

特殊工况下基于三角形计算的高精度输电线路 单端测距方法

冯 畅¹, 李 峰¹, 宋 爽², 陆 帅¹, 王 可¹

(1. 南京磐能电力科技股份有限公司, 江苏 南京 210031;

2. 国网江苏省电力公司电力科学研究院, 江苏 南京 211103)

摘要: 准确的故障测距是输电线路故障后快速恢复供电的重要前提。一般来说, 线路上发生单相接地故障时, 因过渡电阻的影响, 导致计算阻抗无法正确反映保护安装处至故障点的线路阻抗值, 必须借助双端测距才能获得精确测距值。文中在分析附加阻抗来源的基础上, 提出在特殊的工况下, 双端测距失效, 基于三角形计算的单端测距可精确测距, 并且此方法可以推广至架空线、地缆混合参数的输电线路故障。经过仿真数据以及现场数据验证, 该方法具有较高的精度。

关键词: 单端测距; 双端测距; 阻抗计算; 混合参数输电线路; T接线

中图分类号: TM772

文献标志码: A

文章编号: 2096-3203(2017)02-0110-06

0 引言

输电线路的故障测距是一个横亘在继电保护工程师面前的经典问题^[1,2], 精确的故障测距对于缩减巡线时间, 快速恢复供电具有极其重要的意义^[3-5]。国内 110 kV 及其以上的输电线路多安装有含距离保护功能的保护装置, 依托于距离保护阻抗计算功能的单端故障测距功能可以在保护动作后迅速地给出测距结果, 给现场工作人员以较直观的故障位置提示, 因此广受现场的欢迎。但是这种基于单端阻抗计算的测距方法也具有较强的局限性, 对于线路上发生的多相故障, 因相间阻抗一般是弧光电阻, 其值较小^[6,7], 一般来说精度还算理想; 但是对于线路上发生单相经过渡电阻接地的故障, 因过渡电阻阻值不确定^[8], 并且对于双端供电线路, 由于对侧电源的助增作用, 往往导致计算阻抗无法正确反映保护安装处至故障点的线路阻抗值^[9], 从而无法给出有参考价值的测距结果。

文章在分析基于单端阻抗法测距的原理基础上, 提出在某些特殊的工况下, 单端阻抗法也可以精确地给出测距值。进而将这种方法推广至架空线、地缆混合参数的输电线路故障。经过仿真数据以及现场数据验证, 该方法具有较高的精度。

1 测距方法

1.1 阻抗测距原理

保护装置一般来说采集其固定安装处的电流、

电压信息, 输电线路上的故障位置随机不可预见, 但保护安装处电流、电压值与线路故障发生处电流、电压值满足一定的约束条件。由序分量法可知, 在输电线路上发生不对称故障时, 电力系统可以分解为正序、负序、零序 3 个序网络, 因各序网络的拓扑结构、元件参数各有不同, 所以 3 个序网络必须独立分析, 如图 1 所示。

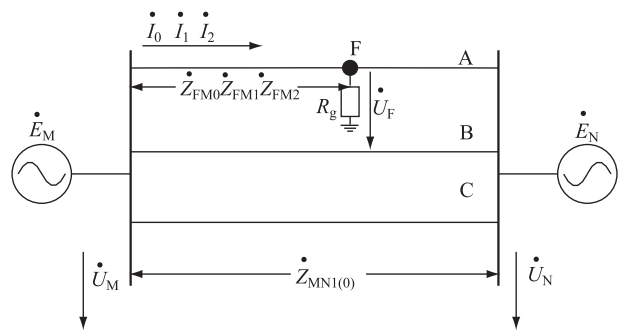


图 1 系统结构图

Fig.1 System topology

考虑 $\dot{Z}_{MN1} = \dot{Z}_{MN2}$, 得:

$$\dot{U}_F = \dot{U}_M - (\dot{I}_M + K \times \dot{I}_{M0}) \dot{Z}_{MF1} \quad (1)$$

其中零序补偿系数^[10,11] $K = \frac{\dot{Z}_{MNO} - \dot{Z}_{MN1}}{\dot{Z}_{MN1}}$ 。式

(1) 适用于所有类型的不对称故障。对于两相短路(以 BC 两相短路为例(接地、不接地)), 其过渡电阻多为弧光电阻, 数值较小, 因此有 $\dot{U}_{FB} \approx \dot{U}_{FC}$, 由式(1)得:

$$\dot{Z}_{\text{calc}} = \dot{Z}_{MF1} \approx \frac{\dot{U}_{MBC}}{\dot{I}_{MBC}} \quad (2)$$

对于单相短路,以 A 相短路为例,由式(1)得:

$$\dot{Z}_{\text{calc}} = \frac{\dot{U}_{\text{MA}}}{\dot{I}_{\text{MA}} + K \times \dot{I}_{\text{M0}}} = \dot{Z}_{\text{MF1}} + \frac{\dot{U}_{\text{FA}}}{\dot{I}_{\text{MA}} + K \times \dot{I}_{\text{M0}}} = \dot{Z}_{\text{MF1}} + \Delta \dot{Z} \quad (3)$$

其中 $\Delta \dot{Z}$ 即误差来源,当金属性短路时, $\dot{U}_{\text{FA}} \approx 0$, $\Delta \dot{Z} \approx 0$, $\dot{Z}_{\text{calc}} \approx \dot{Z}_{\text{MF1}}$ 。故障点 F 距离 M 侧母线的距离为 $\rho = \left| \frac{\dot{Z}_{\text{calc}}}{\dot{Z}_{\text{MN1}}} \right|$ 。当多相短路或者单相金属性短路时,计算阻抗可基本正确反映保护安装处至故障点的距离, $\arg\left(\frac{\dot{Z}_{\text{calc}}}{\dot{Z}_{\text{MN1}}}\right) \approx 0$ 。

1.2 单相接地时附加阻抗 $\Delta \dot{Z}$ 分析

接地短路时,过渡电阻为纯阻性^[12],记为 R_g ,流入故障点故障电流为 \dot{I}_f , $\dot{I}_f = \dot{I}_{f1} + \dot{I}_{f2} + \dot{I}_{f0}$ 。根据单相短路时的序网图可知 $\dot{I}_{f1} = \dot{I}_{f2} = \dot{I}_{f0}$ 。如图 2 所示。

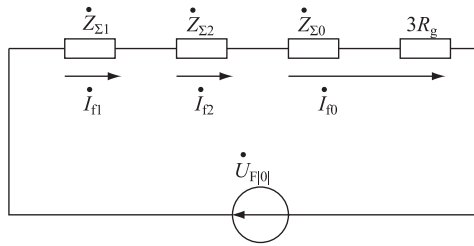


图 2 单相短路的综合序网图

Fig.2 Synthetical sequence network for single phase fault

M 侧保护感受到的故障分量正负零序电流是通过并联电路分流后的电流。 $\Delta \dot{I}_{M1} = C_{M1} \dot{I}_{f1}$, $C_{M1} =$

$$\frac{\dot{Z}_{\text{NF1}} + \dot{Z}_{\text{SN1}}}{\dot{Z}_{\text{NF1}} + \dot{Z}_{\text{SN1}} + \dot{Z}_{\text{MF1}} + \dot{Z}_{\text{SM1}}}$$

同理 $\Delta \dot{I}_{M2} = C_{M2} \dot{I}_{f2}$, 考虑正

$$\dot{Z}_{\text{NF1}} + \dot{Z}_{\text{SN1}} + \dot{Z}_{\text{MF1}} + \dot{Z}_{\text{SM1}}$$

序阻抗相等有 $C_{M2} = C_{M1}$; $\Delta \dot{I}_{M0} = C_{M0} \dot{I}_{f0}$, $C_{M0} =$

$$\frac{\dot{Z}_{\text{FN0}} + \dot{Z}_{\text{SN0}}}{\dot{Z}_{\text{FN0}} + \dot{Z}_{\text{SN0}} + \dot{Z}_{\text{FM0}} + \dot{Z}_{\text{SM0}}}$$

。如图 3 所示。

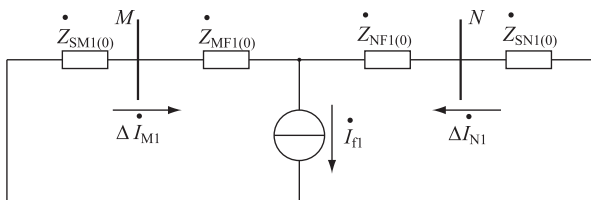


图 3 正序故障电流分流图

Fig.3 Positive sequence fault current distribution diagram

根据线性电路的迭加原理,故障后 M 侧保护感受到的电流为故障前负荷电流与故障电流的迭加,

设负荷电流为 \dot{I}_{MFH} , $\dot{I}_M = \dot{I}_{\text{MFH}} + \Delta \dot{I}_f$, 因此:

$$\Delta \dot{Z} = \frac{\dot{U}_{\text{FA}}}{\dot{I}_{\text{MA}} + K \times \dot{I}_{\text{M0}}} = \frac{\dot{I}_{\text{FA}} * R_g}{\dot{I}_{\text{MFHA}} + C_{M1} \dot{I}_{f1} + C_{M2} \dot{I}_{f2} + C_{M0} (1+K) \dot{I}_{f0}} = \frac{3 \dot{I}_{f0} R_g}{\dot{I}_{\text{MFHA}} + [2C_{M1} + C_{M0} (K+1)] \times \dot{I}_{f0}} = \frac{3R_g}{\frac{\dot{I}_{\text{MFHA}}}{\dot{I}_{f0}} + [2C_{M1} + C_{M0} (K+1)]} \quad (4)$$

由式(4)可知, $\dot{I}_{\text{MFHA}}/\dot{I}_{f0}$ 及 C_{M1} , C_{M0} , K 对于 $\Delta \dot{Z}$ 有影响。因故障点电流不可测,致 $\dot{I}_{\text{MFHA}}/\dot{I}_{f0}$ 未知;因故障点位置未知,致 C_{M1} , C_{M0} 数值未知。綜上述 $\Delta \dot{Z}$ 是一个幅值、相角皆未知的复数。其中 $\dot{I}_{\text{MFHA}}/\dot{I}_{f0}$ 对于 $\Delta \dot{Z}$ 的影响在送电端、受电端表现地不同。从定性的角度看, $\Delta \dot{Z}$ 在受电端表现为抗性,在送电端表现为容性。如图 4 所示。

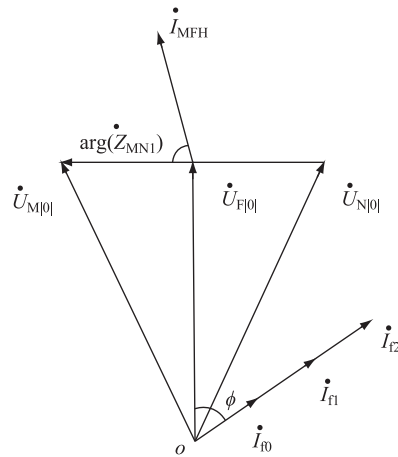


图 4 单相接地短路的电气相量图

Fig.4 Electrical vector diagram of single phase fault

图 4 中, $\dot{U}_{M|0|}$, $\dot{U}_{N|0|}$ 分别为故障前两侧母线电压; $\dot{U}_{F|0|}$ 为故障前故障点电压; \dot{I}_{MFH} 为 M 侧感受到的负荷电流; φ_{ZL} 为线路正序阻抗角; \dot{I}_{f0} , \dot{I}_{f1} , \dot{I}_{f2} 分别为流经故障点的正负零序电流; $\varphi = \arg(\dot{Z}_{\Sigma 0} + \dot{Z}_{\Sigma 1} + \dot{Z}_{\Sigma 2} + 3R_g)$ 。

假设故障发生于 MN 的中点处, M 侧测量到的负荷电流超前于故障点流过的故障电流, $\Delta \dot{Z}$ 表现

出容性;相反,在 N 侧 ΔZ 表现出抗性。若故障前线路一端开关分开,因 $\dot{I}_{MFH} = 0, C_{M1} = C_{M2} = C_{M0} = 1.0, K$ 值已知, R_g 未知,则 ΔZ 表现为一个幅值未知、相角已知的复数。

1.3 特殊工况下的精确单端测距

由上可知一般情况下单相经过渡电阻短路时,因过渡电阻的存在,导致附加计算阻抗 ΔZ 为幅值、相角未知的复数,所以计算阻抗无法准确表示从保护安装处至故障点的线路阻抗。但在下述几种情况下, ΔZ 近似表现为相角已知幅值未知的复数。

- (1) 线路一端送电,手合于故障;
- (2) 开关三跳后,先发重合令一端重合于故障;
- (3) 线路一端开关处于合位,另一端处于分位,故障发生。

考虑 ΔZ 为相角已知、幅值未知的复数,则阻抗相量图如图 5 所示。

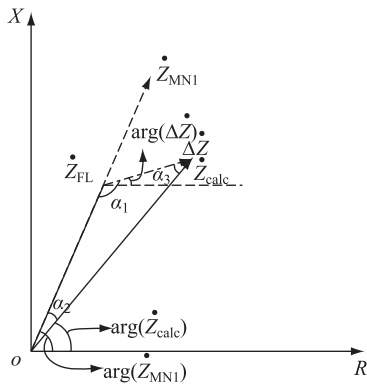


图 5 单相接地短路的阻抗相量图

Fig.5 Impedance vector diagram of single phase fault

设 $\alpha_1 = \pi - \arg(\dot{Z}_{MN1}) + \arg(\Delta Z)$, $\alpha_2 = \arg(\dot{Z}_{MN1}) - \arg(\dot{Z}_{calc})$, $\alpha_3 = \pi - \alpha_1 - \alpha_2$ 。由三角形定理可知:

$$\frac{\text{abs}(\dot{Z}_{calc})}{\sin(\alpha_1)} = \frac{\text{abs}(\dot{Z}_{FL})}{\sin(\alpha_3)} \quad (11)$$

推导为:

$$\text{abs}(\dot{Z}_{FL}) = \frac{\text{abs}(\dot{Z}_{calc})}{\sin(\alpha_1)} * \sin(\alpha_3) \quad (12)$$

故障距离百分比为:

$$\rho = \left| \frac{\text{abs}(\dot{Z}_{FL})}{\text{abs}(\dot{Z}_{MN1})} \right| \quad (13)$$

随着架空线、电缆混合参数线路在电网中的大量使用,对于混合参数线路测距的研究具有十分重要

的现实意义^[13]。上述方法亦可推广使用于架空线、电缆混合铺设的输电线路的单端测距。如图 6 所示。

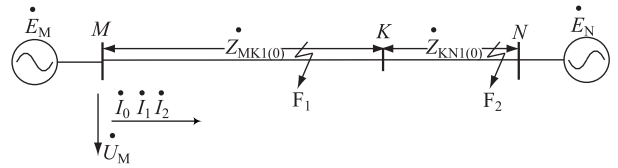


图 6 混合线路参数系统结构图

Fig.6 System topology of a hybrid parameter transmission line

图 6 中, MN 之间的输电线路由不同参数的 MK, KN 两段构成。 \dot{Z}_{MK1} 是 MK 段线路正(负)序阻抗; \dot{Z}_{MK0} 是 MK 段线路零序阻抗; \dot{Z}_{KN1} 是 KN 段线路正(负)序阻抗; \dot{Z}_{KN0} 是 KN 段线路零序阻抗。

首先假设故障发生于 MK 段,使用式(11)、式(12)进行测距计算,如测距结果 $0 \leq \rho \leq 1.0$,则表明测距成功,故障发生于 MK 段;否则计算 K 端电压,再次调用式(11)、式(12)进行测距计算。需要说明的是,电缆线路因其对地导纳值不可忽略,因此此时非故障相电流亦非 0,测距使用的是流经线路的电流,所以需要扣除对地电容电流的影响。以 M 侧为例,使用公式 $\dot{I} = \dot{U}/(-jX_c)$,计算三序网络中流经电容的电流 $\dot{I}_{CM1}, \dot{I}_{CM2}, \dot{I}_{CM0}$,合成为相电流 $\dot{I}_{CMA}, \dot{I}_{CMB}, \dot{I}_{CMC}$, M 侧保护安装处电流互感器感受到的三相电流 $\dot{I}_{MA}, \dot{I}_{MB}, \dot{I}_{MC}$ 分别减去 $\dot{I}_{CMA}, \dot{I}_{CMB}, \dot{I}_{CMC}$,即得到流经线路 MK 的三相电流 $\dot{I}_{MKA}, \dot{I}_{MKB}, \dot{I}_{MKC}$ ^[14]。同理可以获得流经线路 KN 的电流。如图 7 所示。

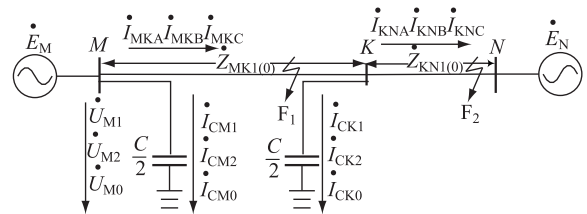


图 7 考虑电缆对地电容后的混合线路参数系统结构图

Fig.7 System topology of a hybrid parameter transmission line with capacitor of cable line considered

2 算例

2.1 普通线路算例

2015-03-04 T 14:10, 220 kV 甲乙线在甲站送电时发生 B 相接地短路故障,开关三相跳开后不重合,对侧乙变电站断路器在断开位置。故障波形如图 8 所示。

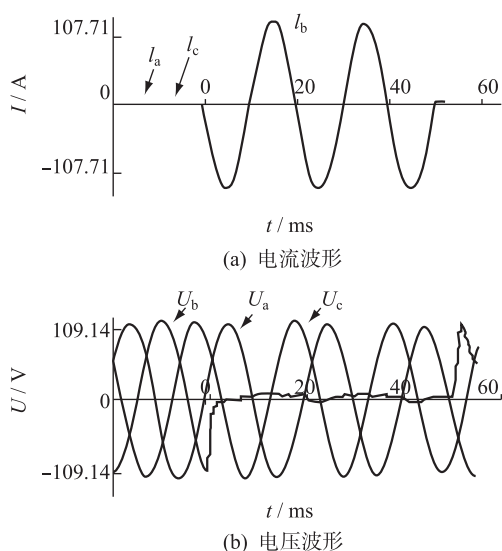


图8 甲乙线甲侧送电合于BG短路

Fig.8 Waveform of current and voltage for the fault of AB line delivering power only from station A with a BG fault on the line

线路一次参数: $R_1 = 0.013 \Omega$, $X_1 = 0.158 \Omega$; $R_0 = 0.051 \Omega$, $X_0 = 0.42 \Omega$, 线路全长 $L = 1.5 \text{ km}$; TV 变比为 $220 \text{ kV}/100 \text{ V}$, TA 变比为 $2500 \text{ A}/5 \text{ A}$ 。取故障后 $20 \sim 40 \text{ ms}$ 的数据进行全波傅里叶变换, 获取的相量数据为: $\dot{I}_A = 0.016 \angle 41.320^\circ \text{ A}$, $\dot{U}_A = 58.652 \angle -59.964^\circ \text{ V}$, $\dot{I}_B = 68.659 \angle 99.702^\circ \text{ A}$, $\dot{U}_B = 2.779 \angle 155.224^\circ \text{ V}$, $\dot{I}_C = 0.043 \angle -158.511^\circ \text{ A}$, $\dot{U}_C = 59.707 \angle 57.528^\circ \text{ V}$ 。经计算得 $\dot{Z}_{\text{calc}} = 0.114 \angle 56.70^\circ \Omega$, $\arg(\Delta Z) = 1.27^\circ$ 。

将获取的相量数据代入式(11)、式(12)计算得 $\rho = 0.592$, 折算至有名值为 0.898 km 。巡线得知实际故障点距离甲站 0.85 km 。

2.2 混合参数线路算例

使用 PSCAD 建立如图 7 所示的 500 kV 电力系统模型, 其中 MK 为电缆线路, 其一次参数 $R_1 = 0.45 \Omega$, $X_1 = 5.969 \Omega$, $X_{c1} = 33500 \Omega$; $R_0 = 3.9 \Omega$, $X_0 = 18.35 \Omega$, $X_{c0} = 502500 \Omega$; 线路长 $L = 50 \text{ km}$ 。 KN 为架空线路, 其一次参数 $R_1 = 1.1705 \Omega$, $X_1 = 13.345 \Omega$, $X_{c1} = 4025600 \Omega$; $R_0 = 9.055 \Omega$, $X_0 = 34.19 \Omega$, $X_{c0} = 7095600 \Omega$, 线路长 $L = 50 \text{ km}$ 。 KN 线路上距 K 点 25 km 处发生经 50Ω 的 AG 短路。故障波形如图 9 所示。

取故障后 $20 \sim 40 \text{ ms}$ 的数据进行全波傅里叶变换, 获取的相量数据为: $\dot{I}_A = 4.006 \angle -104.352^\circ \text{ kA}$, $\dot{U}_A = 237.067 \angle -93.623^\circ \text{ kV}$, $\dot{I}_B = 0.965 \angle -100.694^\circ$

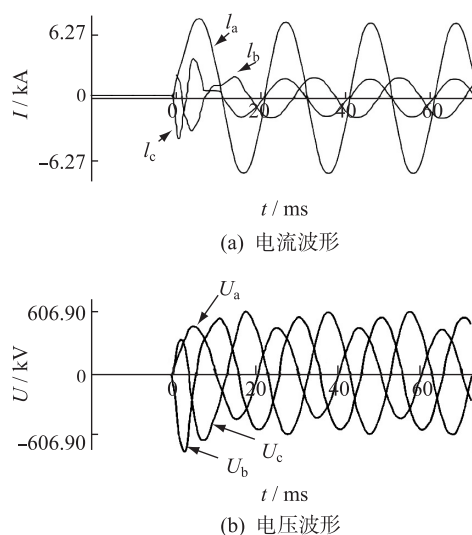


图9 混合参数线路M侧送电合于AG短路

Fig.9 Waveform of current and voltage for the fault of a hybrid parameter transmission line delivering power only from station M with a AG fault on the line

$\dot{I}_B = 300.378 \angle 169.710^\circ \text{ kV}$, $\dot{I}_C = 1.059 \angle 131.272^\circ \text{ kA}$, $\dot{U}_C = 322.478 \angle 42.043^\circ \text{ kV}$ 。假设故障在 MK 段, 计算得 $\rho = 2.02$, 假设故障在 KN 段, 计算得 $\rho = 0.488$ 。

3 分析与讨论

本文通过对单相接地短路时, 故障相计算阻抗中附加阻抗 ΔZ 的解析分析, 提出了在某些特殊工况下, 当 ΔZ 为相角已知、幅值未知的复数时的一种基于三角形计算的单端测距方法, 并将其推广至混合参数线路上。

(1) 在本文描述的工况下, 线路开关开断侧因未感受到故障电流、电压, 所以此时双端测距方法失效。

(2) 对于故障前重载负荷并且经较大过渡电阻接地的单相短路, 因负荷电流相比于故障电流不可忽略, 因此 ΔZ 转换成电阻电抗型或者电阻电容型, 且 ΔZ 的幅值、相角皆未知, 无法准确测距。如故障前线路空载或轻载, 负荷电流相比于故障电流可以忽略不计, 若线路的正序阻抗角与零序阻抗角相差不大, 可假设 C_{M1} , C_{M0} , K 皆为实数, ΔZ 为实数, 即相角为 0 。启用本文述方法, 或有一定误差, 但可提供一个有一定参考价值的单端测距结果。

(3) 精确使用本文所提方法的前提条件是, 单相短路且线路一端开关处于分位。交互线路两端的开关位置状态信息是必要条件, 光纤纵差保护可以交互线路两端的模拟量、开关量^[15], 为使用本方法

提供了物质保证。对于普通距离保护,如手合于故障,可断定对侧开关处于分位,可精确使用本方法。

(4) 对于故障前有载并经较大过渡电阻接地的单相短路,虽然线路保护第一次跳闸时本文所示方法不适用,但若保护装置投有三相重合闸方式,并且合于永久故障,那么先合闸那侧的保护装置依然可使用本方法测距,并且得出较为精确的测距结果。

(5) 单相经高阻接地短路时,距离保护有可能无法动作,由零序保护动作^[16]。但从上文的分析可知,不影响本文所述方法的使用。

$$(6) \Delta \dot{Z} = \frac{3 \dot{I}_0 R_g}{\dot{I}_\varphi + K \times \dot{I}_0} = \frac{3 R_g}{\frac{\dot{I}_\varphi}{\dot{I}_0} + K}$$

电容电流可忽略不计, $3 \dot{I}_0 \approx \dot{I}_\varphi$, 可简化为 $\Delta \dot{Z} = \frac{R_g}{1 + \frac{K}{3}}$; 对于电缆线路电容电流且不可以忽略不

计, $3 \dot{I}_0 \neq \dot{I}_\varphi$, 必须计及 2 者的不同。无论架空线路或电缆线路,如计及 $3 \dot{I}_0$, \dot{I}_φ 不同,可提高测距精度。如第 2.2 节中所示算例,如计及 2 者不同,可得测距结果 $\rho = 0.4995$ 。

(7) 对于 T 接线路的故障测距,需计算获得故障支路和故障点位置 2 个信息^[17]。T 接点至电源之间的输电线路的参数可不同,仿前文混合参数线路故障测距方法,特殊工况下利用单端数据可计算 T 接线路的故障测距信息。如图 10 所示,若计算的故障支路为 MT,则其为唯一测距结果;否则故障支路可能为 NT 或 ST,本方法可给出 2 个可能的测距结果。虽不惟一,但亦可给巡线工作带来一定参考意义。

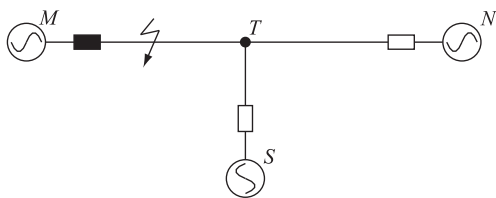


图 10 特殊工况下 T 接线路故障的系统接线

Fig.10 Diagrammatic sketch of fault on a TEED line under special working conditions

4 结语

输电线路发生经过渡电阻的单相接地短路时,过渡电阻 R_g 转换为未知相量 $\Delta \dot{Z}$,从而导致传统基于计算阻抗的单端测距方法有较大误差。本文论述了在特殊工况下,在由母线至故障点阻抗

$\Delta \dot{Z}_{FL}$ 、计算阻抗 $\Delta \dot{Z}_{calc}$ 、过渡电阻附加阻抗 $\Delta \dot{Z}$ 3 个相量构成的三角形中,三角形的 3 个角已知,一边长度已知 ($|\Delta \dot{Z}_{calc}|$),因此可利用三角形正弦定理求得 ($|\Delta \dot{Z}_{FL}|$),进而获取故障测距值。

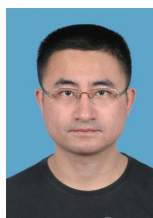
基于三角形计算的单端测距方法物理概念明确,计算简单,易于实现,具有较强的精度与实用性,并且已被仿真数据以及现场数据所验证。

参考文献:

- [1] 黄建新,李国栋,吴薛红,等. 电力传输线路单端故障测距新算法[J]. 江苏电机工程, 2003, 22(1):19-20.
HUANG Jianxin, LI Guodong, WU Xuehong, et al. A new algorithm of single-terminal fault distance measurement of transmission line[J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2003, 22(1):19-20.
- [2] 吴浩然,李澄. 采用不同步数据的故障测距新原理研究[J]. 江苏电机工程, 2016, 35(6):73-76.
WU Haoran, LI Cheng. Research on novel fault location principle with asynchronous data[J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2016, 35(6):73-76.
- [3] 葛耀中. 新型继电保护和故障测距的原理与技术[M]. 2版. 西安:西安交通大学出版社, 2007:256-335.
GE Yaozhong. Principles and techniques of new type relay and fault location[M]. 2nd ed. Xi'an: Xi'an Jiaotong University Press, 2007:256-335.
- [4] 洪佩孙,李九虎. 输电线路距离保护[M]. 北京:中国水利电力出版社, 2008:216-236.
HONG Peisun, LI Jiuhu. Distance relay protection for transmission lines[M]. Beijing: China Water & Power Press, 2008:216-236.
- [5] SAHA M M, LZYKOWSKI J, ROSOLOWSKI E. Fault location on power networks[M]. London: Springer-Verlag, 2010:1-25.
- [6] ANDRICHAK J G, ALEXANDER G E. Distance relays fundamentals[EB/OL]. GE Power Management, General Electric Co. Malvern, PA, GER-3966. <http://store.gedigitalenergy.com/faq/documents/alps/ger-3966.pdf>.
- [7] WILKINSON S B, MATHEWS C A. Dynamic characteristics of mho distance relays[EB/OL]. GE Power Management, General Electric Co. Malvern, PA, GER-3742. <http://store.gedigitalenergy.com/faq/Documents/Alps/GER-3742.pdf>.
- [8] LEWIS J. BLACKBURN. Symmetrical components for power systems engineering[M]. first edition. Boca Raton: CRC Press, 1993:1-5.
- [9] LEWIS J. BLACKBURN, DOMIN T J. Protective relaying: principles and applications[M]. Boca Raton: CRC Press, 2006:410-474.
- [10] 贺家李,李永丽,董新洲,等. 电力系统继电保护原理[M]. 4版. 北京:中国电力出版社, 2010:98-164.
HE Jali, LI Yongli, DONG Xinzhou, et al. Principles of protective relays for power system[M]. 4th ed. Beijing: China Electric Power Press, 2010:98-164.

- [11] 张保会,尹相根. 电力系统继电保护[M]. 北京:中国电力出版社, 2005:67-125.
ZHANG Baohui, YIN Xianggen. Protective relays for power system[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2005: 67-125.
- [12] 施世鸿,何奔腾. 不受 TA 饱和影响的高压输电线路故障测距算法[J]. 电力系统自动化,2008,32(2):67-70.
SHI Shihong, HE Benteng. Fault location algorithm for HV transmission lines immune to saturation of current transformers [J]. Automation of Electric Power system, 2008,32(2):67-70.
- [13] 吴承恩,郇能灵,郁惟镛,等. 超高压电缆—架空线混合线路故障测寻方法[J]. 电力系统自动化,2005,29(10):26-29.
WU Chengen, TAI Nengling, YU Weiyong. New method of fault detection and location for EHV cables with transmission lines[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(10):26-29.
- [14] 伍叶凯,邹东霞. 电容电流对差动保护的影响及补偿方案[J]. 继电器,1997,25(4):4-8.
WU Yekai, ZOU Dongxia. The effects and compensation method of capacitance current to differential protection [J]. Relay, 1997, 25(4):4-8.
- [15] 南瑞继保电气有限公司. RCS-931A(B,D)型超高压线路成套保护装置[Z]. 南京:南瑞继保电气有限公司, 2003.
NARI-RELAYS Electric Co. Ltd. RCS-931A(B,D) type ultrahigh voltage line protective relay device [Z]. Nanjing: NARI-RELAYS Electric Co.Ltd., 2003.
- [16] 朱声石. 高压电网继电保护原理与技术[M]. 3版. 北京:中国电力出版社, 2005:1-15.
ZHU Shengshi. Principles and techniques of protective relay for high voltage power system[M]. 3rd ed. Beijing: China Electric Power Press, 2005:1-15.
- [17] 高厚磊,安艳秋,江世芳. 超高压 T 接线路高精度故障测距算法研究[J]. 电力系统自动化,2001, 25(20):35-39.
GAO Houlei. AN Yanqiu, JIANG Shifang. Study on accurate fault location algorithm for EHV TEED lines[J]. Automation of Electric Power Systems, 2001,25(20):35-39.

作者简介:



冯 畅

冯 畅(1977—),男,江苏南京人,工程师,从事继电保护技术及其应用工作;

李 峰(1984—),男,山东济南人,工程师,从事继电保护技术及其应用工作;

宋 爽(1989—),男,安徽滁州人,工程师,从事继电保护技术及其应用工作;

陆 帅(1987—),男,河南商丘人,工程师,从事继电保护技术及其应用工作;

王 可(1987—),男,江苏扬州人,工程师,从事继电保护技术及其应用工作。

High Precision Single-ended Fault Location Method for Transmission Lines Based on Triangle Calculation in Special Working Conditions

FENG Chang¹, LI Feng¹, SONG Shuang², LU Shuai¹, WANG Ke¹

(1.Nanjing PANENG Technology Development Co. Ltd., Nanjing 210031, China;

(2.State Grid Jiangsu Electric Power Company Research Institute, Nanjing 211103, China)

Abstract: Precise fault location is an important precondition of quick power supply restoration after transmission line fault occurs. In generally, concerning one-phase to ground fault, it is the transient resistance that causes that the impedance from where the relay is installed to where the fault occurs is calculated incorrectly. On such scenario, a double-ended fault location algorithm is preferred in order to acquire rather precise fault location result. Based on analyzing the source of additive impedance, this essay presents that under some special working conditions whereas double-ended fault location becomes invalid, single-ended fault calculation based on solving triangle calculation gives precise results. And this method can also be applied to hybrid parameter transmission lines which have both overhead lines and cables. The simulation and field data verified that the method has high precision.

Key words: single-ended fault location; double-ended fault location; impedance calculation; hybrid parameter transmission line; T type connection

(编辑 徐林菊)