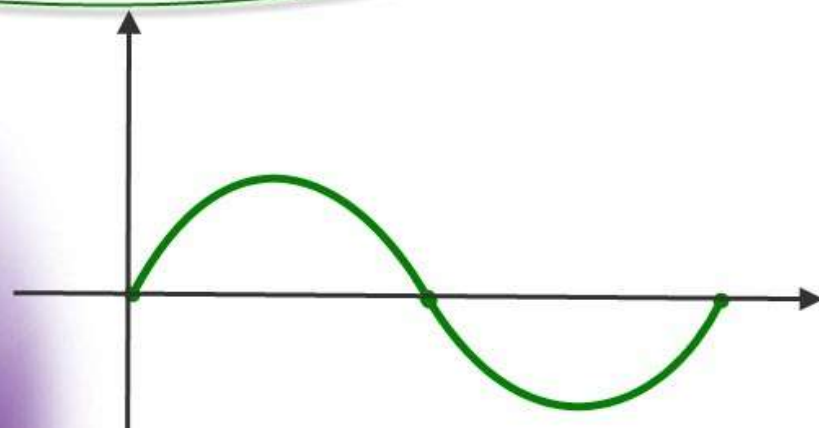


برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

موضوع پروژه:

# الگوریتم های محل یابی خطا در شبکه های انتقال



برای خرید فایل word این پروژه [اینجا کلیک کنید](#).

( شماره پروژه = ۲۵۳ )

پشتیبانی: ۰۹۳۵۵۴۰۵۹۸۶

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

## فهرست :

چکیده..... ۵

### فصل اول: محل یابی خطا برای خطوط انتقال موازی با استفاده از مدار teed

توسعه الگوریتم

الف) خطاهای قسمت داخلی روی خط بدون مدار teed ..... ۹

ب) خطاهای قسمت خارجی روی خط بدون مدار teed ..... ۱۲

پ) خطاهای قسمت داخلی روی خط teed ..... ۱۶

ت) محاسبه محل خطا..... ۲۰

ارزیابی عملکرد

الف) موارد آزمایش..... ۲۰

ب) نتایج آزمایش..... ۲۱

### فصل دوم: محل یابی خطای تکفاز به زمین در خطوط انتقال موازی

فهرست علائم..... ۲۶

الگوریتم محل یابی خطای پیشنهادی..... ۲۸

نتایج شبیه سازی..... ۳۴

مطالعات حساسیت..... ۳۵

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

## فصل سوم: محل یابی خطای سه فاز به زمین در خطوط انتقال دو مداره موازی

- فهرست علائم ..... ۳۸
- مدل محل خطا ..... ۳۹
- الگوریتم Z شکل ..... ۴۲
- نتایج شبیه سازی ..... ۴۴
- مطالعات حساسیت ..... ۴۵

## فصل چهارم: محل یابی خطا در خطوط انتقال دو مداره با استفاده از اطلاعات

قبل از خطا

- مبناهایی از الگوریتم محل یابی خطا ..... ۴۷
- بهبود دقت محل یابی خطا ..... ۵۴
- ارزیابی با استفاده از شبیه سازی ATP-EMTP ..... ۵۶

## فصل پنجم: محل یابی خطا در خطوط انتقال دو مداره با استفاده از فاکتورهای

توزیع توالی جریان

توسعه الگوریتم

- الف) مفهوم اساسی ..... ۶۰
- ب) فاکتورهای توزیع جریان ..... ۶۳
- پ) الگوریتم محل یابی خطا ..... ۶۵
- ارزیابی عملکرد
- الف) اندازه گیری اطلاعات و حالات ..... ۶۷
- ب) نتایج آزمایش ..... ۶۸

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

## فصل ششم: محل یابی خطا در خطوط انتقال موازی با استفاده از رله گذاری

### دیستانس دیجیتال

- توسعه الگوریتم..... ۷۲
- ارزیابی عملکرد برای اولین ناحیه حفاظتی..... ۷۸
- کاربرد و ارزیابی محل یابی خطا..... ۸۲

## فصل هفتم: محل یابی خطا در خطوط انتقال با استفاده از اطلاعات ولتاژ پس از

### خطا

- روش محل یابی خطای پیشنهادی..... ۸۵
- ارزیابی عملکرد..... ۹۱
- الف) تاثیر فاصله خطا..... ۹۳
- ب) تاثیر مقاومت خطا..... ۹۳
- پ) تاثیر نوع خطا..... ۹۴
- ت) تاثیر معادل در پایانه اول..... ۹۴
- و) تاثیر معادل در پایانه دوم..... ۹۵
- ی) تاثیر خطای معادل پایانه دوم روی دقت الگوریتم..... ۹۶

## فصل هشتم: محل یابی خطا با استفاده از راکتانس فاصله خطا در خطوط انتقال

- مرجع تخمین فاصله..... ۹۹
- توسعه سیستم..... ۱۰۱
- تخمین فاصله..... ۱۰۲
- الف) خطای تکفاز به زمین..... ۱۰۲
- ب) خطای دو فاز به زمین..... ۱۰۳

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

توصیف نرم افزار..... ۱۰۳

آزمایش میدان با سیستم جدید..... ۱۰۵

جمع بندی و نتیجه گیری ..... ۱۱۰

منابع ..... ۱۱۱



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

## چکیده :

وجود خطا در خط انتقال باعث مختل شدن عملکرد شبکه شده و با بر طرف کردن دقیق خطا یک بازیابی سریع انجام می شود و استفاده از سیستم قدرت را ممکن می سازد  
الگوریتم های محل یابی خطا به دو دسته تقسیم می شوند  
الف) بر اساس امواج سیار  
ب) محاسبه امپدانس خطا

همچنین در حالت کلی سیستم ها به سه دسته تقسیم می شوند  
الف) سیستم انتقال تک مداره  
ب) سیستم انتقال موازی  
پ) سیستم انتقال چند مداره

رایج ترین خطاهای خط عبارتند از  
خطای تکفاز به زمین  
خطای دو فاز به زمین  
خطای فاز به فاز  
خطای سه فاز

دلایل زیادی برای وقوع خطاهای خط انتقال وجود دارد که بعضی از آنها عبارتند از  
اصابت رعد و برق  
تلمبار شدن یخ و برف روی خطوط  
نا مساعد بودن عایق بندی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

سقوط درختان روی خطوط و...

پس از آنکه روی خط انتقال خطایی اتفاق افتاد برای عملکرد مناسب سیستم قدرت ضروری است که در کمترین زمان ممکن محل خطا شناسایی شده و خطا بر طرف شود بنابراین محل یابی دقیق خطا یک نیاز مهم برای خطاهای دائمی است

روش های محل یابی خطا به گونه های متفاوتی گسترش یافته اند که دقیق ترین نتایج از روش هایی به دست می آید که اطلاعات و لثاژ و جریان خطا را از هر دو طرف خط استفاده می کنند البته از نقطه نظر عملی برای تجهیزات استفاده از اطلاعات فقط یک ترمینال میسر است

در این پروژه تلاش بر این است که روش های مختلف محل یابی خطا را برای رفع سریع آن ارائه کنیم در بعضی روش ها تلاش بر این است که با تغییر تعدادی المان ها مانند مقاومت خطا و امپدانس منبع و دیستانس خطا تاثیر آن را بر تغییر محل خطا مشاهده کنیم که در هر بخش به تفصیل توضیح داده خواهد شد

در تعدادی از روش ها هم با استفاده از توالی های مثبت و منفی و صفرو KVL زدن در آن ها معادلاتی به دست می آید که می توان با ساده سازی آن ها به معادله ای بر حسب محل خطا دست یافت با حل این معادله به روش نیوتن رافسون می توان محل خطا را به دست آورد

الگوریتم های محل یابی خطای ارائه شده در این پروژه بر اساس اطلاعات خطوط فقط یک پایانه ای خط انتقال توضیح داده می شود



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

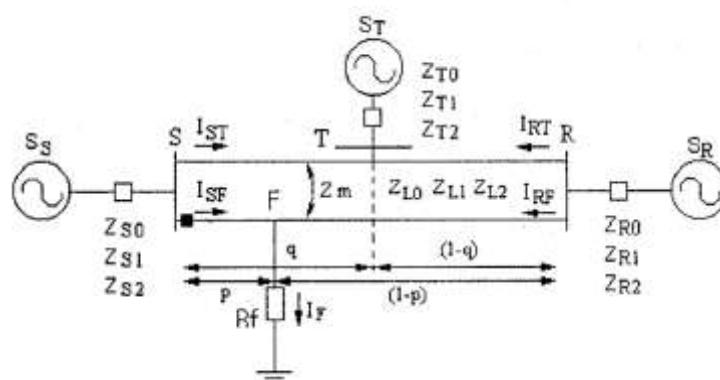
## فصل اول

### محل یابی خطا برای خطوط انتقال موازی با استفاده از مدار Teed

این روش یک الگوریتم محل یابی خطا برای خطاهای تک فاز به زمین در مدار Teed یک خط انتقال موازی را نشان می دهد. این الگوریتم فقط از اطلاعات اولیه ولتاژ و جریان در سمت پایانه اول استفاده می کند.

پایانه دوم و جریان های خطا با استفاده از فاکتورهای توزیع جریان و جریان خطای پایانه اول محاسبه می شوند. برای کاهش اثر جریان بار از توالی جریان منفی استفاده می شود. نتایج شبیه سازی EMTP تأثیرات الگوریتم را در شرایط گوناگون نشان می دهد.

توسعه الگوریتم:



شکل ۱: دیاگرام خطاهای بخش داخلی در خط بدون مدار teed

ولتاژ نقطه پخش ( $V_s$ ) نشان داده شده در شکل ۱، به صورت زیر بدست می آید

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$V_S = p[I_{SF} Z_{LI} + (Z_{L0} - Z_{L1}) I_{SF0} + Z_m I_{ST0}] + 3R_F I_{F2} \quad (۱)$$

برای حل معادله (۱) باید جریان توالی صفر ( $I_{ST0}$ ) و نیز جریان خطا ( $I_{F2}$ ) را بدانیم. در این روش از ولتاژ و جریان توالی صفر خط موازی مجاور و جریان خطا استفاده می شود. جریان توالی منفی برای اجتناب از خطای ناشی از جریان بار استفاده می شود.

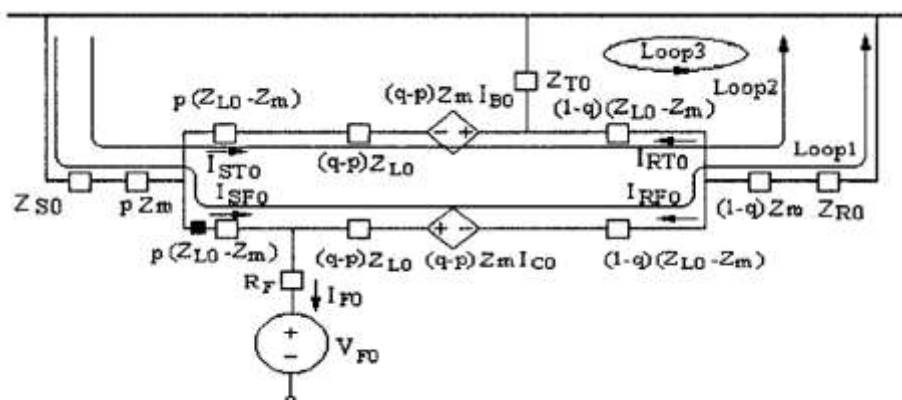
جدول ۱. فهرست علائم

علامت	توضیح
$Z_{L012}$	امپدانس توالی خط انتقال
$Z_{S012}$	امپدانس توالی برای S
$Z_{R012}$	امپدانس توالی برای R
$Z_{T012}$	امپدانس توالی برای T
$Z_m$	امپدانس متقابل بین مدارها
$R_F$	مقاومت خطا
$I_F$	جریان خطا در نقطه خطا
$I_{ST}$	جریان درست ابتدایی مدار سالم
$I_{RT}$	جریان منبع R به نقطه teed
$I_{SF}$	جریان در پایانه اول مدار خطادار
$I_{RF}$	جریان در پایانه دوم مدار خطادار
p	فاصله خطا
q	فاصله teed

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم

## الف) خطاهای قسمت داخلی روی خط بدون مدار teed

(1) فاکتور توزیع جریان توالی صفر:



شکل ۲: مدار توالی صفر

با اعمال KVL در سه مسیر حلقه‌ی نشان داده شده در شکل به معادلات زیر دست می‌یابیم:

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} I_{SF0} \\ I_{RF0} \\ I_{ST0} \\ I_{RT0} \end{vmatrix} = 0 \quad (2)$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$a_{11} = p Z_{L0} + Z_{S0} = p a_{110} + a_{111}$$

$$a_{12} = p Z_{L0} - Z_{L0} - Z_{R0} = p a_{120} + a_{121}$$

$$a_{13} = Z_{S0} + q Z_m \quad a_{14} = -\{(1-q) Z_m + Z_{R0}\}$$

$$a_{21} = p Z_m + Z_{S0} = p a_{210} + a_{211}$$

که داریم:

$$a_{22} = p Z_m - Z_m - Z_{R0} = p a_{220} + a_{221}$$

$$a_{23} = Z_{S0} + q Z_{L0} \quad a_{24} = -\{(1-q) Z_{L0} + Z_{R0}\}$$

$$a_{31} = 0 \quad a_{32} = (1-q) Z_m + Z_{R0}$$

$$a_{33} = Z_{T0} \quad a_{34} = Z_{T0} + (1-q) Z_{L0} + Z_{R0}$$

فاکتور توزیع جریان توالی صفر نشان دهنده ی نسبت بین  $I_{ST0}$  (جریان توالی صفر درست ابتدایی

مدار سالم teed) و  $I_{SF0}$  (جریان توالی صفر در سمت ابتدایی مدار خطا دار) است که به صورت

زیر نشان داده می شود.

$$\frac{I_{ST0}}{I_{SF0}} = \frac{p B_{01} + B_{02}}{p A_{03} + A_{04}} \quad (3)$$

$$B_{01} = a_{34} \{ a_{220} a_{111} a_{34} + a_{110} (a_{221} a_{34} - a_{24} a_{32}) - a_{120} a_{211} a_{34} - a_{210} (a_{121} a_{34} - a_{14} a_{32}) \}$$

$$B_{02} = a_{111} a_{34} (a_{34} a_{34} - a_{34} a_{34}) + a_{111} a_{34} (a_{34} a_{34} - a_{34} a_{34}) \quad \text{که:}$$

$$A_{03} = a_{120} a_{34} (a_{23} a_{34} - a_{24} a_{33}) + a_{220} a_{34} (a_{13} a_{34} - a_{14} a_{33})$$

$$A_{04} = (a_{121} a_{34} - a_{14} a_{32}) + (a_{23} a_{34} - a_{24} a_{33}) - (a_{13} a_{34} - a_{14} a_{33}) + (a_{221} a_{34} - a_{24} a_{32})$$

(۲) فاکتور توزیع جریان توالی منفی

همانند مدار توالی صفر، با اعمال KVL در مسیرهای مشابه در هر حلقه می توان به معادله ی زیر دست

یافت:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

$$\begin{vmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} & b_{14} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} & b_{24} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} & b_{34} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} I_{SF0} \\ I_{RF0} \\ I_{ST0} \\ I_{RT0} \end{vmatrix} = 0 \quad (4)$$

$$b_{11} = p Z_{L2} + Z_{S2} = p b_{110} + b_{111}$$

$$b_{12} = p Z_{L2} - Z_{L2} - Z_{R2} = p b_{120} + b_{121}$$

$$b_{13} = Z_{S2} \quad b_{14} = -Z_{R2} \quad b_{21} = Z_{S2} \quad b_{22} = -Z_{R2} \quad \text{که}$$

$$b_{23} = Z_{S2} + q Z_{L2} \quad b_{24} = -(q-1) Z_{L2} - Z_{R2} \quad b_{31} = 0$$

$$b_{32} = Z_{R2} \quad b_{33} = Z_{T2} \quad b_{34} = Z_{T2} + (1-q) Z_{L2} + Z_{R2}$$

فاکتور توزیع جریان توالی منفی نسبت بین  $I_{RF2}$  (جریان توالی منفی در سمت انتهایی مدار خطا) و

$I_{SF2}$  (جریان توالی منفی در سمت ابتدایی مدار خطا) را نشان می دهد. که به صورت زیر بیان

می گردد.

$$\frac{I_{RF2}}{I_{SF2}} = \frac{p A_{11} + A_{12}}{p A_{16} + A_{14}} \quad (5)$$

$$A_{11} = b_{110} b_{34} (b_{24} b_{33} - b_{24} b_{34})$$

$$A_{12} = b_{111} b_{34} (b_{24} b_{33} - b_{24} b_{34}) + b_{21} b_{34} (b_{13} b_{34} - b_{14} b_{33})$$

$$A_{13} = b_{120} b_{34} (b_{23} b_{34} - b_{24} b_{33}) \quad \text{که}$$

$$A_{14} = (b_{121} b_{34} - b_{14} b_{32}) (b_{23} b_{34} - b_{24} b_{33})$$

$$- (b_{13} b_{34} - b_{14} b_{33}) (b_{22} b_{34} - b_{24} b_{32})$$

(۳) معادله محل خطا:

معادله (۱) با استفاده از معادلات (۳) و (۵) به صورت زیر تغییر می یابد:

(۶)

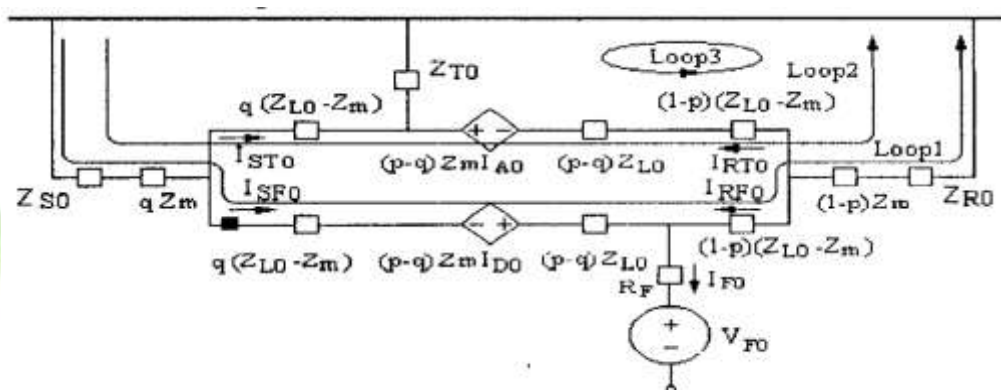
$$V_S = p \left[ I_{SF} Z_{L1} + (Z_{L0} - Z_{L1}) I_{SF0} + Z_m \frac{I_{ST0}}{I_{SF0}} I_{SF0} \right] + 3R_f I_{F2} \left( 1 + \frac{I_{RF2}}{I_{SF2}} \right)$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

معادله (۶) با استفاده از محل خطا (P) و مقاومت خطا ( $R_F$ ) به صورت زیر در می آید:

$$a_3 p^3 + a_2 p^2 + a_1 p + a_0 + s_1 R_F p + s_0 R_F = 0 \quad (۷)$$

(ب) خطاهای قسمت خارجی در خط بدون مدار **teed**:



شکل ۳: دیاگرام خطاهای بخش خارجی در خط بدون مدار **teed**

(۱) فاکتور توزیع جریان توالی صفر:

با اعمال سه KVL در مسیرهای حلقه نشان داده شده در شکل ۳ به معادله‌ی زیر می‌رسیم:

$$\begin{vmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} & c_{14} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} & c_{24} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} & c_{34} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} I_{SF0} \\ I_{RF0} \\ I_{ST0} \\ I_{RT0} \end{vmatrix} = 0 \quad (۸)$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$\begin{aligned}
 c_{11} &= p Z_{L0} + Z_{S0} = p c_{110} + c_{111} \\
 c_{12} &= p Z_{L0} - Z_{L0} - Z_{R0} = p a_{120} + c_{121} \\
 c_{13} &= Z_{S0} + q Z_m & c_{14} &= -\{(1-q) Z_m + Z_{R0}\} \\
 c_{21} &= p Z_m + Z_{S0} = p c_{210} + c_{211} \\
 c_{22} &= p Z_m - Z_m - Z_{R0} = p c_{220} + c_{221} \\
 c_{23} &= Z_{S0} + q Z_{L0} & c_{24} &= -\{(1-q) Z_{L0} + Z_{R0}\} \\
 c_{31} &= -p Z_m + q Z_m & c_{32} &= -p Z_m + Z_m + Z_{R0} = p c_{320} + c_{321} \\
 c_{33} &= Z_{T0} & c_{34} &= Z_{T0} + (1-q) Z_{L0} + Z_{R0}
 \end{aligned}$$

فاکتور توزیع جریان توالی صفر، نشان دهنده‌ی نسبت بین  $I_{ST0}$  (جریان توالی صفر در سمت ابتدایی مدار teed سالم) و  $I_{SF0}$  (جریان توالی صفر در سمت ابتدایی مدار دارای خطا) است که به صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$\frac{I_{ST0}}{I_{SF0}} = \frac{p B_{01} + B_{02}}{p A_{03} + A_{04}} \quad (9)$$

$$\begin{aligned}
 B_{01} &= (c_{220} c_{34} - c_{24} c_{34}) (c_{111} c_{34} - c_{311} c_{14}) \\
 &\quad + (c_{221} c_{34} - c_{24} c_{321}) (c_{110} c_{34} - c_{310} c_{14}) \\
 &\quad - (c_{210} c_{34} - c_{310} c_{24}) (c_{121} c_{34} - c_{14} c_{321}) \\
 &\quad - (c_{211} c_{34} - c_{311} c_{24}) (c_{120} c_{34} - c_{14} c_{320}) \\
 B_{02} &= (c_{221} c_{34} - c_{24} c_{321}) (c_{111} c_{34} - c_{311} c_{14}) - (c_{211} c_{34} - c_{311} c_{24}) (c_{121} c_{34} - c_{14} c_{321}) \\
 A_{03} &= (c_{120} c_{34} - c_{14} c_{320}) (c_{23} c_{34} - c_{24} c_{33}) - (c_{220} c_{34} - c_{24} c_{320}) (c_{13} c_{34} - c_{14} c_{33}) \\
 A_{04} &= (c_{121} c_{34} - c_{14} c_{321}) (c_{22} c_{34} - c_{24} c_{33}) - (c_{221} c_{34} - c_{24} c_{321}) (c_{13} c_{34} - c_{14} c_{33})
 \end{aligned}$$

توزیع جریان توالی صفر نشان دهنده‌ی نسبت بین  $I_{RT0}$  (جریان توالی صفر در سمت انتهایی مدار teed سالم) و  $I_{SF0}$  (جریان توالی صفر در سمت ابتدایی مدار دارای خطا) است که به صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$\frac{I_{RT0}}{I_{SF0}} = \frac{p C_{01} + C_{02}}{p A_{03} + A_{04}} \quad (10)$$

که:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$C_{01} = - \frac{c_{311} A_{03} + c_{110} A_{04} + c_{121} A_{01} + c_{120} A_{02} + c_{13} B_{01}}{c_{14}}$$

$$C_{01} = - \frac{c_{111} A_{04} + c_{121} A_{02} + c_{13} B_{02}}{c_{14}}$$

$$A_{01} = (c_{110} c_{34} - c_{310} c_{14})(c_{24} c_{33} - c_{23} c_{34}) + (c_{210} c_{34} - c_{310} c_{24})(c_{13} c_{34} - c_{14} c_{33})$$

$$A_{04} = (c_{111} c_{34} - c_{311} c_{14})(c_{24} c_{33} - c_{23} c_{34}) + (c_{211} c_{34} - c_{311} c_{24})(c_{13} c_{34} - c_{14} c_{33})$$

(۲) فاکتور توزیع جریان توالی منفی :

همانند مدار توالی صفر، با اعمال KVL در مسیرهای مشابه در هر حلقه، می توان به معادله ی زیر دست

یافت :

$$\begin{vmatrix} d_{11} & d_{12} & d_{13} & d_{14} \\ d_{21} & d_{22} & d_{23} & d_{24} \\ d_{31} & d_{32} & d_{33} & d_{34} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} I_{SF0} \\ I_{RF0} \\ I_{ST0} \\ I_{RT0} \end{vmatrix} = 0 \quad (11)$$

$$d_{11} = pZ_{L2} + Z_{S2} = pb_{110} + b_{111}$$

$$d_{12} = pZ_{L2} - Z_{L2} - Z_{R2} = pd_{120} + d_{121}$$

$$d_{13} = Z_{S2} \quad d_{14} = -Z_{R2} \quad d_{21} = Z_{S2} \quad d_{22} = -Z_{R2} \quad \text{که}$$

$$d_{21} = Z_{S2} + qZ_{L2} \quad d_{24} = (q-1)Z_{L2} - Z_{R2}$$

$$d_{31} = 0 \quad d_{32} = Z_{R2} \quad d_{33} = Z_{T2}$$

$$d_{34} = Z_{T2} + (1-q)Z_{L2} + Z_{R2}$$

فاکتور توزیع جریان توالی منفی، نشان دهنده ی نسبت بین  $I_{RF2}$  (جریان توالی منفی در سمت انتهایی

مدار خطادار) و  $I_{SF2}$  (جریان توالی منفی در سمت ابتدایی مدار خطادار) است که به صورت زیر

نشان داده می شود :

$$\frac{I_{RF2}}{I_{SF2}} = \frac{pA_{11} + A_{12}}{pA_{16} + A_{14}} \quad (12)$$



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$A_{11} = d_{110} d_{34} (d_{24} d_{33} - d_{24} d_{34})$$

$$A_{12} = -d_{111} d_{34} (d_{24} d_{34} - d_{24} d_{33}) + d_{21} d_{34} (d_{13} d_{34} - d_{14} d_{33})$$

$$A_{13} = d_{120} d_{34} (d_{23} d_{34} - d_{24} d_{33}) \quad \text{که :}$$

$$A_{14} = (d_{121} d_{34} - d_{14} d_{32}) (d_{23} d_{34} - d_{24} d_{33})$$

$$- (d_{13} d_{34} - d_{14} d_{33}) (d_{22} d_{34} - d_{24} d_{32})$$

(۳) معادله‌ی محل خطا :

(۱۳)

$$V_S = p \left[ Z_{L1} I_{SF} + (Z_{L0} - Z_{L1}) I_{SF0} \right] + q Z_m \frac{I_{RT0}}{I_{RT0}} I_{RT0} + 3R_F I_{F2} \left( 1 + \frac{I_{RF2}}{I_{SF2}} \right)$$

معادله‌ی (۱۳) با استفاده از معادلات (۱۰) و (۱۲) به صورت زیر تغییر می‌یابد :

$$V_S = p \left[ Z_{L1} I_{SF} + (Z_{L0} - Z_{L1}) I_{SF0} \right] + q Z_m \frac{I_{RT0}}{I_{ST0}} I_{ST0} - (p - q) Z_m \frac{I_{RT0}}{I_{ST0}} I_{RT0} + 3R_F I_{F2} \left( 1 + \frac{I_{RF2}}{I_{SF2}} \right) \quad (۱۴)$$

معادله‌ی (۱۴) با استفاده از محل خطا (p) و مقاومت خطا (R<sub>F</sub>) به صورت زیر در می‌آید .

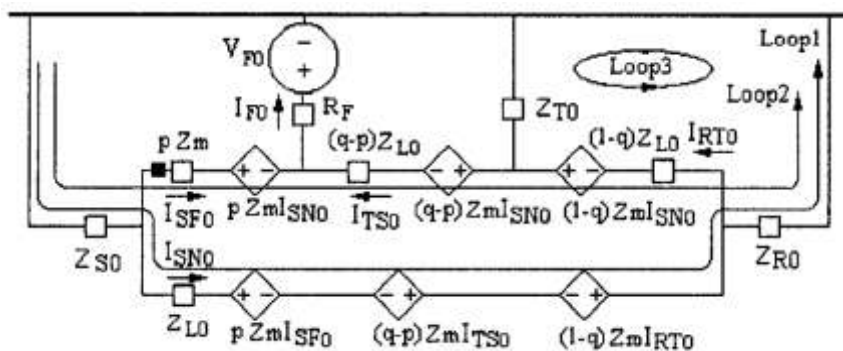
$$a_3 p^3 + a_2 p^2 + a_1 p + a_0 + S_1 R_F p + S_0 R_F = 0 \quad (۱۵)$$



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

(۱) فاکتور توزیع جریان توالی صفر

با اعمال KVL در سه مسیر نشان داده شده در هر حلقه‌ی شکل ۵ به معادلات زیر دست می‌یابیم



شکل ۵: مدار توالی صفر

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} I_{SF0} \\ I_{RF0} \\ I_{ST0} \\ I_{RT0} \end{vmatrix} = 0 \quad (17)$$

$$a_{11} = p Z_{L0} + Z_{S0} = p a_{110} + a_{111} \quad a_{12} = Z_{L0} (q - 1) - Z_{R0}$$

$$a_{13} = Z_{S0} + Z_m + Z_{R0}$$

$$a_{14} = p Z_m + Z_{S0} = p a_{140} + a_{141}$$

$$a_{21} = p Z_m + Z_{S0} = p a_{120} + a_{121} \quad a_{22} = (q - 1) Z_m - Z_{R0}$$

که:

$$a_{23} = Z_{S0} + Z_{L0} + Z_{R0}$$

$$a_{24} = p Z_m - q Z_m = p a_{240} + a_{141}$$

$$a_{31} = 0 \quad a_{32} = (q - 1) Z_{La} - Z_{R0} - Z_{T0}$$

$$a_{33} = (1 - q) Z_m + Z_{R0} \quad a_{34} = 0$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فاکتور توزیع جریان توالی صفر نشان دهنده ی نسبت بین  $I_{SF0}$  (جریان توالی صفر درست ابتدایی مدار خطا) و  $I_{SN0}$  (جریان توالی صفر در سمت ابتدایی مدار سالم) است که به صورت زیر نشان داده می شود.

$$\frac{I_{SN0}}{I_{SF0}} = \frac{pA_{01} + A_{02}}{pA_{03} + A_{04}} \quad (18)$$

$$A_{01} = (a_{32})^2 a_{140} a_{24} - a_{32} a_{34} a_{110} a_{22} + a_{111} a_{240} (a_{32})^2 - a_{120} a_{141} (a_{32})^2 + a_{210} a_{12} a_{32} a_{34} - a_{211} a_{140} (a_{32})^2$$

$$A_{02} = a_{11} a_{421} (a_{32})^2 - a_{111} a_{32} a_{34} - a_{211} a_{141} (a_{32})^2 + a_{211} a_{32} a_{12} a_{34} \quad \text{که:}$$

$$A_{03} = a_{140} a_{32} (a_{32})^2 - a_{140} a_{32} a_{22} a_{33} - a_{16} a_{240} (a_{32})^2 + a_{12} a_{240} a_{33} a_{32}$$

$$A_{04} = a_{141} a_{23} (a_{32})^2 - a_{141} a_{32} a_{22} a_{33} - a_{12} a_{34} a_{23} a_{32} + a_{12} a_{34} a_{22} a_{33} - a_{13} a_{241} (a_{32})^2 + a_{13} a_{22} a_{32} a_{34} + a_{12} a_{33} a_{241} a_{32} - a_{12} a_{33} a_{22} a_{34}$$

(۲) فاکتور توزیع توالی منفی:

همانند مدار توالی صفر، با اعمال KVL در مسیرهای مشابه در هر حلقه، می توان به معادله ی زیر دست یافت:

$$\begin{vmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} & b_{14} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} & b_{24} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} & b_{34} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} I_{SF0} \\ I_{RF0} \\ I_{ST0} \\ I_{RT0} \end{vmatrix} = 0 \quad (19)$$

که:

$$b_{11} = p Z_{L2} + Z_{S2} = p b_{110} + b_{111} \quad b_{12} = (q-1) Z_{L2} - Z_{R2}$$

$$b_{13} = Z_{S2} + Z_{R2}$$

$$b_{14} = p Z_{L2} - q Z_{L2} = P b_{140} + b_{141}$$

$$b_{21} = Z_{S2}$$

$$b_{22} = - Z_{R2}$$

$$b_{23} = Z_{S2} + Z_{R2} + Z_{L2}$$

$$b_{24} = 0$$

$$b_{31} = 0$$

$$b_{32} = q Z_{L2} - Z_{T2} - Z_{R2}$$

$$b_{33} = Z_{R2}$$

$$b_{34} = Z_{T2}$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

فاکتور توزیع جریان توالی منفی نشان دهنده ی نسبت بین  $I_{TS2}$  (جریان توالی منفی از نقطه  $teed$  به خطا) و  $I_{SF2}$  (جریان توالی منفی در سمت ابتدایی مدار  $teed$  دارای خطا) است که به صورت زیر نشان داده می شود:

$$\frac{I_{TS2}}{I_{SF2}} = \frac{pA_{11} + A_{12}}{pA_{16} + A_{14}} \quad (20)$$

$$A_{11} = b_{110} b_{33} (b_{22})^2 - b_{110} b_{22} b_{32} b_{23}$$

$$A_{12} = (b_{13} b_{22} - b_{12} b_{23}) b_{33} b_{21} + (b_{111} b_{22} - b_{12} b_{21}) b_{33} b_{22} - (b_{111} b_{22} - b_{12} b_{21}) b_{32} b_{23} \quad \text{که}$$

$$A_{13} = b_{140} b_{32} b_{23} b_{22} - b_{140} b_{33} (b_{22})^2$$

$$A_{14} = (b_{13} b_{22} - b_{12} b_{23}) b_{34} b_{22} - b_{141} b_{33} (b_{22})^2 + b_{141} b_{32} b_{23} b_{22}$$

۳) معادله ی محل خطا:

معادله ی (۱۶) با استفاده از معادلات (۱۸) و (۲۰) به صورت زیر تغییر می کند:

$$V_S = p \left[ I_{SF} Z_{L1} + (Z_{L0} - Z_{L1}) I_{SF0} + Z_m \frac{I_{SN0}}{I_{SF0}} I_{SF0} \right] + 3R_F I_{F2} \left( 1 + \frac{I_{TS2}}{I_{SF2}} \right) \quad (21)$$

معادله ی (۲۱) با استفاده از محل خطا ( $p$ ) و مقاومت خطا ( $R_F$ ) به صورت زیر در می آید:

$$x_3 p^3 + x_2 p^2 + x_1 p + w_1 p^2 R_F + w_2 p R_F + w_3 R_F + w_4 = 0 \quad (22)$$

ت) محاسبه محل خطا:

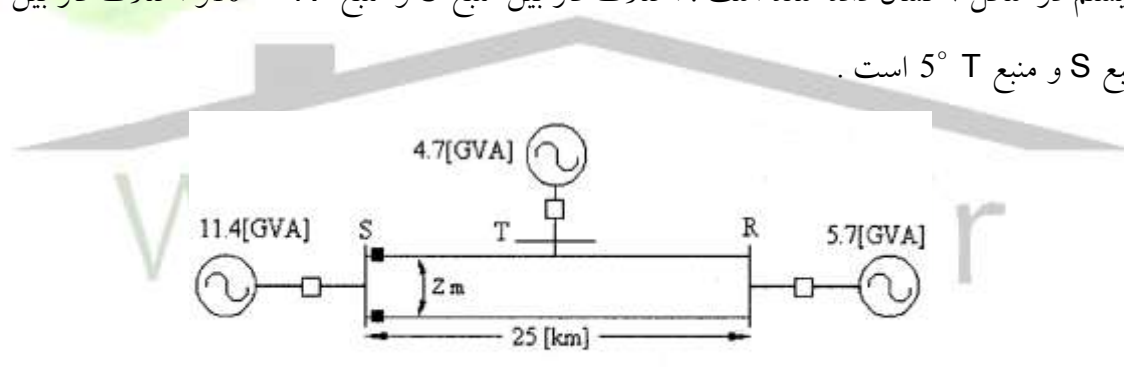
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

معادله‌ی محل خطا دارای متغیرهای  $p$  و  $R_F$  است. چون این معادله یک معادله‌ی مختلط است، به دو بخش حقیقی و موهومی تقسیم می‌شود، تا بتوان هر دو متغیر را محاسبه کرد. دو معادله و دو متغیر وجود دارد. (حقیقی و موهومی)، فاصله‌ی خطا نهایتاً با حل معادلات غیر خطی به روش نیوتن رافسون بدست می‌آید.

## ارزیابی عملکرد :

الف) موارد آزمایش :

برای ارزیابی عملکرد الگوریتم پیشنهادی، سیگنال‌های خطا به وسیله‌ی EMTP روی یک خط انتقال موازی (25 (KM), 154 (KV) با مدار teed شبیه سازی شده است. الگوریتم پیشنهادی با مقادیر مختلف محل خطا، مقاومت خطا، فاصله‌ی نقطه teed و امپدانس منبع آزمایش شده است. مدل سیستم در شکل ۶ نشان داده شده است. اختلاف فاز بین منبع S و منبع R  $10^\circ$  و اختلاف فاز بین منبع S و منبع T  $5^\circ$  است.



شکل ۶: مدل سیستم

فرکانس نمونه برداری این الگوریتم  $2160 H_z$  می‌باشد که برابر است با ۳۶ نمونه در هر سیکل سیستم‌های  $60 H_z$ ، برای جلوگیری از خطای الایزینگ از یک فیلتر پایین گذر درجه دو، با فرکانس قطع  $960 H_z$  استفاده می‌شود. برای بدست آوردن فازور مؤلفه‌ی فرکانس قدرت، از تبدیل فوریه گسسته استفاده می‌شود. خطای محل خطا به صورت درصدی از کل طول خط بیان می‌شود.

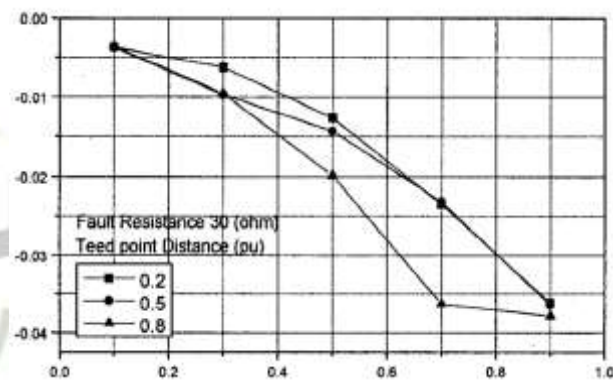
$$\% \text{ Error} = \frac{\text{Estimated location} - \text{actual location}}{\text{Total length}} \times 100$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

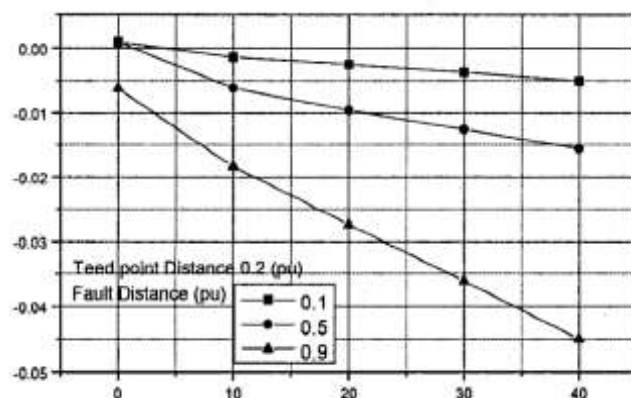
## ب : نتایج آزمایش :

(۱) خطاها در خط انتقال بدون مدار teed

شکل ۷ خطای محل خطا با فاصله ی خطای متغیر و فاصله ی نقطه ی teed متغیر را نشان می دهد . مقاومت خطا ۳۰ اهم است . شکل ۸ خطای محل خطا با مقاومت خطای متغیر و فاصله ی خطای متغیر را نشان می دهد . فاصله ی نقطه teed برابر با  $0.2 (Pu)$  است . ماکزیمم خطا در تمام نمونه ها کم تر از  $0.1$  درصد است .



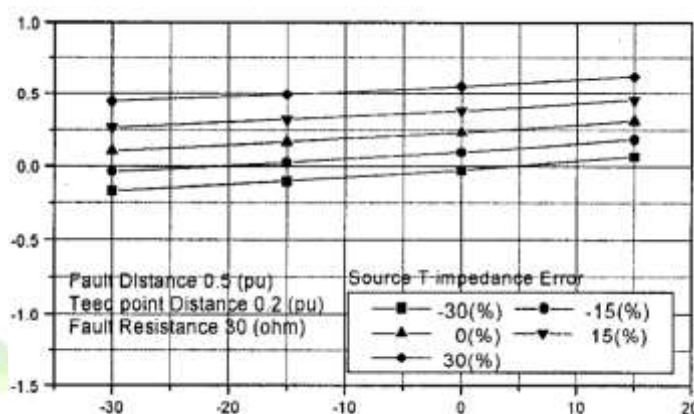
شکل ۷: خطای محل خطا با محل خطای متغیر و فاصله ی نقطه teed



شکل ۸: خطای محل خطا ، با مقاومت خطای متغیر و محل خطا

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

از نقطه نظر عملی، امپدانس منبع معادل پشت نقطه رله، همانند تغییرات منبع تقریباً مداوم است. برای بررسی تأثیر این نوع از امپدانس منبع متغیر، این الگوریتم محل خطای پیشنهادی، با اطلاعات بدست آمده از تغییر  $30\% -$  تا  $30\% +$  سه امپدانس منبع در سیستم مدل مورد آزمایش قرار گرفته است. در تمام نمونه‌ای آزمایش، حداکثر خطا کمتر از  $1\%$  بود.



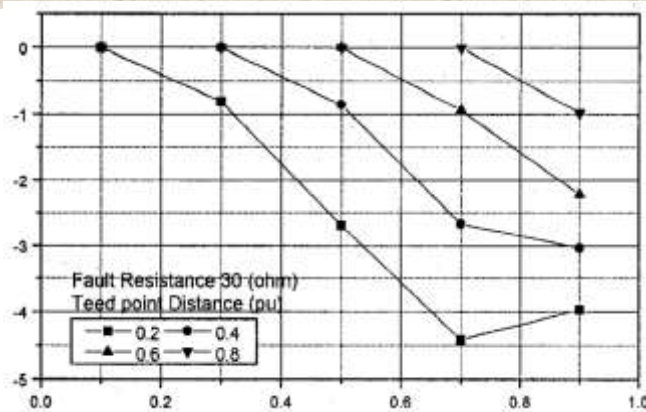
شکل ۹: خطای محل خطا با امپدانس منبع متغیر

(۲) خطاها در خط انتقال teed :

شکل ۱۰، هنگامی که خطاها در مدار teed اتفاق می‌افتند. خطای محل خطا را با فاصله‌ی خطای متغیر و فاصله نقطه tead متغیر نشان می‌دهد. این الگوریتم، هنگامی که یک خطا در خط teed پشت نقطه teed اتفاق می‌افتد، خطاهایی (تقریباً  $5\%$ ) را نشان می‌دهد. این الگوریتم برای خطاهایی که در خط teed پشت نقطه teed اتفاق می‌افتند نیز گسترش یافته است. ولی چون از حوصله‌ی این بخش خارج است از بیان آن صرف نظر شده است. وقتی خطایی پشت نقطه‌ی teed اتفاق می‌افتد به نظر می‌رسد که یافتن جریان بار از منبع teed تا نقطه خطا غیر ممکن است. بنابراین الگوریتم پیشنهادی هنگامی معتبر است که فقط خطاها در مدار بدون نقطه‌ی teed و در بخش داخلی مدار teed اتفاق افتند.

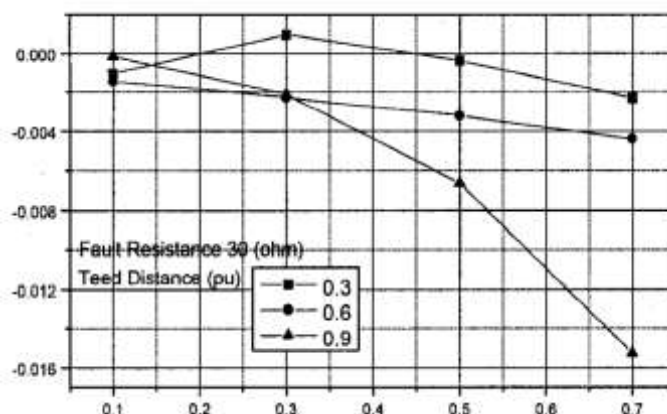


برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه



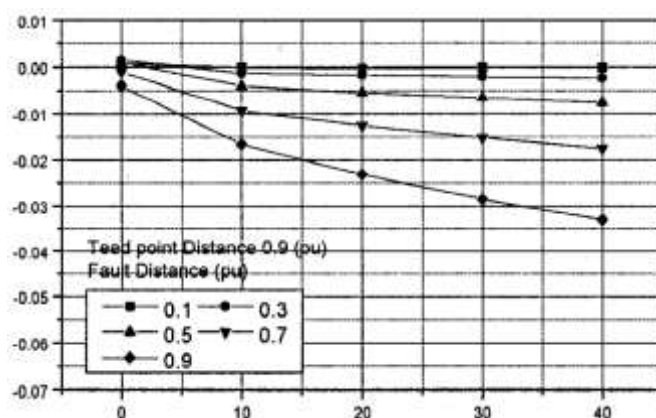
شکل ۱۰: خطای محل خطا با فاصله‌ی خطای متغیر و فاصله‌ی نقطه teed

در شکل‌های ۱۱ تا ۱۳ فاصله نقطه teed طول پریونیت بر مبنای طول کل خط است. به عبارت دیگر فاصله خطا، طول پریونیت بر مبنای طول متغیر است که از نقطه‌ی رله تا نقطه‌ی teed تغییر می‌کند. شکل ۱۱ خطای محل خطا را با فاصله‌ی خطای متغیر و فاصله نقطه teed نشان می‌دهد. مقاومت خطا برابر با ۳۰ اهم است. شکل ۱۲ خطای محل خطا را با مقاومت خطای متغیر و فاصله‌ی خطا نشان می‌دهد. فاصله‌ی نقطه‌ی teed (pu) 0.9 است. خطای ماکزیمم کمتر از ۰/۱٪ در تمام نمونه است. شکل ۱۳، تأثیر تغییر امپدانس منبع را نشان می‌دهد. در این نمونه‌ها، تغییر امپدانس منبع S -۳۰٪ است. هر چند امپدانس‌های منبع R و T از -۳۰٪ تا +۳۰٪ تغییر می‌کنند، ولی خطای محل یابی خطا در حدود ۰/۴٪ است.

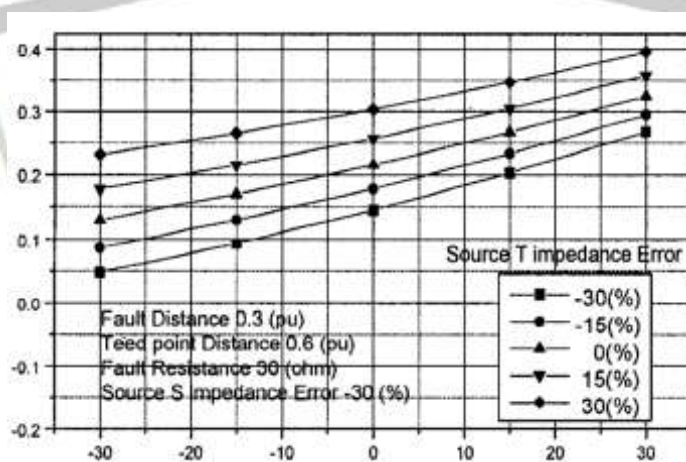


شکل ۱۱: خطای محل خطا با فاصله خطای متغیر و فاصله نقطه teed

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم



شکل ۱۲: خطای محل خطا با مقاومت خطای متغیر و فاصله خطا



شکل ۱۳: خطای محل خطا با امیدانس منبع متغیر

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

## فصل دوم

### محل یابی خطای تک فاز به زمین در خطوط انتقال موازی

در این روش یک الگوریتم دقیق برای محل خطای مربوط به خطای تک فاز به زمین در دو خط انتقال موازی ارائه می شود. مدار فاز خطا و مدار توالی صفر دو خط انتقال موازی، به عنوان یک مدل محل خطا استفاده می شوند، که شامل امپدانس منبع پایانه دوم نمی باشد. این الگوریتم عملاً تأثیر پخش بار و مقاومت خطا روی دقت محل یابی خطا را حذف کرده است. این الگوریتم یک محل خطای دقیق را فقط به وسیله اندازه گیری اطلاعات محل، نشان می دهد و در روشی که تعیین نوع و فاز خطا به صورت خودکار انجام می شود استفاده می شود، به جای این که یک مهندس این کار را انجام دهد. نتایج شبیه سازی معتبر بودن این الگوریتم را تحت شرایط خطای تک فاز به زمین اثبات کرده است.

#### فهرست علائم:

D: نسبتی از فاصله خطا بر اساس طول کل خط ( $0 \leq D \leq 1$ )

L: طول خط

$R_F$ : مقاومت خطا

$U_c, U_b, U_a$ : ولتاژ در نقطه کنترل

$U_2, U_1, U_0$ : مؤلفه های مثبت، منفی و توالی صفر مربوط به  $U_a$

$I_{Ic}, I_{Ib}, I_{Ia}$ : جریان مدار I از نقطه کنترل تا خطا

$I_{IIc}, I_{IIb}, I_{IIa}$ : جریان مدار II از نقطه کنترل تا خطا.

$I_{I0}, I_{I2}, I_{I1}$ : مؤلفه های مثبت، منفی و توالی صفر مربوط به  $I_{Ia}$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$I_{II0}$  ,  $I_{II2}$  ,  $I_{II1}$  : مؤلفه های مثبت ، منفی و توالی صفر مربوط به  $I_{IIa}$

$I_{af}$  : فلوی جریان خطا از خطا تا زمین .

$I_{f0}$  ,  $I_{f2}$  ,  $I_{f1}$  : مؤلفه های مثبت ، منفی و توالی صفر مربوط به  $I_{af}$

$E_{S1}$  : نیروی محرکه الکتریکی منبع در پایانه اول .

$E_{r1}$  : نیروی محرکه الکتریکی منبع در پایانه دوم .

$E_{F0}$  ,  $E_{F2}$  ,  $E_{F1}$  : نیروی محرکه الکتریکی مثبت ، منفی و توالی صفر در نقطه ی خطا .

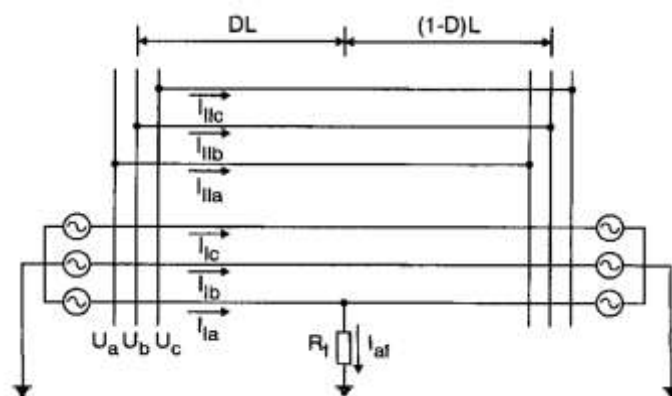
$Z_{S0}$  ,  $Z_{S2}$  ,  $Z_{S1}$  : امپدانس منبع مثبت ، منفی و توالی صفر در پایانه اول .

$Z_{r0}$  ,  $Z_{r2}$  ,  $Z_{r1}$  : امپدانس منبع مثبت ، منفی و توالی صفر در پایانه دوم .

$Z_{I0}$  ,  $Z_{I2}$  ,  $Z_{I1}$  : امپدانس مثبت ، منفی و توالی صفر خط مدار I .

$Z_{II0}$  ,  $Z_{II2}$  ,  $Z_{II1}$  : امپدانس مثبت ، منفی و توالی صفر خط مدار II .

$Z_{m0}$  : امپدانس متقابل توالی صفر بین مدار I و مدار II .



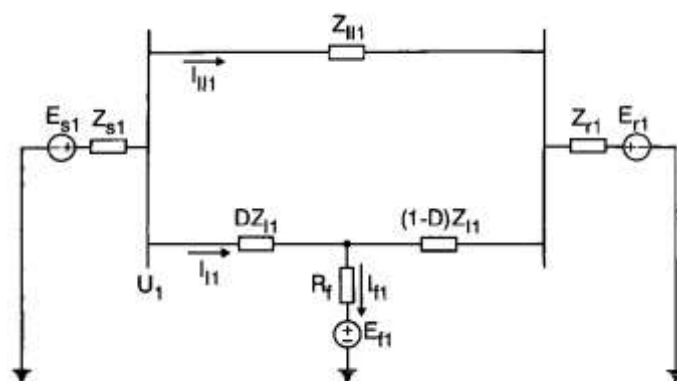
شکل ۱ : خطای فاز به زمین

## الگوریتم محل یابی خطای پیشنهادی :

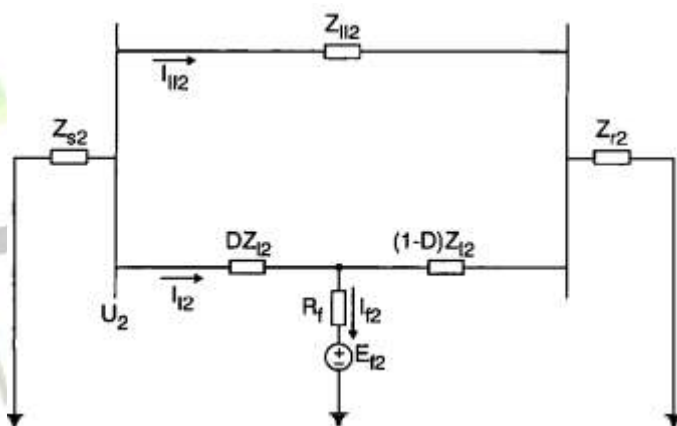
به طور کلی ، بار در مدار توالی صفر یک شبکه قدرت خطا دار کنترل شده نیست . بنا بر این از مدار توالی صفر به عنوان مدل محل خطا برای حذف اثر اختلال بار ، در دقت محل خطای فاز به زمین ، استفاده می شود . مدار دو خط موازی برای خطای تک فاز به زمین در شکل ۱ نشان داده شده است .

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم

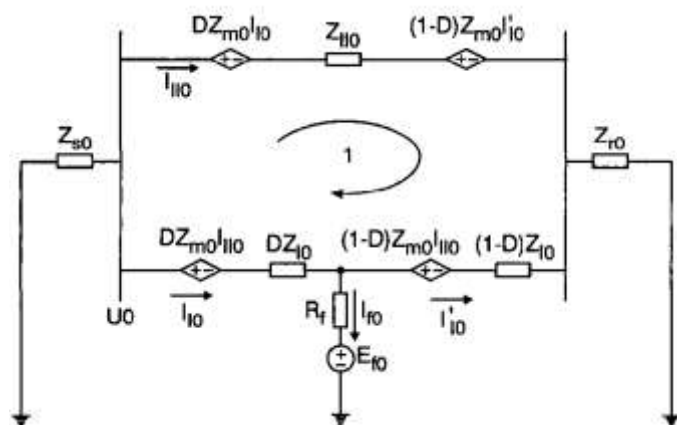
برای سادگی معرفی این الگوریتم، یک مدل خط انتقال بدون کاپاسیتانس موازی بررسی شده است.



شکل ۲: شبکه توالی مثبت



شکل ۳: شبکه توالی منفی



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل ۴: شبکه توالی صفر

طبق قاعده‌ی جمع آثار در شبکه‌های خطی، شبکه خطا به سه بخش به نام‌های توالی‌های مثبت، منفی و صفر تقسیم می‌شود. که به ترتیب در شکل‌های ۴-۲، داده شده‌اند. بنابراین، رابطه بین ولتاژ  $U_a$  و مؤلفه‌های توالی  $U_0, U_2, U_1$  به صورت زیر بیان می‌شود:

$$U_a = U_1 + U_2 + U_0 \quad (1)$$

با اعمال KVL در شکل‌های ۴-۲ مؤلفه‌های  $U_0, U_2, U_1$  به ترتیب برابرند با

$$U_1 = DZ_{I1} I_{I1} + R_f I_{f1} + E_{f1} \quad (2)$$

$$U_2 = DZ_{I2} I_{I2} + R_f I_{f2} + E_{f2} \quad (3)$$

$$U_0 = DZ_{I0} I_{I0} + R_f I_{f0} + E_{f0} + DZ_{m0} I_{I10} \quad (4)$$

برای یک خط انتقال در یک سیستم قدرت سه فاز، امپدانس‌های توالی مثبت و منفی  $(Z_2, Z_1)$  همیشه با هم برابرند. اندیس امپدانس توالی حذف شده و با عبارت و نماد  $Z$  که نشان دهنده‌ی امپدانس توالی مثبت خط است بیان می‌شود، به عنوان مثال:

$$Z_{I1} = Z_{I2} = Z_I \quad (5)$$

که اندیس ۱، به معنی اولین خط مدار است.

با جانشین کردن معادله‌ی ۵ در معادلات ۲، ۳ و ۴ و سپس جانشین کردن معادلات ۲ و ۳ و ۴ در معادله ۱، به عبارت زیر می‌رسیم:

$$U_a = DZ_I I_{1a} + D(Z_{I0} - Z_I) I_{I0} + R_f I_{af} + DZ_{m0} I_{I10} \quad (6)$$

که:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$I_{Ia} = I_{I1} + I_{I2} + I_{I0}$$

$$I_{af} = I_{f1} + I_{f2} + I_{f0}$$

$$0 = E_{f1} + E_{f2} + E_{f0}$$

در معادله (۶)، پارامترهای  $Z_{I0}$ ،  $Z_I$ ،  $Z_{m0}$  معلوم هستند. و ولتاژ  $U_a$  و جریان های

$I_{Ia}$ ،  $I_{I0}$ ،  $I_{II0}$ ، به سادگی از اطلاعات به دست آمده از دستگاه ثبت در نقطه ی کنترل، مشخص

می شوند. برای حذف پارامتر نامشخص  $I_{aF}$ ، رابطه ی بین جریان توالی صفر  $I_{F0}$ ، و جریان

$I_{aF}$ ،  $I_{bF}$  و  $I_{cF}$  بررسی می شود:

$$I_{f0} = I_{af} + I_{bf} + I_{cf}$$

$$= I_{af}$$

(۷)

که:

$$I_{bf} = I_{cf} = 0$$

با جانشین معادله ۷ در معادله ۶ داریم:

$$U_a = DZ_I I_{Ia} + D(Z_{I0} - Z_I) I_{I0} + 3R_f I_{af} + DZ_{m0} I_{I10} \quad (۸)$$

در نقطه ی خطای شکل ۴، می توان جریان  $I_{F0}$  را به صورت زیر بیان کرد:

$$I_{f0} = I_{I0} = I_{I0}^1 \quad (۹)$$

با اعمال KVL در حلقه ی ۱ در شکل ۴، داریم:

که:

$$DZ_{m0} I_{I0} + Z_{II0} I_{II0} + (1-D) Z_{m0} I_{II0} - (1-D) Z_{m0} I_{I0}^1 - DZ_{m0} I_{II0} - DZ_{I0} I_{I0} - (1-D) Z_{m0} I_{II0} - (1-D) Z_{I0} I_{I0}^1 = C$$

$$I_{I0}^1 = \frac{-D(Z_{m0} - Z_{I0}) I_{I0} + (Z_{m0} - Z_{II0}) I_{II0}}{(1-D)(Z_{m0} - Z_{I0})} \quad (۱۰)$$

با جانشینی معادله ۱۰ در معادله ۹، داریم:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$I_{f0} = \frac{(Z_{m0} - Z_{I0})I_{I0} - (Z_{m0} - Z_{II0})I_{II0}}{(1-D)(Z_{m0} - Z_{I0})} \quad (11)$$

سپس ، با جانشینی معادله ۱۱ ، در معادله ۸ ، معادله ی زیر بدست می آید که در آن  $I_{F0}$  حذف شده است .

$$U_a = DZ_I I_{Ia} + D(Z_{I0} - Z_I)I_{I0} + 3R_f \frac{(Z_{m0} - Z_{I0})I_{I0} - (Z_{m0} - Z_{II0})I_{II0}}{(1-D)(Z_{m0} - Z_{I0})} + DZ_{m0} I_{II0} \quad (12)$$

جریان های توالی صفر را می توان با جریان های سه فاز ، به صورت زیر نوشت:

$$I_{I0} = (I_{Ia} + I_{Ib} + I_{Ic}) / 3$$

$$I_{II0} = (I_{IIa} + I_{IIb} + I_{IIc}) / 3$$

معادله ی ۱۲ ، شامل امپدانس بار ،  $Z_L$  ، یا امپدانس منبع ،  $Z_r$  در سمت انتهایی ، نمی باشد . این بدین معنی است که این الگوریتم می تواند بدون این که تحت تأثیر پخش بار و تغییر منبع انتهایی باشد محل خطا را مشخص کند .

با باز نویسی معادله ۱۲ ، داریم :

$$a_1 (j\omega) R_f + a_2 (j\omega) D + a_3 (j\omega) D^2 + a_4 (j\omega) = 0 \quad (13)$$

مجهولات معادله ی ۱۳ ، مقاومت خطا ،  $R_f$  ، و محل خطا  $D_f$  می باشند . ضرائب به صورت زیر تعریف می شوند .

$$(14)$$



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

$$a_1(j\omega) = 3[(Z_{m0} - Z_{I0})I_{I0} - (Z_{m0} - Z_{II0})I_{II0}]$$

$$a_2(j\omega) = (Z_{m0} - Z_{I0})\{Z_I I_{Ia} + (Z_{I0} - Z_I)I_{I0} + Z_{m0}I_{II0} + U_a\}$$

$$a_4(j\omega) = (Z_{m0} - Z_{I0})U_a$$

روش تبدیل Z یک ارتباط مناسب بین حوزه فرکانس (S) و حوزه زمان برقرار می کند .

معادله ۱۴، در حوزه تبدیل لاپلاس به صورت زیر می شود :

$$a_1(s)R_f + a_2(s)D + a_3(s)D^2 + a_4(s) = 0 \quad (15)$$

اگر دوره تناوب T در مقایسه با ثابت زمانی سیستم به اندازه کافی کوچک انتخاب شود . معادله ۱۵، می تواند از حوزه S به حوزه Z منتقل شود :

$$a_1\left(\frac{2}{T} \frac{I - z^{-1}}{I + z^{-1}}\right)R_f + a_2\left(\frac{2}{T} \frac{I - z^{-1}}{I + z^{-1}}\right)D + a_3\left(\frac{2}{T} \frac{I - z^{-1}}{I + z^{-1}}\right)D^2 + a_4\left(\frac{2}{T} \frac{I - z^{-1}}{I + z^{-1}}\right) = 0 \quad (16)$$

که Z، عملگر تبدیل Z است .

با مرتب کردن معادله ۱۶، داریم :

$$b_1(z)R_f + b_2(z)D + b_3(z)D^2 + b_4(z) = 0 \quad (17)$$

$$z = \frac{2 - T_S}{2 + T_S} \quad \text{که :}$$

برای یک سری از نمونه های  $U_a(t_0 - nT)$ ،  $U_a(t_0 - nT)$ ،  $U_a(t_0 - nT)$ ، ...،

$N=n, n-1$  حوزه تبدیل Z حوزه زمان به صورت زیر بیان می شود .

$$Z^{-1}[z^{-n}U_a(z)] = U_a(t_0 - nT)$$

$$Z^{-1}[z^{-n}I_{Ia}(z)] = I_{Ia}(t_0 - nT)$$

$$Z^{-1}[z^{-n}I_{I0}(z)] = I_{I0}(t_0 - nT)$$

$$Z^{-1}[z^{-n}I_{II0}(z)] = I_{II0}(t_0 - nT)$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

که  $Z^{-1}$  عکس تبدیل  $Z$  است .

$$b_1(t_0) R_f + b_2(t_0) D + b_3(t_0) D^2 + b_4(t_0) = 0 \quad (18)$$

(19)

$$b_1(t_0 - T) R_f + b_2(t_0 - T) D + b_3(t_0 - T) D^2 + b_4(t_0 - T) = 0$$

با حذف  $R_f$  از معادلات ۱۸ و ۱۹ داریم :

$$B_1 D + B_2 D^2 + B_3 = 0 \quad (20)$$

$$B_1 = b_2(t_0 - T) - \frac{b_1(t_0 - T) b_2(t_0)}{b_1(t_0)}$$

$$B_2 = b_3(t_0 - T) - \frac{b_1(t_0 - T) b_3(t_0)}{b_1(t_0)} \quad \text{که :$$

$$B_3 = b_4(t_0 - T) - \frac{b_1(t_0 - T) b_4(t_0)}{b_1(t_0)}$$

فاصله خطا ،  $D$  مجهول است که با حل معادله ۲۰ به روش نیوتن رافسون به دست می آید .

### نتایج شبیه سازی :

عمل الگوریتم را هنگامی که سیگنال توالی صفر ، تشخیص داده شد ، شروع می کنیم اول ، اطلاعات نمونه برداری ولتاژ و جریان های خطوط ، در یک فایل اطلاعاتی ، برای پردازش های بعدی ، ذخیره می شوند . سپس ، بردارهای ولتاژ و جریان به وسیله برنامه ی تبدیل فوریه ، از این اطلاعات استخراج می شوند . سوم ، نوع و فاز خطا به وسیله برنامه ی کامپیوتری که آنالیز بردارهای جریان و ولتاژ را ارائه می دهد ، مشخص می شوند . سر انجام ، معادله ۲۰ ، با روش نیوتن رافسون حل می شود .

پارامترهای خط یک سیستم قدرت مدل برای شبیه سازی های کامپیوتری در جدول ۱ ، نشان داده شده است . مشخصات خط ،  $220KV$  ،  $100km$  می باشد . امپدانس های منبع توالی مثبت در سمت ابتدایی و انتهایی ، به ترتیب برابر با  $\Omega \langle 82^\circ \langle 45$  و  $\Omega \langle 85^\circ \langle 79.56$  می باشند . امپدانس های منبع

## برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

توالی صفر، در سمت ابتدایی و انتهایی به ترتیب، برابر با:  $\Omega < 80^\circ$  و  $\Omega < 83^\circ$  می باشند و در خطاهای فاز به زمین بررسی شدند. خطاها در خط از  $D=0$  تا  $D=1$  با مقاومت خطای  $R_f = 0$  تا  $R_f = 500 \Omega$  به کار برده شده اند. فاصله ی زمانی،  $T$ ، نمونه برداری اطلاعات  $0/1$  میلی ثانیه است. برای تخمین خطا در محاسبات، این الگوریتم تحت شرایط گوناگونی مورد آزمایش قرار گرفته است. شبیه سازی ها با امپدانس خط و اطلاعات نمونه برداری دقیق و لنتاژها و جریان ها ساخته شده اند. در تمام نمونه ها، نتایج نشان می دهد که خطاها در تعیین محل خطا کم تر از ۱٪ است.

	$L_1$ , mH	$L_0$ , mH	$L_{m0}$ , mH	$R_1$ , $\Omega$	$R_0$ , $\Omega$	$C_1$ , $\mu F$	$C_0$ , $\mu F$	Length, km
Circuit I	127.6	457.5	292.8	26.00	41.42	0.8831	0.4804	100
Circuit II	132.6	459.5	292.8	33.17	48.17	0.8688	0.4762	100

### مطالعات حساسیت :

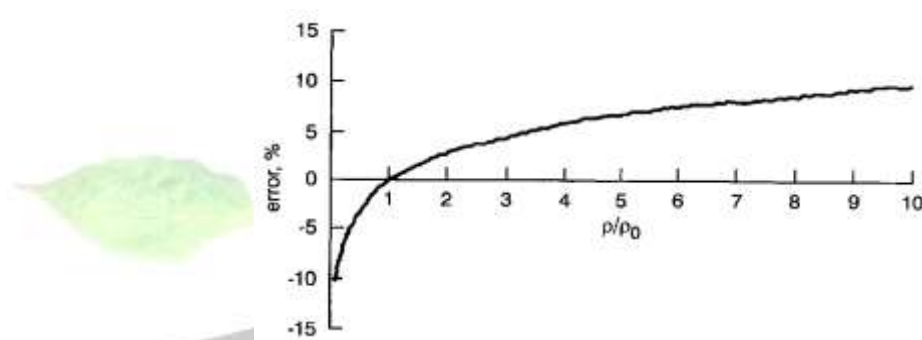
آزمایشات شبیه سازی مجدداً با EMTP انجام شده اند. سیستم مدل یک  $110 \text{ kV}$  و  $120 \text{ km}$  دو خط انتقال موازی با پارامترهای توزیع است. پارامترهای خط و امپدانس منبع در جدول ۲ نشان داده شده اند.

Line series impedance, $\Omega/\text{km}$	Line shunt reactance, $\Omega/\text{km}$	Source impedance, $\Omega$
$Z_{AA} = 1.47 + j2.617$	$Y_{AA} = j19419$	at local end:
$Z_{AB} = 0.95 + j8.980$	$Y_{AB} = j110198$	$Z_0 = 0.871 + j28.89$
$Z_{BB} = 1.35 + j2.870$	$Y_{BB} = j19586$	$Z_1 = 1.052 + j43.02$
$Z_{BC} = 0.88 + j1.074$	$Y_{BC} = j116656$	at remote end:
$Z_{CC} = 1.21 + j2.989$	$Y_{CC} = j29988$	$Z_0 = 0.991 + j37.37$
$Z_{CA} = 0.93 + j0.717$	$Y_{CA} = j361899$	$Z_1 = 1.058 + j44.59$

(۱) شبیه سازی روی سیستم مدل با پارامترهای توزیع، بدون خط ترانزاده انجام شده است. نتایج نشان می دهد که مناطق خطای تخمینی، نزدیک به مناطق خطای واقعی هستند، و خطاها در تعیین محل خطا، هنگامی که این الگوریتم روی سیستم های بدون خط ترانزاده استفاده می شود کم تر از ۱٪ است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

(۲) چون اندوکتانس توالی صفر یک خط ، بستگی زیادی به اثر زمین دارد مقدار آن با مقاومت ویژه ی زمین تغییر می کند. در آزمایش شبیه سازی مرجع P برای مقاومت ویژه زمین برابر ۱۰۰ میلی اهم در نظر گرفته شد . نتایج شبیه سازی با مقاومت ویژه متغیر زمین در شکل ۵ ، نشان داده شده است . نتایج نشان می دهد هنگامی که  $P / P_0 = 10$  است خطا در حدود ۱۰٪ است .  
و هنگامی که  $P / P_0 = 0.1$  است خطا در حدود ۱۰٪ - است . می توان نتیجه گرفت که اگر مقدار اندوکتانس در الگوریتم ، متناظر با تغییر مقاومت ویژه زمین ، تغییر نکند ، یک خطا در الگوریتم ها نشان داده می شود .



شکل ۵ . تأثیر مقاومت ویژه زمین روی تعیین محل خطا

(۳) آزمایش شبیه سازی بعدی برای چک کردن تأثیر تغییر امپدانس معادل منبع روی تخمین محل خطا ، انجام شده است . نتایج نشان می دهد که تغییر در امپدانس معادل منبع ، در سمت ابتدایی و انتهایی ، روی دقت تعیین محل خطا تغییری ایجاد نمی کند و خطا بیشتر از ۱٪ نیست .

(۴) برای آزمایش تأثیر فلوی بار و مقاومت خطا روی تعیین محل خطا آزمایش بعدی با تغییر بار از 50 MVA تا 110 MVA و تغییر مقاومت خطا از  $10 \Omega$  تا  $500 \Omega$  انجام شده است . تحت شرایط گوناگون ، خطا در محل یابی خطا کم تر از ۱٪ است . می توان نتیجه گرفت که این الگوریتم تحت تأثیر تغییرات فلوی بار و مقاومت خطا قرار نمی گیرد در آزمایش های توضیح داده شده در بالا ، فرض شده است که پارامتر خط و اطلاعات نمونه برداری به طور دقیق معلوم هستند . هر چند که در عمل این

**برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید.** فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

پارامتر و اطلاعات ممکن است دقیق نباشند. بنابراین، لازم است که حساسیت این الگوریتم نسبت به خطای پارامترهای خط و اطلاعات نمونه برداری، مطالعه شود. نتیجه گیری کلی زیر از آزمایشات اضافی به دست آمده است.

(۱) یک خطای ۱۰٪ در مقاومت یا اندوکتانس خط انتقال، یک خطای ۱۰٪ در محل خطا را ناشی می شود.

(۲) یک خطای ۱۰٪ در اطلاعات نمونه برداری ولتاژ و جریان یک خطای ۱۰٪ در محل خطا را ناشی

می شود.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

## فصل سوم

### محل یابی خطای سه فاز به زمین در خطوط انتقال دو مداره موازی

الگوریتمی برای نخستین محل خطای سه فاز به زمین که فازهای مختلف از هر کدام از خطوط دو مدار موازی می باشد که براساس اطلاعات ولتاژ و جریان یک ترمینال می باشد. با استفاده از معادلات گره و حلقه فلزهای خطادار و بدون خطا محاسبه خطا انجام می گیرد. که در این روش به مقاومت خطا و پخش بار حساسیت زیادی ندارد بنابراین مدلی دقیق است که توسط شبیه سازی با کامپیوترهای دیجیتال شرح داده می شود.

#### فهرست علائم :

$D$  : نسبتی از فاصله خطا بر اساس طول کل خط (  $0 \leq D \leq 1$  )

$L$  : طول خط

$R_F$  : مقاومت خطا

$Z_{IS}$  : امپدانس خودی مدار I

$Z_{IIS}$  : امپدانس خودی مدار II

$Z_{Im}$  : امپدانس متقابل بین فازهای مدار I

$Z_{IIIm}$  : امپدانس متقابل بین فازهای مدار II

$Z_{I-IIm}$  و  $Z_{II-IIm}$  : امپدانس متقابل بین مدار I و مدار II

$V_a, V_b, V_c$  : ولتاژ نقطه‌ی مبدأ

$I_{Ia}, I_{Ib}, I_{Ic}$  : جریان مدار I از مبدأ تا محل خطا

$I_{IIa}, I_{IIb}, I_{IIc}$  : جریان مدار II از مبدأ تا پایانه‌ی دورتر ( دوم )

$I_{Ia}^1, I_{IIb}^0, I_{IIc}^1$  : جریان از حمل خطا تا پایانه دورتر ( دوم )

$I_{Iaf}, I_{Ibf}, I_{Icf}$  : جریان خطای نشان داده شده از محل خطا به زمین

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

منابع ولتاژ پایانه‌ی اول :  $E_{sa}, E_{sb}, E_{sc}$

منابع ولتاژ پایانه‌ی دوم :  $E_{ra}, E_{rb}, E_{rc}$

## مدل محل خطا :

برای یک خطای سه فاز به زمین ، دیاگرام مداری نشان داده شده در جدول

۳-۱ با خطای روی فاز  $a$  از مدار  $a$  و فاز  $b$  و  $c$  از مدار  $ll$ . ابتدای  $b$  با به کاربردن  $kvl$  در حلقه‌ی  $(I - r)$  [  $-s-x-h-l$  ] در شکل ۳.۱ بدست می‌آید :

$$U_b - U_c = DZ_{ll} (I_{llb} - I_{llc}) - R_f (I_{llbf} - I_{llcf}) \quad (1)$$

$$Z_{ll} = Z_{lls} = Z_{llm}$$

با حذف  $I_{llbf}$  و  $I_{llcf}$  در معادله‌ی ۳.۱ با به کار بردن  $kcl$  در نقطه‌ی خطاهای  $r$  و  $k$  در شکل ( ۳.۱ ) داریم :

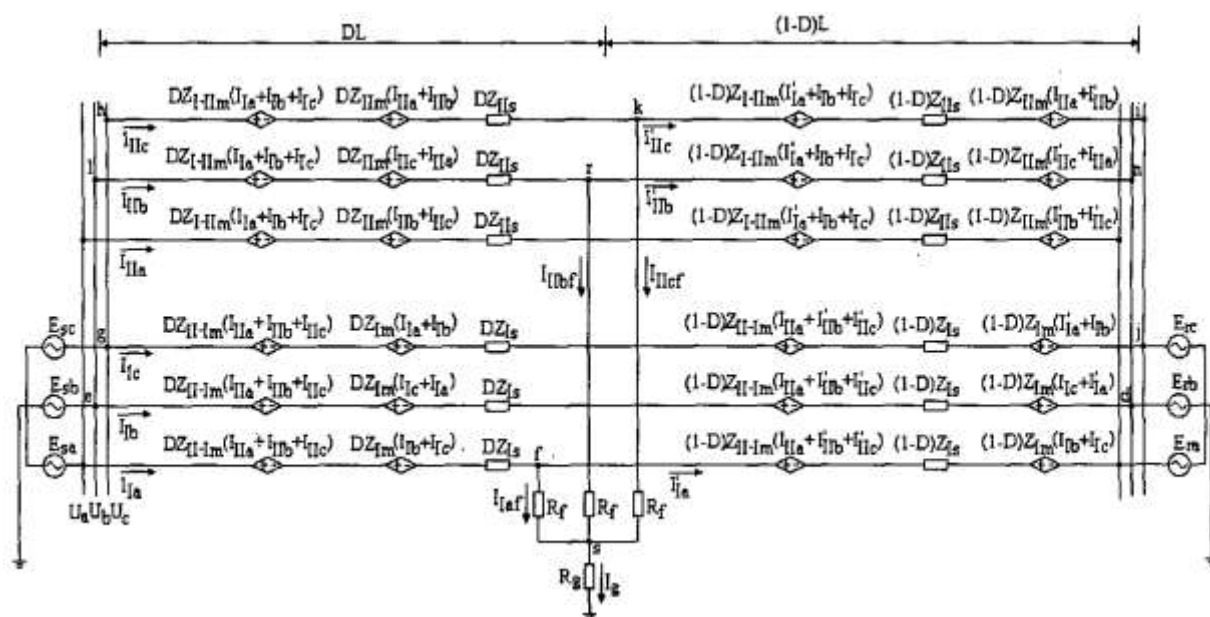
$$I_{llbf} - I_{llcf} = (I_{llb} - I_{llc}) - (I_{llb}^1 - I_{llc}^1) \quad (2)$$

$I'_{llc}$  و  $I'_{llb}$  نمی‌توانند در پایانه‌ی دوم مشخص شوند و با به کاربردن  $kvl$  در حلقه‌ی  $e-d-n$  و  $r-l-e$  در شکل ۳ در پایانه‌ی دوم از معادله ۳ بدست می‌آوریم:

$$\begin{aligned} & DZ_{ll-l_m} (I_{lla} + I_{llb} + I_{llc}) + DZ_{l_s} I_{llb} + DZ_{l_m} (I_{lc} - I_{la}) \\ & + (I - D) Z_{ll-l_m} (I_{lla} + I_{llb}^1 + I_{llc}^1) + (I - D) Z_{l_s-l_b} \\ & + (I - D) Z_{llm} (I_{la} + I_{lb}^1) \\ & - [ DZ_{l-l_m} (I_{la} + I_{lb} + I_{lc}) + DZ_{ll_s} I_{llb} + DZ_{ll_m} (I_{llc} - I_{lla}) \\ & + (I - D) Z_{l-l_m} (I_{la}^1 + I_{lb} + I_{lc}) \\ & + (I - D) Z_{ll_s} I_{llb}^1 + (I - D) Z_{ll_m} (I_{llc}^1 + I_{lla}) ] = 0 \end{aligned} \quad (3)$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم

$$\begin{aligned}
 & DZ_{II-I_m} (I_{IIa} + I_{IIb} + I_{IIc}) + DZ_{I_s} I_{Ic} + DZ_{I_m} (I_{Ia} - I_{Ib}) \\
 & + (I - D) Z_{II-I_m} (I_{IIa} + I_{IIb}^1) + (I - D) Z_{I_s} I_{Ib} \\
 & + (I - D) Z_{I_m} (I_{Ia}^1 + I_{Ib}) \\
 & - [ DZ_{I-II_m} (I_{Ia} + I_{Ib} + I_{Ic}) + DZ_{II_s} I_{IIc} + DZ_{II_m} (I_{IIa} - I_{IIb}) \\
 & + (I - D) Z_{I-II_m} (I_{IIa}^1 + I_{Ib} + I_{Ic}) + (I - D) Z_{II_s} I_{IIk}^1 + Z_{IIm} (I_{IIa} + I_{IIk}^1) = 0
 \end{aligned} \tag{4}$$



خطای سه فاز به زمین در سیستم انتقال دو مداره

از تفریق معادله ۴ از معادله ۳ به دست می آید :

$$\begin{aligned}
 Z_I (I_{Ib} - I_{Ic}) + [ DZ_{II} (I_{IIb} - I_{IIc}) + (I - D) Z_{II} (I_{IIb}^1 + I_{IIc}^1) ] &= 0 \\
 I_{IIb}^1 - I_{IIc}^1 &= \frac{-DZ_{II} (I_{IIb} - I_{IIc}) + Z_I (I_{Ib} - I_{Ic})}{(I - D) Z_{II}}
 \end{aligned} \tag{5}$$

$$Z_I = Z_{I_s} - Z_{I_m} \quad \text{اگر :}$$



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

از جمع معادله ی ۲ و ۵

$$I_{IIbf} - I_{IIcf} = \frac{Z_{II} (I_{IIb} - I_{IIc}) - Z_I (I_{Ib} - I_{Ic})}{(I - D) Z_{II}} \quad (6)$$

از جمع معادلات ۱ و ۶

(۷)

$$U_b - U_c = D Z_{II} (I_{IIb} - I_{IIc}) + R_f = \frac{Z_{II} (I_{IIb} - I_{IIc}) - Z_I (I_{Ib} - I_{Ic})}{(I - D) Z_{II}}$$

و با دوباره نوشتن معادله ی ۷ به دست می آید .

$$a_1(j\omega) D^2 + a_2(j\omega) D + a_3(j\omega) R_f + a_4(j\omega) = 0 \quad (8)$$

که :

$$a_1(j\omega) = - (Z_{II})^2 (I_{IIb} - I_{IIc})$$

$$a_2(j\omega) = (Z_{II})^2 (I_{IIb} - I_{IIc}) + Z_{II} (U_b - U_c)$$

$$a_3(j\omega) = Z_{II} (I_{IIb} - I_{IIc}) - Z_I (I_{Ib} - I_{Ic})$$

$$a_4(j\omega) = -Z_{II} (U_b - U_c)$$

### الگوریتم Z شکل :

Z شکل یک تئوری است که به ما یک روش برای بدست آوردن محل خطای خط انتقال با اطلاعات

نمونه برداری شده از شبکه قدرت خطا دار را ارائه می دهد.

معادله ی ۸ در حوزه لاپلاس به صورت زیر می باشد .

$$a_1(s) D^2 + a_2(s) D + a_3(s) R_f + a_4(s) = 0 \quad (9)$$

اگر وقفه T در مقایسه با ثابت زمانی سیستم به مقدار کافی انتخاب شود معادله ی ۹ از شکل لاپلاس (S

) به شکل Z می تواند تغییر شکل دهد :

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

(۱۰)

$$a_1 \left( \frac{2}{T} \frac{I-z^{-1}}{I+z^{-1}} \right) D^2 + a_2 \left( \frac{2}{T} \frac{I-z^{-1}}{I+z^{-1}} \right) D + a_3 \left( \frac{2}{T} \frac{I-z^{-1}}{I+z^{-1}} \right) R_f + a_4 \left( \frac{2}{T} \frac{I-z^{-1}}{I+z^{-1}} \right) = 0$$

اگر

$Z = z$  – transformation operator

عملگر روش Z

با تغییر متغیر معادله ی ۱۰ به صورت زیر تبدیل می شود :

$$b_1(z)D^2 + b_2(z)D + b_3(z)R_f + b_4(z) = 0 \quad (11)$$

$$z = \frac{2 - T_s}{2 + T_s} \quad \text{اگر}$$

با یک سری از تغییرات  $U(t_0 - nT)$  ,  $I(t_0 - nT)$  (  $n = N, N-1, \dots$  ) متغیر Z با زمان مرتبط می شود به صورت زیر :

$$\begin{aligned} Z^{-I} &= [Z^{-n} U(z)] = U(t_0 - nT) \\ Z^{-I} &= [Z^{-n} I(z)] = I(t_0 - nT) \end{aligned}$$

معکوس شکل  $Z^1 = Z$  که

با به کار بردن معادلات به دست آمده در معادله ی ۱۱ بدست می آید :

$$b_1(t_0)D^2 + b_2(t_0)D + b_3(t_0)R_f + b_4(t_0) = 0 \quad (12)$$

و در  $t_0 - T$  ، ما بدست می آوریم

$$b_1(t_0 - T)D^2 + b_2(t_0 - T)D + b_3(t_0 - T)R_f + b_4(t_0 - T) = 0 \quad (13)$$

با حذف  $R_f$  از معادلات 12 و 13 ، ما بدست می آوریم

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$B_1 D^2 + B_2 D + B_3 \quad (۱۴)$$

که :

$$B_1 = b_1(t_0 - T) - \frac{b_3(t_0 - T) b_2(t_0)}{b_3(t_0)}$$

$$B_2 = b_1(t_0 - T) - \frac{b_3(t_0 - T) b_1(t_0)}{b_3(t_0)}$$

$$B_3 = b_4(t_0 - T) - \frac{b_3(t_0 - T) b_4(t_0)}{b_3(t_0)}$$

تا حالا فاصله‌ی خطا ( D ) را با بدست آوردن  $B_1$  ,  $B_2$  و  $B_3$  و معادله‌ی ۱۴ می‌توان توسط روش نیوتن رافسون بدست آورد .

### نتایج شبیه سازی :

ما عملیات را هنگامی که سیگنال مؤلفه‌ی صفر ولتاژ مشخص شود (مقدار داشته باشد) آغاز می‌کنیم . در ابتدا از اطلاعات ولتاژ و جریان خطوط یک فایل اطلاعاتی در پروسه‌ی بعدی ذخیره می‌شوند . سپس مؤلفه‌های ولتاژ و جریان به دست آمده از اطلاعات توسط یک برنامه‌ای به شکل فوریه عمل می‌کند . سوم نوع و فاز خطا که توسط یک برنامه‌ی کامپیوتری توسط آنالیز مؤلفه‌های ولتاژ و جریان می‌تواند بدست آید . و در پایان توسط معادله ( ۱۴ ) که با روش نیوتن رافسون حل می‌شود می‌توان فاصله خطا را بدست آورد .

پارامترهای خطا از یک مدل سیستم قدرت برای شبیه سازی کامپیوتری در جدول ۱ نشان داده شده است . یک خطا دو مداره ۲۲۰ kv و به طول ۱۰۰km می‌باشد مقدار مؤلفه‌ی مثبت امپدانس منبع در پایانه‌ی اول و پایانه دوم  $15/80^\circ \Omega$  و  $26.5/83^\circ \Omega$  بدست می‌آید . و مؤلفه صفر امپدانس منبع در پایانه اول و پایانه‌ی دوم  $45/82^\circ \Omega$  و  $79.5/85^\circ \Omega$  بدست می‌آیند . خطاهای تک فاز به زمین رخ داده است . خطاها در فواصل  $D=1$  تا حدود  $D=1$  با مقاومت خطای از  $R_f = 0$  تا حدود  $R_f = 50$  اهم نشان داده می‌شوند . فاصله زمانی T از اطلاعات نمونه گیری شده ۰/۱ میلی ثانیه است . برای تخمین خطا در محاسبات الگوریتم در شرایط مختلف آزمایش شده است . شبیه سازی با امپدانس دقیق خط و

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

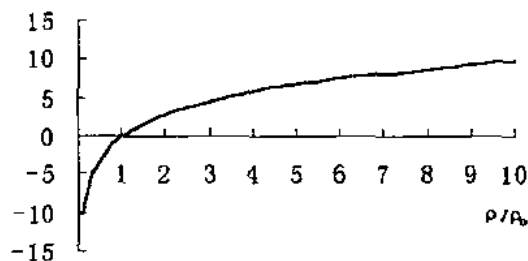
اطلاعات نمونه برداری شده از ولتاژ و جریان به دست می آیند. در تمام موارد، نتایج نشان داده شده محل یابی خطایی کم تر از ۱٪ دارد.

## مطالعات حساسیت :

مدل سیستم برای تست حساسیت یک سیستم خط انتقال دو مداره با پارامترهای توزیع ۱۱۰ kv و ۱۱۰ km به کار می رود پارامترهای خط و امپدانس منبع در جدول ۲ نشان داده شده است :

شبیه سازی روی مدل سیستم های با پارامترهای توزیع خط ترانسپوزه نشده نشان داده شده است. نتایج نشان داده شده برای تخمین خطا نزدیک به مقدار واقعی است و خطای محاسبه ای محل خطا هنگامی که از خطوط ترانسپوزه نشده استفاده می شود بیشتر از ۱٪ نمی شود.

اندوکتانس مؤلفه ی صفر وابستگی زیادی به اثر زمین دارد که این مقدار به عنوان تغییرات حساسیت زمین تغییر خواهد کرد. مقدار مرجع  $P_0$  برای حساسیت زمین ۱۰۰ اهم متر است که در تست شبیه سازی به کار گرفته شده است. نتایج شبیه سازی برای مقادیر مختلف حساسیت در جدول ۱-۷ نشان داده شده است. که خطایی حدود ۱۰٪- به عنوان  $P/P_0 = 0/1$  می باشد. آن شامل تغییرات حساسیت زمین می باشد که موجب ایجاد خطا در الگوریتم می شود اگر مقدار اندوکتانس در الگوریتم مشخص نباشد مانند



تأثیر اثر زمین روی تعیین محل خطا :

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

بررسی بعدی شامل اثر امیدانس معادل منبع روی تخمین محل خطا می باشد. نتایج نشان می دهد زمانی که در امیدانس معادل منبع پایانه ی اول و دوم تغییرات می دهیم خطا بیشتر از ۱٪ نخواهد شد.

برای تست اثر پخش بار و مقاومت خطا روی تشخیص محل خطا، با تغییر بار از ۵۰MVA تا ۱۱۰MVA و تغییر مقاومت خطا از ۱۰ اهم تا ۵۰۰ اهم خطا برای اندازه گیری محل خطا بیشتر از ۱٪ نمی شود پس بنابراین الگوریتم تحت تأثیر پخش بار و مقاومت خطا قرار نمی گیرد.

۱۰٪ خطا از مقاومت یا اندوکتانس خط ۱۰٪ خطا را در محل یابی خطا نتیجه خواهد داد.

۱۰٪ خطا در اطلاعات گرفته شده ولتاژ و جریان ۱۰٪ خطا را در محل یابی خطا نتیجه می دهد.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

## فصل چهارم

### محل یابی خطا در خطوط انتقال دو مداره با استفاده از اطلاعات قبل از خطا

در این روش الگوریتمی برای محل یابی خطا در خطوط انتقال دو مداره با استفاده از اطلاعات یکی از پایانه‌ها ارائه شده است. الگوریتم به دست آمده یک فرمول ساده دارد و نیاز به اطلاعات امپدانس معادل سیستم ندارد و از اطلاعات اندازه‌گیری پیش از خطا به خوبی استفاده می‌شود. کاربرد محل یابی خطا در حفاظت دیس‌تانس کاربرد دارد. یک نتیجه از بهبود دقت محل یابی خطا توسط جبران کاپاسیتانس موازی خطوط بیان شده است. نتایج معادلات با استفاده از شبیه سازی ATP – EMTP گزارش و بررسی شده است.

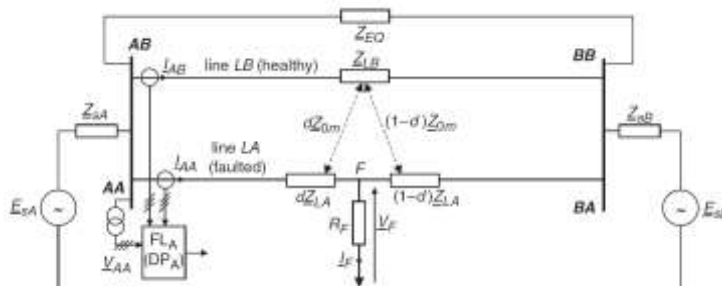
#### مبناهایی از الگوریتم محل یابی خطا :

شکل ۱ دیاگرام مداری از شبکه انتقال با خطوط موازی ( $Z_{LA}$  و  $Z_{LB}$ ) را نشان می‌دهد. نسبت خطوط توسط سیستم‌های معادل پشت پایانه های خطوط ( $Z_{SA}$  ,  $Z_{SB}$  : امپدانس منبع :  $E_{SA}$  ,  $E_{SB}$  : EM4 S) نشان داده شده است و امپدانس بین آن‌ها با  $Z_{EQ}$  نمایش داده شده است. آن شرح داده که یک خطا در خط LA در فاصله d پیرونت اتفاق افتاده است و محل یابی خطا توسط محل یاب FLAV توسط حفاظت دیس‌تانس  $DP_A$  (شکل ۱) نشان داده شده است. در مورد خطای تک فاز به زمین مقداری اثر کوپلینگ متقابل در خطوط موازی دارد.

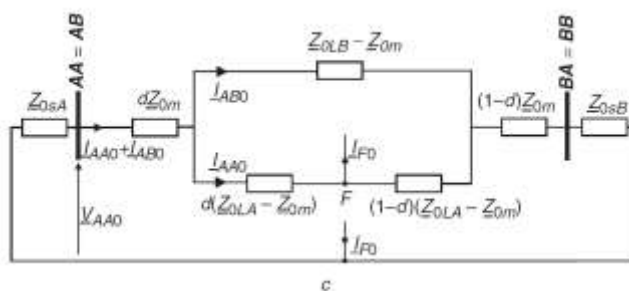
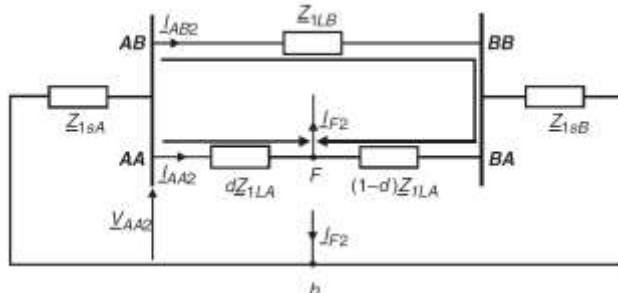
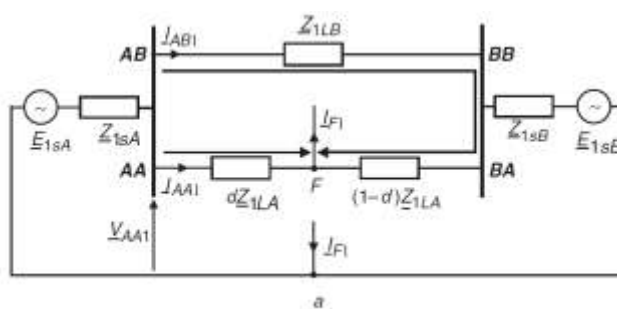
( امپدانس کوپلنگ متقابل برای توالی صفر =  $Z_{om}$  )

شکل ۲ دیاگرام مدار معادل خطوط موازی را برای توالی‌های مختلف نشان می‌دهد امپدانس‌ها برای توالی منفی در شکل b. ۲ با امپدانس‌های توالی مثبت شکل a. ۲ برابر می‌باشند. کاپاسیتانس‌های مداری خطوط برای تمام توالی‌ها در این فرم نمایش داده شده چشم پوشی شده‌اند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر سایت و به همراه فونت های لازم



شکل ۱: محل یابی خطا برای خطوط موازی یا کوپلینگ متقابل با داشتن اطلاعات کامل یک پایانه



شکل ۲: دیاگرام های مدار معادل از خطوط موازی

(الف) توالی مثبت، (ب) توالی منفی، (ج) توالی صفر

برای بدست آوردن الگوریتم محل یابی خطا طبقه بندی خطاها براساس نوع خطا شرح داده می شود.

شکل های بالا شامل خط خطا دار نشان داده شده

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

( بین نقاط AA و F ) می باشد. یک نتیجه کلی از خطا به صورت زیر به عنوان مثال نشان داده شده

است :

$$\underline{V}_{AA-P} - d \underline{Z}_{1LA} \underline{I}_{AA-P} - R_F \sum_{i=0}^2 \underline{a}_{Fi} \underline{I}_{Fi} = 0 \quad (1)$$

داریم :

d : تخمین مسافت تلف محل خطا بر حسب P.u

$\underline{Z}_{1LA}$  : امپدانس توالی مثبت از خط خطا دار LA

ضریب ولتاژ جریان خطا بر حسب نوع خطا ( جدول ۱ )  $\underline{I}_{AA-P}$  و  $\underline{V}_{AA-P}$

Fault type	$\underline{a}_1$	$\underline{a}_2$	$\underline{a}_0$
a-g	1	1	1
b-g	$\underline{a}^2$	$\underline{a}$	1
c-g	$\underline{a}$	$\underline{a}^2$	1
a-b, a-b-g			
a-b-c, a-b-c-g	$1 - \underline{a}^2$	$1 - \underline{a}$	0
b-c, b-c-g	$\underline{a}^2 - \underline{a}$	$\underline{a} - \underline{a}^2$	0
c-a, c-a-g	$\underline{a} - 1$	$\underline{a}^2 - 1$	0

$\underline{a} = \exp(j2\pi/3), \quad j = \sqrt{-1}$

جدول ۱ : ضرایب مورد استفاده برای تعیین سیگنال های خطا

$R_F$  : مقاومت خطا

$\underline{I}_{Fi}$  : جریان خطای کل توالی ها (  $i = 0$  توالی صفر ،  $i = 1$  توالی مثبت و  $i = 2$  توالی منفی )

$Q_{Fi}$  : ضریب وزن ( جدول ۲ )



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

Fault type	$\underline{a}_{F1}$	$\underline{a}_{F2}$	$\underline{a}_{F0}$
a-g	3	0	0
b-g	$3a^2$	0	0
c-g	$3a$	0	0
a-b	$1 - a^2$	0	0
b-c	$a^2 - a$	0	0
c-a	$a - 1$	0	0
a-b-g	$1 - a^2$	$1 - a$	0
b-c-g	$a^2 - a$	$a - a^2$	0
c-a-g	$a - 1$	$a^2 - 1$	0
a-b-c			
(a-b-c-g)	$1 - a^2$	0	0

$\underline{a} = \exp(j2\pi/3), j = \sqrt{-1}$

جدول ۲: ضریب وزن مورد استفاده برای تخمین ولتاژ قطعه از یک طرف تا طرف دیگر مقاومت خطا ولتاژ و جریان خطا می تواند توسط اندازه گیری های محلی و توسط استفاده از ضرایب  $\underline{a}_0$ ,  $\underline{a}_1$  و  $\underline{a}_2$  جمع شده در جدول ۱ بدست آید:

$$\underline{V}_{AA_P} = \underline{a}_1 \underline{V}_{AA1} + \underline{a}_2 \underline{V}_{AA2} + \underline{a}_0 \underline{V}_{AA0} \quad (2)$$

$$\underline{I}_{AA_P} = \underline{a}_1 \underline{I}_{AA1} + \underline{a}_2 \underline{I}_{AA2} + \underline{a}_0 \frac{\underline{Z}_{0LA}}{\underline{Z}_{1LA}} \underline{I}_{AA0} + \underline{a}_0 \frac{\underline{Z}_{0m}}{\underline{Z}_{1LA}} \underline{I}_{AB0} \quad (3)$$

داریم:

$\underline{Z}_{OLA}$ : امپدانس توالی صفر خط خطادار LA

$\underline{Z}_{0m}$ : امپدانس توالی صفر برای یک کوپلینگ متقابل بین خطوط LA و LB.

سیگنال های خطای ۲ و ۳ در بخش های متقارن مربوط به اندازه گیری ولتاژ و جریان شرح داده شده اند.

برای ملکه یک خطای تک فاز به زمین (خطای a-g) شرح داده شده است. که سیگنال های خطا

حفاظت دیس تانس معمولاً به صورت زیر تعریف می شوند:

$$\underline{V}_{AA_P} = \underline{V}_{AAa} \quad (4)$$

$$\underline{I}_{AA_P} = \underline{I}_{AAa} + \frac{\underline{Z}_{0LA} - \underline{Z}_{1LA}}{\underline{Z}_{1LA}} \underline{I}_{AA0} + \frac{\underline{Z}_{0m}}{\underline{Z}_{1LA}} \underline{I}_{AB0} \quad (5)$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$\underline{I}_{AA_a}$  ,  $\underline{V}_{AA_a}$  : ولتاژ و جریان از خطا دار (AA) و برای فاز خطا دار (a)

$\underline{I}_{AA_a}$  ,  $\underline{V}_{AA_a}$  : جریان های توالی صفر از خطا دار (AA) و خطوط سالم (AB)

آن می تواند ثابت کند که سیگنال های (۴) و (۵) با سیگنال های (۲) و (۳) برابر می باشند سپس با جانشینی ضرائب برای خطای ag از جدول ۱ برای بقیه انواع خطاها برابر می باشند.

ولتاژ دو سر مسیر خطا با استفاده از توالی های جریان خطای ( $\underline{I}_{F0}$  ,  $\underline{I}_{F1}$  ,  $\underline{I}_{F2}$ ) و ضریب وزن ( $\underline{a}_{F0}$  ,  $\underline{a}_{F1}$  ,  $\underline{a}_{F2}$ ) توصیف می شود. این ضرائب برای هر کدام از انواع خطاها توسط شرایط مرزی می توانند مشخص شوند.

بدیهی است برای تعیین مقادیر مشکل وجود دارد. اولاً از مقادیر توالی صفر چشم پوشی می کنیم که برای این هدف ضریب  $\underline{a}_{F0} = 0$  نشان داده شده در جدول ۲ را تنظیم می کنیم. دوماً آزادی در محاسبه ی ضرائب وزن ها می تواند بهترین مقادیر توالی را برای استفاده به ما بدهند.

در نتیجه با تنظیم  $\underline{a}_{F0} = 0$  (مانند جدول ۲) جریان کل خطا تنها با تعیین توالی مثبت ( $\underline{I}_{F1}$ ) و توالی منفی ( $\underline{I}_{F2}$ ) بدست می آید.

با استفاده از دو شکل 2a و 2b بدست می آید:

(۱) قطعه خط خطا دار (AA - F) نزدیک پایانه محلی

(۲) خط سالم (AA - BB) همراه با قطعه خط دورتر از خط خطا دار

(BA - F) داریم

$$\underline{I}_{F1} = \frac{\underline{I}_{AA1} - \frac{Z_{1LB}}{Z_{1LA}} \underline{I}_{AB1}}{1 - d} \quad (6)$$

$$\underline{I}_{F2} = \frac{\underline{I}_{AA2} - \frac{Z_{1LB}}{Z_{1LA}} \underline{I}_{AB2}}{1 - d} \quad (7)$$

با جانشینی ۶ و ۷ در معادله ی ۱ و هم چنین ضریب وزن از جدول ۲ بدست می آید:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$\underline{V}_{AA\_P} - d \underline{Z}_{1LA} \underline{I}_{AA\_P} - \frac{R_F}{1-d} \underline{N}_{12} = 0 \quad (8)$$

$$\underline{N}_{12} = \underline{a}_{F1} \left( L_{AA1} - \frac{\underline{Z}_{1LB}}{\underline{Z}_{1LA}} \underline{I}_{AB1} \right) + \underline{a}_{F2} \left( L_{AA2} - \frac{\underline{Z}_{1LB}}{\underline{Z}_{1LA}} \underline{I}_{AB2} \right)$$

با تجزیه کردن معادله ی ۸ به دو بخش حقیقی و موهومی داریم:

$$\text{real}(\underline{V}_{AA\_P}) - d \text{real}(\underline{Z}_{1LA} \underline{I}_{AA\_P}) - \frac{R_F}{1-d} \text{real}(\underline{N}_{12}) = 0 \quad (9)$$

(10)

$$\text{imag}(\underline{V}_{AA\_P}) - d \text{imag}(\underline{Z}_{1LA} \underline{I}_{AA\_P}) - \frac{R_F}{1-d} \text{imag}(\underline{N}_{12}) = 0$$

با حذف عامل  $\left(\frac{R_f}{1-d}\right)$  برای تخمین مسافت خطا (d) بدست می آید

$$d = \frac{\text{imag}(\underline{V}_{AA\_P}) \text{real}(\underline{N}_{12}) - \text{real}(\underline{V}_{AA\_P}) \text{imag}(\underline{N}_{12})}{\text{imag}(\Delta \underline{V}_{AA\_P}) \text{real}(\underline{N}_{12}) - \text{real}(\Delta \underline{V}_{AA\_P}) \text{imag}(\underline{N}_{12})} \quad (11)$$

که داریم:  $\Delta \underline{V}_{AA\_P} = \underline{Z}_{1LA0} \underline{I}_{AA\_P}$

فرمول (11) به صورت زیر می تواند نشان داده شود:

$$d = \frac{\text{imag}(\underline{V}_{AA\_P} \underline{N}_{12}^*)}{\text{imag}(\underline{Z}_{1LA} \underline{I}_{AA\_P} \underline{N}_{12}^*)} \quad (12)$$

که:  $\underline{N}_{12}^* =$  کانژوگیت  $\underline{N}_{12}$  در معادله ی ۸ می باشد.

همچنین، مسافت تا محل خطا در معادله (12) می تواند با استفاده از الگوریتم های دیجیتال توسعه یافته

برای محاسبه قدرت راکتیو مشخص شود. فرمول های 11 و 12 برای خطوط موازی بسیار به کار

می روند. این روش محل یابی تحت تأثیر امپدانس معادل منابع یا اطلاعات پیش از خطا قرار نمی گیرد

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

تشخیص امپدانس خطا از سرگنال های خطای ۲ و ۳ در رله دمی تانس کلاسیک مهم است .

$$\underline{Z}_{AA\_P} = \underline{R}_{AA\_P} + j \underline{X}_{AA\_P} = \frac{\underline{V}_{AA\_P}}{\underline{I}_{AA\_P}} \quad (13)$$

امپدانس اندازه گرفته شده ( ۱۳ ) تحت تأثیر مقاومت خطا و پخش بار پیش از خطا می باشد . در نتیجه روی کیفیت حفاظت به شدت تأثیر گذار می باشد بنابراین امپدانس اندازه گرفته شده کاملاً با الگوریتم محل یابی خطا محاسبه می شود مانند :

$$\begin{aligned} \underline{Z}_{AA\_P} &= \underline{R}_{AA\_FL} + j \underline{X}_{AA\_FL} \\ &= \frac{\text{imag} ( \underline{V}_{AA\_P} \underline{N}_{12}^* )}{\text{imag} ( \underline{Z}_{1LA} \underline{I}_{AA\_P} \underline{N}_{12}^* )} \underline{Z}_{1LA} \end{aligned} \quad (14)$$

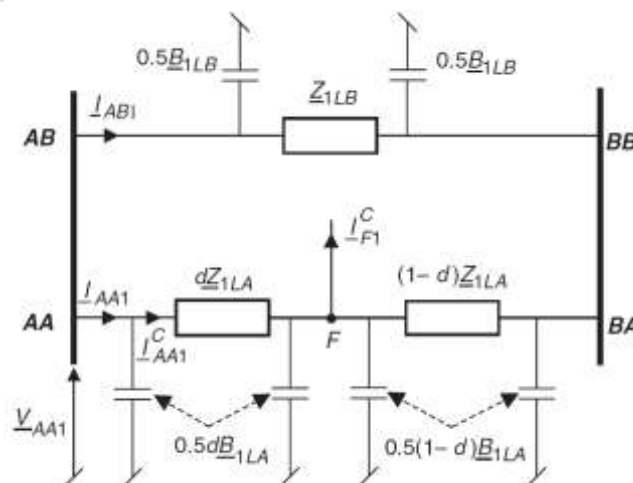
## بهبود دقت محل یابی خطا :

الگوریتم ۱۱ یا ۱۲ با صرف نظر از کاپاسیتانس های موازی خطوط موازی بدست آمده اند . بنابراین به منظور دقت بالا برای محل یابی خطاها در خطوط موازی بلند احتیاج به جبران کننده برای این کاپاسیتانس ها خواهیم داشت . جبران سازی برای هر کدام از توالی ها به صورت مجزا صورت می گیرد . بنابراین تنها به جبران سازی برای توالی مثبت محدود می شویم . جبران سازی برای بقیه توالی ها به صورت آنالوگ انجام می شود .

دیگرام مداز توالی مثبت همراه با کاپاستیانس های موازی خطوط موازی در شکل ۳ نمایش داده شده است . در این مورد ولتاژ دو سر قطعه ی خط خطا دار

( AA - F ) به وسیله ی جریان (  $\underline{I}_{AA1}^C$  ) از جریان اندازه گیر ی شده (  $\underline{I}_{AA1}$  ) بعد از کسر جریان شنت به دست می آید این قبیل جبران سازی احتیاج به تکرار محاسبات دارد .

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۳: دیاگرام مدار معادل توالی مثبت خطوط موازی شامل کاپاسیتانس های موازی

$$\underline{I}_{AA1}^{C(i)} = \underline{I}_{AA1} - 0.5 d^{(i-1)} \underline{B}_{1LA} \underline{A}_{\tanh l} V_{AA1} \quad (15)$$

داریم:

$d^{(i-1)}$ : تکرار  $(i-1)$  فاصله تا محل خطا

$l$ : کل طول خط بر حسب کیلومتر

$$\left( \tanh \left( 0.5 \sqrt{\underline{Z}'_{1LA} \underline{B}'_{1LA} d^{(i-1)l}} \right) \right) / \left( 0.5 \sqrt{\underline{Z}'_{1LA} \underline{B}'_{1LA} d^{(i-1)l}} \right)$$

ادمیتانس توالی مثبت خط خطادار در هر کیلومتر

$$\underline{B}'_{1LA} = \underline{B}_{1LA}/L = j\omega_1 C_{1LA}/L = (S/km)$$

$$\underline{Z}'_{1LA} = \underline{Z}_{1LA}/L \quad (\Omega/km) \quad \text{امپدانس توالی مثبت خط خطادار در هر کیلومتر}$$

نتیجه بدست آمده بدون تأثیر مقدار کاپاسیتانس موازی ۱۱ یا ۱۲ به عنوان  $d^{(i-1)}$  برای تکرار اول است.

محاسبات تکرار تخمین دیستانس تا محل خطا هنگامی که فاصله دو تخمین متوالی ک م تراز مقدار آستانه تعریف شده باشد ادامه می یابد.

امپدانس توالی مثبت از قطعه خط خطادار (بین نقاط AA و F) با توزیع خط بلند برابر است با:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

$$\underline{Z}_{AA\_F}^{long} = d^{(i-1)} \underline{Z}_{1LA} \underline{A}_{\sinh 1} \quad (16)$$

داریم:

$$\underline{A}_{\sinh 1} = \left( \sinh \left( \sqrt{\underline{Z}'_{1LA} \underline{B}'_{1LA} d^{(i-1)l}} \right) \right) / \left( \sqrt{\underline{Z}'_{1LA} \underline{B}'_{1LA} d^{(i-1)l}} \right)$$

به طور نمونه: یک جریان خطایی که برای محاسبه ولتاژ مقاومت خطا استفاده می شود می تواند با تأثیر دادن کاپاسیتانس موازی مشخص شود. بنابراین مطرح کردن جبران ساز زمانی که تنها ولتاژ دو سر خط خطا دار محاسبه می شود مهم ترین اهمیت را برای ارتقاء دقت مکان یابی خطا دارد.

### ارزیابی با استفاده از شبیه سازی ATP – EMTP :

مدل مفصل ATP – EMTP از سیستم انتقال (شکل ۱) شامل مجموعه ای اطلاعات شرح داده شده است. خطوط انتقال موازی ۴۰۰ kv و ۳۰۰ km توسط مدل کلارک نمایش داده شده است. این مدل شامل ترانسفورماتورهای ولتاژ (CVTS) و ترانسفورماتورهای جریان (CTS) می باشد. همچنین فیلترهای آنالوگ دومین ابزار مورد استفاده مطرح شده با فرکانس قطع ۳۵۰ هرتز می باشد. محل یابی خطا توسط تخمین فازورها با استفاده از الگوریتم DFT که با ۲۰ عدد نمونه گیری در هر سیکل کار می کند، مشخص می شود. به عبارت دیگر برای عملیات حفاظت دیستانس اطلاعات پنجره نیم سیکل فیلترها به کار می رود.

اشکال ۶-۴: نتایج یک خطای شدید با خصوصیات اصلی برای نمونه نشان داده شده اند به طور مثال:

- نوع خطا: (a-g) تک فاز به زمین

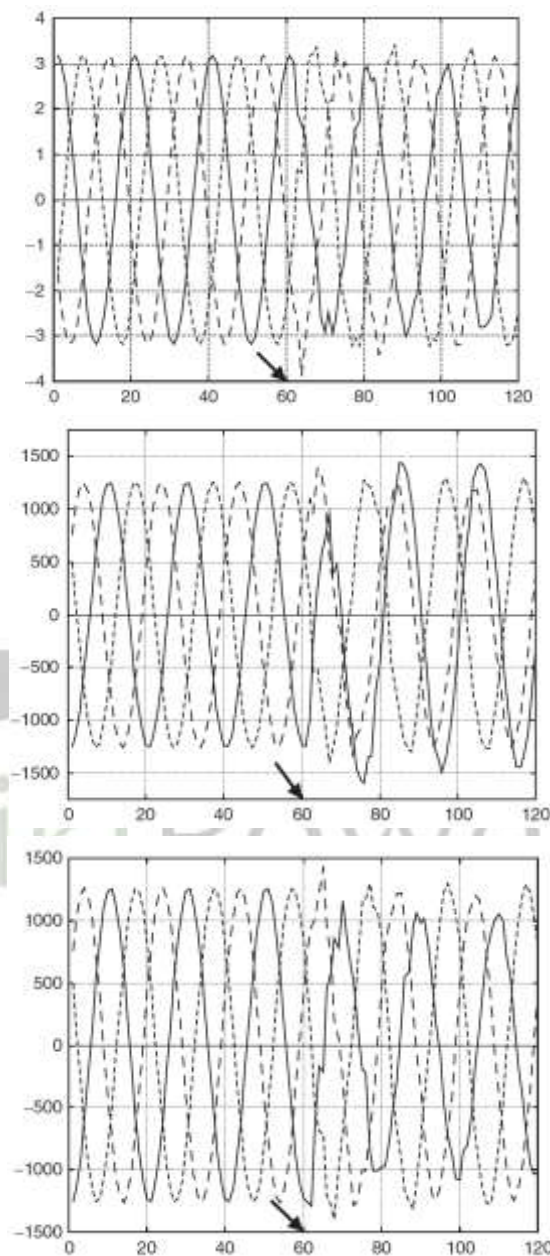
- مقاومت خطا: 15 Ω اهم

- مکان واقعی خطا: ۰/۸ pu پریونیت

- پخش بارپیش از خطا: از باس B تا  $\underline{E}_{SB}$  نسبت به  $\underline{E}_{SA}$ ، 35° پیش فاز

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

شکل ۴ شکل موج سیگنال ورودی را نشان می دهد. برای این دورترین محل خطا  $d = 0.8 (Pu)$  و بیشترین مقاومت خطا  $(R_F = 15 \Omega)$  می باشد، تغییرات ولتاژها (شکل a) و جریانها (شکل b, c) خیلی کوچک است.



شکل ۴ - شکل موج سیگنال های ورودی برای نوعی خطا

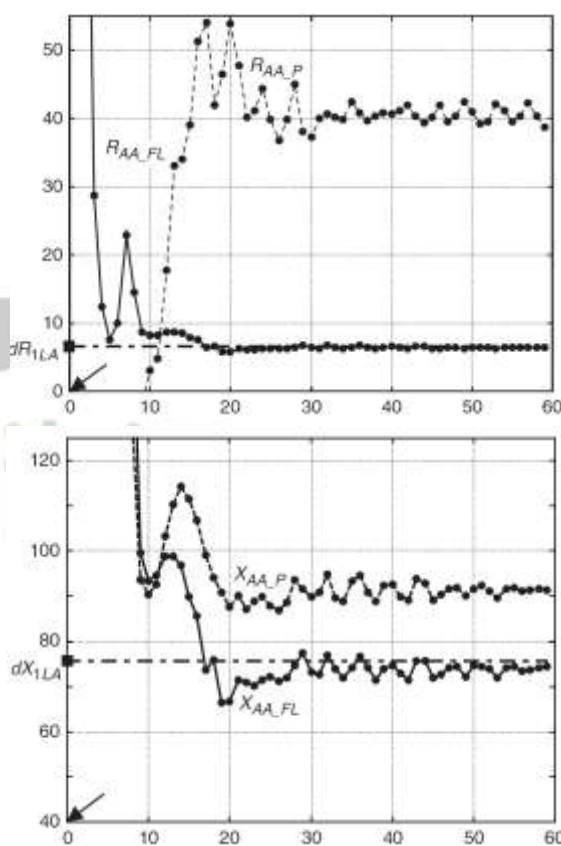
(a) ولتاژهای فاز

(b) جریان های فاز در خطا خطادار

(c) جریان های فاز در خط سالم

## برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

امپدانس خطای اندازه گیری شده برطبق رله ی دیستانس کلاسیک و به وسیله ی به کارگیری الگوریتم محل یابی به ترتیب در شکل **۵a,b** نشان داده شده اند. مقادیر به دست آمده حاصل از الگوریتم نسبت به رله ی دیستانس کلاسیک خیلی به تعداد واقعی نزدیک ترند. (راکتانس:  $dyLA$ ) (مقاومت:  $dR_{1LA}$ ). تأثیر راکتانس می تواند موجب عدم عملکرد برای این خطا شود چیزی که معمولاً  $\% ۸۵$  امپدانس خط تنظیم می شود. به عبارت دیگر زمانی که از الگوریتم محل یابی خطای به دست آمده استفاده می شود به صورت مطمئن عمل می کند. ماکزیمم خطای محل یابی خطا کمی بیشتر از  $\% ۲$  است اگر کاپا سیتانس های مثبت مقادیر کمی داشته باشند و در مدل خط بلند حدود  $\% ۳+$  زمانی که جبران سازی آغاز شده باشد.



شکل ۵- امپدانس اندازه گرفته شده برای نوعی از خطا

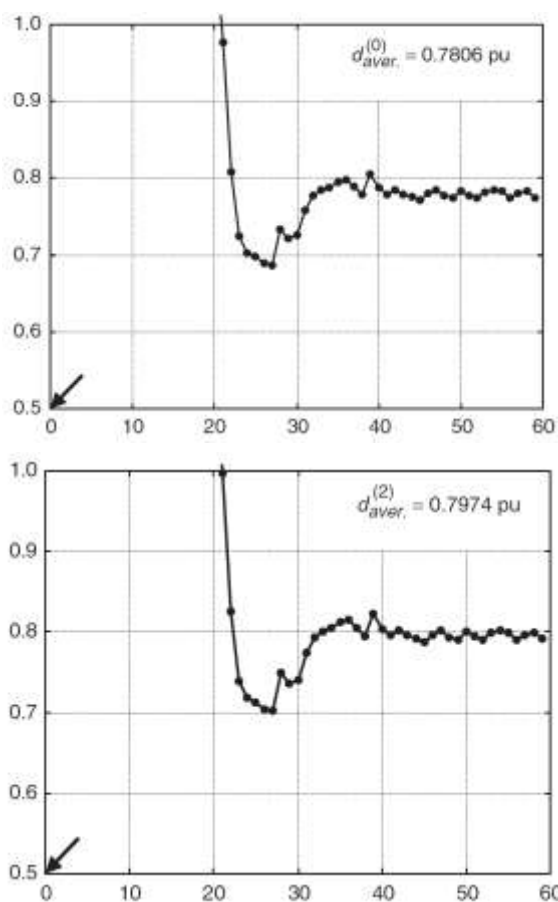
(a) مقاومت خطا

(b) راکتانس خطا

شکل ۶ نشان می دهد که تخمین دیستانس خطا برای انواع خطا و به طور میانگین ۲۰ ثانیه بعد از وقوع خطا بدست می آید.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



شکل ۶ - محل خطا برای نمونه‌ای از خطا

(a) : تخمین دیتانس تا محل خطا با صرف نظر کردن از کلیاسیتانس های شنت

(b) : تخمین دیتانس تا محل خطا همراه با جبران ساز

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

## فصل پنجم

محل یابی خطا در خطوط انتقال دو مداره که با استفاده از فاکتورهای توزیع

### توالی جریان

این روش یک الگوریتم محل یابی دقیق خطا را براساس فاکتورهای توزیع توالی جریان برای یک سیستم انتقال دو مداره را توصیف می کند. این روش استفاده از ولتاژ و جریان گرفته شده فقط پایانه اولیه مدار را پیشنهاد می کند.

این روش واقعاً به مقاومت خطا وابسته است و باعث تأثیر کوپلینگ دو طرفه با جریان توالی صفر مدار موازی نزدیک و غیر حساس با تغییر امپدانس منبع می شود.

فاصله خطا با انجام KVL در مسیر اصلی بر مبنای معادله distance (فاصله) جریان توالی صفر مدار موازی تعیین می شود و با استفاده از فاکتورهای توزیع جریان توالی صفر و جریان توالی صفر مدار خودی تخمین زده می شود.

توسعه الگوریتم:

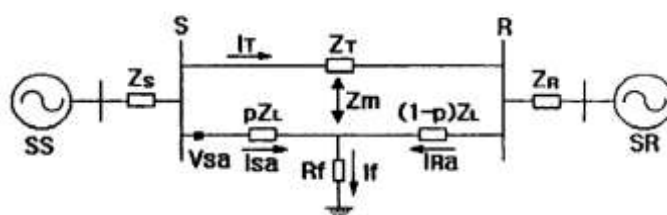
الف) مفهوم اساسی:

الگوریتم پیشنهادی از ولتاژ و جریان گرفته شده از فقط یک پایانه استفاده می کند و نیازی به جریان توالی صفر خط موازی نزدیک ندارد.

شکل (۱) دیاگرام سیستم یک خطه برای یک نمونه خط انتقال موازی دو مداره برای یک خطای تکفازبه زمین را نشان می دهد

با توسعه تشخیص الگوریتم محل یابی کاپاسیتانس شنت سیستم بررسی نشده است

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۱. دیاگرام سیستم

فهرست علائم:

جدول ( ۱ )

نماد	تعریف
$Z_{S0.12}$	امپدانس توالی برای منبع SS
$Z_{R0.12}$	امپدانس توالی برای منبع SR
$Z_{L0.12}$	امپدانس توالی مدار خطا
$Z_{V0.12}$	امپدانس توالی مدار سالم
$Z_m$	امپدانس دو طرفه بین مدارها
$R_F$	مقاومت خطا
$I_F$	جریان خطا
$I_{F0.12}$	جریان خطای توالی
$I_{S0.12}$	جریان توالی در پایانه محلی مدار خطا
$I_{sabc}$	جریان فاز در پایانه محلی مدار خطا
$I_{R0.12}$	جریان توالی در پایانه دوم مدار خطا
$I_{T0.12}$	جریان توالی در مدار سالم
P	فاصله خطای کوچک از پایانه محلی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

ولتاژ نقطه رله نشان داده شده در شکل ۱،  $V_{sa}$  بدست می آید به صورت

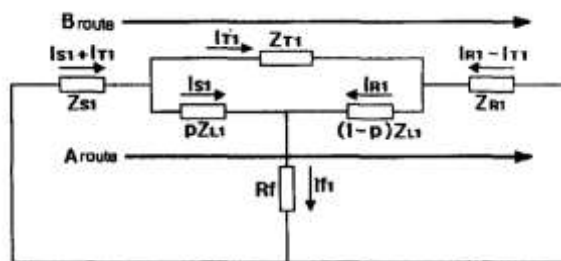
$$V_{sa} = p[ Z_{L1} I_{sa} + (Z_{L0} - Z_{L1}) I_{s0} ] + pZ_m I_{T0} + R_f I_f \quad (1)$$

همه ی تغییرات نشان داده شده در معادله بالا تعریف شده اند در جدول ۱  
 همه امپدانس ها به جز مقاومت خطا به عنوان ثابت شناخته می شوند و جریان یک فاز  $I_{sa}$ ، و جریان توالی صفر مدار خطا دار  $I_{s0}$ ، از نقطه رله گذاری مدار خطا دار می توانند گرفته شوند. از طرف دیگر جریان توالی صفر مدار سالم نزدیک  $I_{T0}$  و جریان خطا  $I_f$ ، نمی توانند محاسبه شوند مگر با پایانه محلی سیگنال های رله گذاری مدار خطا دار، بنابراین فاکتورهای توزیع دو جریان از ترکیب سیستم بعد از یک خطا، استفاده شده با تخمین در جریان مختلف شناخته نشده  $I_{T0}$  و  $I_f$  گرفته می شوند.  
 جریان توالی صفر مدار مجاور  $I_{T0}$ ، و یک فاکتور توزیع جریان نرخ توزیع جریان توالی صفر را بین مدار سالم و مدار خطا دار نشان می دهد.  
 جریان خطا،  $I_f$ ، می تواند با جریان توالی مثبت پایانه اول مداری که خطا در آن واقع شده،  $I_{s1}$ ، و فاکتور توزیع جریان نشان داده شود.  
 این فاکتورهای توزیع دو جریان می توانند فقط با امپدانس در طرف سیستم قدرت تعیین شوند.  
 مؤلفه های اضافه شده با گرفتن سیگنال های مختلف بین قبل از خطا و بعد از خطا تعیین می شوند و برای دور کردن علت خطاها با جریان بار سیستم از محاسبه فاکتورهای توزیع جریان توالی مثبت استفاده می شود.

## ب) فاکتورهای توزیع جریان :

فاکتور توزیع جریان توالی مثبت :

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرمان سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۲: دیاگرام امیدانس توالی مثبت بعد از خطا

اگر مؤلفه های اضافی استفاده شوند، ما می توانیم یک شبکه توالی مثبت بعد از خطا را جایگزین کنیم مانند یک انفعال بدون منبع های ولتاژ.

شکل (۲) یک انفعال دیاگرام امیدانس توالی مثبت بعد از خطا را نشان می دهد. با بکار بردن KVL در دو مسیر مدار موازی نشان داده شدن در شکل (۲) ما می توانیم دو معادله زیر را بدست آوریم

$$(Z_{s1} + p Z_{L1}) I_{s1} - [Z_{R1} + (1-p) Z_{L1}] I_{R1} + (Z_{s1} + Z_{R1}) I_{s1} = 0 \quad (2)$$

$$Z_{s1} I_{s1} - Z_{R1} I_{R1} + (Z_{s1} + Z_{R1} + Z_{r1}) I_{s1} = 0$$

با حذف جریان توالی مثبت مدار سالم  $I_{T1}$ ، در معادله بالا معادله (۳) به دست می آید.

$$\frac{I_{R1}}{I_{s1}} = \frac{Z_{s1} Z_{r1} + p Z_{L1} (Z_{s1} + Z_{R1} + Z_{r1})}{Z_{R1} Z_{r1} + (1-p) Z_{L1} (Z_{s1} + Z_{R1} + Z_{r1})} \quad (3)$$

چون جریان خطای توالی مثبت  $I_{f1}$ ، مجموع  $I_{s1}$  و  $I_{R1}$  است فاکتور توزیع جریان توالی مثبت  $CDF_{sal}$ ، نرخ جریان توالی مثبت را در پایانه اول مدار خطا دار با جریان خطای توالی مثبت نشان می دهد که به صورت معادله زیر بیان می شود:

$$CDF_{sal} = \frac{I_{s1}}{I_{f1}} = \frac{I_{s1}}{I_{s1} + I_{R1}} = \frac{1}{1 + (I_{R1}/I_{s1})} = \frac{p B_{sa1} + C_{sa1}}{A_{sa1}} \quad (4)$$

که :

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

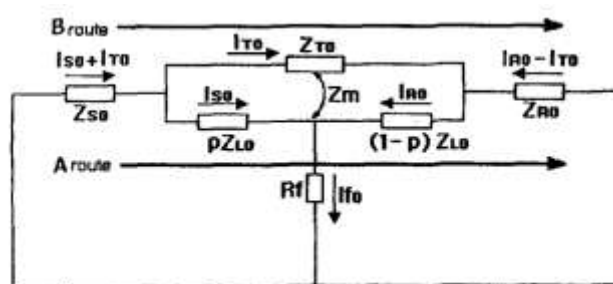
$$A_{S_{a1}} = Z_{L1} (Z_{S1} + Z_{R1}) + Z_{r1} (Z_{s1} + Z_{R1} + Z_{r1})$$

$$B_{S_{a1}} = -Z_{L1} (Z_{s1} + Z_{R1} + Z_{r1})$$

$$C_{S_{a1}} = Z_{L1} (Z_{s1} + Z_{R1} + Z_{r1}) + (Z_{r1}) (Z_{R1})$$

از معادله ( ۴ ) ، می توان جریان خطای توالی مثبت را با جریان توالی مثبت پایانه اول مدار خطا دار  $I_{s1}$  ، بیان کرد و فاکتور توزیع جریان توالی مثبت که هم ارزش امپدانس های شناخته در معادله بالاست را کم می کند .

فاکتور توزیع جریان توالی صفر :



شکل ۳: دیاگرام امپدانس توالی صفر بعد از خطا

با بکار بردن KVL در دو مسی ر مدار موازی نشان داده شده در شکل

( ۳ ) ، همانند پروسه ی فاکتور توزیع توالی مثبت ، ما می توانیم دو معادله زیر را بیان کنیم .

$$\begin{aligned} (Z_{s0} + P Z_{L0}) I_{s0} - [Z_{R0} + (1 - P) Z_{L0}] I_{R0} \\ + (Z_{s0} + Z_{R0} + Z_m) I_{T0} = 0 \\ (Z_{s0} + P Z_m) I_{s0} - [Z_{R0} + (1 - P) Z_m] I_{R0} \\ + (Z_{s0} + Z_{R0} + Z_{T0}) I_{T0} = 0 \end{aligned} \quad (5)$$

با حذف جریان توالی صفر از منبع دورتر در مدار خطا دار  $I_{R0}$  ، در معادله ۵ ، فاکتور توزیع جریان

$CDF_{rs}$  ، نشان داده شده و نرخ توزیع جریان توالی صفر بین مدار سالم و مدار خطا دار را بدست می

آوریم.

$$CDF_{rs} = \frac{I_{s0}}{I_{r0}} = \frac{p A_{sr} + B_{sr}}{p C_{sr} + D_{sr}} \quad (6)$$

که

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$A_{ST} = (Z_m - Z_{L0}) (Z_{s0} + Z_{R0} + Z_m) - (Z_{r0} - Z_m) Z_{L0}$$

$$B_{ST} = (Z_{L0} - Z_m) (Z_{s0} + Z_{R0} + Z_m) + (Z_{r0} - Z_m) (Z_{R0} + Z_{L0})$$

$$C_{ST} = (Z_{L0} - Z_m) (Z_{s0} + Z_{R0})$$

$$D_{ST} = (Z_m - Z_{L0}) Z_{s0}$$

از معادله ۶، جریان توالی صفر مدار نزدیک  $I_{T0}$ ، می تواند با جریان توالی صفر پایانه اول مدار خطادار بیان شود،  $I_{s0}$ ، و فاکتور توزیع جریان توالی صفر که ارزش همه ی امیدانس های شناخته شده را کم می کند.

### پ) الگوریتم محل یابی خطا :

معادله (۱) با استفاده از معادله (۴) و (۶) اصلاح می شود.

$$V_{Sa} = p [Z_{L1} I_{Sa} + (Z_{L0} - Z_{L1}) I_{S0}] + p Z_m \frac{I_{S0}}{CDF_{TS}} + R_f \frac{3 I_{S1}}{CDF_{sal}} \quad (7)$$

یکی از شرایط جریان برای خطای یک خط به زمین استفاده در معادله (۷) است. بدین معنی که معادله بالا فقط برای خطاهای خط به زمین صحیح است.

شبهه این معادله ها، هم چنین برای انواع دیگر خطاها گسترش پیدا کرده است. ما فکر می کنیم، در این زمان این الگوریتم های ارائه شده در روش (۵) کاربردی تر از روش های دیگر هستند زیرا برای خطاهای بدون اثر زمین این الگوریتم ها، از اطلاعات امیدانس منبع اصلاً استفاده نمی کنند. در نهایت معادله (۷) می تواند به صورت زیر بیان شود.

$$(a_3 + jb_3) p^3 + (a_2 + jb_2) p^2 + [a_1 + jb_1 + (c_1 + jb_1) R_f] p + [(a_0 + jb_0) R_f] = 0 \quad (8)$$

که :

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

$$\begin{aligned}
 a_3 + jb_3 &= IZ_{L1} B_{sa1} A_{ST} + I_{S0} + Z_m B_{sat} C_{ST} \\
 a_2 + jb_2 &= IZ_{L1} B_{sa1} B_{ST} + IZ_{L1} C_{sa1} A_{ST} - V_{sa} B_{sa1} A_{ST} \\
 &\quad + I_{S0} Z_m B_{sa1} D_{ST} + I_{S0} Z_m C_{sa1} C_{ST} \\
 a_1 + jb_1 &= IZ_{L1} C_{sa1} B_{ST} - V_{sa} B_{sa1} B_{ST} - V_{sa} C_{sa1} C_{ST} \\
 &\quad + I_{S0} Z_m C_{sa1} D_{ST} \\
 a_0 + jb_0 &= -V_{sa} C_{sa1} B_{ST} \\
 c_1 + jb_1 &= 3I_{s1} A_{sa1} A_{ST} \\
 c_0 + jb_0 &= 3I_{s1} A_{sa1} C_{ST} \\
 I &= I_{sa} + \frac{Z_{L0} - Z_{L1}}{Z_{L1}} I_{s0}
 \end{aligned}$$

با جدا کردن بخش حقیقی و موهومی در معادله (۸)، بدست می آوریم دو معادله درجه سوم غیرخطی به صورت زیر:

$$\begin{aligned}
 a_3 p^3 + a_2 p^2 + (a_1 + c_1 R_f) p + (a_0 + c_0 R_f) &= 0 \\
 b_3 p^3 + b_2 p^2 + (b_1 + d_1 R_f) p + (b_0 + d_0 R_f) &= 0
 \end{aligned}$$

با حذف مقاومت خطا  $R_f$ ، یک معادله غیرخطی درجه ۴، فقط با متغیرهای ناشناخته بدست می آید. متغیرهای ناشناخته اطلاعات فاصله خطا هستند

$$P^4 + k_1 P^3 + k_2 P^2 + k_3 P + k_4 = 0 \quad (10)$$

که:

$$\begin{aligned}
 k_1 &= (a_2 d_1 - b_2 c_1 + a_3 d_0 - b_3 c_0) (a_3 d_1 - b_3 c_1) \\
 k_2 &= (a_1 d_1 - b_1 c_1 + a_2 d_0 - b_2 c_0) (a_3 d_1 - b_3 c_1) \\
 k_3 &= (a_0 d_1 - b_0 c_1 + a_1 d_0 - b_1 c_0) (a_3 d_1 - b_3 c_1) \\
 k_4 &= (a_0 d_0 - b_0 c_0) / (a_3 d_1 - b_3 c_1)
 \end{aligned}$$

فاصله خطا (P) را می توان با حل معادله ۱۰ به روش نیوتن رافسون به دست آورد

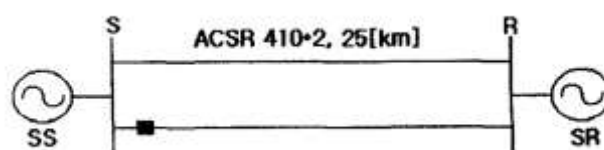
**ارزیابی عملکرد:**

الف) اندازه گیری اطلاعات و حالتها



**برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید.** فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

برای ارزیابی عملکرد روش پیشنهادی، سیگنال های خطا با EMTP با ۱۵۴kv و ۲۵km مانند خط انتقال دو مداره موازی نشان داده شده در شکل زیر شبیه سازی می شوند. اطلاعات سیستم داده شده اند. سه پارامتر مانند رسیدگی کردن به موقعیت های مختلف عملکرد روش آزمایشی انتخاب می شوند. ۸ محل خطای مختلف از ۰/۱pu تا ۰/۹pu، ۱۲ موقعیت مقاومت خطا  $0 \Omega$  تا  $100 \Omega$  و ۲۰ منبع امپدانس مختلف با تغییرات  $-0.5\%$  تا  $+0.5\%$  انتخاب می شوند. با توجه به اطلاعات اولیه، علت تأثیر راکتانس هم بلبیل مقاومت خطا و هم با جریان بار است، فازهای مختلف ۳۰ درجه ای بین دو منبع رسیدگی کننده در EMTP شبیه سازی می شوند.



فرکانس نمونه گیری شده این الگوریتم ۲۱۶۰ هرتز است که برابر ۳۶ بار نمونه گیری در هر سیکل در سیستم ۶۰ هرتز است.

روش دوم استفاده از لوپس فیلتر است که فرکانس مقطع آن ۹۶۰ هرتز است و از خطا جلوگیری می کند. به طور خلاصه، فاز مؤلفه فرکانس قدرت در یک سیکل انتقال گسسته بکار برده می شود. خطای محل یابی خطا به صورت درصد جمع طول خط بیان می شود.

$$\%Error = \frac{\text{estimated location} - \text{actual location}}{\text{total line length}} \times 100$$

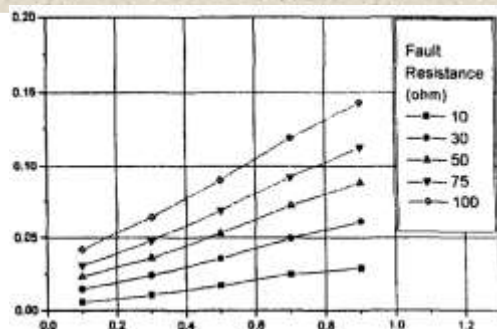
(۱۱)

ب) نتایج آزمایش:

تغییرات مقاومت خطا و فاصله خطا:

الگوریتم ارائه شده با مقاومت های خطای مختلف و فاصله های خطای متفاوت از نقطه رله گذاری آزمایش شده است. در این موقعیت، امپدانس منبع اولیه و ثانویه، در الگوریتم ثابت نگه داشته می شوند. ماگزیمم خطا کم تر از ۰/۱۵٪ است و تغییرات زمانی که یک خطا نزدیک پایانه دوم اتفاق می افتد در شکل ۵ نشان داده شده است.

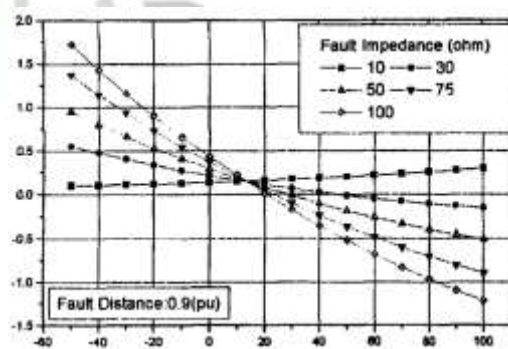
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



شکل ۵: خطای محل یابی خطا با تغییرات مقاومت خطا و فاصله خطا

### تغییرات امپدانس منبع I :

با تغییرات مقداری که در آن ثابت شده اند شکل (۶) تأثیر تغییرات مقدار امپدانس منبع محیط ی در الگوریتم را نشان می دهد. زمانی که در امپدانس منبع در سیستم نمونه تغییر نمی کنند. فقط مقداری که در آن ثابت شده اند برای امپدانس منبع اولیه از ۵۰٪ دو برابر ظرفیت منبع، تا ۱۰۰٪، نصف ظرفیت منبع تغییر می کند. الگوریتم ارائه شده نشان می دهد که ماگزیمم خطا ۱/۷۲٪ است.



شکل ۶: خطای محل یابی خطا با تغییرات مقدار امپدانس منبع

### تغییرات امپدانس منبع II :

با تغییرات امپدانس منبع سیستم از نقطه نظر عملی، امپدانس منبع معادل پشت نقطه رله گذاری بهتر از تغییرات منبع دور (دوم) به طور مداوم است. با رسیدگی به تأثیر این نوع تغییرات امپدانس منبع، الگوریتم محل یابی خطای ارائه شده با اطلاعات گرفته شده با تغییرات دو امپدانس منبع در سیستم نمونه

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

از ۵۰٪ تا ۵۰٪+ آزمایش شده است. امپدانس های مختلف ۵۰٪ بدین معنی است که تغییرات ظرفیت

منبع به مقدار ۲ تا ۰ از طرف دیگر تغییرات ۵۰٪+

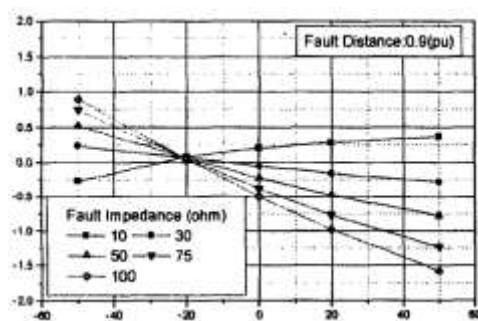
ظرفیت را به ۲/۳ مقدار اولیه کاهش می دهد.

شکل ۷ تا ۱۱ تأثیر تغییرات امپدانس منبع دوم را نشان می دهد زمانی که تغییرات منبع اولیه به ترتیب ٪

۵، ۲۰٪، ۵۰٪+ است.

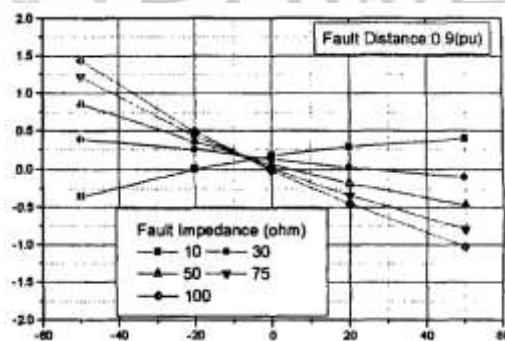
ماگزیمم خطا ۲/۴۷٪ است زمانی که امپدانس منبع اولیه به ۵۰٪ افزایش پیدا می کند و امپدانس منبع دوم

به ۵۰٪ کاهش پیدا می کند و امپدانس خطا  $100 \Omega$  در نظر گرفته می شود.



شکل ۷: خطای محل یابی خطا با تغییرات امپدانس منبع دوم

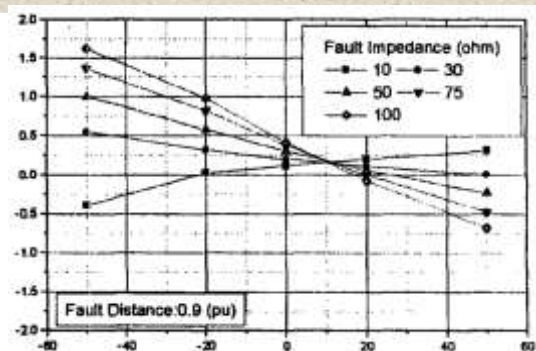
( تغییرات امپدانس منبع اول ۵۰٪ - است )



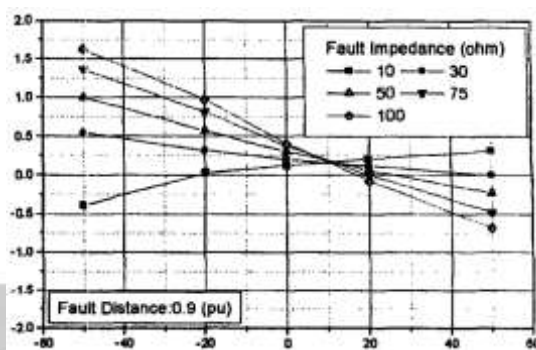
شکل ۸: خطای محل یابی خطا با تغییرات امپدانس منبع دوم

( تغییرات امپدانس منبع اول ۲۰٪ - است )

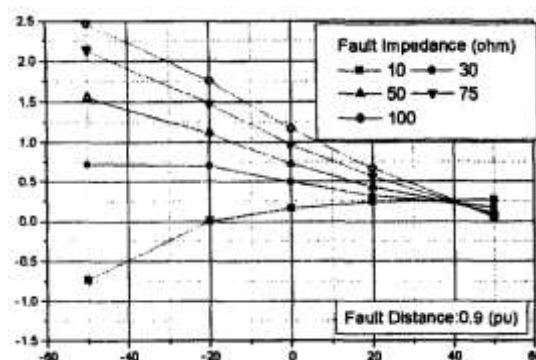
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۹: خطای محل یابی خطا با تغییرات امپدانس منبع دوم  
( تغییرات امپدانس منبع اول بدون تغییر است )



شکل ۱۰: خطای محل یابی خطا با تغییرات امپدانس منبع دوم  
( تغییرات امپدانس منبع اول ۲۰٪ + است )



شکل ۱۱: خطای محل یابی خطا با تغییرات امپدانس منبع دوم  
( تغییرات امپدانس منبع اول ۵۰٪ + است )

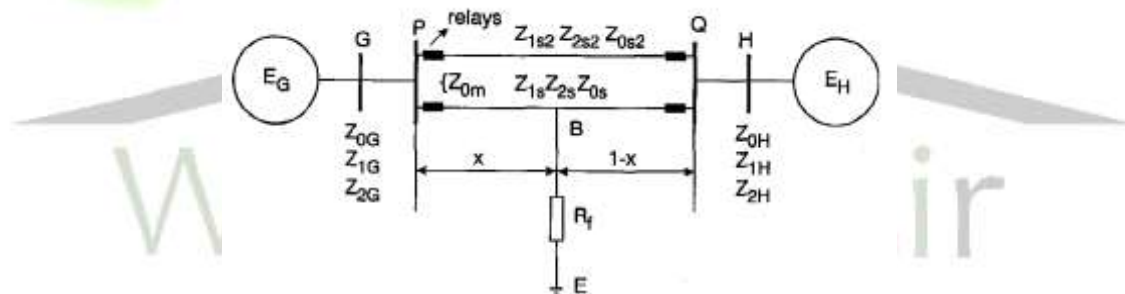
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

## فصل ششم

### محل یابی خطا در خطوط انتقال موازی با استفاده از رله گذاری دیجیتال

#### دیجیتال

این روش، یک الگوریتم رله دیجیتال جدید برای نخستین ناحیه حفاظت برای خطوط انتقال موازی را پیشنهاد می کند. این روش جدید، از اطلاعات یکی از پایانه های خطوط موازی محافظت شده برای محاسبه ی فاصله ی خطا استفاده می کند. نشان داده می شود که، این الگوریتم جدید، مستقل از مقاومت خطا و امپدانس های منبع است. مطالعات شبیه سازی گسترده با استفاده از EMTP مشخص کرده است که می توان با این روش تخمین فاصله ی خطای بسیار دقیقی در یک سیکل بعد از شروع خطا بدست آورد. از این رو، این روش برای حفاظت دیجیتال، بسیار مناسب است. کاربردهای این روش برای محل خطا نیز، ارائه شده است.



شکل ۱. دیاگرام سیستم مورد استفاده در توسعه الگوریتم

#### توسعه الگوریتم:

مدل سیستم قدرت نشان داده شده در شکل برای توسعه ی روش تخمین فاصله استفاده می شود که فقط از اطلاعات یکی از پایانه های خطوط موازی استفاده می کند. این مدل شامل دو ژنراتور، دو خط انتقال موازی، دو باس P و Q و خطوط انتقال است که برای این که به وسیله رله های دیجیتال محافظت شوند، مورد بررسی قرار گرفته اند. فرض شده است که رله ها در محل باس P قرار دارند. فرض کنید که یک خطا در منطقه B در یکی از خطوط انتقال در حال اتفاق است. شکل  $a_2$ ،  $b_2$  و شکل ۳ توالی های مثبت، منفی و صفر کل سیستم را نشان می دهند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

معادلات توالی :

برای سادگی ، علائم به صورت زیر تعریف می شوند :

$V_{cp}$  ,  $V_{bp}$  ,  $V_{ap}$  ولتاژهای فاز در منطقه رله در باس P هستند .

$I_{cp2}$  ,  $I_{bp2}$  ,  $I_{ap1}$  جریانهای فاز خط معیوب در منطقه رله در باس P .

$I_{cp2}$  ,  $I_{bp2}$  ,  $I_{ap2}$  جریانهای فاز خط سالم در منطقه رله در باس P .

$V_{2p}$  ,  $V_{1p}$  ,  $V_{0p}$  ولتاژهای فاز متوالی در منطقه رله در باس P .

$I_{2p1}$  ,  $I_{1p1}$  ,  $I_{0p1}$  جریانهای فاز متوالی خط معیوب در منطقه رله در باس P .

$I_{2p2}$  ,  $I_{1p2}$  ,  $I_{0p2}$  جریانهای فاز متوالی خط سالم در منطقه رله در باس P .

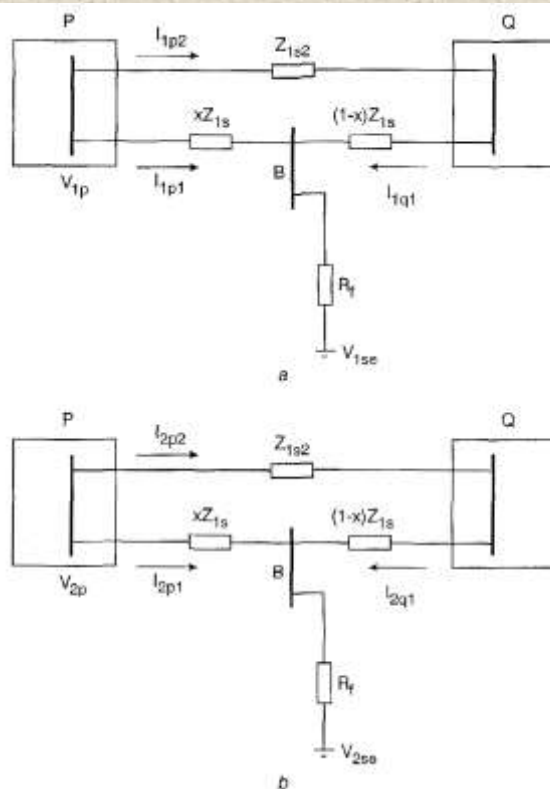
$I_{2q1}$  ,  $I_{1q2}$  ,  $I_{0q1}$  جریانهای فاز متوالی خط معیوب در منطقه رله در باس Q .

$V_{0se}$  ,  $V_{1se}$  ,  $V_{2se}$  ولتاژهای فاز متوالی در منطقه خطای E .

$R_f$  : مقاومت خطا می باشد .

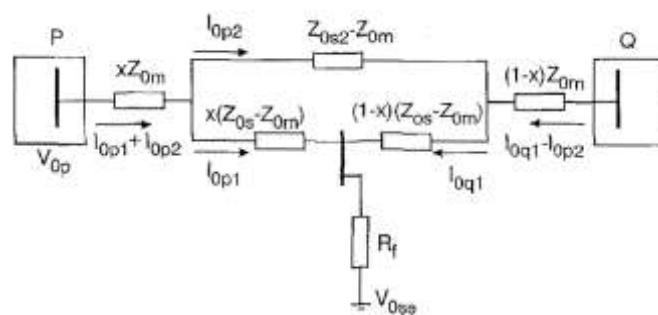


برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۲. a توالی مثبت

b توالی منفی



شکل ۳. شبکه توالی صفر سیستم

$x$  فاصله‌ی خطا از منطقه خطا در باس  $P$  است. ( بر حسب  $P . U$  )

$Z_{1s} , Z_{2s} , Z_{0s}$  امپدانس های توالی خط معیوب هستند که  $Z_{1s} = Z_{2s}$ .

$Z_{1s2} , Z_{2s2} , Z_{0s2}$  امپدانس های توالی خط سالم هستند که  $Z_{1s2} = Z_{2s2}$ .

$Z_{0m}$  امپدانس های متقابل توالی صفر بین خط معیوب و سالم.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

H و G : به ترتیب امپدانس های توالی ژنراتورهای  $Z_{2H}$ ,  $Z_{1H}$ ,  $Z_{0H}$ ,  $Z_{2G}$ ,  $Z_{1G}$ ,  $Z_{0G}$  می باشند.

با استفاده از اطلاعات خط معیوب در باس P، می توان به معادلات زیر دست یافت:

$$V_{1p} = x Z_{1s} I_{1p1} + R_f ( I_{1p1} + I_{1q1} ) + V_{1se} \quad ( ۱ )$$

$$V_{2p} = x Z_{1s} I_{2p1} + R_f ( I_{2p1} + I_{2q1} ) + V_{2se} \quad ( ۲ )$$

$$V_{0p} = x ( Z_{0m} I_{0p2} + Z_{0s} I_{0p1} ) + R_f ( I_{0p1} + I_{0q1} ) + V_{0se} \quad ( ۳ )$$

با استفاده از اطلاعات خط سالم در باس P، می توان به معادلات زیر دست یافت

$$V_{1p} = Z_{1s2} I_{1p2} + (I - x) Z_{1s} I_{1q1} + R_f ( I_{1p1} + I_{1q1} ) + V_{1se} \quad ( ۴ )$$

$$V_{2p} = Z_{1s2} I_{2p2} + (I - x) Z_{1s} I_{2q1} + R_f ( I_{2p1} + I_{2q1} ) + V_{2se} \quad ( ۵ )$$

$$V_{0p} = x Z_{0m} ( I_{0p1} + I_{0p2} ) + ( Z_{0s2} - Z_{0m} ) I_{0p2} + ( Z_{0s} - Z_{0m} ) (1 - x) I_{0q1} + R_f ( I_{0p1} + I_{0q1} ) + V_{0se} \quad ( ۶ )$$

با حذف عبارات شامل  $I_{1q1}$  از معادلات ۱ و ۴، معادله زیر بدست می آید:

$$V_{1p} = x Z_{1s} I_{1p1} + (I_{1p1} - k_1 I_{1p2}) R_f / (1 - x) + V_{1se} \quad ( ۷ )$$

که:

$$k_1 = Z_{1s2} / Z_{1s} \quad ( ۸ )$$

با حذف عبارات شامل  $I_{2q1}$  از معادلات ۲ و ۵، معادله زیر بدست می آید:

$$V_{2p} = x Z_{1s} I_{2p1} + ( I_{2p1} + k_1 I_{2q2} ) R_f / (I - x) + V_{2se} \quad ( ۹ )$$



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

با حذف عبارات شامل  $I_{0q1}$  از معادلات ۳ و ۶، معادله زیر بدست می آید:

$$V_{0p} = x(Z_{0m} I_{0p2} + Z_{0s} I_{0p1}) + (I_{0p1} - k_0 I_{0p2}) R_f / (1 - x) + V_{0se} \quad (10)$$

که:

$$k_0 = (Z_{0s2} - Z_{0m}) / (Z_{0s} - Z_{0m}) \quad (11)$$

برای خطوط موازی با لپواترهای یکسان،  $k_1 = k_0 = 1$

انجام معادلات برای انواع گوناگون خطاها:

در انجام معادلات برای یک خطای  $a - g$  از معادلات توالی بالا استفاده می شود که ابتدا آن را بسط می دهد و سپس معادلات انواع دیگر خطا، خلاصه می شوند. برای جزئیات بیشتر به فهرست علائم رجوع کنید.

برای خطای  $a - g$  شرط مرزی عبارتست از:

$$V_{0se} + V_{1se} + V_{2se} = 0 \quad (12)$$

از معادلات ۱۲-۷ می توان معادله زیر را نتیجه گرفت.

$$(a_1 + jb_1) - x(a_2 + jb_2) + (a_3 + jb_3) R_f / (x - 1) = 0 \quad (13)$$

که:

$$a_1 + jb_1 = V_{ap} \quad (14)$$

$$a_2 + jb_2 = Z_{1s} I_{ap1} + (Z_{0s} - Z_{1s}) I_{0p1} + Z_{0m} I_{0p2} \quad (15)$$

$$a_3 + jb_3 = I_{ap1} - k_1 I_{ap2} + (k_1 - k_0) I_{0p2} \quad (16)$$

با جدا کردن بخش حقیقی و موهومی معادله ی ۱۳، معادلات زیر بدست می آیند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$a_1 - xa_2 + a_3 R_f / (x-1) = 0 \quad (17)$$

$$b_1 - xb_2 + b_3 R_f / (x-1) = 0 \quad (18)$$

با حذف  $R_f$  از معادلات ۱۷ و ۱۸، تخمین فاصله‌ی خطا بدست می‌آید.

$$x = (a_1 b_3 - a_3 b_1) / (a_2 b_3 - a_3 b_2) \quad (19)$$

ضمناً  $R_f$  نیز به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$R_f = (a_2 b_1 - a_1 b_2) (a_2 b_3 + a_3 b_1 - a_3 b_2 - a_4 b_3) / (a_2 b_3 - a_3 b_2)^2 \quad (20)$$

جدول ۱. لیست فرمول‌ها برای محاسبه کردن ضرائب معادلات ۱۹ و ۲۰

WikiPower.ir

به طور مشابه، معادلات تخمین فاصله‌ی خطا برای انواع دیگر خطاها می‌توانند به دست آیند می‌توان نشان داد که نتایج برای انواع دیگر خطاها، فرمی مشابه معادلات ۱۹ و ۲۰ دارند ولی ضرائب در این معادلات باید با توجه به نوع خطا محاسبه شوند. فرمول‌ها برای محاسبه‌ی این ضرائب برای انواع گوناگون خطاها در جدول ۱ خلاصه شده‌اند.

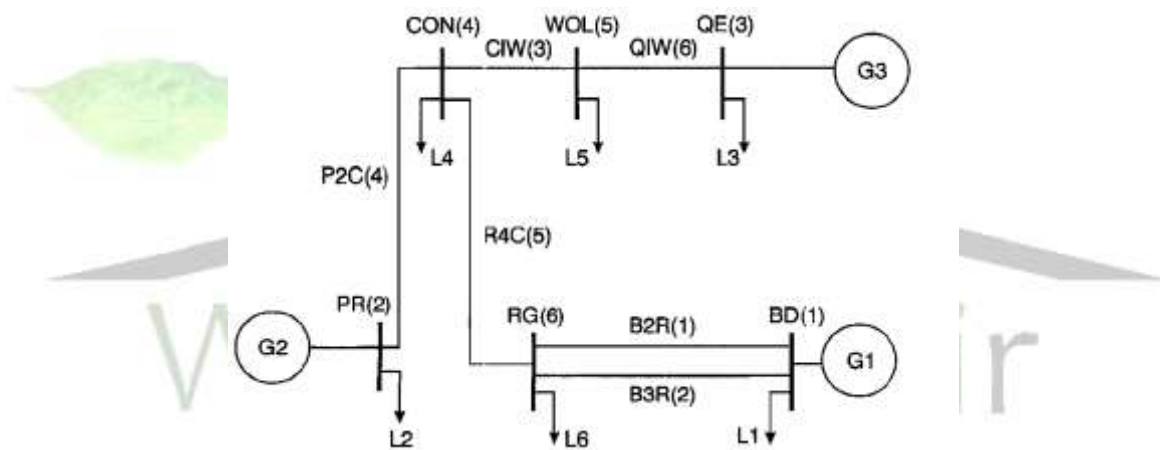
معادله ۱۹ برای تخمین فاصله خطا بسیار ساده است و فقط دارای چند ضرب و یک تقسیم است. بنابراین، این روش به طور کامپیوتری موثر و مناسب برای اجرای همزمان است. هم چنین از معادله ۱۹

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

آشکاراست که تخمین فاصله ی خطا از مقاومت های خطای منبع پایانه ی دوم و امیدانس های منابع ، مستقل است .

## ارزیابی عملکرد برای اولین ناحیه حفاظت :

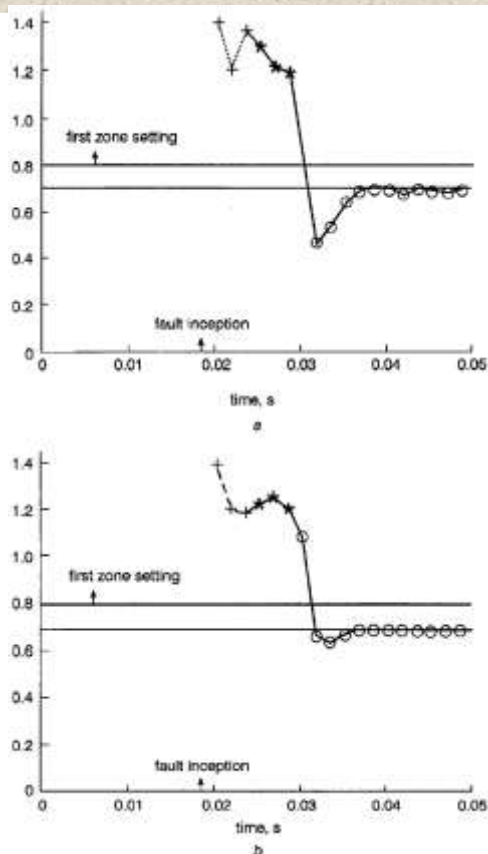
روش پیشنهادی برای اولین ناحیه حفاظت خطوط موازی با استفاده از اطلاعات خطای بدست آمده از مطالعات شبیه سازی سیستم قدرت نشان داده شده در شکل ۴ ، ارزیابی شده است . یکی از خطوط موازی مثلاً ( 2 ) B3R که ۱۸۲/۸ km طول دارد ، برای این منظور انتخاب شده است . سیستم دارای ولتاژ مبنای ۲۳۰ kv و قدرت مبنای ۱۰۰ MVA است . و اطلاعات خطوط با استفاده از مدل مستقل از فرکانس و کاملاً توزیع شده ارائه می شود .



شکل ۴. یک سیستم ساده ی استفاده شده در مطالعات شبیه سازی

اطلاعات ولتاژ و جریان در ترمینال ( 6 ) RG ، در خط های گوناگون حاصل می شوند . خطا در 0.0185s با یک مقاومت خطای  $40 \Omega$  اهمی به وجود می آید سپس این اطلاعات به وسیله فیلترهای دیجیتالی پردازش شده و سپس با فرکانس ۶۰۰ Hz ( برای سیس تم 50HZ ) نمونه برداری می شوند . در این روش از فیلترهای دیجیتالی آنتی الایزینگ پایین گذر درجه چهار با فرکانس قطع ۲۸۰ Hz استفاده شده است . پس سیگنال های ولتاژ و جریان نمونه گیری شده ، برای برنامه محل یاب خطا معرفی می گردند . پس از این که خطا پیدا شد ، با استفاده از یک الگوریتم همبستگی فوریه نیم سیکل ، فازورهای سیگنال های ولتاژ و جریان نمونه برداری شده محاسبه می شوند .

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۵. محل همگرایی برای تخمین فاصله خطا تحت انواع گوناگون خطا ،

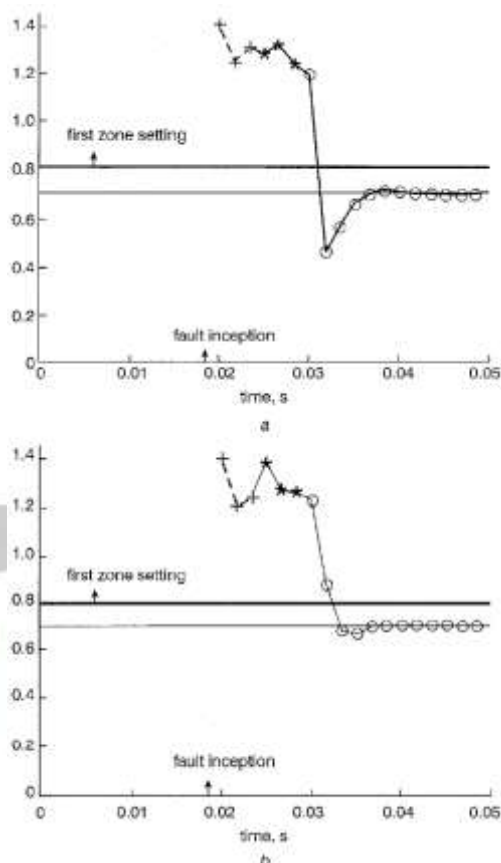
با یک منطقه خطای  $0.7\text{Pu}$  از باس  $\text{RG} (6)$

سیس مؤلفه های صفر ، منفی و مثبت ولتاژ و جریان فازورها به دست می آیند . ضرائب معادله کاربردی ۱۹ ، با استفاده از یک طبقه بندی دارای خطا و فرمول های فهرست شده در جدول ۱ ، محاسبه شده اند . سیس از معادله ۱۹ ، برای محاسبه ی فاصله خطا از محل رله تا خطا استفاده می شود . مقدارهای تخمین زده شده ی فاصله ی خطا با استفاده از مشخصات رله برای مشخص کردن خطاهای اولین ناحیه ، مورد پردازش قرار می گیرند . در این مطالعات از  $0.8\text{pu}$  بعنوان اولین ناحیه برای خط محافظ استفاده شده است .

شکل های ۶ و ۵ محل همگرایی را برای تخمین فاصله ی خطا برای خطاهای  $b - c$  ,  $a - b - c$  ,  $c - g$  و  $a - b - g$  در  $127.96\text{ km}$  از باس  $\text{RG} (6)$  نشان می دهند . جریان بار قبل از خطا برابر با  $1/4\text{ Pu}$  است برابر یک پریونیت است با  $2.51\text{ kA}$  وقتی که شروع یک خطا تشخیص داده شد ، برنامه ی کامپیوتری محاسبه ی فاصله ی خطا را شروع می کند . مشاهده می شود که چند تخمین اولیه به دلیل این که پنجره ی اطلاعات بیشتر شامل اطلاعات قبل از خطا است نادرست هستند . هر چه بیشتر از

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

نمونه های بعد از خطا استفاده شود، خطا، در تخمین ها کاهش می یابد. وقتی که اطلاعات پنجره پر از اطلاعات بعد از خطا شود، تخمین ها به مقدار پایداری حدود  $0.7 \text{ pu}$  میل می کنند. این پروسه در شکل های  $a$ ,  $b$ ,  $c$  و  $d$  به فرم « مقدار مقیاس »، « مقدار گذرا » و « اطلاعات پنجره » نشان داده شده اند. این خطاها به عنوان خطاهای اولین ناحیه انتخاب شده و با استفاده از روش پیشنهادی در یک سیکل می توان یک تصمیم گیری مطمئن و قابل اعتماد انجام داد.



شکل ۶. محل همگرایی برای تخمین فاصله ی خطا تحت انواع مختلف خطا

با یک منطقه خطای  $0.7 \text{ pu}$  از باس ( 6 ) RG

**a** : مکان هندسی همگرایی برای یک خطای  $b-c$  با یک منطقه خطای  $0.7 \text{ pu}$  از باس (6) RG.

**b** : مکان هندسی همگرایی برای یک خطای  $a-b-g$  با یک منطقه خطای  $0.7 \text{ pu}$  از باس (6) RG

**t** : مقدار مقیاس

**\*** : مقدار گذرا

**o** : اطلاعات کامل پنجره

**برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید.** فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

مطالعات شبیه سازی برای دیگر انواع گوناگون خطا با مقادیرهای متفاوت مقاومت های خطا ، فاصله خطا و لحظه تزریق خطا ، نتایج مشابهی را نشان می دهند.

## کاربرد و ارزیابی محل یابی خطا :

معادله ۱۹ ، نشان می دهد که این روش جدید ، برای تخمین فاصله خطا ، مستقل از مقاومت خطا ، جریان های بار و امپدانس های منبع است و نیاز به ارتباط بین دو پایانه خط محافظ حذف شده است بنا به این ، پیاده سازی این روش با استفاده از میکرو کامپیوترها ، بسیار راحت و به صرفه است . ملاحظه شده است که کاپاستیانس موازی در استخراج معادله ی ۱۹ حذف شده است . که ممکن است در خطوط بلند ، خطاهایی ایجاد شود .

سیستم نشان داده شده در شکل ۴ ، برای باز بینی الگوریتم پیشنهادی برای کاربرد محل خطا با استفاده از EMTP ، مدل شده است . نتایج شبیه سازی و اثرات مقاومت خطا ، جریان های بار و شروع خطا و امپدانس منبع روی دقت الگوریتم پیشنهادی در ادامه مورد بحث قرار گرفته است .

اثرات مقاومت های خطا روی دقت الگوریتم پیشنهادی :

تخمین های فاصله خطا برای انواع گوناگون خطا و مقاومت های خطا تحت فاصله خطای  $Pu \cdot 1$  ، در جدول ۲ ، لیست شده اند . جریان های قبل از خطا برابر  $P \cdot u \cdot 1/4$  است . مشاهده می شود که برای مقاومت خطای بین صفر تا  $150 \Omega$  خطا ، یک درصد ، و برای مقاومت خطای بین  $150 \Omega$  تا  $300 \Omega$  اهم ،  $5\%$  است و برای مقاومت خطای بزرگ تر از  $300 \Omega$  ، خطا بیشتر می شود . همانند نتایج به دست آمده برای سایر مناطق خطا ، مشاهده می شود که خطای تخمین برای انواع گوناگون خطاها ، متفاوت است . این به دلیل وجود ضرایب متفاوت در معادله ی اجرایی است که در جدول ۱ شرح داده شد .

اثرات جریان های بار قبل از خطا روی دقت الگوریتم پیشنهادی:

جدول ۳ ، نتایج تخمین فاصله خطا برای انواع گوناگون خطا ، تحت جریان های بار قبل از خطا های گوناگون را نشان می دهد محل خطا برابر  $Pu \cdot 1/6$  و مقاومت خطا ثابت  $40 \Omega$  است . نتایج تقریباً مستقل از جریان های بار قبل از خطا است .

اثرات زاویه شروع خطا روی دقت الگوریتم پیشنهادی :

## برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

جدول ۴، نتایج شبیه سازی تخمین فاصله برای انواع گوناگون خطا با زمان های گوناگون شروع خطا را نشان می دهد. زاویه شروع با زاویه بین لحظه شروع و نقطه ی مثبت عبور از صفر فاز یک سیگنال ولتاژ متناسب است.

جریان بار قبل از خطا برابر  $Pu_{1/4}$  و مقاومت خطا  $40 \Omega$  است. فاصله ی خطا ثابت  $Pu_{0/3}$  است. جدول ۴ نشان می دهد که این روش مستقل از زاویه شروع خطاست.

اثرات امپدانس های منبع روی دقت الگوریتم پیشنهادی:

معادله ی کاربردی نشان می دهد که روش پیشنهادی شامل امپدانس های منبع است

این روش مستقل از تغییرات امپدانس های منبع است. این روش نسبت به الگوریتم های محل خطای تک پایانه ای قدیمی که معمولاً سبب خطاهای غیر قابل

قبولی در هنگام تغییر امپدانس های منبع با زمان می شدند، یک روش مفید و

ضروری است

Fault Resistance ( $\Omega$ )	Fault types									
	a-g	a-b	a-b-c	a-b-g	b-g	b-c	b-c-g	c-g	c-a	c-a-g
0	0.05	0.14	0.21	0.14	0.27	0.15	0.15	0.13	0.23	0.23
20	0.10	0.38	0.30	0.38	0.31	0.22	0.22	0.10	0.35	0.35
40	0.14	0.49	0.51	0.49	0.47	0.33	0.33	0.43	0.40	0.40
60	0.40	0.49	0.58	0.49	0.52	0.39	0.39	0.55	0.42	0.42
80	0.48	0.52	0.61	0.52	0.57	0.44	0.44	0.59	0.61	0.61
100	0.77	0.69	0.70	0.69	0.78	0.67	0.67	0.75	0.63	0.63
120	0.78	0.75	0.83	0.75	0.84	0.72	0.72	0.79	0.64	0.64
140	0.94	0.87	0.95	0.87	0.90	0.88	0.88	0.96	0.77	0.77
160	1.0	0.92	1.20	0.92	1.07	0.93	0.93	1.11	0.89	0.89
180	1.13	1.07	1.33	1.07	1.17	1.15	1.15	1.20	1.07	1.07
200	1.54	1.22	1.35	1.22	1.29	1.35	1.35	1.41	1.26	1.26
220	1.70	1.65	1.59	1.65	1.70	1.56	1.56	1.72	1.88	1.88
240	1.99	1.69	1.71	1.69	1.81	1.90	1.90	1.79	2.01	2.01
260	2.53	2.60	2.88	2.60	2.77	2.85	2.85	2.47	3.53	3.53
280	2.91	3.11	2.94	3.11	3.54	3.85	3.85	3.95	3.79	3.79
300	3.56	4.61	4.01	4.61	4.66	3.99	3.99	4.86	4.38	4.38
320	4.78	5.12	4.95	5.12	4.99	4.57	4.57	5.51	5.83	5.83

جدول ۲: درصد خطاهای تخمین منطقه خطا برای انواع گوناگون خطاها و مقاومت های گوناگون خطا

با  $Pu_{x=0/1}$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

Prefault Load current (p.u.)	Fault types									
	a-g	a-b	a-b-c	a-b-g	b-g	b-c	b-c-g	c-g	c-a	c-a-g
0	0.30	0.48	0.60	0.48	-0.40	0.62	0.62	0.55	0.55	0.55
0.4	0.29	0.50	0.62	0.50	-0.38	0.59	0.59	0.50	0.47	0.47
0.8	0.30	0.52	0.58	0.52	-0.44	0.57	0.57	0.50	0.54	0.54
1.2	0.33	0.55	0.55	0.55	-0.42	0.55	0.55	0.48	0.50	0.50
1.6	0.37	0.53	0.61	0.53	-0.42	0.60	0.60	0.54	0.56	0.56
2.0	0.33	0.53	0.62	0.53	-0.43	0.62	0.62	0.50	0.56	0.56
2.4	0.31	0.50	0.67	0.50	-0.50	0.57	0.57	0.55	0.57	0.57

جدول ۳: درصد خطاهای تخمین منطقه خطا برای انواع گوناگون خطاها و جریانهای بار قبل از خطا

گوناگون با  $Pu x = 0.6$

Fault Inception angle	Fault types									
	a-g	a-b	a-b-c	a-b-g	b-g	b-c	b-c-g	c-g	c-a	c-a-g
0	0.22	0.37	0.45	0.37	0.42	-0.61	-0.61	0.32	0.56	0.56
30	0.22	0.35	0.44	0.35	0.44	-0.55	-0.55	0.32	0.54	0.54
60	0.20	0.35	0.43	0.35	0.30	-0.50	-0.50	0.40	0.53	0.53
90	0.19	0.30	0.39	0.30	0.30	-0.44	-0.44	0.37	0.44	0.44
120	0.18	0.31	0.37	0.31	0.43	-0.32	-0.32	0.36	0.50	0.50
150	0.28	0.34	0.33	0.34	0.34	-0.46	-0.46	0.43	0.47	0.47
180	0.22	0.37	0.45	0.37	0.42	-0.61	-0.61	0.32	0.56	0.56

جدول ۴: درصد خطاهای تخمین منطقه خطا برای انواع گوناگون خطاها و زاویههای شروع خطا

گوناگون ( برحسب درجه ) با  $Pu x = 0.3$

## فصل هفتم

### محل یابی خطادر خطوط انتقال با استفاده از اطلاعات ولتاژ پس از خطا

یک الگوریتم برای محل یابی خطا در خطوط انتقال، با محاسبه ی فاصله خطا براساس اندازه گیری حالت پایدار فازورها در پایانه اول ارائه شده است. پس از خطا فقط فازورهای ولتاژ نیاز است. فازورهای جریان فقط هنگامی که اشباع اتفاق نمی افتد، لازم اند. این الگوریتم از فرضیه ساده سازی استفاده نمی کند ولی نیاز به اطلاعات معادل سیستم در هر دو پایانه های خط و طبقه بندی خطاست. ملاحظه می شود که مقاومت خط کاملاً مقاومتی است. ملاحظه می شود که مقاومت خط کاملاً مقاومتی است. با توجه به کارایی های گوناگون این الگوریتم، یک آنالیز پارامتری گوناگون که شرایط اتصال کوتاه را تحت تأثیر قرار داده، توسعه یافته است که شامل یک آنالیز محل معادل پایانه دوم است. نتایج نشان



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

می دهد که این الگوریتم ، حتی در نمونه هایی که معادل پایانه دوم چندان مناسب نیست بسیار دقیق است

## روش محل یابی خطای پیشنهادی :

الگوریتم جدید از پیکربندی شبکه زیر در طی رخداد خطا استفاده می کند . اطلاعات مورد نیاز نشان داده شده در شکل ۱ ، به صورت زیر هستند .

خط انتقال :

طول :

ماتریس امپدانس سری :  $Z$

ماتریس ادمیتانس موازی :  $Y$

معادل ها :

ماتریس ادمیتانس معادل محلی :  $Y_L = Z_L^{-1}$

ماتریس ادمیتانس معادل دور :  $Y_R = Z_R^{-1}$

ماتریس ادمیتانس معادل :  $Y_{eq} = Z_{eq}^{-1}$

اندازه های ولتاژ و جریان  $60 \text{ Hz}$  ترمینال محلی :

ولتاژهای سه فاز پس از خطا :  $V_L^{pos}$

ولتاژهای سه فاز قبل از خطا :  $V_L^{pre}$

ولتاژهای سه فاز قبل از خطا :  $I_L^{pre}$

ماتریس ادمیتانس خطا :  $Y_f$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

الگوریتم از شبکه معادل در هر دو پایانه خط استفاده می کند و امپدانس معادل بین پایانه ها را بررسی می کند. ماتریس سه فاز بیان گر خطا، معادل ها، و خط، سبب دقت زیاد خطوط غیر ترا نهاده می شود. که شامل اصلاحات های پیربولیک است. جریان و ولتاژهای قبل از خطا پایانه دور (دوم) با استفاده از جریان و ولتاژهای قبل از خطای پایانه اول مدل خط انتقال در دو بخش محاسبه می شوند.

$$\begin{aligned} V_R^{pre} &= AV_L^{pre} - B I_L^{pre} \\ I_R^{pre} &= CV_L^{pre} - D I_L^{pre} \end{aligned} \quad (1)$$

ولتاژهای داخلی پایانه معادل اول به صورت زیر است:

$$V_L^{pre} = V_L^{pre} + Z_L I_L^{pre} \quad (2)$$

برای ترمینال دور (دوم)

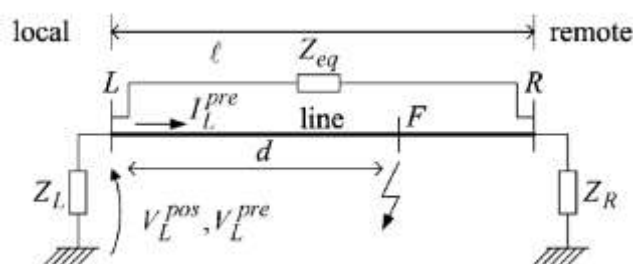
$$V_L^{eq} = V_R^{pre} + Z_R I_R^{pre} \quad (3)$$

که:

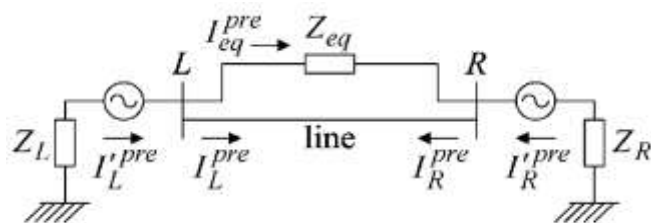
$$I_{eq}^{pre} = Y_{eq} (V_R^{pre} - V_L^{pre})$$

$$I_L^{\prime pre} = I_L^{pre} - I_{eq}^{pre}$$

$$I_R^{\prime pre} = I_R^{pre} - I_{eq}^{pre}$$



شکل ۱. نمایش خط انتقال دارای خطا و اطلاعات لازم برای محل خطا



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل ۲. امپدانس های منبع و امپدانس معادل بین پایانه های R, L

ولتاژهای گره در طی شرایط خطا با استفاده از معادله زیر محاسبه می شوند .

$$[V_b] = [Y_b]^{-1} \times [I_b] \quad (4)$$

که :

$[V_b]$  ولتاژهای سه فاز در گره های R, F, L (شکل ۱)

$[Y_b]$  ماتریس ادmittانس  $[9 \times 9]$  سه فاز، مربوط به شبکه شکل ۱.

$[I_b]$  جریان تزریقی سه فاز در گره های R, F, L.

بردار  $[I_b]$  با استفاده از ولتاژهای بدست آمده در معادلات ۲ و ۳ با استفاده از مدار معادل نورتن،

محاسبه می شود .

$$I_L^{inj} = Y_L I_L^{eq} \quad (5)$$

$$I_L^{inj} = Y_R V_R^{eq} \quad (6)$$

$$[I_b] = [I_L^{inj} \quad ; \quad [0] \quad ; \quad I_R^{inj}] \quad (7)$$

چون ماتریس ادmittانس خطا برای هر خطا متفاوت است، طبقه بندی نوع خطا لازم است

برای مثال برای خطای سه فاز :

$$[Y_F] = \begin{bmatrix} \frac{1}{R_F} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{R_F} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{R_F} \end{bmatrix} \quad (8)$$

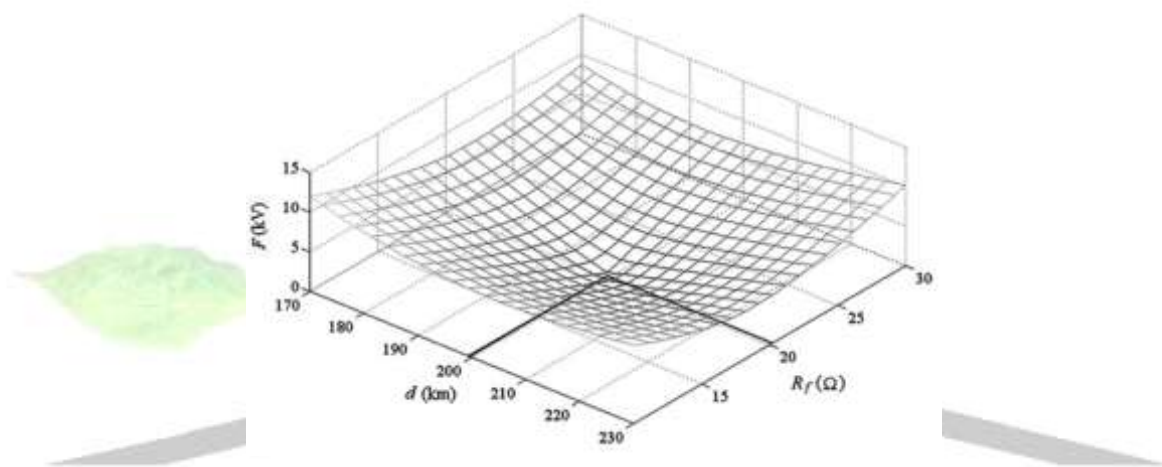
که  $R_F$ ، مقاومت خطا می باشد

برای خطای فاز a به زمین :

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$[Y_F] \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ R_F & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (9)$$

همان طور که ماتریس سه فاز شامل  $Y_L$ ,  $Y_R$ ,  $Y_{eq}$ ,  $Y_m$ ,  $Y_n$  و  $Y_f$  است، ماتریس ادمیتانس را نیز تشکیل می دهیم. ماتریس ادمیتانس خط، به دو بخش تقسیم می شود. برای یافتن مقدار فاصله ی خطای  $d$  داریم  $Y_f = Y(R_f)$



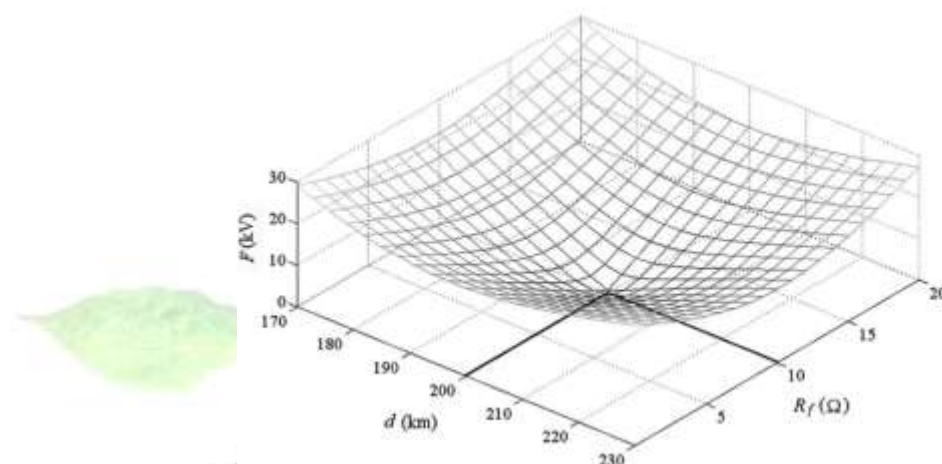
شکل ۴. تابع  $F(d, R_f)$  برای خطای فاز به زمین در  $200 \text{ km}$  پایانه اول با مقاومت خطای برابر با  $20 \Omega$  (طول خط  $320 \text{ km}$ )

با تشکیل ماتریس ادمیتانس، این روش، یک روش عادی است که خطوط مدارهای دو تایی و تأثی رات کوپلینگ دو طرفه را نشان می دهد. ماتریس های ادمیتانس  $Y_m$  و  $Y_n$  نتایج خطوط مدار دو تایی و گره های دومین مدار موازی، را در ماتریس  $[Y_b]$  با دیمانسیون  $[9 \times 9]$  نشان می دهد که در پایانه های خط و نقطه ی خطا حذف شده اند. روند حل براساس مقایسه بین ولتاژ  $V_L$ ، اندازه گیری شده در پایانه اول با استفاده از از مقدارهای بردار  $V_b$  و مقادیر محاسبه شده با استفاده از معادله ی [۴] می باشد که به عنوان تابع هدف مجموع مدل های خطا استفاده می شود.

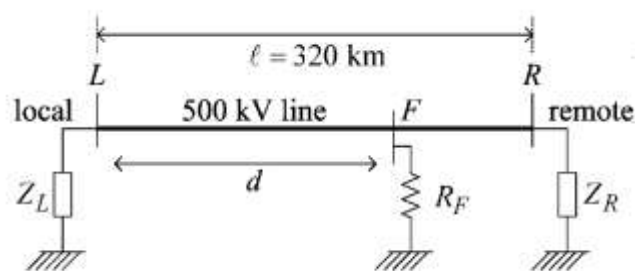
$$F(d, R_F) = \sum_{i=a,b,c} \left| V_{Li}^{calc} - V_{Li}^{meas} \right| \quad (10)$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه که نشان دهنده فاز است.

متغیرهای فاصله خطا  $d$  و مقاومت خطا  $R_f$ ، از یک الگوریتم بهینه در نقطه‌ی مینیمم تابع  $F(d, R_f)$  بدست می‌آیند. در این جا از روش ساده‌ی Nelder – Mead با اجرای نرم افزار مطلب، این متغیرها به دست آمده‌اند. شکل‌های ۳-۵ شکل تابعی  $F(d, R_f)$  را نشان می‌دهند. برای هر نوع خطا، سطح‌ها نرم هستند و کاملاً مشابهند و یک نقطه‌ی مینیمم که مقدار مقاومت خطا و فاصله خطا را می‌دهد، را نشان می‌دهد.



شکل ۵: تابع  $F(d, R_f)$  برای خطای دو فاز در  $200 \text{ km}$  ترمینال محلی با مقاومت خطای  $10 \Omega$  (طول خط:  $320 \text{ km}$ )



شکل ۶: شبکه برای شبیه سازی ATP و آزمایش الگوریتم محل خطا

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

## ارزیابی عملکرد :

ارزیابی بازده الگوریتم براساس نتایج به دست آمده با برنامه ATP انجام شده است. مهم ترین شرایط خطا مانند فاصله خطا و مقاومت خطا، بمتغیر نوع خطا، در شبیه سازیها متفاوت هستند. تأیید مقدار امپدانس معادل در پایانه های اول و دوم نیز مورد تحلیل قرار گرفته است. سرانجام برای ارزیابی تأثیر خطاها روی تنظیم معادل پایانه دور دوم در دقت این روش، چندین شرایط خطا مورد بررسی قرار گرفتند. برای شبیه سازی در ATP، شبکه نشان داده شده در شکل ۶ مورد بررسی قرار گرفته است، با یک خط مشابه خط مخصوص 500 kv در برزیل. طول خط ۳۲۰ km است، با پارامترهای توالی زی :

$$(T_1 = 0.0256, x_1 = 0.326, c_1 = 12.38, T_0 = 0.35, x_0 = 1.322, c_0 = 8.26) \text{ (}\Omega / km, nF / km\text{)}$$

امپدانس های منبع در پایانه های L و R برابرند با :

$$Z_L^0 = 0.57 + 16.9j, Z_L^1 = 0.55 + 21.1j, Z_R^0 = 2.44 + 27.1j, Z_R^1 = 0.93 + 22.6j$$

به ترتیب، مشابه ۱۱/۱، ۱۱/۸ GVA، که مشابه مقداری خاص در سیستم برزیلی ۵۰۰ kv می باشد. در این نتایج یک سیستم بدون ادیتانس معادل، در نظر گرفته شده است، هر چند که این ماتریس باید شامل نمونه های عادی باشد. آزمایشها برای خطوط انتقال کوتاه، متوسط و بلند انجام شده اند. با نتایج دقیق مشابه، از این پس به دلیل مدل خط انتقال صحیح، فقط نتایج خطوط بلند ارائه می شوند. فازورهای ولتاژ و جریان لازم برای الگوریتم با اعمال فیلترهای دیجیتال محاسبه می شوند، که براساس تبدیل فوری گسسته است و از اطلاعات نمونه برداری شده به وسیله ATP استفاده می شود. نرخ نمونه برداری استفاده شده برابر با ۹۶۰ Hz بوده و با یک پنجره مستطیلی اطلاعات شامل ۲۰ نمونه از سیگنالها می باشند.

جدول ۱: تأثیر فاصله خطا در دقت روش

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

fault type	simulated distance (km)	calculated distance (km)	absolute error (km)	relative error (%)	calculated resistance ( $\Omega$ )
phase-to-ground	0	-0.008	-0.008	-0.003	9.999
	20	19.973	-0.027	-0.008	10.008
	100	99.869	-0.131	-0.041	10.088
	200	199.658	-0.342	-0.107	10.170
	300	300.519	0.519	0.162	10.046
	320	320.315	0.315	0.098	10.047
three-phase	0	-0.016	-0.016	-0.005	9.998
	20	19.971	-0.029	-0.009	10.003
	100	99.913	-0.087	-0.027	10.029
	200	199.830	-0.170	-0.053	10.057
	300	299.595	-0.405	-0.127	10.086
	320	319.211	-0.789	-0.246	10.173

جدول ۲: تاثیر مقاومت خطا

fault type	simulated resistance ( $\Omega$ )	calculated distance (km)	absolute error (km)	relative error (%)	calculated resistance ( $\Omega$ )
phase-to-ground	0	199.864	-0.136	-0.043	0.154
	10	199.658	-0.342	-0.107	10.170
	20	199.413	-0.587	-0.183	20.204
	30	199.166	-0.834	-0.261	30.252
	40	198.923	-1.077	-0.336	40.316
	50	198.688	-1.312	-0.410	50.394
three-phase	0	199.889	-0.111	-0.035	-0.012
	10	199.830	-0.170	-0.053	10.057
	20	199.607	-0.393	-0.123	20.082
	30	199.394	-0.606	-0.189	30.112
	40	199.192	-0.808	-0.252	40.153
	50	198.999	-1.001	-0.313	50.202

یک آنالیز وسیع انجام شده است که می توان از آن نتیجه گرفت که بررسی ارزیابی فازور در فرمول های تابع  $F(d, R_F)$ ، نشان می دهد که الگوریتم نیازی به فرضیه ساده سازی ندارد و عملاً خطاها بی تأثیر هستند. شبیه سازی های بسیار نشان می دهند که پروسه تکراری حل بهینه، به سمت نتایج خوب می رود. خطاهای کوچک نمایان شده به دلیل اشتباه پروسه فیلترینگ در ارزیابی فازور است. هر چند که در بسیاری از نمونه ها، خطاهای فاصله ی کوچک تر از یک محدوده خط مخصوص است.

**برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید.** فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

یک آنالیز کوتاه برای بررسی تأثیر اشتباه در ولتاژها و جریان‌ها به دلیل تجهیزات ترانسفورماتور ها یا بوسه فیلترینگ ، انجام شده است . این آنالیز نشان می‌دهد که یک خطای  $\pm 5\%$  در ولتاژها و  $\pm 5\%$  در جریان‌ها یک خطای ماکزیمم  $2/7\%$  در طول خط را نتیجه می‌دهد .

#### الف) تأثیر فاصله‌ی خطا :

ارزیابی تأثیر فاصله‌ی خطا در دقت الگوریتم ، با نمونه‌های سه فاز و خطاهای فاز به زمین با مقاومت خطا  $10 \Omega$  ، بررسی شده است . نتایج در جدول I نشان داده شده‌اند.

#### ب) تأثیر مقاومت خطا :

در آنالیز تأثیر مقاومت خطا ، نمونه‌هایی مشابه خطاهای فاز به زمین و سه فاز بررسی شده بودند . با فاصله‌ی خطای  $200 \text{ km}$  تا پایانه اول رنج تغییر مقاومت خطا از صفر تا  $50 \text{ اهم}$  می‌باشد . ( جدول II )



#### پ) تأثیر نوع خطا :

آنالیز تأثیر نوع خطا ، ده خطای ممکن را بررسی می‌کند ، با فاصله خطای  $200 \text{ km}$  و مقاومت خطای

$10 \Omega$

نتایج نشان داده شده در جدول III نشان می‌دهد که دقت این روش عملاً مشابه بررسی‌های انجام شده برای انواع خطاهاست .

طبقه‌بندی نوع خطا ، در رفتار الگوریتم یک نقش مهم دارد ، جدا که هر نوع خطا ، ماتریس ادمیتانس خطای خاصی نیاز دارد .

اشتباهات در طبقه بندی‌های خطا ، تحلیل شده و نتایج نشان می‌دهند که خطاها در محل یابی خطا می‌توانند بزرگ باشند . برای هر نمونه‌ی موجود در جدول III



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

۹ اشتباه ممکن در نوع خطاها بررسی شده اند، با خطاهایی در حدود ۵۰٪.

fault type	simulated distance (km)	calculated distance (km)	absolute error (km)	relative error (%)	calculated resistance ( $\Omega$ )
ABC	200	199.830	-0.170	-0.053	10.057
AG	200	199.658	-0.342	-0.107	10.170
BG	200	199.698	-0.302	-0.094	10.158
CG	200	199.662	-0.338	-0.105	10.168
AB	200	199.764	-0.236	-0.074	10.059
BC	200	199.968	-0.032	-0.010	10.043
CA	200	200.026	0.026	0.008	10.119
ABG	200	199.432	-0.568	-0.178	10.276
BCG	200	200.245	0.245	0.077	10.304
CAG	200	200.032	0.032	0.010	10.368

ت) تأثیر معادل در پایانه اول :

شبیه سازی ها خطاهای فاز به زمین و سه فاز را در فاصله ی ۲۰۰ km و با مقاومت خطای  $10 \Omega$  ، بررسی کرده اند . مقدارهای امپدانس ها در پایانه اول ، ۲۰٪ ، ۵۰٪ ، ۱۰۰٪ ، ۲۰۰٪ و ۳۰۰٪ مقدار واقعی است . نتایج در جدول IV نشان داده شده است .

fault type	equivalent in L (%)	calculated distance (km)	absolute error (km)	relative error (%)	calculated resistance ( $\Omega$ )
phase-to-ground	20	198.320	-1.680	-0.525	10.981
	50	199.287	-0.713	-0.223	10.373
	100	199.658	-0.342	-0.107	10.171
	200	199.895	-0.105	-0.033	10.065
	300	199.821	-0.179	-0.056	10.016
three-phase	20	199.258	-0.742	-0.232	10.311
	50	199.687	-0.313	-0.098	10.121
	100	199.830	-0.170	-0.053	10.057
	200	199.891	-0.109	-0.034	10.036
	300	199.907	-0.093	-0.029	10.021

و) تأثیر معادل در پایانه دوم :

با بررسی فر ضیات مشابه با آیتم قبلی ، نتایج زیر بدست آمدند .

نتایج نشان داده شده در جدول V نشان می دهد که مقدار امپدانس معادل د و م تأثیر کمی روی دقت روش دارد .

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

الگوریتم در پایانه دوم با مقدارهای امیدانس بالا مورد آزمایش قرار گرفته است ، نتایج دقیق ارائه شده ، نشان می دهند که این الگوریتم برای سیستم های محوری کاربرد دارد . می توان انتظار داشت که با یک مدل بار صحیح ، این الگوریتم روی سیستم توزیع اعمال شود . اما این هدف باید در برنامه های آتی مورد بررسی قرار گیرد .

fault type	equivalent in R (%)	calculated distance (km)	absolute error (km)	relative error (%)	calculated resistance ( $\Omega$ )
phase-to-ground	20	199.695	-0.305	-0.095	10.171
	50	199.557	-0.443	-0.138	10.157
	100	199.658	-0.342	-0.107	10.171
	200	199.746	-0.254	-0.079	10.183
	300	199.791	-0.209	-0.065	10.174
three-phase	20	199.793	-0.207	-0.065	10.052
	50	199.808	-0.192	-0.060	10.054
	100	199.830	-0.170	-0.053	10.057
	200	199.848	-0.152	-0.048	10.063
	300	199.885	-0.115	-0.036	11.308

ی) تأثیر خطاهای معادل پایانه دوم روی دقت الگوریتم :

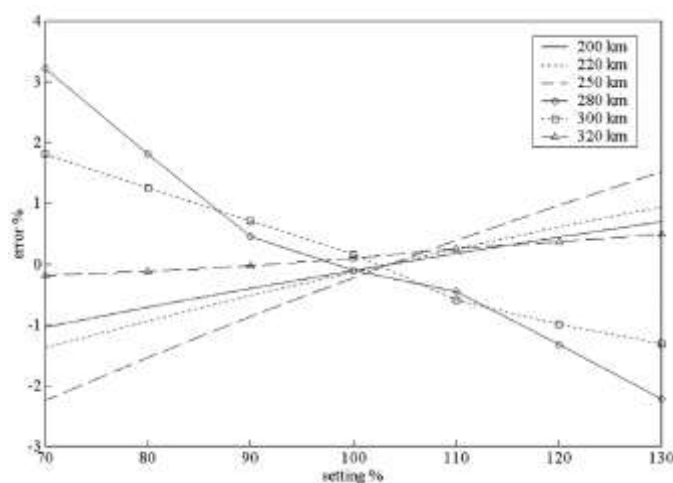
اشکال وارد به این روش ، نیاز به معادل هاست . مخصوصاً پایانه دوم که این مهم می تواند مقدارهای مورد استفاده و واقعی متفاوتی در خطای لحظه ای نشان دهد در واقع ، پایگاه داده ی جدید SCADA می تواند اطلاعات دقیق و سریعی درباره ی معادل ها در هر دو پایانه خطوط EHV تهیه کند . هر چند که برای خطوط ولتاژ پایین ، مقدارهای معادل پایانه دوم دقیق قابل دسترسی برای بررسی کردن نیستند جدول VI تأثیر یک مقدار محل خطا را روی شبکه ی معادل پایانه دوم در  $\pm 30\%$  از مقدار واقعی را نشان می دهد . همانند یک تابع محل خطا هنگامی که خطا نزدیکی به پایانه دوم اتفاق می افتد دقت الگوریتم بیشتر حساس به محل خطای معادل در پایانه دوم است . در بسیاری از نمونه ها ، مخصوصاً برای خطاهای نزدیک پایانه اول ، الگوریتم نسبت به محل معادل پایانه دوم کمتر حساس است .

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم

fault type	simulated distance (km)	remote equivalent setting (% of simulated value)		
		70%	100%	130%
phase-to-ground	0	-0.004	-0.003	-0.001
	20	-0.03	-0.008	0.011
	100	-0.246	-0.041	0.140
	200	-1.043	-0.107	0.694
	220	-1.378	-0.127	0.938
	250	-2.240	-0.222	1.522
	280	-2.218	-0.105	3.214
	300	-1.312	0.162	1.814
	320	-0.183	0.098	0.495
three-phase	0	-0.009	-0.005	-0.002
	20	-0.013	-0.009	-0.005
	100	-0.036	-0.027	-0.02
	200	-0.076	-0.053	-0.037
	220	-0.092	-0.064	-0.044
	250	-0.110	-0.072	-0.047
	280	-0.142	-0.093	-0.067
	300	-0.169	-0.127	-0.111
	320	-0.203	-0.246	-0.203

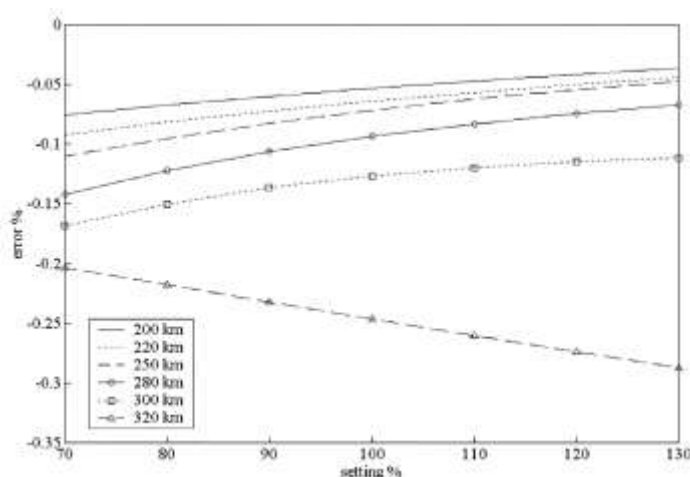
جدول VI: تاثیر خطاهای محل یابی خطا در تابع محل خطا

شکل های ۷ و ۸ منحنی هایی مشابه هستند و خطای محل یابی خطا را برای خطاهای فاز به زمین و سه فاز، همانند یک تابع محل خطای معادل پایان دوم نشان می دهند. بسیاری از نقاط این منحنی ها، مشابه اطلاعات نشان داده شده در جدول VI است



شکل ۷

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۸

جدول VII تأثیر خطاهای محای در مقدار استفاده شده در محاسبات فازورها را نشان می دهد ، مانند یک تابع مقاومت خطا برای فاصله خطای ۲۰۰km

نتایج نشان می دهند که خطاها بستگی کمی به مقدارهای مقاومت خطا دارند . برای بیشتر نمونه هایی که مورد بررسی قرار گرفتند ، عدم تطابق در محل معادل دور سبب خطای عمده ای در محاسبه ی فاصله خطا نمی شود .

تغییرات کوچک در معادل دور تأثیر کمی روی دقت روش دارد . فقط برای نمونه هایی با تغییرات بزرگ ، اثر پذیری زیاد می شود .

مجموعه ی مشابهی از نمونه های جداول V - I برای یک پیکر بندی دیگر سیستم دوباره تهیه شدند ، که به اثر امپدانس معادل بیشتر حساس است . خطاهای به دست آمده ، بدون امپدانس معادل ، حدود ۱/۵ % بوده و هم چنین ارائه مدارهای موازی موجود ، در ماتریس  $Y_b$  ، تأثیر این معادل را ضعیف می کند .

به طور کلی ، توصیه شده که برای بهبود دقت محل یابی خطا ، امپدانس معادل در فرمول سازی قرار گیرد .

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

fault type	simulated resistance ( $\Omega$ )	setting of remote equivalent (% of simulated value)		
		70%	100%	130%
		relative error (%)	relative error (%)	relative error (%)
phase-to-ground	0	-0.994	-0.043	0.772
	10	-1.043	-0.107	0.694
	20	-1.105	-0.183	0.603
	30	-1.169	-0.261	0.513
	40	-1.232	-0.336	0.425
	50	-1.293	-0.410	0.341
three-phase	0	-0.035	-0.035	-0.035
	10	-0.076	-0.053	-0.037
	20	-0.165	-0.123	-0.092
	30	-0.249	-0.189	-0.146
	40	-0.327	-0.252	-0.198
	50	-0.402	-0.313	-0.248

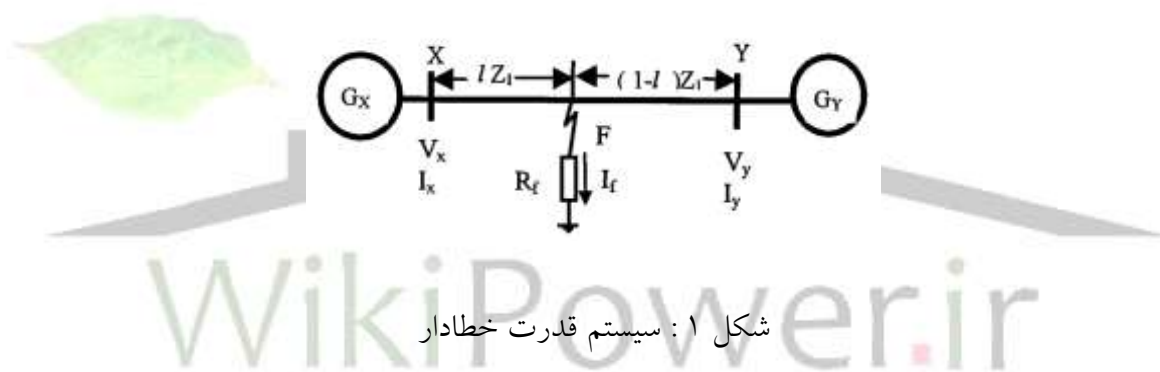


برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

## فصل هشتم

### محل یابی خطا با استفاده از راکتانس فاصله خطا در خطوط انتقال

این روش تعیین محل خطا که در MTI گسترش یافته تکنیک محاسبه فاصله خطا را بر مبنای راکتانس تخمین فاصله خطا توصیف می کند و از اطلاعات یک پایانه خط انتقال استفاده می شود. تکنیک جبران سازی به علت خطاها، با فاکتورهایی از قبیل پخش بار و مقاومت خطا انجام می گیرد. این الگوریتم تجاری بوده و با قابلیت الکتریکی مطلوبی، هم بصورت منطقه ای و هم بین المللی برای بیش از ۳ سال استفاده می شود. این روش هم چنین مقداری از نتایج میدان الکتریکی مطلوب گرفته شده که در الگوریتم تعیین خطای جدید استفاده می شود را ارائه می دهد.



### مرجع تخمین فاصله :

فرض می کنیم شکل ( ۱ ) یک خط انتقال است که دو بخش سیستم قدرت را که با X و Y نمایش داده شده را با منبع های معادل در این بخش ها به هم وصل می کند

باس X، باس اولیه است که ثابت ها را به هم وصل می کند و بای Y باس دورتر یا دوم است.  $V_x$  و  $I_x$  ولتاژ و جریان اندازه گیری شده با نگارنده در باس X تعیین می شوند و جریان  $I_y$  از باس Y تغذیه می شود و  $V_y$  به ولتاژ باس Y وابسته است

در طول یک خطا، ولتاژ در باس X به صورت زیر بیان می شود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

$$V_x = l Z_1 I_x + V_f \quad (1)$$

L	فاصله تا خطا از باس X
Z <sub>1</sub>	امپدانس توالی مثبت خط
I <sub>x</sub>	جریان در باس X در هنگام خطا
V <sub>f</sub>	ولتاژ خطا با در نظر گرفتن مقاومت خطا

معادله ( ۱ ) می تواند دوباره بازنویسی شود مانند :

$$V_x = l Z_1 I_x + R_f I_f \quad (2)$$

که R<sub>f</sub> مقاومت خطاست و I<sub>f</sub> جمع جریان های خطاست .

معادله ( ۲ ) می تواند با فرم زیر بازنویسی شود .

$$l = \frac{I_m \left\{ \frac{I_x}{I_x} \right\} - I_m \left\{ \frac{R_f I_f}{I_x} \right\}}{I_m \{Z_1\}} \quad (3)$$

نشانه I<sub>m</sub> مؤلفه موهومی را بیان می کند . اگر اختلاف فاز بین I<sub>x</sub> و I<sub>f</sub> کم باشد سپس

$$l = \frac{I_m \left\{ \frac{V_x}{I_x} \right\}}{I_m \{Z_1\}} = \frac{I_m \{Z_x\}}{I_m \{Z_1\}} \quad (4)$$

Z<sub>x</sub> امپدانس از پایانه اولیه به نقطه ی خطا است .

تکنیک های تخمین فاصله خطا بر مبنای معادله ( ۴ ) الگوریتم های راکتانی را می شناساند . در بیشتر

موقعیت ها تفاوت فاز بین I<sub>x</sub> و I<sub>f</sub> قابل ارزیابی است ، بنابراین ، تخمین محل خطا با خطاهایی همراه خواهد بود .

فاکتورهای موثر در تعیین محل خطاها در این روش عبارتند از:

پخش بار قبل از خطا ، تغذیه از پایانه دوم ، مقاومت خطا ، جریان در فازهای غیر خطا دار و...

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

با پیشرفت دقت روش های برمبنای راکتانس چندین بخش در درون یک بخش جدید با هم ترکیب می شوند.

### توسعه سیستم :

یک سیستم محل یابی خطای جدید که برمبنای تکنیک محاسبه راکتانس و استفاده از اطلاعات فقط یک پایانه خط انتقال توسعه یافته است. ترکیب سیستم های بسیار زیاد، به پیشرفت کارایی سیستم کمک می کند.

سیستم جدید بخش های زیر را در بردارد :

تخمین فاز و استفاده ی کم ترین مجذور خطای نزدیک

شناسایی تغذیه خطا

طبقه بندی خطا، روش ترکیب طرح اتوماتیکی مناسب با طبقه بندی همه خطاهای شنت ممکن است

روی یک خط انتقال قدرت الکتریکی اتفاق بیفتد

روش تخمین فاصله خطای استفاده شده در راکتانس نزدیک

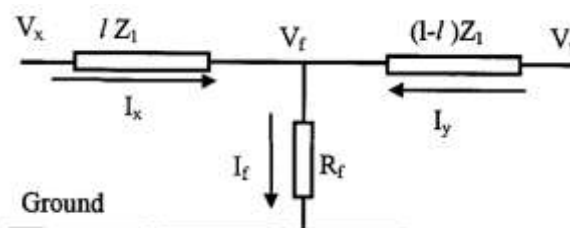
نتایج اتوماتیکی در داخل محل های متفاوت سیستم قدرت بدون استفاده از شرایط اولیه.

### تخمین فاصله :

روش تخمین فاصله برای سیستم جدید فاز - زمین گسترش یافته و مبنای آن روی روش راکتانس محل

خطاست. برای هر نوع خطا یک معادله می توان نتیجه گرفت مانند زیر:

الف) خطای تک فاز به زمین :



دیگرام توالی برای خطای تک فاز به زمین در قسمت F سیستم قدرت شکل (۱) نشان داده شده است.

در قسمت اولیه جریان به صورت زیر اندازه گیری می شود.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم

$$I_x = I_{0x} + I_{1x} + I_{2x} \quad (5)$$

و ولتاژ به صورت

$$V_x = l (I_{0x} Z_0 + I_{1x} Z_1 + I_{2x} Z_1) + I_f R_f. \quad (6)$$

با توسعه دادن، دوباره نویسی و نگه داشتن فقط ترم موهومی معادله (۶) فاصله خطای L می تواند بیان شود مانند

$$l = \frac{I_m \left\{ V_x * (I_{1x}^m)^* * e^{-j\delta} \right\}}{I_m \left\{ Z_1 * I_x^l * (I_{1x}^m)^* * e^{-j\delta} \right\}} \quad (7)$$

که:

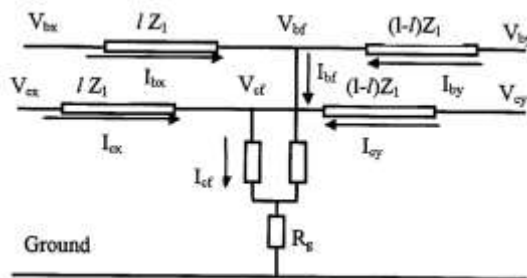
$V_x$  و  $I_x^L$  ولتاژ و جریان فاز خطا دار

$I_{tx}$  تفاوت بین جریان خطا و جریان توالی مثبت قبل از خطا

$\delta$  زاویه فاکتور توزیع جریان

معادله (۷) هم چنین برای  $b-g$  و  $c-g$  و خطاهای سه فاز معتبر است.

ب) خطای دو فاز به زمین:



دیاگرام مدار برای خطای  $B-c-g$  (شکل ۳)

برای خطای دو فاز به زمین مانند  $b-c-g$  در نقطه F شکل (۱)، دیاگرام توالی در شکل (۳)

نشان داده شده است. از شکل (۳) معادله های زیر می توانند نوشته شوند.

$$V_{bx} = I_{bx} * (l Z_1) + V_{bf} \quad (8)$$

$$V_{bx} = I_{bx} * (l Z_1) + V_{bf} \quad (9)$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

با تفریق معادله ۸ از معادله ۹ و بازنویسی و نگه داشتن ترم موهومی، فاصله خطا به صورت زیر بیان می شود.

$$l = \frac{I_m \left\{ (V_{bx} - V_{cx}) (I_{1x}'' - I_{2x}'')^* (a^2 - a)^* e^{-j\delta} \right\}}{I_m \left\{ Z_1 (I_{bx} - I_{cx}) (I_{1x}'' - I_{2x}'')^* (a^2 - a)^* e^{-j\delta} \right\}} \quad (10)$$

$I_{px}''$ ، تفاوت بین جریان خطا و جریان های توالی منفی قبل از خطاست روی فاز خطا دار معادله (۱۰) برای همه ی خطاهای دو فاز یا بیشتر خط انتقال صحیح است.

### توصیف نرم افزار:

ابزار نرم افزار سیستم در آغاز در Dos نوشته شده اما اخیراً به کار برای ۳۲ بیت ویندوز تبدیل شده و سیستم عمل می کند.

این بخش Dos و ورژن های نرم افزار ویندوز را توصیف می کند.

توصیف ورژن Dos نرم افزار:

نرم افزار Dos شامل بخش های زیر است.

- ۱) بخش کاربری inter - face
- ۲) بخش شناسایی تغذیه خطا
- ۳) بخش طبقه بندی نوع خطا
- ۴) بخش تخمین فاصله
- ۵) نرم افزار ارتباط اطلاعات شامل شرایط اولیه اتوماتیکی
- ۶) بخش faxing

ورژن Dos سیستم، می تواند در دو مدل عمل کند:

۱) مدل دستی

۲) مدل اتوماتیک

## برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در روش دستی از اثر متقابل با سیستم استفاده می شود و اطلاعات درون سیستم مشخص می شوند. فقط بخش های ۱ تا ۵ نرم افزار احتیاج به این نوع عملکرد دارند. این نوع عملکرد می تواند در هر دو ایستگاه ثبات یا در موقعیت دارای تسلطی در یک کامپیوتر محلی انجام داد. روش اتوماتیکی می تواند هم چنین هر دو موقعیت ثبات در یک کامپیوتر محلی یا در یک موقعیت بالا تر را انجام دهد.

عملکرد این مدل اصلاً نیازی به دخالت کردن ندارد و به همه قسمت های نرم افزار لیست شده در بالا نیاز دارد.

پیکر بندی این نرم افزار ارتباطی با نمونه گیری از نگارنده ها برای نگارش های جدید است یک بار یک نگارنده اطلاعات فرستاده شده اتوماتیکی را با کامپیوتر محلی یا منبع اصلی دورتری که نرم افزار محل یابی خطا روی آن ثبت شده است می گیرد به محض وصول اطلاعات جدید نرم افزار محل یابی خطا به طور اتوماتیکی نصب می شود و نتایج را به محل های تعریف شده فاکس می کند.

توصیف ورژن ویندوز نرم افزار :

در ورژن ویندوز این نرم افزار ۲۲ بیت بکار برده شده و کم و بیش ویندوز ۹۵ بیتی را راه اندازی می کند. این ورژن نرم افزار شامل انتخاب های شبیه سازی با ورژن Dos است به استثنای ارائه طرح اتوماتیکی که به این صورت عمل نمی کند.

این برنامه ها و هم چنین ورژن های اتوماتیکی سیستم مدیریت های زیادی دارند.

## آزمایش میدان یا سیستم جدید :

این سیستم تجاری موفقیت آمیزی بوده و با هر دو الکتریسیته اولیه محلی و بین المللی برای سه سال استفاده می شود. این بخش الگوریتم مقدار میدانی را ارائه می کند که نتایج گزارشات آن زیاد بوده است.

مورد اول :

این سیستم محل یاب خطا ( SPS ) نام دارد. در زیر مشخصه های خطا آمده است

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

مایل  $104/7 =$  طول خطا .

مایل  $67 =$  گزارش فاصله خطا .

$B.g =$  گزارش نوع خطا .

سیستم محل یابی خطا نتایج را نشان می دهد و همچنین به خطا روی انتقال مزاحم اشاره می کند .

تکنیک محل یابی خطای اتوماتیکی خطای خط را از چندین خط انتقال متصل به آن پایانه معین می کند .

نوع خطایی که از سیستم به دست می آید خطای فاز B به زمین است ، که آن همان اطلاعات تهیه شده

با SPS است .

محل خطای سیستم در  $67/28$  مایل از پایانه واقع شده ، با ماگزیمم و مینیمم واقع شده در  $67/36$  مایل و

$66/33$  مایل . آزمایش ها نشان می دهد که خطای واقعی همواره بین ماگزیمم و مینیمم فاصله خطای

محاسبه شده واقع می شوند . خطا در تخمین فاصله خطا با توجه به گزارش ات  $0/27\%$  است . این

گزارشات شامل ماگزیمم جریان مؤثر در طول خطا و ولتاژ هر فاز نشان داده شده در خط انتقال خطا دار ،

هم چنین امپدانس روی خط خطا دار تا محل خطا ، زاویه خط گزارش شده با سیستم محل یابی خطا است

زمان تخمین خطا در سیستم ،  $97/76$  میلی ثانیه است .

نوع دوم :

در زیر شاخص های خطا آمده است .

مایل  $29/4 =$  طول خط

مایل  $5/5 =$  فاصله خطای گزارش شده

$A-g =$  نوع خطای گزارش شده

نتایج به دست آمده با سیستم محل یابی خطا داده می شوند . خطا در تخمین فاصله خطا  $0/58\%$  است .

نوع سوم :

شاخص های خطا در زیر آمده است .

مایل  $161/6 =$  طول خط

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

مایل  $40 =$  فاصله خطای گزارش شده

$B - g =$  نوع خطای گزارش شده

سیستم محل یابی خطای تعیین شده نتایج را نشان می دهد خطا در تخمین فاصله خطا  $0.4\%$  است.

نوع چهارم :

شاخص های خطا در زیر آمده است .

مایل  $7/8 =$  طول خط

مایل  $14/2 =$  فاصله خطای گزارش شده

$C - g =$  نوع خطای گزارش شده

سیستم محل یابی خطای تعیین شده نتایج را نشان می دهد . خطا در تخمین فاصله خطا  $0\%$  است .

نوع پنجم :

شاخص های خطا در زیر آمده است .

کیلو مایل  $46 =$  طول خط

کیلو مایل  $17/5 =$  فاصله خطای گزارش شده

سه فاز  $=$  نوع خطای گزارش شده

گزارش گرفته شده با سیستم محل یابی خطا نتایج را نشان می دهد خطا در تخمین فاصله خطا در حدود

$0.15\%$  است .

نوع ششم :

شاخص های خطا در زیر آمده است .

کیلو مایل  $88/9 =$  طول خط

در حدود  $22$  کیلومتر  $=$  فاصله خطای گزارش شده

$A - g =$  نوع خطای گزارش شده

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

خلاصه گزارش گرفته شده با سیستم محل یابی خطا نتایج را نشان می دهد خطا در تخمین فاصله خطا در حدود ۰/۳۲٪ است .

نوع هفتم :

شاخص های خطا در زیر آمده است .

کیلومایل ۸۸/۹ = طول خط

در حدود ۲۴/۲۷ کیلومتر = فاصله خطای گزارش شده

نوع خطای گزارش شده =  $A - B - C$

خلاصه گزارش گرفته شده با سیستم محل یابی خطا نتایج را نشان می دهد خطا در تخمین فاصله خطا در حدود ۰/۲۴٪ است .



نوع هشتم :

شاخص های خطا در زیر آمده است .

کیلومایل ۸۸/۹ = طول خط

در حدود ۶۷/۴۳ کیلومتر = فاصله خطای گزارش شده

نوع خطای گزارش شده =  $C - g$

خلاصه گزارش گرفته شده با سیستم محل یابی خطا نتایج را نشان می دهد خطا در تخمین فاصله خطا در حدود ۱/۴٪ است .

نوع نهم :

شاخص های خطا در زیر آمده است .

کیلومایل ۸۸/۹ = طول خط

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

در حدود ۱۲ کیلومتر = فاصله خطای گزارش شده

$C - g$  = نوع خطای گزارش شده

گزارش گرفته شده با سیستم محل یابی خطا نتایج محل خطا را نشان می دهد خطا در تخمین فاصله خطا در حدود ۰/۲۱٪ است .

نوع دهم :

شاخص های خطا در زیر آمده است .

کیلومایل ۱۷۵/۷ = طول خط

در حدود ۵۹ کیلومتر = فاصله خطای گزارش شده

$C - g$  = نوع خطای گزارش شده

خلاصه گزارش گرفته شده با سیستم محل یابی خطا نتایج محل خطا را نشان می دهد خطا در تخمین فاصله خطا در حدود ۰/۰۶٪ است .

جمع بندی و نتیجه گیری :

در این پروژه الگوریتم های محل یابی خطای مختلفی برای انواع گوناگون خطا در خطوط انتقال ارائه شد. یکی از عوامل مهمی که به سیستم قدرت ما ضربه ی شدید وارد می کند همین خطاها هستند بنابراین تعیین محل خطا و رفع سریع آن به عملکرد مناسب شبکه و جلوگیری از صدمه دیدن آن کمک بسیار زیادی می کند.

در تمام الگوریتم های ارائه شده در این پروژه فقط از اطلاعات یک پایانه خط انتقال برای محل یابی خطا استفاده شده است که از لحاظ عملی هم قابل انجام است.

به هر حال در این پروژه تلاش شده است که تمام خطاهایی را که ممکن است در خطوط انتقال اتفاق بیفتد تحت پوشش قراردهیم و روش های رفع سریع آنها رانیز ارائه کنیم.

الگوریتم های محل یابی خطا دوتنوع هستند یکی فقط از اطلاعات سمت ابتدایی خط استفاده می کند و دیگری از اطلاعات هر دو طرف خط بهره می گیرد. البته حالت اول نسبت به حالت دوم اقتصادی تر

**برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید.** فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

است زیرا از ابزارهای ارتباطی استفاده نمی کنند در عمل اطلاعات ترمینال نهایی بطور کامل در دست

نیست و همین امر یک محرک بزرگ برای گسترش الگوریتم های محل یابی خطا شده است





برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

منابع :

- [1] Thompson Adu: "A New Transmission Line Fault Location System", IEEE Trans power DELIVERY, vol .16, No. 4, pp. 498-503, October 2001
- [2] Q.Zhang, Y.Zhang, W.Song and Y.Yu: "Transmission Line Fault Location for phase- to-earth fault using one terminal data", IEE Proc. Gener.Transm. Distrib., vol.146.No.2, pp.121-124, March 1999
- [3] Carlos Eduardo de Morais Pereira and Luiz Cera Zanetta, "Fault Location in Transmission LINES Using One-Terminal Postfault Voltage Data", IEEE Trans.Power Syst., vol.16, pp.570-574 ,December 2004
- [4] Y.Liao, S. Elangovan, "Digital distance relaying algorithm for first-zone protection for parallel transmission lines", IEE Proc. Gener. Transm. Distrib., vol.145.No.5 ,September 1998  
pp. 531-536
- [5] J.Izykowski, E.Rosolowski and M.Mohan Saha, "Locating fault in parallel transmissin lines under availability of complete measurements at one end", IEE proc. Gener. Transm. Distrib., vol.151,No.2, March 2004 ,pp. 268-27
- [6] Zhang Qingchao ,Song Wennan and Yu Yixin, "An accurate algorithm for fault distance estimation of two-parallel transmission line based on one-terminal sampling", IEEE Computer Applications in power, Feb 2002, pp. 820-823
- [7] Yong-Jin Ahn, Myeon-Song Choi, Sang-Hee Kang and Seung-Jae Lee, "An accurate Fault location algorithm for double-circuit transmission system", IEEE Trans. Power Delivery, vol.13, pp.1344-1350, oct 2000
- [8] Sang-Hee Kang, Seung-Jae Lee, Young-Jin Kwon and Yong-Cheol Kang, "A fault location algorithm for parallel transmisson line with a teed circuit", IEEE Trans.on PWRD, vol.10, pp. 921-926, November 2001