

同杆并架双回线双端非同步故障测距算法

陈旭,朱永利,郭小红,赵磊,高艳丰
(华北电力大学 电气与电子工程学院,河北 保定 071003)

摘要: 提出一种同杆双回线非同步故障测距算法,算法利用故障点与线路两侧之间的同向正序电压与同向正序故障电压之商相等的原理消除不同步角的影响,采用二分区间求根法或者弦截求根法求解故障位置。定性分析结果和 EMTF 仿真结果表明,所提算法不存在伪根,无需双端数据同步,不受过渡电阻和故障类型的影响,测距精度较高。

关键词: 分布参数; 同杆并架双回线; 故障测距; 伪根; 仿真
中图分类号: TM 711 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16081/j.issn.1006-6047.2016.05.014

0 引言

同杆并架双回线具有所需出线走廊窄、占用良田少、节省投资和建设快等优点,在电力系统中所占的比例越来越重^[1]。在其故障后,迅速准确的故障测距对及时修复线路、保证可靠供电以及电力系统的安全稳定和经济运行都有十分重要的作用。

由于双回线存在线间互感和跨线故障的特点,单回线的故障测距并不完全适用于双回线线路。为此不少学者对同杆并架双回线故障测距进行了探讨。文献[2-5]仅对单线故障进行了分析,并不适用于跨线故障测距。由于同杆双回线发生跨线故障在分类中约占全部故障的 82%,故适用性不强。文献[6-8]利用故障处电压幅值相等的原理来建立测距方程,但有可能存在伪根导致测距失败。文献[9-12]利用反向网络的特点相应地建立单端或者双端测距函数,但双回线发生对称跨线故障时不存在反向网络,所以无法完成测距任务。文献[13]构造测距函数,利用测距函数的相位突变来实现测距功能。由于两端数据需要同步,考虑到硬件延时、采样率差别等因素引起的误差,数据同步时即使采用 GPS 定位系统也很难做到完全同步^[14]。文献[15]将不同步角当作未知参数,利用两端的电压在故障处相等的原理建立测距函数,并采用牛顿-拉夫逊法求解。文中不同步角初值取为 0°,当不同步角偏离 0° 较远时,利用牛顿-拉夫逊法求解可能出现不收敛的情况。

本文对同杆并架双回线利用分布参数来建立精确的模型,推导出一种不含伪根的测距方程式。定性分析表明,所提算法无需双端同步,不存在伪根,并且无需判别故障类型,ATP-EMTP 仿真验证了

所提算法的正确性。

1 双回线非同步测距新算法

1.1 相序变换

图 1 给出了同杆双回线单线故障的简化模型,图中 M 、 N 分别为母线两端, f 为故障点, Z_M 、 Z_N 分别为两端系统的等效阻抗, U_M 、 I_M 和 U_N 、 I_N 分别为 M 、 N 两侧保护所测量到的电压、电流。

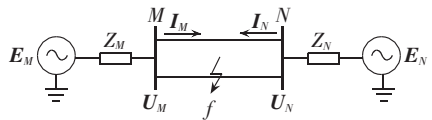


图 1 同杆并架双回线系统示意图
Fig.1 Schematic diagram of two parallel overhead lines on same pole

当双回线参数对称时,可以将 I 和 II 回线路的电压电流分解为同向量(以下标“T”表示)和反向量(以下标“F”表示),并进一步分解为六序分量,以 M 侧电量为例,其关系可表示为^[13]:

$$\begin{cases} U_{MT,F} = P U_{M1,II} \\ I_{MT,F} = P I_{M1,II} \end{cases}, \begin{cases} U_{MT012} = S U_{MTABC} \\ I_{MT012} = S I_{MTABC} \end{cases}$$
$$U_{MT,F} = [U_{MTA} \quad U_{MTB} \quad U_{MTC} \quad U_{MFA} \quad U_{MFB} \quad U_{MFC}]^T$$
$$I_{MT,F} = [I_{MTA} \quad I_{MTB} \quad I_{MTC} \quad I_{MFA} \quad I_{MFB} \quad I_{MFC}]^T$$
$$U_{M1,II} = [U_{M1A} \quad U_{M1B} \quad U_{M1C} \quad U_{M1A} \quad U_{M1B} \quad U_{M1C}]^T$$
$$I_{M1,II} = [I_{M1A} \quad I_{M1B} \quad I_{M1C} \quad I_{M1A} \quad I_{M1B} \quad I_{M1C}]^T$$
$$U_{MT012} = [U_{MT0} \quad U_{MT1} \quad U_{MT2}]^T$$
$$I_{MT012} = [I_{MT0} \quad I_{MT1} \quad I_{MT2}]^T$$
$$U_{MTABC} = [U_{MTA} \quad U_{MTB} \quad U_{MTC}]^T$$
$$I_{MTABC} = [I_{MTA} \quad I_{MTB} \quad I_{MTC}]^T$$
$$P = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

$$S = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix}$$

其中, $a = e^{j120^\circ}$; 下标 0、1、2 分别表示零序、正序和负序。

对于 N 侧电量与 M 、 N 侧故障分量, 上述关系同样成立。

1.2 测距原理

当同杆并架双回线系统在 f 点发生故障时, 根据均匀传输线方程, 故障点 f 处的同向正序电压可表示为:

$$\begin{aligned} U_{MfT1}(x) &= U_{MT1} \cosh \gamma_{T1} x - I_{MT1} Z_{cT1} \sinh \gamma_{T1} x \\ U_{NfT1}(x) &= U_{NT1} \cosh \gamma_{T1} (l-x) - I_{NT1} Z_{cT1} \sinh \gamma_{T1} (l-x) \end{aligned} \quad (1)$$

其中, γ_{T1} 和 Z_{cT1} 分别为同向正序传播系数和波阻抗; l 为线路全长; U_{MT1} 、 I_{MT1} 和 U_{NT1} 、 I_{NT1} 分别为 M 、 N 侧的同向正序电压、电流; x 为 M 侧母线和故障点 f 的距离。

同理, 故障点 f 处的同向正序故障电压可以表示为:

$$\begin{aligned} \Delta U_{MfT1}(x) &= \Delta U_{MT1} \cosh \gamma_{T1} x - \Delta I_{MT1} Z_{cT1} \sinh \gamma_{T1} x \\ \Delta U_{NfT1}(x) &= \Delta U_{NT1} \cosh \gamma_{T1} (l-x) - \Delta I_{NT1} Z_{cT1} \sinh \gamma_{T1} (l-x) \end{aligned} \quad (2)$$

其中, ΔU_{MT1} 、 ΔI_{MT1} 和 ΔU_{NT1} 、 ΔI_{NT1} 分别为 M 、 N 侧的同向正序故障分量。

在故障点 f 处有:

$$U_{MfT1} = U_{NfT1} e^{j\delta_d}, \quad \Delta U_{MfT1} = \Delta U_{NfT1} e^{j\delta_d}$$

则在故障点处有:

$$\frac{U_{MfT1}}{\Delta U_{MfT1}} = \frac{U_{NfT1}}{\Delta U_{NfT1}} \quad (3)$$

其中, δ_d 为两端数据的不同步角度。

由式(3)得 $U_{MfT1} \Delta U_{NfT1} = \Delta U_{MfT1} U_{NfT1}$, 将式(1)、(2)代入式(3)可得:

$$\begin{aligned} U_{MfT1} \Delta U_{NfT1} &= (U_{MT1} \cosh \gamma_{T1} x - I_{MT1} Z_{cT1} \sinh \gamma_{T1} x) \times \\ &[\Delta U_{NT1} \cosh \gamma_{T1} (l-x) - \Delta I_{NT1} Z_{cT1} \sinh \gamma_{T1} (l-x)] = \\ &(A_1 + A_2) \cosh^2 \gamma_{T1} x + A_3 \sinh \gamma_{T1} x \cosh \gamma_{T1} x - A_2 = \\ &\frac{A_1 + A_2}{2} \cosh 2\gamma_{T1} x + \frac{A_3}{2} \sinh 2\gamma_{T1} x + \frac{A_1 - A_2}{2} \end{aligned} \quad (4)$$

$$A_1 = U_{MfT1} \Delta U_{NfT1} \cosh \gamma_{T1} l - U_{MfT1} \Delta I_{NT1} Z_{cT1} \sinh \gamma_{T1} l$$

$$A_2 = \Delta U_{NT1} I_{MT1} Z_{cT1} \sinh \gamma_{T1} l - I_{MT1} \Delta I_{NT1} Z_{cT1}^2 \cosh \gamma_{T1} l$$

$$A_3 = U_{MT1} \Delta I_{NT1} Z_{cT1} \cosh \gamma_{T1} l - U_{MT1} \Delta U_{NT1} \sinh \gamma_{T1} l -$$

$$\Delta U_{NT1} I_{MT1} Z_{cT1} \cosh \gamma_{T1} l + I_{MT1} \Delta I_{NT1} Z_{cT1}^2 \sinh \gamma_{T1} l$$

同理可得:

$$\begin{aligned} \Delta U_{MfT1} U_{NfT1} &= \frac{B_1 + B_2}{2} \cosh 2\gamma_{T1} x + \frac{B_3}{2} \sinh 2\gamma_{T1} x + \\ &\frac{B_1 - B_2}{2} \end{aligned} \quad (5)$$

$$B_1 = \Delta U_{MfT1} U_{NfT1} \cosh \gamma_{T1} l - \Delta U_{MfT1} I_{NT1} Z_{cT1} \sinh \gamma_{T1} l$$

$$B_2 = U_{NT1} \Delta I_{MT1} Z_{cT1} \sinh \gamma_{T1} l - \Delta I_{MT1} I_{NT1} Z_{cT1}^2 \cosh \gamma_{T1} l$$

$$B_3 = \Delta U_{MT1} I_{NT1} Z_{cT1} \cosh \gamma_{T1} l - \Delta U_{MT1} U_{NT1} \sinh \gamma_{T1} l -$$

$$U_{NT1} \Delta I_{MT1} Z_{cT1} \cosh \gamma_{T1} l + \Delta I_{MT1} I_{NT1} Z_{cT1}^2 \sinh \gamma_{T1} l$$

由式(3) — (5)可得:

$$(A_1 + A_2 - B_1 - B_2) \cosh 2\gamma_{T1} x + (A_3 - B_3) \sinh 2\gamma_{T1} x = B_1 + A_2 - B_2 - A_1 \quad (6)$$

式(6)左右两端分别取相位构造测距函数得:

$$f_L = \arg[(A_1 + A_2 - B_1 - B_2) \cosh 2\gamma_{T1} x + (A_3 - B_3) \sinh 2\gamma_{T1} x] - \arg(B_1 + A_2 - B_2 - A_1) \quad (7)$$

式(7)是单调的, 简单证明如下。设:

$$U = A \cosh 2\gamma_{T1} x + B \sinh 2\gamma_{T1} x \quad (8)$$

其中, $A = A_1 + A_2 - B_1 - B_2$; $B = A_3 - B_3$ 。

在高压输电线中可近似认为: $\gamma_{T1} \approx j\omega \sqrt{L_{T1} C_{T1}} = j\beta_{T1}$ (L_{T1} 、 C_{T1} 分别为同杆并架双回线单位长度的同向正序电感与电容, ω 为角频率), 代入式(8)可得:

$$U = A \cos 2\beta_{T1} x + jB \sin 2\beta_{T1} x \quad (9)$$

设 $B = AK \angle \theta$, 代入式(9)可得:

$$U = A (\cos 2\beta_{T1} x - K \sin \theta \sin 2\beta_{T1} x + jK \cos \theta \sin 2\beta_{T1} x) \quad (10)$$

当 θ 在 $(0, 90^\circ)$ 范围内时, 式(10)中的 U 与 A 的相位角度差 φ 可表示为:

$$\varphi = \arctan \left(\frac{K \cos \theta}{\cot 2\beta_{T1} x - K \sin \theta} \right) \quad (11)$$

在实际电力系统中, $2\beta_{T1} x$ 的范围为 $(0, 90^\circ)$, $\cot 2\beta_{T1} x$ 随 x 单调递减, 故 $\frac{K \cos \theta}{\cot 2\beta_{T1} x - K \sin \theta}$ 是单调递增的, 又因为 $\arctan(\cdot)$ 函数单调递增, 可得相位角度差 φ 是单调递增的。

同理, θ 在 $(-90^\circ, 0^\circ)$ 范围内时, 相位角度差 φ 是单调递增的; θ 分别在 $(90^\circ, 180^\circ)$ 和 $(-180^\circ, -90^\circ)$ 2 个区间范围时, 相位角度差 φ 是单调递减的。

由于系统发生故障后, A_i 和 B_i ($i = 1, 2, 3$) 的值都是确定的, 并且相位角度差 φ 是单调的, 故可知式(10)的相位角度函数是单调的, 进而推得式(7)是单调的。

由于同杆双回线发生故障时, 对于任何类型故障的同向正序与同向正序故障分量总是存在的, 故本文所提的故障测距函数适用于各种故障类型。

1.3 测距算法

由以上推导可知测矩函数式单调, 故可在求取故障距离时采用二分区间求根法或者用弦截求根法, 详细步骤参考文献[16]。

在用二分区间求根法或用弦截求根法求取故障距离时, 由于相位是周期为 360° 的周期函数, 故在求取测距式(7)的函数值时应注意周期函数的周期性, 若 $\arg(\cdot)$ 函数提取相位角度范围为 $(-180^\circ, 180^\circ]$ 时, 可采取以下算法使其求得的函数值保持单调性。

求取式(10)中的 θ ,由上文分析可判断出故障测距函数式是单调递减的还是单调递增的。选取 $x=0$ 或者 $x=l$ 处的函数值作为参考值(选取 $x=0$ 或者 $x=l$ 处的函数值作为参考值时,应使 $x=0$ 和 $x=l$ 两处的函数值都不超过 1 个周期),求取测距函数式其他点的函数值,并与参考值作比较,看其是否满足单调性。若求得的函数值不满足单调性,可将该点的函数值加上或者减去 360° 使其满足单调递减或者单调递增。

图 2 为选取 $x=0$ 处的函数值作为参考值时的电压相位变换图,其中曲线 1 是求取的相位未处理的曲线,曲线 2 是直接选取 $x=0$ 处的相位作为参考相位,使得在 $x=l$ 处相位超过 $\pm 360^\circ$ 的相位曲线,曲线 3 是按上述处理的相位曲线。由曲线 3 可知,可用二分区求根法或者弦截求根法快速求取故障点的位置。

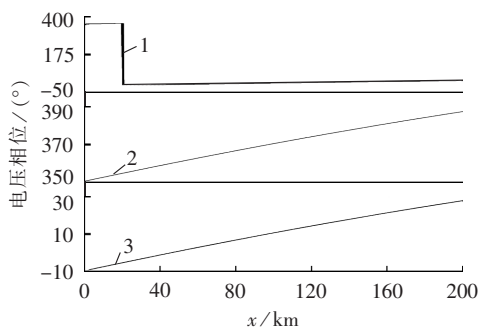


图 2 测距函数
Fig.2 Fault location function

2 仿真验证

本文采用 ATP-EMTP 软件搭建一电压等级为 330 kV、线路全长 200 km 的双端仿真模型,仿真模型如图 1 所示。

a. 两侧系统参数为^[13]: $Z_{M1}=1.0515+j43.1749\ \Omega$; $Z_{M0}=0.6+j29.0911\ \Omega$; $Z_{N1}=26+j44.9185\ \Omega$; $Z_{N0}=20+j37.4697\ \Omega$ 。

b. 单回线正序参数为: $r_1=0.05468\ \Omega/\text{km}$, $l_1=1.0264\ \text{mH}/\text{km}$, $c_1=0.01095\ \mu\text{F}/\text{km}$ 。负序参数同。

c. 单回线零序参数为: $r_0=0.02931\ \Omega/\text{km}$, $l_0=3.9398\ \text{mH}/\text{km}$, $c_0=0.005473\ \mu\text{F}/\text{km}$ 。

d. 双回线零序互阻抗参数: $r_{d0}=0.2385\ \Omega/\text{km}$, $l_{d0}=2.6274\ \text{mH}/\text{km}$, $c_{d0}=0.0026\ \mu\text{F}/\text{km}$ 。

M 、 N 侧电源参数分别为 $330\angle 0^\circ\ \text{kV}$ 、 $330\angle 30^\circ\ \text{kV}$ 。两侧数据的采样率为 2.5 kHz,基波相量提取采用全波傅氏算法。

图 3 是测距的绝对误差随不同步角的变化情况其中 $\delta_d \in [-180^\circ, 180^\circ]$ 。图中,曲线 1 是距 M 侧 100 km 处发生 IAG 故障时测距的绝对误差随不同步角的变化情况,曲线 2 是距 M 侧 100 km 处发生 IAIIAG

故障时测距绝对误差随不同步角的变化情况。由图 3 可知,本文方法基本上不受不同步角的影响,能达到很高的测距精度。

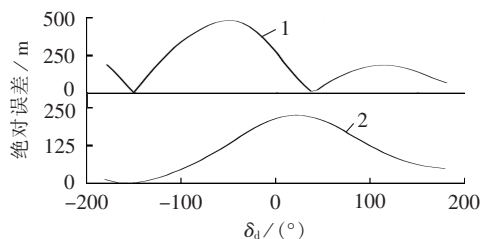


图 3 不同步角对测距结果的影响
Fig.3 Influence of asynchronous phase on fault locating results

图 4 是测距的绝对误差随过渡电阻的变化情况。图中,曲线 1 是距 M 侧 150 km 处发生 IAG 故障、不同步角 δ_d 为 36° 时测距的绝对误差随过渡电阻的变化情况,曲线 2 是距 M 侧 150 km 处发生 IAIIAG 故障时测距绝对误差随过渡电阻的变化情况。由图 4 可知,本文方法基本不受过渡电阻的影响,在不同过渡电阻下,均能达到很高的精度。

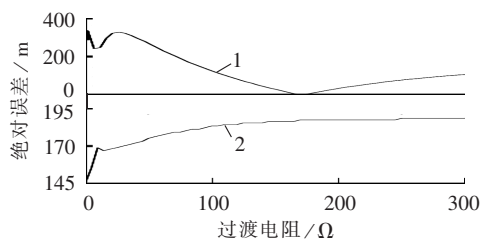


图 4 过渡电阻对测距结果的影响
Fig.4 Influence of transition resistance on fault location results

文献[8]利用故障处电压幅值相等原理来建立测距方程,有可能存在伪根进而导致测距失败。在 M 、 N 侧电源参数分别为 $330\angle 0^\circ\ \text{kV}$ 与 $330\angle 60^\circ\ \text{kV}$ 时,距 M 侧 180 km 处 I 回线发生 A 相接 250 Ω 电阻短路情况下求得的两侧同序电压幅值曲线如图 5 所示。由图 5 可知,求得的两侧电压幅值曲线存在伪根,进而导致文献[8]测距失败。

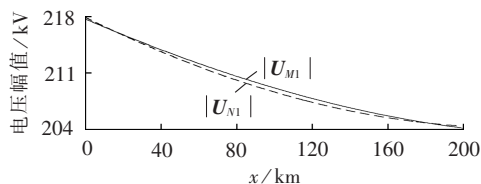


图 5 两侧电压幅值曲线
Fig.5 Curve of voltage amplitude at two terminals

表 1 列出了数据不同步时,利用本文方法对各种故障类型的测距结果,其中不同步角 δ_d 为 72° 。由表 1 可知,本文方法不受故障类型的影响,均能达到很高的精度。

表 1 不同故障类型对测距结果的影响

Table 1 Influence of fault type on fault location results

故障类型	测距结果/km				
	$x=20\text{ km}$	$x=80\text{ km}$	$x=110\text{ km}$	$x=160\text{ km}$	$x=190\text{ km}$
IAG	19.854	79.602	110.0770	159.732	189.576
IABG	20.237	80.476	110.4090	160.104	190.028
IAB	20.064	80.411	110.3270	160.146	189.905
IABC	19.608	79.639	110.1630	159.923	190.206
IBII CG	20.037	80.161	110.0060	159.839	189.820
IAIIB	20.023	79.946	109.8080	159.799	189.785
IBCIIAG	20.172	79.661	109.9966	159.921	190.123
IBCII BG	19.943	80.062	110.0340	160.297	190.329
IBCII CG	19.849	79.798	109.5280	159.805	190.003
IAIIBC	20.058	79.769	109.8220	159.629	189.796
IABII BCG	19.813	79.745	109.6550	159.701	189.738
IAIABCG	20.015	79.965	109.6020	159.579	190.012
IBCIIAB	19.699	79.785	109.6020	159.790	189.672
IAIAG	20.252	80.147	109.9940	160.000	189.686
IABIIABG	19.967	79.875	109.5920	160.349	189.602
IABCIABC	19.959	80.029	110.1200	160.224	190.354
IABIIAB	19.956	79.942	110.3900	160.051	190.296

3 结论

针对同杆并架双回线故障测距,本文基于准确的分布参数模型,利用同向正序与同向正序故障分量建立测距方程,消去了非同步时间,推导出了一 种非同步测距算法。定性分析结果表明了本文算法不存在伪根,理论上测距精度不受故障类型、过渡电阻、不同步角等影响。ATP-EMTP 仿真结果表明,本文方法有较强的鲁棒性和较高的测距精度。在未来智能站真正实现全站信息共享的情况下,本文方法也具有较高的实用性。

参考文献:

[1] 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,2007:145-150.

[2] 林军,程传玲. 平行/同杆双回线的单线故障精确测距算法[J]. 电力自动化设备,2008,28(7):69-72.

LIN Jun,CHENG Chuanling. Single-line fault locating for double circuits on same pole or in parallel[J]. Electric Power Automation Equipment,2008,28(7):69-72.

[3] 刘千宽,李永斌,黄少锋. 基于双端电气量的同杆平行双回线单线故障测距[J]. 电网技术,2008,32(3):27-30.

LIU Qiankuan,LI Yongbin,HUANG Shaofeng. Single line fault location of parallel double transmission line on same tower based on two-terminal electrical quantities[J]. Power System Technology, 2008,32(3):27-30.

[4] 龚震东,范春菊,郁惟镛,等. 一种基于六序网图的同杆双回线故障测距算法[J]. 电力系统自动化,2007,31(17):58-60.

GONG Zhendong,FAN Chunju,YU Weiyong,et al. A new fault allocation algorithm for parallel transmission line based on six sequence network[J]. Automation of Electric Power Systems, 2007,31(17):58-60.

[5] 索南加乐,吴亚萍,宋国兵,等. 基于分布参数的同杆双回线单线故障准确测距原理[J]. 中国电机工程学报,2003,23(5):39-43.

SUONAN Jiale,WU Yaping,SONG Guobing,et al. New accurate

fault location algorithm for parallel lines on the same tower based on distribute patametre[J]. Proceedings of the CSEE,2003,23(5): 39-43.

[6] 李胜芳,范春菊,郁惟镛. 基于在线参数计算的同杆双回线的自适应故障测距[J]. 继电器,2005,33(3):66-71.

LI Shengfang,FAN Chunju,YU Weiyong. Adaptive fault location algorithm for parallel transmission lines based on online calculated parameters[J]. Relay,2005,33(3):66-71.

[7] 杨博,卫志农,王华芳,等. 基于不对称分布参数的同杆双回路双端故障测距算法[J]. 继电器,2005,33(5):8-11.

YANG Bo,WEI Zhinong,WANG Huafang,et al. Two- terminal fault locating algorithm for double-circuit lines on the same tower based on distributed parameter model using asymmetrical parameter[J]. Relay,2005,33(5):8-11.

[8] 黄雄,尹项根,辛振涛. 基于分布参数模型的平行双回线故障测距新算法[J]. 电力自动化设备,2003,23(11):5-9.

HUANG Xiong,YIN Xianggen,XIN Zhentao. Fault locating algorithm for double-circuit line based on distributed parameter[J]. Electric Power Automation Equipment,2003,23(11):5-9.

[9] 索南加乐,宋国兵,康小宁,等. 基于单端电流的双回线时域故障定位方法[J]. 中国电机工程学报,2007,27(7):52-57.

SUONAN Jiale,SONG Guobing,KANG Xiaoning,et al. A time-domain fault location algorithm based on one-terminal current of parallel transmission lines[J]. Proceedings of the CSEE,2007,27(7):52-57.

[10] 索南加乐,王树刚,张超,等. 利用单端电流的同杆双回线准确故障定位研究[J]. 中国电机工程学报,2005,25(23):25-30.

SUONAN Jiale,WANG Shugang,ZHANG Chao,et al. An accurate fault location algorithm for parallel transmission lines using one-terminal current[J]. Proceedings of the CSEE,2005,25(23):25-30.

[11] 索南加乐,宋国兵,许庆强,等. 利用双端非同步电流的同杆双回线故障定位研究[J]. 电工技术学报,2004,19(8):99-106.

SUONAN Jiale,SONG Guobing,XU Qingqiang,et al. Fault location algorithms for parallel transmission lines using two terminals nonsynchronized current data[J]. Transactions of China Electro-technical Society,2004,19(8):99-106.

[12] 索南加乐,宋国兵,许庆强,等. 不受 TV 和 TA 传变特性影响的同杆双回线故障定位方法[J]. 电力系统自动化,2005,29(9):35-39.

SUONAN Jiale,SONG Guobing,XU Qingqiang,et al. Parallel transmission lines fault locating method uninfluenced by potential transformer and current transformer frequency characteristics[J]. Automation of Electric Power Systems,2005,29(9):35-39.

[13] 林富洪,王增平. 采用同向正序基频分量的双回线故障测距原理[J]. 中国电机工程学报,2011,31(4):93-98.

LIN Fuhong,WANG Zengping. Fault locating method based on two-terminal common positive sequence fundamental frequency component for parallel transmission line[J]. Proceedings of the CSEE,2011,31(4):93-98.

[14] 赵永嫻,曹小拐,刘万顺. 同杆并架双回线准确参数未知时的故障测距新算法[J]. 电力系统自动化,2005,29(4):72-76.

ZHAO Yongxian,CAO Xiaoguai,LIU Wanshun. New fault location algorithm for double transmission lines on a same tower[J]. Automation of Electric Power Systems,2005,29(4):72-76.

[15] 杜召满,赵舫. 高压线路双端测距新算法[J]. 继电器,2004,32(7):7-9.

[17] 程干江. 智能馈线自动化方案[J]. 电力系统自动化,2001,25(9): 42-44.
CHENG Ganjiang. An intellective scheme for pursuance of feeder automation[J]. Automation of Electric Power Systems, 2001,25(9):42-44.

作者简介:

徐玉琴(1964—),女,江西新余人,教授,主要研究方向为电力系统分析、运行与控制,分布式发电技术,电力系统继



徐玉琴

电保护与自动化(E-mail:xuyuqin_ncepu@126.com);

聂 暘(1991—),女,天津人,硕士研究生,通信作者,主要研究方向为电力系统继电保护与自动化(E-mail:nyncepu@126.com);

高 原(1990—),男,山西兴县人,硕士研究生,主要研究方向为遥感与地理信息系统(E-mail:1282312398@qq.com)。

Implementation of synchronous closing for protection,measuring & control device of 10 kV line

XU Yuqin¹,NIE Yang¹,GAO Yuan²,WANG Xue¹,KANG Hui³,JIAO Yanjun¹

(1. School of Electrical and Electronic Engineering,North China Electric Power University,Baoding 071003,China;

2. College of Urban and Environmental,Northwest University,Xi'an 710127,China;

3. Northern Electric Group Corporation,Jiaxing 314000,China)

Abstract: The synchronous closing mode is analyzed,and its detailed conditions and implementation scheme are given. With the cyclic frequency measuring,the hardware platform of line protection,measuring & control device,with CPU STM32F407 as its core,is used to develop the synchronous closing software and realize the function. The results of test and dynamic simulative experiment for microcomputer-based relay protection system show that,the proposed implementation scheme is reasonable,which can quickly and accurately realize the synchronous closing function to enhance the performance of feeder protection.

Key words: relay protection; line protection; measuring & control device; synchronous closing; software development; hardware

(上接第 90 页 continued from page 90)

DU Zhaoman,ZHAO Fang. A new fault location algorithm using asynchronized two-terminal data[J]. Relay,2004,32(7):7-9.
[16] 桂勋,刘志刚,韩旭东,等. 基于高压输电线电压沿线分布规律的故障双端测距算法[J]. 中国电机工程学报,2009,29(19): 63-69.
GUI Xun,LIU Zhigang,HAN Xudong,et al. An accurate algorithm of two-terminal fault location based on the distribution of line voltage along HV transmission line[J]. Proceedings of the CSEE, 2009,29(19):63-69.

作者简介:



陈 旭

陈 旭(1989—),男,河南商丘人,硕士,主要研究方向为输电线路故障定位(E-mail:chenxu89@126.com);

朱永利(1963—),男,河北保定人,教授,博士,主要研究方向为输变电设备在线监测、智能分析与智能电网。

Dual-terminal asynchronous fault location algorithm for two parallel overhead lines on same pole

CHEN Xu,ZHU Yongli,GUO Xiaohong,ZHAO Lei,GAO Yanfeng

(School of Electrical and Electronic Engineering,North China Electric Power University,Baoding 071003,China)

Abstract: A dual-terminal asynchronous fault location algorithm is proposed for two parallel overhead lines on same pole,which eliminates the effect of asynchronous phase based on the principle that the quotient of the common positive-sequence voltage to the common positive-sequence fault voltage of one terminal is equal to that of the opposite terminal,and adopts the bisection method or the secant method to locate the fault. The results of qualitative analysis and simulation with EMTP show that,without false roots and immune to the transition resistance and the fault type,the proposed algorithm does not need data synchronization between two terminals and has high fault location accuracy.

Key words: distributed parameter; two parallel overhead lines on same pole; electric fault location; false roots