

现代行波故障测距原理及其在实测故障分析中的应用 —A型原理

陈平¹, 葛耀中¹, 徐丙垠², 李京²

(1. 西安交通大学电气工程学院, 陕西 西安 710049; 2. 山东科汇电气股份有限公司, 山东 淄博 255031)

摘要: 长期以来, 对输电线路暂态行波现象的研究只停留在理论分析和 EMTF 仿真方面, 而线路上的实际暂态行波波形的要比通过仿真获得的暂态行波波形的复杂得多, 这使得迄今为止所提出的各种单端行波测距算法难以发挥作用。为了将利用故障暂态行波的 A 型单端现代行波故障测距原理更好地用于实测波形分析, 将其划分为 3 种独立的运行模式, 即标准模式、扩展模式和综合模式, 并给出了各自用于实测电流暂态波形分析的典型实例。实测故障分析表明, A 型现代行波故障测距原理具有很高的准确性, 其绝对测距误差不超过 500 m。

关键词: 输电线路; 现代行波故障测距; A 型原理; 电流暂态

中图分类号: TM 711 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2004)02-0013-06

0 引言

输电线路行波故障测距技术因具有测距精度高和适用范围广等优点, 一直为继电保护专业人员所关注^[1]。早在 20 世纪 50 年代, 国外就研制出 A、B、C、D 等 4 种基本型式的行波故障测距装置, 但因其可靠性差、构成复杂以及价格昂贵等问题, 终究没有得到推广应用。

20 世纪 80 年代, 国内外在 A 型早期行波故障测距原理的基础上, 提出了集保护和测距为一体的行波距离保护原理^[2,3]。但由于其测距算法不可靠以及现场试验条件的限制, 行波距离保护没有得到进一步的发展。

20 世纪 90 年代, 我国提出了利用电流暂态分量的输电线路行波故障测距原理、算法及其实现方案^[4-8], 从而推动了现代行波故障测距 (MTWL) 技术的发展^[9], 并相继研制出集 A、D、E 等多种原理的现代行波故障测距装置和系统, 其绝对测距误差已经能够达到 200 m 以内^[10]。在应用研究领域, 为了进一步提高行波故障测距的精度, 小波模极大值检测理论已经被越来越广泛地用于单端和双端行波故障测距研究^[12-15]中。

近年来, 国内学者开始将 A 型现代行波故障测距原理用于继电保护, 并提出了基于小波变换的测距式行波距离保护原理^[16,17]。

为了将 A 型现代行波故障测距原理更好地用于实测波形分析, 本文将将其划分为 3 种独立的运行模式, 即标准模式、扩展模式和综合模式, 并给出了

各自用于实测电流暂态波形分析的典型实例。

1 A 型现代行波故障测距原理的运行模式

A 型现代行波测距原理为单端原理。根据所检测反射波性质的不同, 可以将 A 型现代行波测距原理分为 3 种运行模式, 即标准模式、扩展模式和综合模式。在标准模式下需要检测故障点反射波, 在扩展模式下需要检测对端母线反射波, 而在综合模式下则需要检测第 2 个反向行波浪涌并识别其性质。

1.1 标准模式

标准模式下的 A 型现代行波故障测距原理利用线路故障时在测量端感受到的第 1 个正向行波浪涌与其在故障点反射波之间的时延计算测量点到故障点之间的距离, 其基本原理与早期的 A 型行波故障测距原理相同。为了实现标准模式下的 A 型现代行波故障测距原理, 在测量端必须能够准确、可靠地检测到故障引起的第 1 个正向行波浪涌在故障点的反射波。

1.2 扩展模式

扩展模式下的 A 型现代行波故障测距原理利用线路故障时在测量端感受到的第 1 个反向行波浪涌与经过故障点透射过来的故障初始行波浪涌在对端母线反射波之间的时延计算对端母线到故障点之间的距离。

为了实现扩展模式下的 A 型现代行波故障测距原理, 在测量端必须能够准确、可靠地检测到经故障点透射过来的故障初始行波浪涌在对端母线的反射波。

当故障点对暂态行波的反射系数较小时,在测量端可能检测不到本端第 1 个正向行波浪涌在故障点的反射波,从而导致标准模式下的 A 型现代行波故障测距原理失效。但在这种情况下,扩展模式下的 A 型现代行波故障测距原理却能很好地发挥作用。

1.3 综合模式

综合模式下的 A 型现代行波故障测距原理利用线路故障时在测量端感受到的第 1 个正向行波浪涌与第 2 个反向行波浪涌之间的时延计算本端测量点或对端母线到故障点之间的距离。

分析表明,无论母线接线方式如何,故障初始行波浪涌到达母线时都能够产生幅度较为明显的反射波^[4]。可见,当线路发生故障时,测量端感受到第 1 个正向行波浪涌和第 1 个反向行波浪涌的时间是相同的。测量端感受到的第 2 个反向行波浪涌既可以是第 1 个正向行波浪涌在故障点的反射波(当故障点位于线路中点以内时),也可以是经过故障点透射过来的故障初始行波浪涌在对端母线的反射波(当故障点位于线路中点以外时),还可以是二者的叠加(当故障点正好位于线路中点时)。对于高阻故障(故障点反射波较弱),即便故障点位于线路中点以内,在测量点感受到的第 2 个反向行波浪涌也有可能为对端母线反射波。对于故障点电弧过早熄灭的故障(故障点不存在反射波),无论故障点位置如何,在测量点感受到的第 2 个反向行波浪涌均为对端母线反射波。

因此,当线路故障时,如果在测量端能够正确识别所感受到的第 2 个反向行波浪涌的性质,即可实现单端行波故障测距。具体说来,当第 2 个反向行波浪涌为本端第 1 个正向行波浪涌在故障点的反射波时,二者之间的时间延迟对应于本端测量点到故障点之间的距离;当第 2 个反向行波浪涌为对端母线反射波时,它与本端测量点第 1 个正向行波浪涌之间的时间延迟对应于对端母线到故障点之间的距离。

可见,为了实现综合模式下的 A 型现代行波故障测距原理,在测量端必须能够准确、可靠地检测到故障引起的第 2 个反向行波浪涌并识别其性质。

2 利用电流暂态分量实现 A 型行波测距原理的直接波形分析法

2.1 行波故障测距基本关系

从行波故障测距的角度,可以将母线分为两种

接线类型^[4],其中第 1 类母线连接有同一电压等级的多回线路,而第 2 类母线只连接有 1 回线路。电力系统中的绝大多数母线均为第 1 类母线。相对于来自线路 MN 方向的行波而言,测量端母线 M 的等效波阻抗等于该母线上除线路 MN 以外所有线路波阻抗和母线分布电容的并联阻抗。假定连接到母线 M 的所有线路具有相同的波阻抗,则可以将母线 M 对来自线路 MN 方向的电压暂态行波的时域反射系数 K_{MR} 和时域透射系数 K_{MT} 表示为:

$$K_{MR} = F^{-1} \left[\frac{(1-K) - j CZ_C}{(1+K) + j CZ_C} \right] \quad (1)$$

$$K_{MT} = F^{-1} \left[\frac{2}{(1+K) + j CZ_C} \right] \quad (2)$$

式中: F^{-1} 表示傅立叶反变换; K 为除线路 MN 以外连接到母线 M 的线路回数(假定 $K \geq 2$); C 为母线 M 的分布电容; Z_C 为线路波阻抗。

假定 M 端电流正方向为母线到线路方向,则线路 MN 故障产生的初始行波浪涌 $e_F(t)$ 到达本端时所引起的本线路电流暂态故障分量可以表示为:

$$i_1(t) = \frac{1}{Z_C} (K_{MR} - 1) \otimes e_F(t - \tau) \quad (3)$$

式中:“ \otimes ”表示卷积; τ 为暂态行波从故障点到母线 M 的传播时间。

M 端第 1 个正向行波浪涌(即故障初始行波浪涌在母线 M 的反射波)在故障点的反射波到达母线 M 时所引起的本线路电流暂态故障分量可以表示为:

$$i_2(t) = \frac{1}{Z_C} K_{FR} K_{MR} \otimes (K_{MR} - 1) \otimes e_F(t - 3\tau) \quad (4)$$

式中: K_{FR} 为电压暂态行波在故障点的反射系数(假定为常数)。

故障初始行波浪涌在线路 MN 对端母线 N 的反射波透过故障点到达母线 M 时所引起的本线路电流暂态故障分量可以表示为:

$$i_2(t) = \frac{1}{Z_C} K_{FT} K_{NR} \otimes (K_{MR} - 1) \otimes e_F(t - 2\tau) \quad (5)$$

式中: K_{FT} 为电压暂态行波在故障点的透射系数(假定为常数); K_{NR} 为电压暂态行波在对端母线 N 的反射系数; τ 为暂态行波从故障点到对端母线 N 的传播时间。

比较式(3)~(5)可以得到:

$$\begin{cases} i_1(t) = K_{FR} K_{MR} \otimes i_1(t - 2\tau) \\ i_2(t) = K_{FT} K_{NR} \otimes i_1(t - 2\tau) \end{cases} \quad (6)$$

暂态行波在母线 M 和故障点 F 的反射系数恒为负值,在故障点的透射系数恒为正值。因此,故障初始行波浪涌和故障点反射波到达母线 M 时引起线路 MN 的电流暂态故障分量 $i_1(t)$ 和 $i_2(t)$ 具有相同的极性,二者之间的时延等于暂态行波在 M 端测量点与故障点之间往返一次的传播时间。故障初始行波浪涌与其在故障线路对端母线 N 的反射波到达 M 端母线时引起的本线路电流暂态故障分量 $i_1(t)$ 与 $i_2(t)$ 在某一初始时段内(取决于对端母线 N 的接线方式)具有相反的极性^[4],二者之间的时延等于暂态行波在故障点与对端母线 N 之间往返一次的传播时间。

可见,当线路发生故障时,通过比较来自故障方向的行波浪涌到达测量端母线时引起故障线路电流暂态分量的初始极性可以识别来自故障点和线路对端母线的反射波。在这种情况下,只要能够正确区分来自故障线路正方向和反方向的行波浪涌到达测量端母线时引起本线路的电流暂态分量,即可实现各种运行模式下的 A 型现代行波故障测距原理。

2.2 来自故障方向行波浪涌引起电流暂态分量的识别

来自故障方向任一点 X 的行波浪涌 $e_X(t)$ 到达母线 M 时所引起的故障线路以及各相邻健全线路的电流暂态分量可以表示为:

$$\begin{cases} i_{MF}(t) = \frac{1}{Z_C} (K_{MR} - 1) \odot e_X(t - x_M) \\ i_{MSk}(t) = \frac{1}{Z_C} K_{MT} \odot e_X(t - x_M) \\ k = 1, 2, \dots, K \end{cases} \quad (7)$$

式中: x_M 为暂态行波从 X 点到母线 M 的传播时间; K 为相邻健全线路回数(设 $K \geq 2$)。

由于反射系数 K_{MR} 恒小于 0,因此式(7)表明,来自故障方向的任一行波浪涌到达母线 M 时所引起的故障线路电流暂态分量和其它所有相邻健全线路电流暂态分量之间存在反极性的关系。

同理可知,来自任一线路正方向的行波浪涌到达母线 M 时所引起的该线路电流暂态分量和其它所有线路(包括故障线路)电流暂态分量之间存在反极性的关系。因此,通过比较行波浪涌到达母线 M 时所引起的各线路电流暂态分量的极性即可识别来自故障方向行波浪涌所引起的电流暂态分量。

当母线上出线较多时,来自故障方向的行波浪涌到达母线时引起各健全线路的电流暂态分量幅度很小,甚至可以忽略,从而简化了故障测距过程。

需要指出,在以上的分析中没有考虑线路损耗和线路参数的依频特性,这些影响因素将导致行波在传播过程中的衰减和畸变,但上述各行波浪涌之间的极性关系仍然成立。

2.3 直接波形分析法的实施步骤

利用电流暂态分量的直接波形分析法实现 A 型现代行波故障测距原理的具体步骤如下(以综合模式为例):

- 1) 通过比较同一母线上各线路电流故障暂态分量波形中第 1 个波头分量的极性来选择故障线路;
- 2) 对于故障线路电流暂态波形中的每一个波头分量,通过比较它与同一时刻其它线路电流暂态分量的极性确定来自故障方向行波浪涌引起的第 2 个波头分量;
- 3) 通过比较来自故障方向行波浪涌引起的故障线路电流暂态波形中第 2 个波头分量与第 1 个波头分量的初始极性确定第 2 个波头分量是由故障点反射波所引起(二者同极性),还是由对端母线反射波所引起(二者反极性),进而确定故障点位置。

3 实测故障分析

3.1 本端和对端母线均为第 1 类母线

1997 年 12 月 14 日 2:17:49,甘肃天水供电局所管辖的 330 kV 陇马线(全长 311 km)发生 A 相接地故障,其中陇西侧同一母线上 3 条线路(含故障线路在内)的故障相电流暂态故障分量波形如图 1 所示。显然,本端母线为第 1 类母线。在故障线路上,来自故障方向行波浪涌引起的第 2 个波头分量与初始波头分量始终具有相反的极性,因而必为对端母线反射波所引起,而且对端母线也是第 1 类母线,从而可以直接获得扩展和综合模式下的测距结果为 75.8 km,如图 1(a)所示。标准模式下的测距结果可以间接获得(本例中难以直接获得),它应该等于故障线路实际导线长度与扩展或综合模式下测距结果之差值,并且可以近似表示为 $311 - 75.8 = 235.2$ km。从故障线路电流暂态分量波形中可以发现,在对应于该近似测距结果的位置并不存在暂态波头分量,但在其邻域内距离本端 235.6 km 处存在由来自故障方向行波浪涌所引起的暂态波头分量,如图 1(b)所示,从而可以将标准模式下的测距结果修正为 235.6 km。实际故障点位于距本端 235 ~ 236 km 处。在本例中,对端母线反射波先于故障点反射波到达本端测量点,因而故障点位于线路中点以外(靠近对端)。

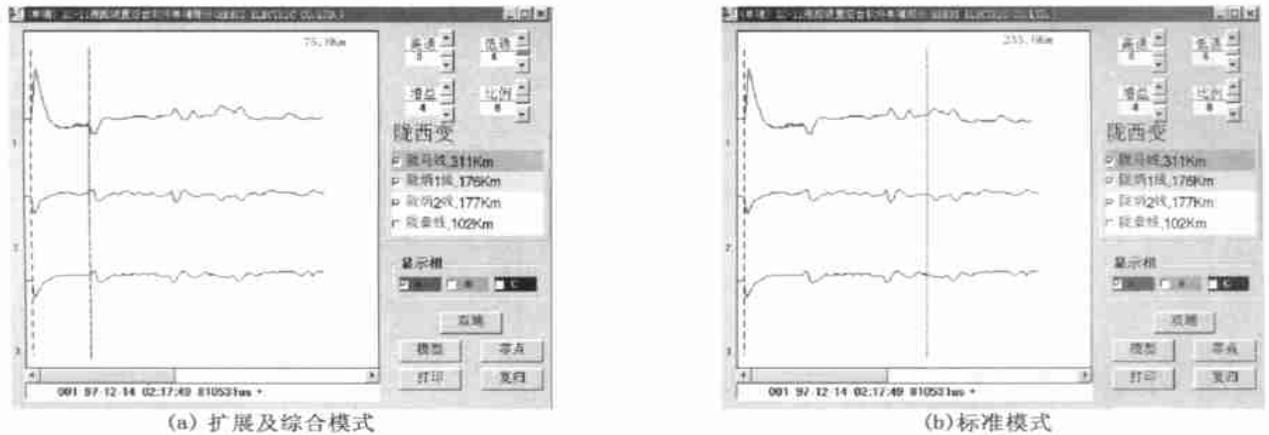


图 1 陇马线(陇西侧)电流暂态故障分量波形及 A 型行波测距结果

Fig. 1 Current transient fault component waveform of line LongMa at Long End and Type A based locating results

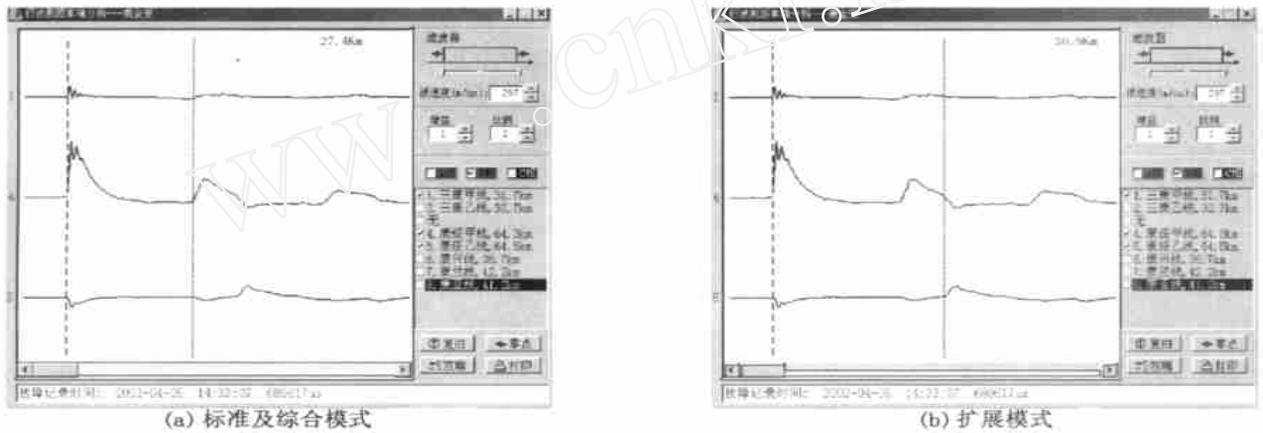


图 2 康绥甲线(康金侧)电流暂态故障分量波形及 A 型行波测距结果

Fig. 2 Current transient fault component waveform of line Kang Sui No. 1 at Kang End and Type A based locating results

2002年4月5日14:33:07,黑龙江绥化电业局所管辖的220kV康绥甲线(全长64.3km)发生B相接地故障,其中康金侧同一母线上3条线路(含故障线路在内)的故障相电流暂态故障分量波形如图2所示。故障线路两端母线都连接有多个其它线路,均为第1类母线。在故障线路上,来自故障方向行波浪涌引起的第2个波头分量与初始波头分量始终具有相同的极性,因而必为故障点反射波所引起,从而可以直接获得标准和综合模式下的测距结果为27.4km,如图2(a)所示。在故障线路上,来自故障方向行波浪涌引起的第3个波头分量(叠加在暂态波形的第2个暂态分量上)与初始波头分量始终具有相反的极性,因而必为线路对端母线反射波所引起,从而可以直接获得扩展模式下的测距结果为

36.9km,如图2(b)所示。实际故障点位于距对端37km处。在本例中,故障点反射波先于对端母线反射波到达本端测量点,因而故障点位于线路中点以内(靠近本端)。

3.2 本端和对端母线分别为第1类和第2类母线

1997年10月2日13:46:47,山东德州电业局所管辖的110kV临禹线(全长43km)发生B相接地故障,其中临邑侧同一母线上3条线路(含故障线路在内)的故障相电流暂态故障分量波形如图3所示。仔细分析可以发现,在距离故障26.9km处存在由来自故障方向行波浪涌引起的波头分量,其初始极性与故障初始波头分量的极性相反,但二者很快变为同极性,因而必为线路对端母线反射波所引起,而且对端母线必为第2类母线,从而可以直接获得扩

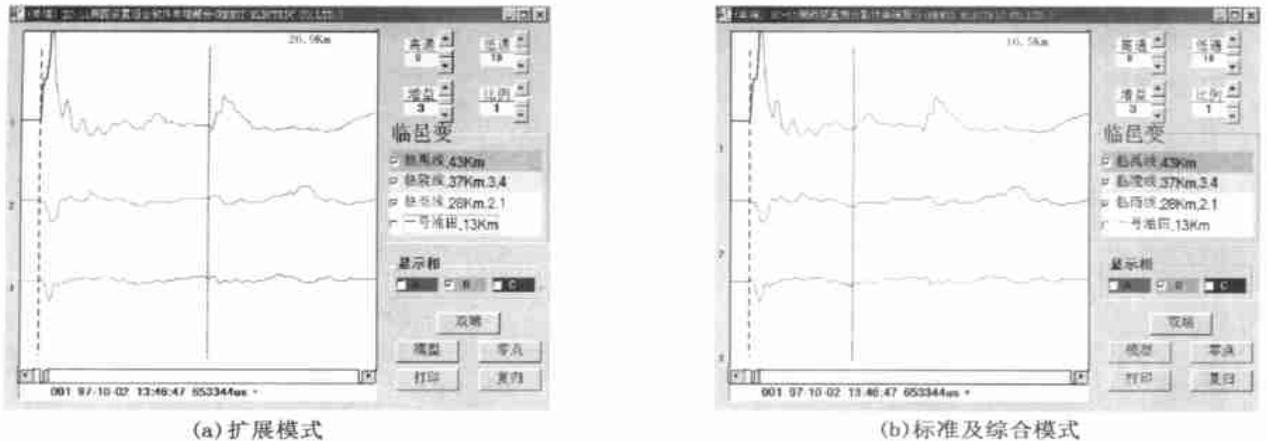


图3 临禹线(临沂侧)电流暂态故障分量波形及A型行波测距结果

Fig.3 Current transient fault component waveform of line Lir Yu at Linzi and Type A based locating results

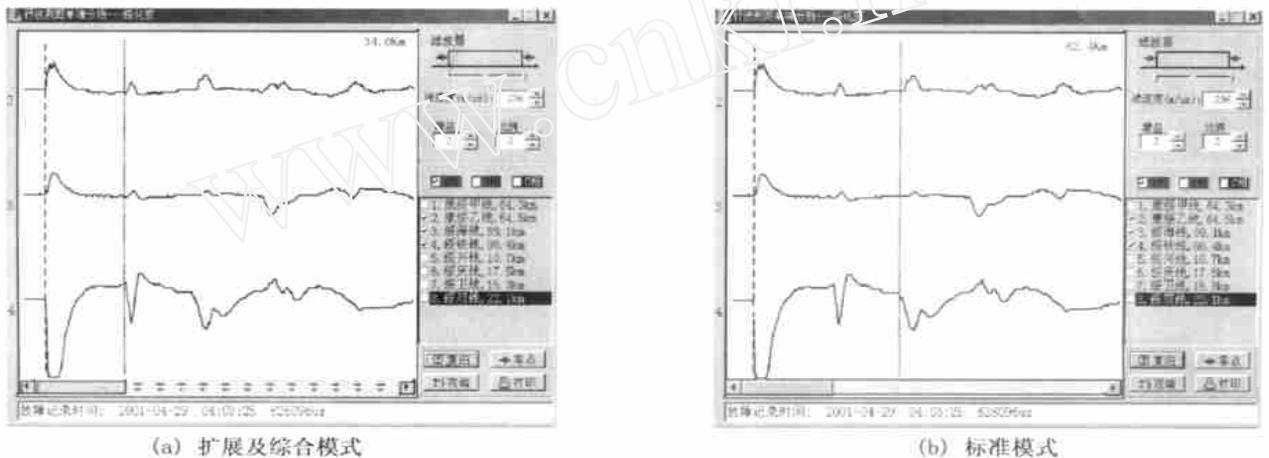


图4 绥铁线(绥化侧)电流暂态故障分量波形及A型行波测距结果

Fig.4 Current transient fault component waveform of line Sui Tie at Sui and Type A based locating results

展模式下的测距结果为 26.9 km,如图 3(a)所示。标准和综合模式下的测距结果可以间接获得,并且近似为 $43 - 26.9 = 16.1$ km。从故障线路电流暂态分量波形中可以发现,在对应于该近似位置的邻域内距离本端 16.5 km 处存在由来自故障方向行波浪涌所引起的暂态波头分量,如图 3(b)所示,从而可以将标准和综合模式下的测距结果修正为 16.5 km。实际故障点位于距本端 16 km 处(线路中点以内)。

2001年4月29日4:03:25,黑龙江绥化电业局所管辖的220 kV 绥铁线(全长96.4 km)发生A相接地故障,其中绥化侧同一母线上3条线路(含故障线路在内)的故障相电流暂态故障分量波形如图4所示。在距离故障34 km处存在由来自故障方向行波浪涌

引起的2个波头分量,其初始极性与故障初始波头分量的极性相反,但二者很快变为同极性,因而必为线路对端母线反射波所引起,而且对端母线必为第2类母线,从而可以直接获得扩展和综合模式下的测距结果为34 km,如图4(a)所示。在故障距离为62.4 km处存在由来自故障方向行波浪涌引起的第3个波头分量,其极性与故障初始波头分量的极性始终相同,因而必为故障点反射波所引起,从而可以直接获得标准模式的测距结果为62.4 km,如图4(b)所示。实际故障点位于距本端62.525 km处(线路中点以外)。

4 结语

本文将A型现代行波故障测距原理划分为标准、扩展及综合等3种独立的运行模式,并通过利用

电流暂态分量的直接波形分析法将各种运行模式用于实际故障产生的电流暂态波形分析。实测故障分析表明,A型现代行波故障测距原理的绝对测距误差不得超过500 m。

由于有些故障暂态波形较为复杂,使得并非在所有运行模式下都能够直接获得可靠的测距结果。为了进一步提高A型现代行波故障测距原理的可靠性,结合实际故障暂态波形,深入研究实时、可靠的现代行波检测与识别算法是非常必要的。

参考文献:

- [1] 葛耀中(GE Yao-zhong). 新型继电保护与故障测距原理与技术(New Types of Protective Relaying and Fault Location: Theory and Techniques) [M]. 西安:西安交通大学出版社(Xi'an: Xi'an Jiaotong University Press), 1996.
- [2] Crossley P A, McLaren P G. Distance Protection Based on Travelling Waves [J]. IEEE Trans on Power Apparatus and Systems, 1983, 102(9): 2971 - 2983.
- [3] 徐丙垠,朱锡贵,马长贵(XU Bing-yin, ZHU Xi-gui, MA Chang-gui). 行波特征鉴别式距离保护原理的研究(A Distance Protection Scheme Based on Travelling Wave Characteristics Recognition) [J]. 中国电机工程学报(Proceedings of the CSEE), 1989, 9(13).
- [4] 徐丙垠(XU Bing-yin). 利用暂态行波的输电线路故障测距技术(Fault Location Technology of Transmission Lines Based on Travelling Waves, Dissertation) [D]. 西安:西安交通大学(Xi'an: Xi'an Jiaotong University), 1991.
- [5] 徐丙垠,葛耀中,朱锡贵(XU Bing-yin, GE Yao-zhong, ZHU Xi-gui). 利用暂态电流行波的输电线路故障测距技术(Fault Location Based on Fault Generated Current Transients) [A]. 第五次全国继电保护学术年会论文集(Proceedings of the Fifth Protective Relaying Conference) [C]. 北京(Beijing): 1993.
- [6] 葛耀中,徐丙垠,陈平(GE Yao-zhong, XU Bing-yin, CHEN Ping). 利用暂态行波测距的研究(Study of Fault Location Based on Travelling Waves) [J]. 西安交通大学学报(Journal of Xi'an Jiaotong University), 1995, 29(3).
- [7] 陈平(CHEN Ping). 利用暂态电流行波的输电线路故障测距装置的研制(Development of a Transmission Line Fault Locator Using Transient Current Travelling Waves, Thesis) [D]. 西安:西安交通大学(Xi'an: Xi'an Jiaotong University), 1994.
- [8] 陈平,徐丙垠,葛耀中,等(CHEN Ping, XU Bing-yin, GE Yao-zhong, et al). 一种利用暂态电流行波的输电线路故障测距方法(A Novel Method for Fault Location of Transmission Lines Using Fault Transient Current Travelling Waves) [J]. 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems), 1999, 23(14).
- [9] 徐丙垠,李京,陈平,等(XU Bing-yin, LI Jing, CHEN Ping, et al). 现代行波测距技术及其应用(Modern Travelling Wave Based Fault Location Technology and Its Application) [J]. 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems), 2001, 25(23).
- [10] 陈平,徐丙垠,李京,等(CHEN Ping, XU Bing-yin, LI Jing, et al). 现代行波故障测距装置及其运行经验(Modern Travelling Wave Based Fault Locator and Its Operating Experience) [J]. 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems), 2003, 27(6).
- [11] 董新洲(DONG Xin-zhou). 小波理论应用于输电线路故障测距研究(Study of Wavelet Theory Applied in Fault Location of Transmission Lines Based on Travelling Waves, Dissertation) [D]. 西安:西安交通大学(Xi'an: Xi'an Jiaotong University), 1996.
- [12] Fernando H Magnago, Ali Abur. Fault Location Using Wavelets [J]. IEEE Trans on Power Delivery, 1998, 13(4): 1475 - 1480.
- [13] 董新洲,葛耀中,徐丙垠(DONG Xin-zhou, GE Yao-zhong, XU Bing-yin). 利用暂态电流行波的输电线路故障测距研究(Research of Fault Location Based on Current Travelling Waves) [J]. 中国电机工程学报(Proceedings of the CSEE), 1999, 19(4).
- [14] 覃剑,陈祥训,郑健超,等(QIN Jian, CHEN Xiang-xun, ZHENG Jian-chao, et al). 利用小波变换的双端行波测距新方法(A New Double Terminal Method of Travelling Wave Fault Location Using Wavelet Transform) [J]. 中国电机工程学报(Proceedings of the CSEE), 2000, 20(8).
- [15] 葛耀中,董新洲,董杏丽(GE Yao-zhong, DONG Xin-zhou, DONG Xing-li). 测距式行波距离保护的研究(一)(Travelling Wave Based Distance Protection with Fault Location: Part One) [J]. 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems), 2002, 26(6).
- [16] 董杏丽,葛耀中,董新洲(DONG Xing-li, GE Yao-zhong, DONG Xin-zhou). 测距式行波距离保护的研究(二)(Travelling Wave Based Distance Protection with Fault Location: Part Two) [J]. 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems), 2002, 26(9).

收稿日期: 2003-04-02; 修回日期: 2003-05-13

作者简介:

陈平(1969-),男,博士研究生,高级工程师,研究方向为电力线路故障测距及继电保护技术;

(下转第43页 continued on page 43)

- 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems), 1999,23(11):13-17.
- [3] 伍叶凯, 页保记, (WU Ye-kai, YE Bao-ji). 利用故障分量的分相式电流差动保护 (Split-phase Current Differential Protection Using Fault Component) [J]. 继电器 (Relay), 1996,24(3):4-9,29.
- [4] 王绪昭, 伍叶凯, 杨奇逊 (WANG Xu-zhao, WU Ye-kai, YANG Qi-xun). 一种适应于双端系统微机微波电流差动保护的跳闸判据 (A Trip Criterion Suited for Microcomputer-based Microwave Current Differential Protection in Double Terminals System) [J]. 继电器 (Relay), 1991,19(4):2-8.
- [5] 高厚磊, 江世芳 (GAO Hou-lei, JIANG Shi-fang). 负荷电流对电流差动保护动作性能影响分析 (Analysis for Affection of Load Current to Operating Performance of Current Differential Protection) [J]. 继电器 (Relay), 1999,27(1):14-16.
- [6] 文明浩, 李瑞生, 王强, 等 (WEN Ming-hao, LI Rui-sheng, WANG Qiang, et al). 分相电流差动线路保护中零序差动作用分析 (Analysis of Zero Sequence Current Differential Protection in Phase Segregated Current Differential Protection for Transmission Lines) [J]. 继电器 (Relay), 2002,30(12):42-44.

收稿日期: 2003-01-08

作者简介:

李瑞生(1966-),男,硕士研究生,高级工程师,许继电气保护与自动化事业部,从事继电保护方面的研究;

王强(1969-),男,硕士研究生,高级工程师,许继电气保护与自动化事业部,从事继电保护方面的研究;

文明浩(1973-),男,博士,现在许继集团作博士后,主要从事高压线路保护的研究。

Study of WXH- 803 current differential protection based on optical fiber

LI Rui-sheng¹, WANG Qiang¹, WEN Ming-hao², WANG Er-han¹

(1. Xi Business Department of Electric Protection and Automation, Xuchang 461000, China;

2. Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: With the development of tele-communication in power systems, current differential protection based on optical fiber will be developed as the main protection of EHV power transmission line. This paper presents WXH-803 current differential protection system developed with 32-bit DSP, and its dynamic simulation test in 500 kV system and commissioning in 330 kV power line. This device employs the methods of 96 sample points per power cycle and short-window fast algorithm, takes fault component current differential, full current differential, and zero sequence current differential as criteria of its differential protection. It takes 16~18 ms when operated in 500 kV dynamic simulation test.

Key words: microcomputer-based line protection; optical fiber; current differential protection; short-window fast algorithm

(上接第 18 页 continued from page 18)

葛耀中(1929-),男,教授,博士生导师,长期从事电力系统新型继电保护与故障测距的理论与应用研究;

徐丙垠(1961-),男,博士,教授,研究方向为电力线路故障监测技术及配电网自动化技术。

Modern travelling wave based fault location principle and its applications to actual fault analysis—Type A principle

CHEN Ping¹, GE Yao-zhong¹, XU Bing-yin², LI Jing²

(1. Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China; 2. Kehui Electric Co., Ltd, Zibo 255031, China)

Abstract: For a long time, studies of transient travelling transmission lines only concentrate on theory analysis and EMTP simulations, but actual transient waveforms of travelling waves are much more complicated, which makes it unapplicable to actual fault analysis of all sorts of single ended travelling wave-based location algorithms till now. In order to make the Type A single ended modern travelling wave based fault location principle for transmission lines using fault induced transient travelling waves to be better used in actual waveform based transient analysis, it is classified into three independent modes of operation, namely standard mode, extended mode and consolidated mode, and the corresponding demonstrations of actual current transient waveform analysis are given. The actual fault analysis shows that the Type A principle possesses very high accuracy, and its absolute location error does not exceed 500 m.

Key words: transmission line; modern travelling wave based fault location; Type A principle; current transients