الگوریتم:

۱- شکل گیری جمعیت اولیه و انتخاب مقادیر ولتاژ و جریان برای جبران کننده و محاسبه ولتاژ و جریان نقطه N

۲- ارزیابی مقادیر در هر رشته با محاسبه تابع هدف ، که شامل آنالیز تبدیل موجک برای ولتاژ و جریان نقطه N و بدست آوردن تابع هدف J و تعیین مقادیر برتر رشته ها.

۳- مرتب سازی رشته ها و انجام عملگر برش و جهش در هر مرحله.

۴- تکرار مرحله های ۲ و ۳ از الگوریتم ژنتیک تا بدست آمدن بهترین جواب.

از نتایج بدست آمده از الگوریتم در این پله محاسبه مقادیر ولتاژ و جریان برای جبران کننده UPFC در پنجره اطلاعات مورد نظر قابل انجام است.

۳- ارزیابی الگوریتم پیشنهادی

به منظور ارزیابی الگوریتم ارائه شده سیستم قدرتی مشابه شکل (۳) با طول ۴۰۰ کیلومتر، ۵۰۰ کیلو ولت، 200MVA، ۶۰ هرتز با UPFC در میانه خط انتقال در نظر گرفته شده است.

سیستم قدرت مورد نظر با نرم‌افزار PSCAD شبیه‌سازی و برای پیاده‌سازی الگوریتم از نرم‌افزار MATLAB استفاده شده است. فرکانس نمونه برداری ۱MHz می باشد. خطای الگوریتم از رابطه (۱۳) محاسبه خواهد شد:

$$\text{error}(\%) = \frac{|\text{actual loc.} - \text{computed loc.}|}{\text{line length}} \qquad (۱۳)$$

در جدول (۱) نتایج حاصل از شبیه‌سازی برای انواع مختلف خطا در فواصل مختلف به ازای مقاومت خطای ۵۰ اهم و زاویه وقوع خطای صفر دیده می‌شود.

جدول ۱- نتایج حاصل برای انواع مختلف خطا

Fault type	A-G		A-B		A-B-C-G	
Actaul Dist. (km)	Cal. Dist. (km)	error(%)	Cal. Dist. (km)	error(%)	Cal. Dist. (km)	error(%)
10	10.037	0.01	10.021	0.01	10.051	0.02
70	70.037	0.01	69.102	0.30	70.05	0.02
160	160.162	0.05	160.103	0.03	160.078	0.03
220	219.982	0.01	220.111	0.04	220.098	0.03
300	300.151	0.05	299.871	0.04	300.1	0.03
350	350.178	0.06	349.763	0.08	350.065	0.02
380	379.702	0.10	380.097	0.03	380.08	0.03

همچنین از آنجائیکه اتصال کوتاه تکفاز به زمین عموماً همراه با مقاومت خطا می‌باشد. لذا جهت بررسی اثر مقاومت خطا بر روی دقت الگوریتم پیشنهادی نتایج حاصل از شبیه‌سازی برای خطای تکفاز به زمین در فواصل مختلف به ازای مقاومتهای خطای مختلف و زاویه وقوع خطای صفر در جدول (۲) آورده شده است.

جدول۲- نتایج حاصل به ازای مقاومت گوناگون خطا

Fault type	50 ohm		200 ohm	
Actaul Dist. (km)	Cal. Dist. (km)	error(%)	Cal. Dist. (km)	error(%)
20	20.046	0.02	20.021	0.01
80	80.095	0.03	79.961	0.01
150	149.87	0.04	150.045	0.01
200	200.065	0.02	200.0823	0.03
300	300.151	0.05	299.871	0.04
350	350.178	0.06	349.763	0.08
380	379.702	0.10	380.071	0.02

در جدول (۳) نتایج حاصل از شبیه‌سازی برای خطای تکفاز به زمین در فواصل مختلف به ازای مقاومت خطای ۱۰۰ اهم و زوایای وقوع خطای مختلف مشاهده می‌گردد.

جدول ۳- نتایج حاصل برای زاوایای مختلف خطا

Fault type	0degree		30degree		90degree	
Actaul Dist. (km)	Cal. Dist. (km)	error(%)	Cal. Dist. (km)	error(%)	Cal. Dist. (km)	error(%)
15	15.041	0.01	15.05	0.02	15.049	0.02
80	80.021	0.01	79.981	0.01	80.061	0.02
145	145.061	0.02	145.0781	0.03	145.032	0.01
210	209.851	0.05	210.0822	0.03	210.056	0.02
300	300.151	0.05	299.871	0.04	300.0911	0.03
350	350.178	0.06	349.763	0.08	350.155	0.05
380	380.191	0.06	380.071	0.02	380.11	0.04

از بررسی جداول فوق مشاهده می‌گردد که خطای الگوریتم کمتر از ۰.۱ درصد طول خط انتقال بوده و از مقاومت خطا و زاویه وقوع خطا نیز تاثیر نمی‌پذیرد. نکته قابل توجه آنکه نوع تجهیز FACTS در الگوریتم مورد نظر مورد توجه نیست؛ به این معنا که در این روش احتیاجی به مدل سازی جبران کننده UPFC که در میان خط نصب است وجود ندارد. با رخداد خطا بدون توجه به نوع عملکرد جبران کننده و سیستمهای کنترلی آن و فقط با فرض وجود یک جعبه سیاه که می تواند شامل هر المانی باشد، می توان مکان خطا را با دقت و قابلیت اطمینان خوبی تعیین نمود.

۴- نتیجه گیری

در این مقاله الگوریتم فاصله‌یابی خطای جدیدی با تبدیل موجک و به کمک الگوریتم ژنتیک با استفاده از مدل گسترده حوزه زمان و با پنجره کوچکی از نمونه‌های ولتاژ و جریان تنها یک پایانه خط برای خطوط انتقال جبران‌شده با UPFC ارائه می‌شود. روش پیشنهادی احتیاج به مخابراه اطلاعات از پایانه دور یا از میانه خط انتقال ندارد و عملکرد UPFC در روش ارائه سده مدل نمی شود و جبران ساز به عنوان یک جعبه سیاه در نظر گرفته می شود. این الگوریتم مستقل از ساختار سیستم و زاویه شروع خطا و مقاومت خطا می‌باشد. انواع مختلف خطا در فواصل مختلف و شرایط گوناگون با استفاده از نرم‌افزارPSCAD شبیه‌سازی شده است. نتایج حاصل از شبیه‌سازی‌های متفاوت دقت الگوریتم پیشنهادی را تایید می‌نماید.

۵-مراجع

[۱] Y. H. Song and A. T Johns, “Flexible AC Transmission Systems (FACTS)”, The Institution of Electrical Engineers, London, United Kingdom, 1999.

[۲] C. Chaoying, C. Yong, D. Xuefei & C. Liyi, “Study of Protective Relay’s Behaviors in Unified Power Flow controller of FACTS”, Proceedings of the 4th International Conference on Advances in Power System Control Operation and Management, Hong Kong, November 1997.

[۳]- K. El-Arroudi, G. Joos & D. T. McGillis, “Operation of Impedance Protection Relays with the STATCOM”, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 17, No. 2, April 2002.

[۴] M. Khederzadeh, “Impact of FACTS Devices on Digital Multifunctional Protective Relay”, IEEE 2002

[۵] X. Zhou, H. Wang, R. K. Aggarwal & P. Beaument, “Performance Evaluation of a Distance Relay as Applied to a Transmission System With UPFC”, IEEE Transactions on Power Delivery, 2006.

[۶] P.K. Dash, A.K. Pradhan & G. Panda, “Distance Protection in the Presence of Unified Power Flow Controller”, Electric Power Systems Research 54 (2000) 189-198.

[۷] H. Shateri & s. Jamali, "Distance Relay Over-Reaching due to UPFC Presence on Second Circuit of a Double Circuit Line", IEEE,2008.

[۸] F. Dawei , Z. Chengxue, H. Zhijian & W. Wei, "The Effects of Flexible AC Transmission Systems Device on Protective Relay", IEEE 2002.

[۹] مرضیه نقدی، جواد ساده و رضا قاضی، *" فاصله یابی خطا در خطوط جبران شده با ادوات FACTS موازی* (SVC و STATCOM) "، شانزدهمین کنفرانس مهندسی برق ایران- تربیت مدرس، اردیبهشت ۱۳۸۷.

[۱۰] مرضیه نقدی، جواد ساده و مهدی نقدی، *"فاصله یابی خطا در خطوط انتقال جبران شده با وجود UPFC در میانه خط "*، 09-F-CAP-0174، بیست و چهارمین کنفرانس بین المللی برق، ۱۳۸۸، PSC2009.

[۱۱] Y.H. Song, A.T. Johns , Q.Y. Xuan & J.Y. Liu. "Genetic Algorithm Based Neural Networks Applied to Fault Classification for EHV Transmission Lines with a UPFC" , Developments in Power System Protection, 25-27th March 1997,Conference Publication No. 434, IEE.

[۱۲] A.T. Johns & S. K. Salman, "Digital Protection for Power System", Published by: Peter Peregrinus Ltd., on behalf of the Institution of Electrical Engineers, London, UK, 1995.

[۱۳] X. Zheng, X. Li, J. Ding, Z. Duan, "Study on Impedance-traveling Wave Assembled Algorithm in One-terminal Fault Location System for Transmission Lines", IEEE, DRPT2008 6-9 April 2008 Nanjing China.

[۱۴] A. Ibrahim, S. Henschel, H. Dommel, T. Niimura, "Transmission Line Model for Large Step Size Transient Simulations", Proceedings of the 1999 IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, Canada, May 9-12 1999.