



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103163428 B

(45) 授权公告日 2016.03.30

(21) 申请号 201310099095.2

(22) 申请日 2013.03.26

(73) 专利权人 昆明理工大学

地址 650093 云南省昆明市五华区学府路
253号

(72) 发明人 束洪春 高利 田鑫萃

(51) Int. Cl.

G01R 31/08(2006.01)

(56) 对比文件

CN 102129013 A, 2011.07.20,

CN 102680860 A, 2012.09.19,

CN 101718833 A, 2010.06.02,

CN 101923139 A, 2010.12.22,

CN 101907437 A, 2010.12.08,

CN 102096021 A, 2011.06.15,

JP 平 3-12565 A, 1991.01.21,

李小鹏等. 基于行波固有频率的串补线路故障测距方法. 《电网技术》. 2012, 第 36 卷 (第 6 期), 第 71-76 页.

郭林勇等. 一种提取行波自然频率的单端故障测距方法. 《中国电机工程学报》. 2008, 第 28 卷 (第 10 期), 第 69-75 页.

郝艳妮等. 基于行波自然频率的线路单端故障测距. 《中国智能电网学术研讨会论文集》. 2011, 第 102-106 页.

林圣等. 一种考虑时域特征的单端行波固有频率测距方法. 《电网技术》. 2012, 第 36 卷 (第 7 期), 第 243-248 页.

审查员 张曼

权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(54) 发明名称

一种提高单端行波测距可靠性的方法

(57) 摘要

本发明是一种提高输电线路单端行波测距可靠性的方法,属电力系统继电保护技术领域。对故障电流行波进行小波变换求模极大值,初步确定若干个可能的故障点反射波波头并标定其到达测量的时刻,计算出一组疑似故障距离;对故障电流行波进行傅里叶换求其自然频率分布,确定反映故障位置的自然频率,计算出一个故障距离;逐一对该故障距离与所有疑似故障距离进行比较,当某一疑似故障距离与自然频率法求得的故障距离约等时,确定该疑似故障距离为故障距离的计算值。实际情况和大量仿真表明,该方法能有效提高单端行波测距法的可靠性。



1. 一种提高输电线路单端行波测距可靠性的方法,其特征在于:首先利用单端行波测距求出若干个疑似故障距离 x_{f1} 、 x_{f2} ... x_{fn} , $n = 1, 2, 3, \dots$, 然后利用自然频率法求出故障距离 x'_f , 再将 x'_f 与 x_{f1} 、 x_{f2} ... x_{fn} 进行逐一比较, 若 $x'_f \approx x_{fn}$, 则 x_{fn} 为故障距离的计算值;

具体按以下步骤实施:

A、输电线路发生单相接地故障后,测量端检测并记录故障电流行波,对故障电流行波进行小波变换并求模极大值,对故障电流初始行波波头、疑似故障点反射行波波头以及故障电流初始行波波头和疑似故障点反射行波波头到达测量端的时刻进行标定;

B、利用单端行波测距公式 $x_f = v(t_2 - t_1)/2$, 计算疑似故障距离, 记为 x_{f1} 、 x_{f2} ... x_{fn} , $n = 1, 2, 3, \dots$; 式中 x_f 为疑似故障距离、 v 为行波传播速度、 t_2 和 t_1 分别为故障电流初始行波波头和疑似故障点反射行波波头到达测量端的时刻;

C、对故障电流行波进行 FFT 变换, 得到故障线路的自然频率分布, 将其中的主要成分确定为反映故障电流行波频率特征的主自然频率 f_0 ;

D、利用自然频率测距公式 $x'_f = v/2f_0$, 计算故障距离 x'_f ; 式中 f_0 为主自然频率且满足 $f_0 = 1/2\tau$ 、 τ 为故障电流行波从故障点传播至测量端的时间, v 为行波传播速度;

E、将 x'_f 与 x_{f1} 、 x_{f2} ... x_{fn} 进行逐一比较, 当 $x'_f \approx x_{fn}$ 时, 确定 x_{fn} 为故障距离的计算值。

一种提高单端行波测距可靠性的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及电力系统继电保护技术领域,具体地说是一种自然频率测距与单端行波测距相结合提高单端行波测距可靠性的方法。

背景技术

[0002] 单端行波测距是利用故障点初始行波波头和故障点反射行波波头到达测量端的时刻差进行故障测距的。其测距公式为: $x_f = v(t_2 - t_1)/2$, 式中 x_f 为故障距离、 v 为行波传播速度、 t_2 和 t_1 分别为故障初始行波和故障点反射行波到达测量端的时刻。由公式可以看出: 正确辨识行波是否来自故障点、精确标定故障点行波到达测量端的时刻和准确确定行波传播速度是该方法的关键。然而, 由于噪声和干扰的影响, 使得测量端得到的电流行波具有奇异性, 采用小波变换求模极大值时, 时间轴上会出现一系列不同性质的行波波头, 给来自于故障点行波波头的辨识带来了一定困难, 特别容易造成对故障点反射波波头的误判。

[0003] 从故障行波产生和传播的过程来讲, 当输电线路的某一点发生故障时, 故障点产生的电流或电压行波分别向故障点两侧进行传播, 当行波遇到波阻抗不连续的点时, 行波在该点发生折反射, 并在测量端上得以反映。故障行波在故障点和测量端多次折反射形成反映故障位置的自然频率, 故障行波在测量端和对端多次折反射形成反映线路全长的自然频率。通常情况下, 故障行波形成的自然频率分布中最低次频率幅值最大, 其他频率分量随频率增高而降低。由此看出, 自然频率测距是利用测量端得到的故障行波波头多次折反射形成的高频分量进行故障测距的, 该方法不依赖于某一两个行波波头的精确检测和时刻标定, 但与故障行波过程持续的时间有密切关系。对于母线为多出线结构且故障类型为单相接地故障的情况, 自然频率测距的计算公式为 $x_f = v/2f_0$; 式中, f_0 为主自然频率且满足 $f_0 = 1/2\tau$ 、 τ 为故障行波从故障点传播至测量端的时间, v 为行波传播速度。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种提高输电线路单端行波测距可靠性的方法, 借助自然频率法对单端行波法求得的若干个疑似故障距离进行辨识, 确定有效的计算值, 解决单纯利用单端行波法测距时噪声和干扰的影响增加故障点反射波波头的辨识难度、降低测距可靠性的缺点, 提高单端行波法故障测距的可靠性。

[0005] 本发明提高输电线路单端行波测距可靠性的方法是: 首先利用单端行波测距求出若干个疑似故障距离 $x_{f1}, x_{f2}, \dots, x_{fn}$ ($n=1, 2, 3, \dots$), 然后利用自然频率法求出故障距离 x_f , 再将 x_f 与 $x_{f1}, x_{f2}, \dots, x_{fn}$ 进行逐一比较, 若 $x_f \approx x_{fn}$, 则 x_{fn} 为故障距离的计算值。具体按以下步骤实施:

[0006] A、输电线路发生单相接地故障后, 测量端检测并记录故障电流行波, 对故障电流行波进行小波变换并求模极大值, 对故障电流初始行波波头和疑似故障点反射波波头及其

到达测量端的时刻进行标定；

[0007] B、利用单端行波测距公式 $x_f = v(t_2 - t_1)/2$ ，计算疑似故障距离，记为 x_{f1} 、 x_{f2} … x_{fn} ($n=1,2,3,\dots$)；式中 x_f 为故障距离、 v 为行波传播速度、 t_2 和 t_1 分别为故障初始行波和故障点反射行波到达测量端的时刻；

[0008] C、对故障电流行波进行 FFT 变换 (Fast Fourier Transformation 快速傅里叶变换)，得到故障线路的自然频率分布，将其中的主要成分确定为反映故障电流行波频率特征的主自然频率 f_0 ；

[0009] D、利用自然频率测距公式 $x_f = v/2f_0$ ，计算故障距离 x_f ；式中 f_0 为主自然频率且满足 $f_0 = 1/2\tau$ 、 τ 为故障行波从故障点传播至测量端的时间， v 为行波传播速度；

[0010] E、将 x_f 与 x_{f1} 、 x_{f2} … x_{fn} 进行逐一对比，当 $x_f \approx x_{fn}$ 时，确定 x_{fn} 为故障距离的计算值。

[0011] 本发明的原理是：在输电线路行波测距中，可以采用单端行波测距或自然频率测距方法，对比单端行波测距公式 $x_f = v(t_2 - t_1)/2$ 和自然频率测距公式 $x_f = v/2f_0$ 发现，两套公式均需对行波传播速度 v 进行选定，从该变量的选取来讲，两套公式存在相同的误差风险。但对于单端行波测距而言，若能在测量端时间轴上准确辨识故障初始行波和故障点反射行波的波头，其对应到达测量端的时刻 t_1 和 t_2 就很容易进行标定。而自然频率法测距公式 $x_f = v/2f_0$ 中，还需对主自然频率 f_0 进行精确计算，其精确度直接影响到测距精度。因此，从确定 t_1 、 t_2 和 f_0 两组变量来讲， t_1 、 t_2 的确定依赖于波头性质的辨识，影响的是可靠性；而 f_0 的确定依赖于计算方法，计算方法影响的是精确度。因此，将两种方法相结合，选定单端行波法作为测距的主要方法，自然频率法作为增强单端行波法故障测距可靠性的有效工具，将自然频率法计算求得的故障距离 x_f ，与单端行波测距公式计算的疑似故障距离 x_{f1} 、 x_{f2} … x_{fn} 进行逐一对比，进而确定故障距离的计算值，可以大大提高故障测距的可靠性。

[0012] 本发明与现有技术相比具有如下优点：

[0013] 1、本方法本质上还是单端行波测距法，只需要安装一组检测设备，建设成本低。

[0014] 2、本方法在对故障点反射波波头进行标定时，需要标定的是一组疑似故障点反射波波头，比精确标定波头的难度低。

[0015] 3、本方法借助自然频率法对单端行波法求得的若干个疑似故障距离进行辨识，较单纯利用单端行波法进行故障测距可靠性更高。

附图说明

[0016] 图 1 为本发明实施例线路模型；

[0017] 图 2 为本发明实施例 1 虹沾 I 回线发生单相接地故障时，测量端检测到的实测电流行波波形；

- [0018] 图 3 为本发明实施例图 1 实测波形经小波消噪后的电流行波波形；
- [0019] 图 4 为本发明实施例 1 电流行波的小波变换模极大值；
- [0020] 图 5 为本发明实施例 1 电流行波经 FFT 变换得到的自然频率分布；
- [0021] 图 6 为本发明实施例 2 某输电线路发生 C 相雷击故障时，测量端检测到的实测电流行波波形；
- [0022] 图 7 为本发明实施例 2 电流行波的小波变换模极大值；
- [0023] 图 8 为本发明实施例 2 电流行波经 FFT 变换得到的自然频率分布。

具体实施方式

[0024] 以下结合附图和具体实施方式，对本发明作进一步说明。

[0025] 实施例 1：虹沾输电线路的结构模型如图 1 所示，为母线多出线结构。2008 年 5 月 29 日 20 时 43 分 25 秒，虹沾 I 回线距虹桥变电站 24.3km 发生 A 相接地故障，测量端检测并记录的电流行波波形如图 2 所示。

[0026] 图 2 所示的实测数据受干扰影响较大，对其进行小波消噪，得如图 3 所示的电流行波波形。

[0027] 对消噪后的电流行波进行小波变换求模极大值，如图 4 所示。容易判定波头①为故障初始行波波头，波头⑤为对端母线反射波波头，波头②、③和④为疑似故障点反射波波头，对故障初始行波波头和疑似故障点反射波波头到达测量端的时刻进行标定，取行波传播速度 v 为 298000km/s，利用测距公式 $x_f = v(t_2 - t_1)/2$ ，求得疑似故障距离为 $x_{f1} = 10.71\text{km}$ ， $x_{f2} = 13.09\text{km}$ ， $x_{f3} = 23.88\text{km}$ 。

[0028] 对消噪后的电流行波进行 FFT 变换，求得自然频率的分布如图 5 所示。判断 1992Hz 的频率是反映线路全长的自然频率，6151Hz 的频率是反映故障位置的自然频率。取行波传播速度 v 为 298000km/s，根据测距公式 $x_f = v/2f_0$ ，求得故障距离 $x_f = 24.22\text{ km}$ 。

[0029] 将 $x_f = 24.22\text{ km}$ 与 $x_{f1} = 10.71\text{km}$ 、 $x_{f2} = 13.09\text{km}$ 和 $x_{f3} = 23.88\text{km}$ 分别进行对比，因为 $x_f = 24.22\text{ km}$ 与 $x_{f3} = 23.88\text{km}$ 更为接近，于是判定 $x_{f3} = 23.88\text{km}$ 为故障距离的计算值。与实际值 24.3km 相比，误差为 1.7%。

[0030] 实施例 2：如图 6 所示的波形图为 2009 年 6 月 21 日 20 时 16 分，某输电线路距离始端变电站 18.45km 处发生 C 相雷击故障后测量端检测到的零序电流行波，该输电线路为母线多出线结构形式。

[0031] 对该零序电流行波进行小波变换求模极大值，结果如图 7 所示。容易判定波头①为故障初始行波波头，波头②、③和④为疑似故障点反射波波头，对故障初始行波波头和疑似故障点反射波波头到达测量端的时刻进行标定，取行波传播速度 v 为 298000km/s，利用测距公式 $x_f = v(t_2 - t_1)/2$ ，求得疑似故障距离为 $x_{f1} = 19.37\text{km}$ ， $x_{f2} = 14.00\text{km}$ ， $x_{f3} = 18.87\text{km}$ 。

[0032] 对如图 6 所示的零序电流行波进行 FFT 变换，求得自然频率的分布如图 8 所示。判断 8098Hz 的频率是反映故障位置的自然频率，波传播速度 v 为 298000km/s，根据测距公式

$x_f' = v/2f_0'$, 求得故障距离 $x_f' = 18.41$ km。

[0033] 将 $x_f' = 18.41$ km 与 $x_{f1} = 19.37$ km, $x_{f2} = 14.00$ km 和 $x_{f3} = 18.87$ km 分别进行对比, 因为 $x_f' = 18.41$ km 与 $x_{f3} = 18.87$ km 更为接近, 于是判定 $x_{f3} = 18.87$ km 为故障距离的计算值。与实际值 18.45km 相比, 误差为 2.3%。

[0034] 上面结合附图对本发明的实施方式进行了说明, 但本发明并不限于上述实施方式, 在本领域技术人员所具备的知识范围内, 还可以在不脱离本发明宗旨的前提下做出各种变化。

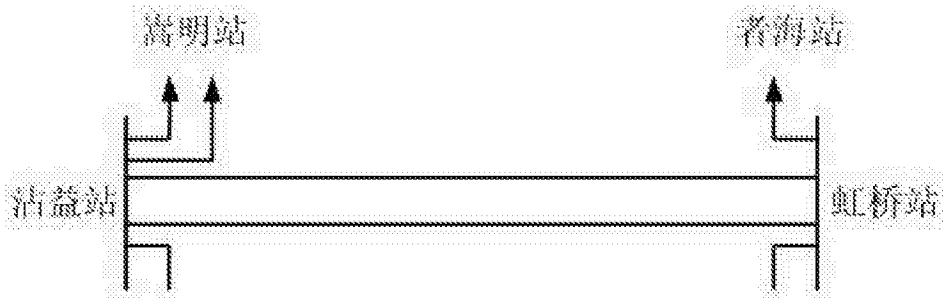


图 1

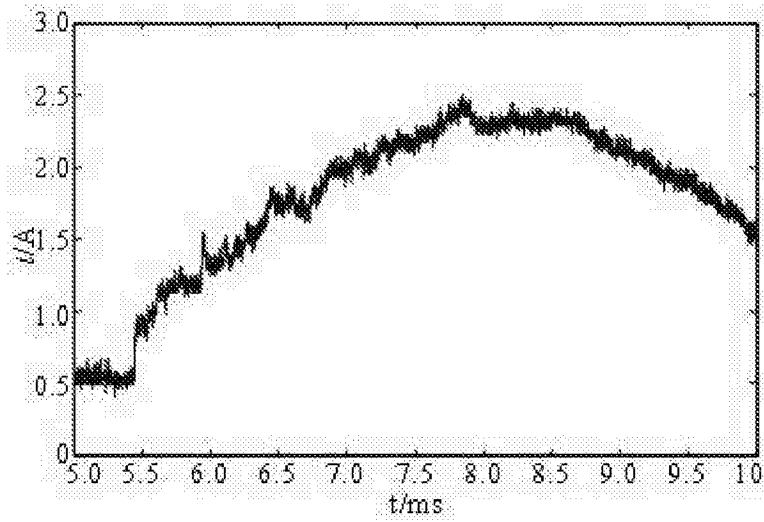


图 2

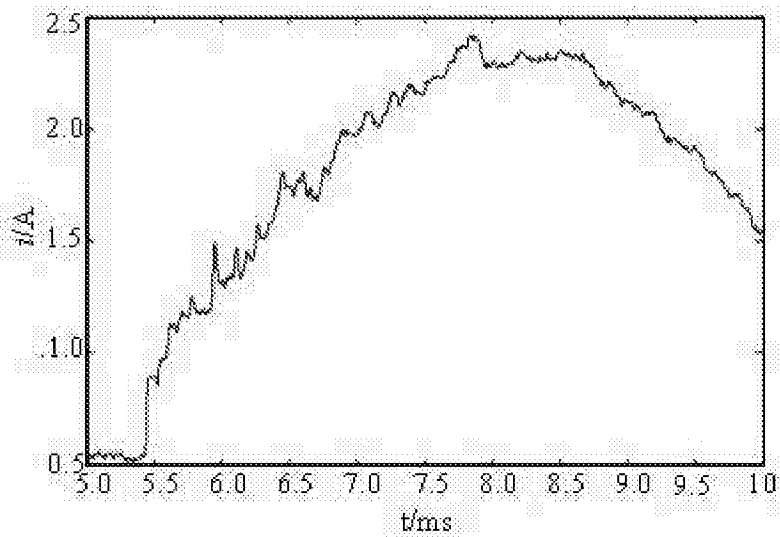


图 3

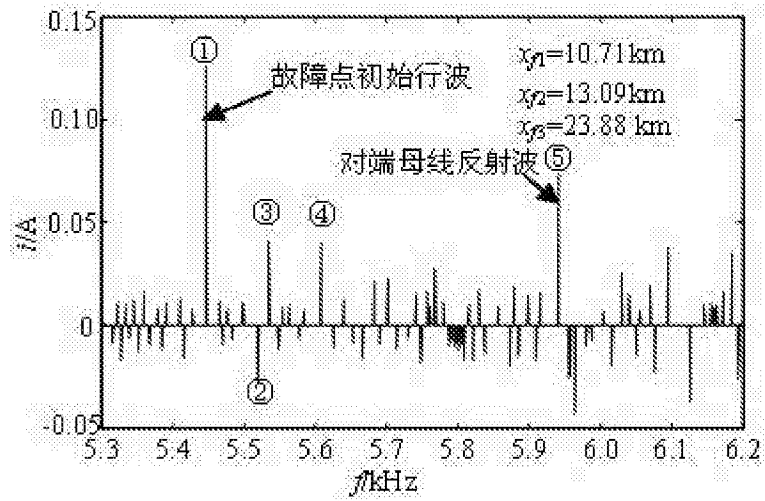


图 4

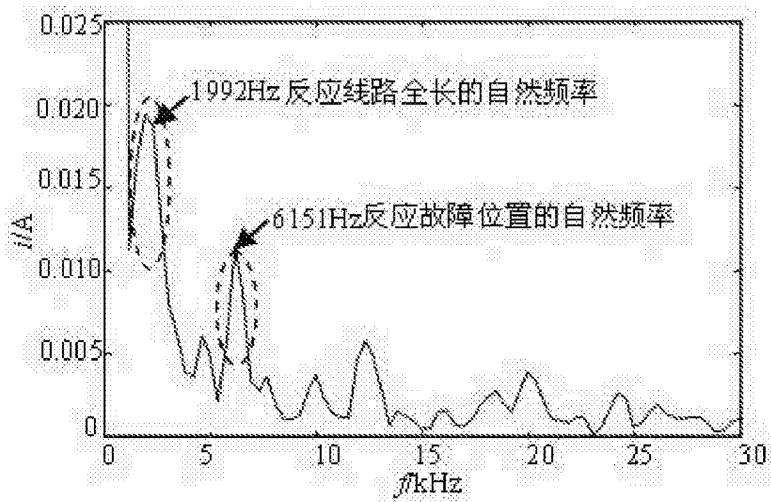


图 5

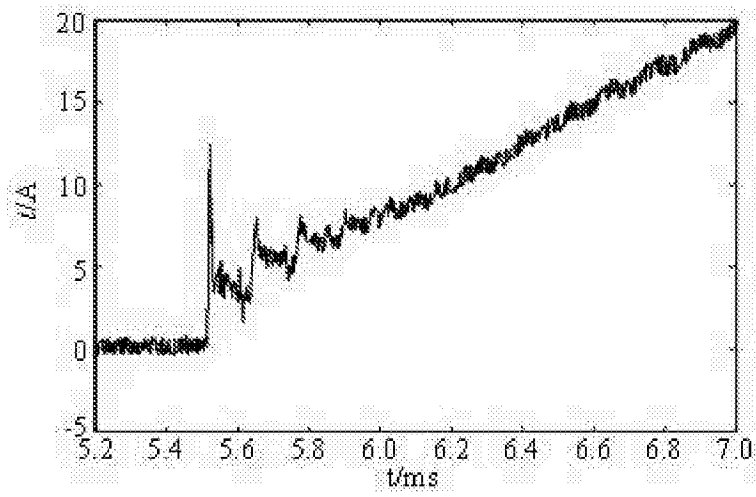


图 6

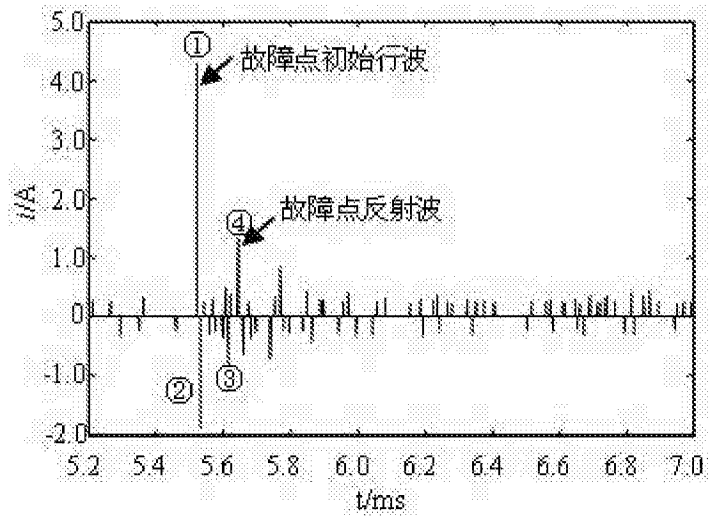


图 7

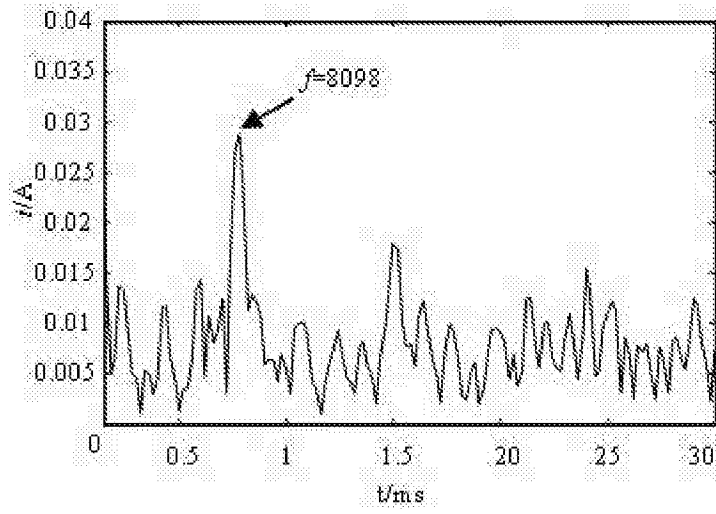


图 8