



راهنمای آنلاین وبکو

# GROUNDING FACTOR IN DISTANCE

|                  |             |
|------------------|-------------|
| tester           | دسته        |
| AMT Distance روم | بخش         |
| فارسی            | زبان        |
| 2026-10-23       | تاریخ تولید |

رله های نیومریک حفاظت دیستانس از الگوریتمهای مختلفی با استفاده از جریان و ولتاژ اندازه گیری شده برای محاسبه امپدانس خط استفاده میکنند. امپدانسهای محاسبه شده تحت شرایط خاصی (خطاهای تک فاز به زمین) با هم متفاوت هستند. به طور کلی سه روش برای محاسبه امپدانس در خطاهای فاز به زمین رایج هستند (Type A, Type B, C Type). در اینجا یک خطای فاز به زمین (فاز E1-L) به سه رله با الگوریتمهای مختلف اعمال شده است. ولتاژ و جریان اندازه گیری شده توسط رله ها به صورت نشان داده شده هستند.

$$V_{L1E} = 20v.e^{j0}$$

$$I_{L1} = I_E = 2A.e^{-j30}$$

تصویر 1

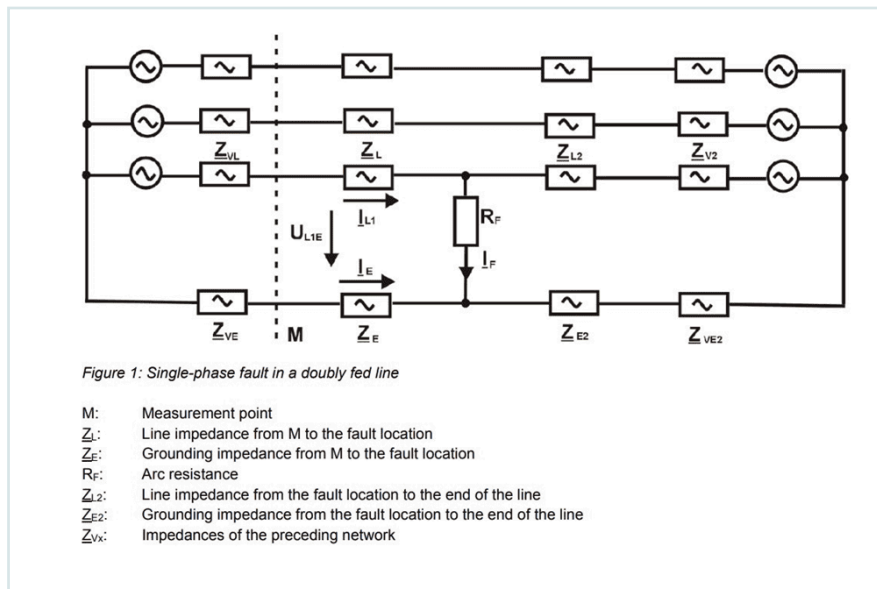
امپدانسهای خط محاسبه شده توسط رله های دیستانس به صورت نشان داده شده است: مقادیر مختلف امپدانس اندازه گیری شده به دلیل ضریب زمینهای متفاوت مورد استفاده در رله های دیستانس است. در ادامه به معرفی این سه متد پرداخته میشود. همانطور که میدانید رله دیستانس با محاسبه امپدانس، محل وقوع خطا را مشخص میکند. شکل نشان داده شده مدار معادل یک خط دو سو تغذیه را نمایش میدهد که در فاز 1L آن یک خطای تکفاز به زمین رخ داده است.

$$TypeA : X = 4.4\Omega; R = 7.0\Omega$$

$$TypeB : X = 4.2\Omega; R = 6.2\Omega$$

$$TypeC : X = 4.2\Omega; R = 8.2\Omega$$

تصویر 2



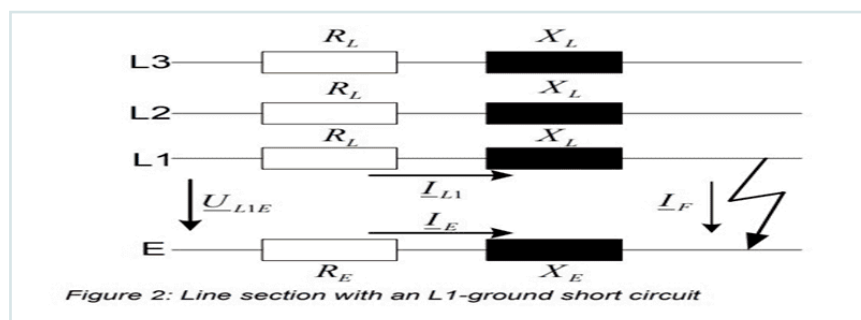
تصویر 3

در این مدار، رله در نقطه M ولتاژ و جریان را اندازه گیری کرده و بر طبق قانون کیرشهف، امپدانس را حساب میکند: در معادله نوشته شده مقدار  $I_F R_F$  به دلیل آرک ناشی از اتصال کوتاه نامشخص میباشد. بنابراین با در نظر گرفتن یک سری فرضیات جهت ساده سازی این معادله، در رله مقدار ولتاژ در نقطه M محاسبه میشود. در معادلات گفته شده  $R_F$  صفر در نظر گرفته شده و  $Z_E$  هم با استفاده از ضریب زمین بدست می آید.

$$V_{LE1} = I_{LE} \cdot Z_{L1} - I_E Z_E + R_F I_F.$$

تصویر 4

ضریب زمین (K) در خطاهای فاز به زمین استفاده شده و مربوط به پارامترهای خط است که به صورت نسبت امپدانس زمین به امپدانس خط تعریف میشود. در شکل نشان داده شده مدار معادل یک خطی فاز به زمین با فرض مقدار  $R_F=0$  کشیده شده که در آن امپدانس  $Z_S$  به دو بخش امپدانس خط،  $Z_L$  و امپدانس زمین،  $Z_E$  تقسیم شده است. با در نظر گرفتن این فرضیات معادلات نشان داده شده را داریم :



تصویر 5

$$\begin{aligned} Z_S &= Z_L + Z_E \\ Z_L &= R_L + jX_L \\ Z_E &= R_E + jX_E \\ Z_{SE} &= \frac{Z_{0S} - Z_{1S}}{3} \end{aligned}$$

تصویر 6

در روابط نمایش داده شده S0Z & S1Z ، امپدانس توالی مثبت و توالی منفی منبع هستند . به طور کلی به سه روش میتوان ضریب زمین (K) را بیان کرد که به یکدیگر نیز قابل تبدیل هستند. روش اول به صورت نسبت امپدانس زمین به امپدانس خط است که یک عدد مختلط است. روش دوم به صورت تقسیم امپدانس توالی صفر به امپدانس توالی مثبت است.

$$\begin{aligned} K_L &= \frac{Z_E}{Z_L} \\ K_0 &= \frac{Z_0}{Z_1} \end{aligned}$$

تصویر 7

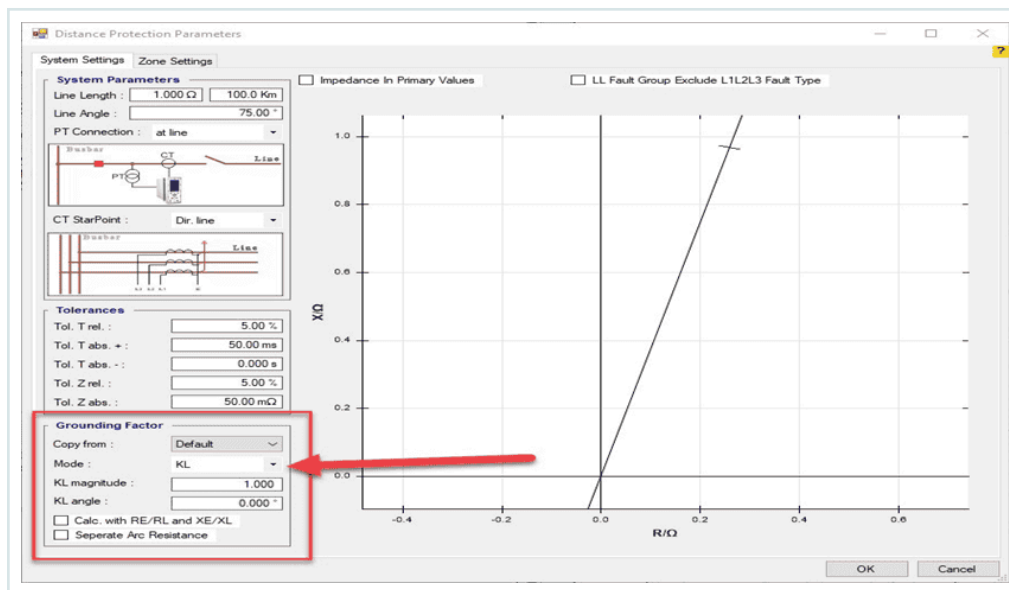
روش سوم هم نمایش ضریب زمین به صورت یک جفت عدد حقیقی است. بر طبق اینکه کدام یک از اطلاعات در مورد ضریب زمین در دسترس است میتوان آن را به صورت مستقل، طبق معادلات در نرم افزار وبکو در پنجره Object Test، بلوک دیستانس، بخش Factor Grounding وارد کرد. بخش Factor Grounding در پنجره Parameters Protection

Distance امکان وارد کردن ضریب زمین و الگوریتم مورد استفاده توسط رله را فراهم می کند. با منوی کشویی Mode نحوه وارد کردن ضریب ( $K_{KL}$ ،  $0K$  یا  $RL/RE$ ) بدون تأثیر بر الگوریتم رله انجام میشود.

$$K_r = \frac{R_E}{R_L}$$

$$K_x = \frac{X_E}{X_L}$$

تصویر 8



تصویر 9

همانطور که گفته شد روابطی برای تبدیل انواع ضریب زمین به یکدیگر وجود دارد. رابطه  $K_L$  با سایر فاکتورهای مرتبط با ضریب زمین به صورت نشان داده شده است: • الگوریتم حفاظت رله دیستانس تایپ A از نوع 'KL Complex': رله دیستانس با الگوریتم نوع A برای محاسبه امپدانس در خطای فاز به زمین، از ضریب  $K_L$ ، به صورت نشان داده شده استفاده می کند:

$$K_L = \frac{K_0 - 1}{3}$$

$$K_L = \frac{K_r}{1 + j \frac{R_L}{X_L}} + \frac{K_x}{1 - j \frac{X_L}{R_L}}$$

تصویر 10

$$V_{L1E} = I_{L1E} \cdot Z_{L1} - I_E \cdot Z_E$$

$$Z_E = K_L \cdot Z_L$$

$$\Rightarrow V_{L1E} = I_{L1E} \cdot Z_{L1} - K_L \cdot Z_L$$

تصویر 11

در رابطه ی نشان داده شده با در نظر گرفتن اینکه جریان فاز اول با جریان عبوری از زمین و جریان خطا برابر است (-) و همچنین  $V$  ولتاژی است که رله در هنگام خطا اندازه گیری کرده، امپدانس اندازه گیری شده توسط رله به صورت نشان داده شده محاسبه میشود: الگوریتم حفاظت رله دیستانس تایپ B از نوع "XL/XE,RL/RE": رله دیستانس با الگوریتم نوع B برای محاسبه امپدانس در خطای فاز به زمین، از ضریب زمین مختلط  $K_r$  و  $K_x$  به صورت نشان داده شده استفاده میکند:

$$Z_{TypeA} = R_{TypeA} + jX_{TypeA} = \frac{V}{1 + K_L}$$

تصویر 12

$$V_{L1E} = I_{L1E} \cdot (R_L + jX_L) - I_E \cdot (R_E + jX_E)$$

$$R_E = K_r \cdot R_L$$

$$X_E = K_x \cdot X_L$$

$$V_{L1E} = I_{L1E} \cdot (R_L + jX_L) - I_E \cdot (K_r \cdot R_L + jK_x \cdot X_L)$$

تصویر 13

در رابطه ی نشان داده شده با در نظر گرفتن اینکه جریان فاز اول با جریان عبوری از زمین و جریان خط برابر است (  $1IL=IIF=IE=V$  ولتاژی است که رله در هنگام خطا اندازه گیری کرده، امپدانس اندازه گیری شده توسط رله به صورت نشان داده شده محاسبه میشود:

$$X_{TypeB} = \frac{\text{Im} \left\{ \frac{V}{I} \right\}}{1 + K_x}$$

$$R_{TypeB} = \frac{\text{Re} \left\{ \frac{V}{I} \right\}}{1 + K_r}$$

$$|Z| = \sqrt{R^2 + X^2} \quad \varphi = \tan\left(\frac{X}{R}\right)$$

تصویر 14

• الگوریتم حفاظت رله دیستانس تایپ "C" separated arc: رله های دیستانس نوع C برای محاسبه قسمت موهومی امپدانس خط یا X از الگوریتم مشابه رله های نوع B استفاده میکنند در حالی که محاسبه قسمت حقیقی امپدانس خط یا R متفاوت هستند. این الگوریتم مقاومت قوس (آرک RF) را با فرض جریان IF برابر با جریان خط یا در نظر میگیرد. ایده اصلی در این الگوریتم کنار هم قرار دادن مقاومت قوس و مقاومت خط است. به عبارت دیگر، قسمت حقیقی امپدانس زمین از قسمت حقیقی امپدانس خطای فاز به زمین ( حلقه زمین-خطا) کم می شود. سپس مقدار مقاومت زمین را می توان از مقدار محاسبه شده XL به عنوان تابعی از ضریب Kr و زاویه خط تعیین کرد.

$$X_{TypeC} = \frac{\text{Im} \left\{ \frac{V}{I} \right\}}{1 + K_x}$$

$$R_{TypeC} = \text{Re} \left\{ \frac{V}{I} \right\} - X_{TypeC} \cdot \arctan(\varphi_L) \cdot K_r$$

تصویر 15

|        | $X_{\text{meas}} =$                                                                  | $R_{\text{meas}} =$                                                                                 |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Type A | $\text{Im} \left\{ \frac{\underline{U}/\underline{I}}{1 + \underline{K}_L} \right\}$ | $\text{Re} \left\{ \frac{\underline{U}/\underline{I}}{1 + \underline{K}_L} \right\}$                |
| Type B | $\frac{\text{Im} \{ \underline{U}/\underline{I} \}}{1 + K_x}$                        | $\frac{\text{Re} \{ \underline{U}/\underline{I} \}}{1 + K_r}$                                       |
| Type C | $\frac{\text{Im} \{ \underline{U}/\underline{I} \}}{1 + K_x}$                        | $\text{Re} \{ \underline{U}/\underline{I} \} - X_{\text{TypeC}} \cdot \arctan(\varphi_L) \cdot K_r$ |

تصویر 16

تفسیر نتایج برای الگوریتمهای مختلف: ساده سازی (  $IE = -IF = 1IL$  ) امکان مقایسه نتایج به دست آمده را فراهم میکند. جدول نشان داده شده امپدانس خط محاسبه شده توسط الگوریتمهای مختلف حفاظت دیستانس را نشان میدهد

جدول نمایش داده شده نتیجه کلیدی تحلیل را نشان میدهد. امپدانس ( $Z_{\text{meas}} = R_{\text{meas}} + j x_{\text{meas}}$ ) اندازه گیری شده توسط رله دیستانس شامل امپدانس خط ،  $Z_L$  و بخشی از قوس است. مقدار مقاومت قوس RF اضافه شده به امپدانس خط به الگوریتم حفاظت دیستانس بستگی دارد .

|        | $X_{\text{meas}} =$                                 | $R_{\text{meas}} =$                                 |
|--------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Type A | $X_L + \text{Im} \{ R_F / (1 + \underline{K}_L) \}$ | $R_L + \text{Re} \{ R_F / (1 + \underline{K}_L) \}$ |
| Type B | $X_L$                                               | $R_L + R_F / (1 + K_r)$                             |
| Type C | $X_L$                                               | $R_L + R_F$                                         |

تصویر 17

همانطور که در جدول نمایش داده شده میبینید در رله های نوع A ، ضریب زمین یا KL به صورت مختلط در قسمت حقیقی و موهومی امپدانس تاثیرگذار است. در این حالت اثر قوس ناشی از اتصال کوتاه یک پدیده سلفی و مقاومتی در نظر گرفته شده است که به صورت مختلط است. در الگوریتم نوع B، رله ها مقاومت قوس (RF) را با ضریب قسمت حقیقی  $(1+K_{r1})$  کاهش میدهند. در الگوریتم نوع C، رله های امپدانس را بدون ضریب جبران کننده برای مقاومت قوس (RF) اندازه گیری میکنند. رله های دیستانس از نوع C,B,A در تعریف امپدانس اندازه گیری شده متفاوت هستند. در نتیجه:

مقیاس بندی در صفحه امپدانس تغییر میکند و دیگر به تنهایی بر حسب  $X, R$  نخواهد بود. در شکلهای نشان داده

شده کمیت گذاری محورهای مربوطه نشان داده شده است.

امپدانسهایی اندازه گیری شده توسط رله های مختلف در یک صفحه امپدانس قابل مقایسه نیستند.

همه الگوریتمهای حفاظت دیستانس نتایج یکسانی (RL و XL) در زاویه خط یا  $(RF = 0)$  ارائه می دهند.

در خارج از زاویه خط، بسته به موقعیت خط در صفحه امپدانس، مقاومت قوس به امپدانس خط اضافه میشود.

همه الگوریتمهای حفاظت دیستانس به درستی کار میکنند. با این حال، در هنگام وارد کردن زونها و تست رله باید ضریب زمین در حالتها مختلف در نظر گرفته شود.

• در نظر گرفتن ضریب زمین در هنگام تست در نرم افزار شرکت وبکو شامل نسخه های Test و Stable تمامی الگوریتمهای حفاظت دیستانس ذکر شده پیاده سازی شدهاند.

همانطور که گفته شد بر طبق اینکه کدام یک از اطلاعات در مورد ضریب زمین در دسترس است می توان آن را به صورت مستقل طبق معادلات در نرم افزار وبکو در پنجره Object Test، بلوک دیستانس، بخش Factor Grounding وارد کرد. همینطور می توان یکی از الگوریتمهای ذکر شده برای محاسبه جریان و ولتاژ را انتخاب کرد. باید به این نکته توجه کرد که نرم افزار تست و رله باید از یک الگوریتم یکسان در هنگام تست استفاده کنند، در غیر اینصورت این کار منجر به نتایج نادرست تست میشود.

نحوه انتخاب الگوریتم حفاظت دیستانس با انتخاب چک باکس ها مطابق با شکل نشان داده شده انتخاب میشود.

| Type                           | Setting                                                                                                            |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Type A<br>"complex <u>KL</u> " | <input type="checkbox"/> Calc. with RE/RL and XE/XL<br><input type="checkbox"/> Separate arc resistance            |
| Type B<br>"RE/RL, XE/XL"       | <input checked="" type="checkbox"/> Calc. with RE/RL and XE/XL<br><input type="checkbox"/> Separate arc resistance |
| Type C<br>"arc separated"      | <input type="checkbox"/> Calc. with RE/RL and XE/XL<br><input checked="" type="checkbox"/> Separate arc resistance |

تصویر 18

برای الگوریتمهای استفاده شده توسط رله های حفاظت دیستانس باید به منوال ها و مستندات مربوطه مراجعه کرد. از آنجایی که الگوریتمها همیشه منتشر نمی شوند، برخی از نمونه های رایج در جدول نمایش داده شده فهرست شده اند:

| Type                                  | Relay                                                                                                                                         |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Type A<br>"complex $\underline{KL}$ " | REL 316,<br>Relay with MHO<br>characteristic                                                                                                  |
| Type B<br>"RE/RL, XE/XL"              | 7SA5**, 7SA6**                                                                                                                                |
| Type C<br>"arc separated"             | SEL321, SEL421,<br>REL4**, Rel5**,<br>LFZR, EPAC, MICOM<br>(Valid for polygonal zones<br>only! For MHO<br>characteristics applies<br>type A!) |

تصویر 19

Grounding Factor in Distance[jg1]