



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110780160 A

(43)申请公布日 2020.02.11

(21)申请号 201911243618.X

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2019.12.06

G01R 31/08(2006.01)

G01R 31/52(2020.01)

(71)申请人 广东电网有限责任公司

G01R 31/58(2020.01)

地址 510600 广东省广州市越秀区东风东路757号

申请人 广东电网有限责任公司电力调度控制中心

(72)发明人 刘琨 黄明辉 李一泉 陈桥平 邓旭阳 刘世丹 王育学 朱晓华 刘玮 王增超 索江镭 王峰 吴梓亮 张智锐 焦邵麟 屠卿瑞 袁亮荣 谭乾

(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 黄忠

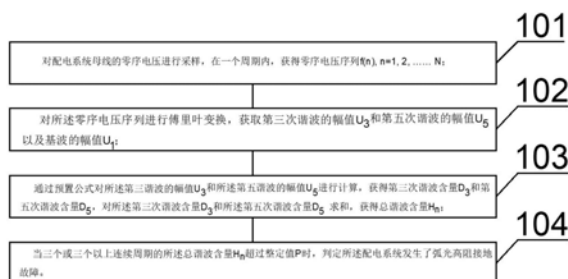
权利要求书2页 说明书11页 附图5页

(54)发明名称

一种弧光高阻接地故障检测方法及其装置

(57)摘要

本发明提供了一种弧光高阻接地故障检测方法,包括获取采样到的零序电压序列f(n)进行傅里叶变换,获取所需的第三次谐波的幅值U<sub>3</sub>和第五次谐波的幅值U<sub>5</sub>以及基波的幅值U<sub>1</sub>,并将根据预置公式求得的第三次谐波含量D<sub>3</sub>和第五次谐波含量D<sub>5</sub>进行求和,获得总谐波含量H<sub>n</sub>,当三个或三个以上连续周期的所述总谐波含量H<sub>n</sub>超过整定值P时,从而判定所述配电系统发生了弧光高阻接地故障。本实施例的方法以谐波的越限来实现检测算法的启动,以线路间暂态零序电流的相关性实现故障线路的判别,具有较高的可靠性和灵敏性;能够高效、快速地识别出弧光高阻接地故障的故障线路,对快速恢复电力系统的稳定运行具有重要的意义。



1. 一种弧光高阻接地故障检测方法,其特征在于,所述方法包括如下步骤:

S1:对配电系统母线的零序电压进行采样,在一个周期内,获得零序电压序列 $f(n)$ , $n=1,2,\dots,N$ ;

S2:对所述零序电压序列进行傅里叶变换,获取第三次谐波的幅值 $U_3$ 和第五次谐波的幅值 $U_5$ 以及基波的幅值 $U_1$ ;

S3:通过预置公式对所述第三谐波的幅值 $U_3$ 和所述第五谐波的幅值 $U_5$ 进行计算,获得第三次谐波含量 $D_3$ 和第五次谐波含量 $D_5$ ,对所述第三次谐波含量 $D_3$ 和所述第五次谐波含量 $D_5$ 求和,获得总谐波含量 $H_n$ ,所述预置公式为:

$$D_n = \frac{U_n}{U_1} \times 100\% ;$$

S4:当三个或三个以上连续周期的所述总谐波含量 $H_n$ 超过整定值 $P$ 时,判定所述配电系统发生了弧光高阻接地故障。

2. 根据权利要求1所述的一种弧光高阻接地故障检测方法,其特征在于,所述方法判定了所述配电系统发生了弧光高阻接故障后,还包括如下步骤:

S5:对配电系统的出线的零序电流进行采样,在 $Q$ 个周期中的一个周期内,获取零序电流序列 $f_q(w)$ , $q=1,2,\dots,Q$ , $w=1,2,\dots,W$ ;

S6:在所述 $Q$ 个周期内,所述第一周期的零序电流序列和所述第二周期的零序电流序列进行叠加,获得第一零序电流序列,所述第十一周期的零序电流序列和所述第十二周期的零序电流序列进行叠加,获得第二零序电流序列,所述第一零序电流序列减去第二零序电流序列,获得各条出线中的一条出线的暂态电流序列 $f(m_1)$ , $m_1=1,2,\dots,M_1$ ;

S7:通过预设公式对所述各条出线之间暂态电流序列进行计算,获得所述各条出线相互之间的相关系数 $R_{xy}$ , $x$ 和 $y$ 分别为不同的两个出线,将获得的所述各条出线中的一条出线 $N$ 与其他出线之间的相关系数 $R_{xy}$ 求和,获得所述出线 $N$ 的总相关系数 $R_N$ ,所述预设公式为:

$$R_{xy} = \frac{\sum_{n=1}^N x(n)y(n)}{\left[ \sum_{n=1}^N x^2(n) \sum_{n=1}^N y^2(n) \right]^{\frac{1}{2}}}$$

S8:比较所述各条出线的总相关系数 $R_N$ 的大小,获得最小总相关系数;

S9:当所述最小总相关系数小于阈值 $K$ ,则判定所述最小总相关系数对应的出线发生了高阻接地故障;当所述最小总相关系数不小于阈值 $K$ ,则判定母线发生了高阻接地障碍。

3. 根据权利要求2所述的一种弧光高阻接地故障检测方法,其特征在于,所述S2中,对所述零序电压序列进行傅里叶变换,获得第一次的至第七次的谐波的幅值 $U_n$ ,再根据幅值 $U_n$ 获取第三次谐波的幅值 $U_3$ 和第五次谐波的幅值 $U_5$ 以及基波的幅值 $U_1$ 。

4. 根据权利要求3所述的一种弧光高阻接地故障检测方法,其特征在于,根据所述幅值 $U_n$ ,获取第三次谐波的幅值 $U_3$ 、第五次谐波的幅值 $U_5$ 和第七次谐波的幅值 $U_7$ 以及基波的幅值 $U_1$ ,通过预置公式,将获得第三次谐波含量 $D_3$ 、第五次谐波含量 $D_5$ 和第七次谐波含量 $D_7$ 进行求和,获得总谐波含量 $H_n$ 。

5. 根据权利要求4所述的一种弧光高阻接地故障检测方法,其特征在于,所述整定值 $P$ 为20%,所述阈值 $K$ 为0.8。

6. 一种弧光高阻接地故障检测装置,其特征在于,所述装置包括如下模块:

电压采样模块:用于对配电系统母线的零序电压进行采样,在一个周期内,获得零序电压序列 $f(n)$ , $n=1,2,\dots,N$ ;

变换模块:用于对所述零序电压序列进行傅里叶变换,获取第三次谐波的幅值 $U_3$ 和第五次谐波的幅值 $U_5$ 以及基波的幅值 $U_1$ ;

求和模块:用于通过预置公式对所述第三谐波的幅值 $U_3$ 和所述第五谐波的幅值 $U_5$ 进行计算,获得第三次谐波含量 $D_3$ 和第五次谐波含量 $D_5$ ,对所述第三次谐波含量 $D_3$ 和所述第五次谐波含量 $D_5$ 求和,获得总谐波含量 $H_n$ ,所述预置公式为:

$$D_n = \frac{U_n}{U_1} \times 100\% ;$$

判定模块:当三个或三个以上连续周期的所述总谐波含量 $H_n$ 超过整定值 $P$ 时,判定所述配电系统发生了弧光高阻接地故障。

7. 根据权利要求6所述的一种弧光高阻接地故障检测装置,其特征在于,所述装置判定了所述配电系统发生了弧光高阻接故障后,还包括下列模块:

电流采样模块:对配电系统的出线的零序电流进行采样,在 $Q$ 个周期中的一个周期内,获取零序电流序列 $f_q(w)$ , $q=1,2,\dots,Q$ , $w=1,2,\dots,W$ ;

暂态电流模块:在所述 $Q$ 个周期内,所述第一周期的零序电流序列和所述第二周期的零序电流序列进行叠加,获得第一零序电流序列,所述第十一周期的零序电流序列和所述第十二周期的零序电流序列进行叠加,获得第二零序电流序列,所述第一零序电流序列减去第二零序电流序列,获得各条出线中的一条出线的暂态电流序列 $f(m_1)$ , $m_1=1,2,\dots,M_1$ ;

相关系数模块:通过预设公式对所述各条出线之间暂态电流序列进行计算,获得所述各条出线相互之间的相关系数 $R_{xy}$ , $x$ 和 $y$ 分别为不同的两个出线,将获得的所述各条出线中的一条出线 $N$ 与其他出线之间的相关系数 $R_{xy}$ 求和,获得所述出线 $N$ 的总相关系数 $R_N$ ,所述预设公式为:

$$R_{xy} = \frac{\sum_{n=1}^N x(n)y(n)}{\left[ \sum_{n=1}^N x^2(n) \sum_{n=1}^N y^2(n) \right]^{\frac{1}{2}}}$$

比较模块:比较所述各条出线的总相关系数 $R_N$ 的大小,获得最小总相关系数;

判断模块:当所述最小总相关系数小于阈值 $K$ ,则判定所述最小总相关系数对应的出线发生了高阻接地故障;当所述最小总相关系数不小于阈值 $K$ ,则判定母线发生了高阻接地故障。

8. 根据权利要求7所述的一种弧光高阻接地故障检测装置,其特征在于,所述变换模块中,对所述零序电压序列进行傅里叶变换,获得第一次的至第七次的谐波的幅值 $U_n$ ,再根据幅值 $U_n$ 获取第三次谐波的幅值 $U_3$ 和第五次谐波的幅值 $U_5$ 以及基波的幅值 $U_1$ 。

9. 根据权利要求8所述的一种弧光高阻接地故障检测装置,其特征在于,所述变换模块和求和模块中,根据所述幅值 $U_n$ ,获取第三次谐波的幅值 $U_3$ 、第五次谐波的幅值 $U_5$ 和第七次谐波的幅值 $U_7$ 以及基波的幅值 $U_1$ ,通过预置公式,将获得第三次谐波含量 $D_3$ 、第五次谐波含量 $D_5$ 和第七次谐波含量 $D_7$ 进行求和,获得总谐波含量 $H_n$ 。

10. 根据权利要求9所述的一种弧光高阻接地故障检测装置,其特征在于,所述整定值 $P$ 为20%,所述阈值 $K$ 为0.8。

## 一种弧光高阻接地故障检测方法及其装置

### 技术领域

[0001] 本发明属于电力系统配电线路继电保护领域,特别涉及一种弧光高阻接地故障检测方法及其装置。

### 背景技术

[0002] 在中性点经消弧线圈接地配电系统中,由于配电线路分支较多,所处的自然地理环境较为复杂,经常发生经树枝、水塘、草地等非金属导电介质接地的弧光高阻接地故障(过渡电阻可达几百甚至上千欧姆)。弧光高阻接地故障发生时通常伴随着高温电弧的产生,容易烧毁线路、引燃周围的易燃物,引发火灾;跌落的线路对周围工作人员的生命安全具有极大的威胁性;故障长时间存在容易诱发相间短路甚至更为严重的三相短路故障,危害性极大。因此有必要研究准确、有效的高阻接地故障检测方法。

[0003] 根据采用的故障特征量的不同,可以将现有的检测方法分为:稳态电气量法,暂态电气量法、行波分量、人工智能法等类,但现阶段的方法均存在一定的死区或局限性。相比于稳态分量,暂态法的暂态分量相对更加显著,但若仅采用暂态法,往往无法直接应对具有显著电弧畸变特性的弧光高阻接地故障,保护装置容易误动;若仅采用谐波法,如仅基于零序电压谐波含量则无法直接实现故障线路的准确判别。人工智能法严重受限于现场试验数据的选取,且其物理意义不明确。

### 发明内容

[0004] 针对上述问题,本发明的实施例提出了一种弧光高阻接地故障检测方法,所述方法具有较高的可靠性和灵敏性;能够高效、快速地识别出弧光高阻接地故障,对快速恢复电力系统的稳定运行具有重要的意义。

[0005] 本发明提供一种弧光高阻接地故障检测方法,所述方法包括如下步骤:

[0006] S1:对配电系统母线的零序电压进行采样,在一个周期内,获得零序电压序列 $f(n)$ , $n=1,2,\dots,N$ ;

[0007] S2:对所述零序电压序列进行傅里叶变换,获取第三次谐波的幅值 $U_3$ 和第五次谐波的幅值 $U_5$ 以及基波的幅值 $U_1$ ;

[0008] S3:通过预置公式对所述第三谐波的幅值 $U_3$ 和所述第五谐波的幅值 $U_5$ 进行计算,获得第三次谐波含量 $D_3$ 和第五次谐波含量 $D_5$ ,对所述第三次谐波含量 $D_3$ 和所述第五次谐波含量 $D_5$ 求和,获得总谐波含量 $H_n$ ,所述预置公式为:

$$[0009] \quad D_n = \frac{U_n}{U_1} \times 100\%;$$

[0010] S4:当三个或三个以上连续周期的所述总谐波含量 $H_n$ 超过整定值 $P$ 时,判定所述配电系统发生了弧光高阻接地故障。

[0011] 其中,所述方法判定了所述配电系统发生了弧光高阻接故障后,还包括如下步骤:

[0012] S5:对配电系统的出线的零序电流进行采样,在 $Q$ 个周期中的一个周期内,获取零

序电流序列 $f_q(w)$ ,  $q=1, 2, \dots, Q$ ,  $w=1, 2, \dots, W$ ;

[0013] S6: 在所述 $Q$ 个周期内, 所述第一周期的零序电流序列和所述第二周期的零序电流序列进行叠加, 获得第一零序电流序列, 所述第十一周期的零序电流序列和所述第十二周期的零序电流序列进行叠加, 获得第二零序电流序列, 所述第一零序电流序列减去第二零序电流序列, 获得各条出线中的一条出线的暂态电流序列 $f(m_1)$ ,  $m_1=1, 2, \dots, M_1$ ;

[0014] S7: 通过预设公式对所述各条出线之间暂态电流序列进行计算, 获得所述各条出线相互之间的相关系数 $R_{xy}$ ,  $x$ 和 $y$ 分别为不同的两个出线, 将获得的所述各条出线中的一条出线 $N$ 与其他出线之间的相关系数 $R_{xy}$ 求和, 获得所述出线 $N$ 的总相关系数 $R_N$ , 所述预设公式为:

$$[0015] \quad R_{xy} = \sum_{n=1}^N x(n)y(n) \left[ \sum_{n=1}^N x^2(n) \sum_{n=1}^N y^2(n) \right]^{-\frac{1}{2}}$$

[0016] S8: 比较所述各条出线的总相关系数 $R_N$ 的大小, 获得最小总相关系数;

[0017] S9: 当所述最小总相关系数小于阈值 $K$ , 则判定所述最小总相关系数对应的出线发生了高阻接地故障; 当所述最小总相关系数不小于阈值 $K$ , 则判定母线发生了高阻接地障碍。

[0018] 其中, 对所述零序电压序列进行傅里叶变换, 获得第一次的至第七次的谐波的幅值 $U_n$ , 再根据幅值 $U_n$ 获取第三次谐波的幅值 $U_3$ 和第五次谐波的幅值 $U_5$ 以及基波的幅值 $U_1$ 。

[0019] 其中, 所述变换模块和求和模块中, 根据所述幅值 $U_n$ , 获取第三次谐波的幅值 $U_3$ 、第五次谐波的幅值 $U_5$ 和第七次谐波的幅值 $U_7$ 以及基波的幅值 $U_1$ , 通过预置公式, 将获得第三次谐波含量 $D_3$ 、第五次谐波含量 $D_5$ 和第七次谐波含量 $D_7$ 进行求和, 获得总谐波含量 $H_n$ 。

[0020] 其中, 所述整定值 $P$ 为20%。所述阈值 $K$ 为0.8。

[0021] 本发明还提供了另一实施例为一种弧光高阻接地故障检测装置: 还包括下列模块:

[0022] 其中, 所述装置判定了所述配电系统发生了弧光高阻接故障后, 还包括下列模块:

[0023] 电流采样模块: 对配电系统的出线的零序电流进行采样, 在 $Q$ 个周期中的一个周期内, 获取零序电流序列 $f_q(w)$ ,  $q=1, 2, \dots, Q$ ,  $w=1, 2, \dots, W$ ;

[0024] 暂态电流模块: 在所述 $Q$ 个周期内, 所述第一周期的零序电流序列和所述第二周期的零序电流序列进行叠加, 获得第一零序电流序列, 所述第十一周期的零序电流序列和所述第十二周期的零序电流序列进行叠加, 获得第二零序电流序列, 所述第一零序电流序列减去第二零序电流序列, 获得各条出线中的一条出线的暂态电流序列 $f(m_1)$ ,  $m_1=1, 2, \dots, M_1$ ;

[0025] 相关系数模块: 通过预设公式对所述各条出线之间暂态电流序列进行计算, 获得所述各条出线相互之间的相关系数 $R_{xy}$ ,  $x$ 和 $y$ 分别为不同的两个出线, 将获得的所述各条出线中的一条出线 $N$ 与其他出线之间的相关系数 $R_{xy}$ 求和, 获得所述出线 $N$ 的总相关系数 $R_N$ , 所述预设公式为:

$$[0026] \quad R_{xy} = \sum_{n=1}^N x(n)y(n) \left[ \sum_{n=1}^N x^2(n) \sum_{n=1}^N y^2(n) \right]^{-\frac{1}{2}}$$

[0027] 比较模块: 比较所述各条出线的总相关系数 $R_N$ 的大小, 获得最小总相关系数;

[0028] 判断模块:当所述最小总相关系数小于阈值K,则判定所述最小总相关系数对应的出线发生了高阻接地故障;当所述最小总相关系数不小于阈值K,则判定母线发生了高阻接地障碍。

[0029] 其中,对所述零序电压序列进行傅里叶变换,1-7次谐波的幅值 $U_n$ ,再根据幅值 $U_n$ 获取第三次谐波的幅值 $U_3$ 和第五次谐波的幅值 $U_5$ 以及基波的幅值 $U_1$ 。

[0030] 其中,所述变换模块和求和模块中,根据所述幅值 $U_n$ ,获取第三次谐波的幅值 $U_3$ 、第五次谐波的幅值 $U_5$ 和第七次谐波的幅值 $U_7$ 以及基波的幅值 $U_1$ ,通过预置公式,将获得第三次谐波含量 $D_3$ 、第五次谐波含量 $D_5$ 和第七次谐波含量 $D_7$ 进行求和,获得总谐波含量 $H_n$ 。

[0031] 其中,所述整定值P为20%,所述阈值K为0.8。

[0032] 从以上技术方案可以看出,本发明的实施例具有以下优点:

[0033] 本发明提供了一种弧光高阻接地故障检测方法,包括获取采样到的零序电压序列 $f(n)$ 进行傅里叶变换,获取所需的第三次谐波的幅值 $U_3$ 和第五次谐波的幅值 $U_5$ 以及基波的幅值 $U_1$ ,并将根据预置公式求得的第三次谐波含量 $D_3$ 和第五次谐波含量 $D_5$ 进行求和,获得总谐波含量 $H_n$ ,当三个或三个以上连续周期的所述总谐波含量 $H_n$ 超过整定值P时,从而判定所述配电系统发生了弧光高阻接地故障。本实施例的方法以谐波的越限来实现检测算法的启动,以线路间暂态零序电流的相关性实现故障线路的判别,具有较高的可靠性和灵敏性;能够高效、快速地识别出弧光高阻接地故障的故障线路,对快速恢复电力系统的稳定运行具有重要的意义。

## 附图说明

[0034] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些附图获得其它的附图。

[0035] 图1为本发明实施例一提供的一种弧光高阻接地故障检测方法的框图;

[0036] 图2为本发明实施例二提供的一种弧光高阻接地故障检测方法的框图;

[0037] 图3为本发明实施例三提供的一种弧光高阻接地故障检测装置的框图;

[0038] 图4为本发明实施例四提供的一种弧光高阻接地故障检测装置的框图;

[0039] 图5为本发明实施例二提供的一种弧光高阻接地故障检测方法的配电线路模型图。

## 具体实施方式

[0040] 本发明实施例提供了一种弧光高阻接地故障检测方法,用于解决如何准确有效的检测弧光高阻接地的技术问题。

[0041] 为使得本发明的发明目的、特征、优点能够更加的明显和易懂,下面将叠加本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,下面所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而非全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其它实施例,都属于本发明保护的范围。

[0042] 请参阅图1,本发明的第一实施例提供一种弧光高阻接地故障检测方法,包括:

[0043] 所述方法包括如下步骤:

[0044] 101:对配电系统母线的零序电压进行采样,在一个周期内,获得零序电压序列 $f(n)$ , $n=1,2,\dots,N$ ;

[0045] 102:对所述零序电压序列进行傅里叶变换,获取第三次谐波的幅值 $U_3$ 和第五次谐波的幅值 $U_5$ 以及基波的幅值 $U_1$ ;其中,对所述零序电压序列进行傅里叶变换,获得第一次的至第七次的谐波的幅值 $U_n$ ,再根据幅值 $U_n$ 获取第三次谐波的幅值 $U_3$ 和第五次谐波的幅值 $U_5$ 以及基波的幅值 $U_1$ 。通常情况下,通过傅里叶变换可以直接得到第三次谐波的幅值 $U_3$ 和第五次谐波的幅值 $U_5$ 以及基波的幅值 $U_1$ ,以便在预置公式中的计算,因此先得到了1-7次谐波的幅值 $U_n$ 。

[0046] 103:通过预置公式对所述第三谐波的幅值 $U_3$ 和所述第五谐波的幅值 $U_5$ 进行计算,获得第三次谐波含量 $D_3$ 和第五次谐波含量 $D_5$ ,对所述第三次谐波含量 $D_3$ 和所述第五次谐波含量 $D_5$ 求和,获得总谐波含量 $H_n$ ,所述预置公式为:

$$[0047] \quad D_n = \frac{U_n}{U_1} \times 100\%$$

[0048] ;其中,根据所述幅值 $U_n$ ,获取第三次谐波的幅值 $U_3$ 、第五次谐波的幅值 $U_5$ 和第七次谐波的幅值 $U_7$ 以及基波的幅值 $U_1$ ,通过预置公式,将获得第三次谐波含量 $D_3$ 、第五次谐波含量 $D_5$ 和第七次谐波含量 $D_7$ 进行求和,获得总谐波含量 $H_n$ 。通常情况下,只需要通过将获得第三次谐波含量 $D_3$ 和第五次谐波含量 $D_5$ 进行求和,选择第三次谐波含量 $D_3$ 和第五次谐波含量 $D_5$ 均为振幅较大的谐波,两者求和获得总谐波含量 $H_n$ 便可以作为比较判断的基础,具有较高的准确性了,如果需要在提高准确性,可以将第七次谐波的幅值 $U_7$ 计算出来,通过预置公式求出第七次谐波含量 $D_7$ ,将获得第三次谐波含量 $D_3$ 、第五次谐波含量 $D_5$ 和第七次谐波含量 $D_7$ 进行求和,获得总谐波含量 $H_n$ ,由于第七次谐波的幅值 $U_7$ 幅值较大的谐波,因此通过引入第七次谐波的幅值 $U_7$ 来进行检测,能够得到更加准确的结果。

[0049] 104:当三个或三个以上连续周期的所述总谐波含量 $H_n$ 超过整定值 $P$ 时,判定所述配电系统发生了弧光高阻接地故障。所述三个或三个以上连续周期的所述总谐波含量 $H_n$ 超过整定值 $P$ 是在判定的过程中,存在一次或者两次的总谐波含量 $H_n$ 连续超过整定值 $P$ 的原因有可能是电流变化等误差所致,但是当存在有连续三个周期或三个周期以上的总谐波含量 $H_n$ 都超过整定值 $P$ 的时候,断定发生了弧光高阻接地故障。

[0050] 本实施例的方法以谐波的越限来实现检测算法的启动,以线路间暂态零序电流的相关性实现故障线路的判别,具有较高的可靠性和灵敏性;能够高效、快速地识别出弧光高阻接地故障的故障线路,对快速恢复电力系统的稳定运行具有重要的意义。

[0051] 相较于现有稳态分量,本实施的检测方法敏感度更高,精度更加准确;相较于暂态法,本实施例不存在有无法直接应对具有显著电弧畸变特性的弧光高阻接地故障,保护装置容易误动的问题,并且能够克服伴随弧光高阻接地故障产生的非线性电弧畸变的影响,能够快速、正确地识别出弧光高阻接地故障的发生,有利于快速恢复线路的正常供电;相较于谐波法,本实施例的检测方法不仅仅零序电压谐波含量,而是通过以谐波的越限来实现检测算法的启动,以线路间暂态零序电流的相关性实现故障线路的判别的;相较于人工智能的严重受限于现场试验数据的选取,且其物理意义不明确的问题,本实施例提供的方

法能够以线路间暂态零序电流的相关性实现故障线路的判别,其具有非常明确的物理意义。

[0052] 其中,

[0053] 请参阅图2,本发明的第二实施例提供一种弧光高阻接地故障检测方法,包括如下步骤:

[0054] 201:对配电系统母线的零序电压进行采样,在一个周期内,获得零序电压序列 $f(n)$ , $n=1,2,\dots,N$ ;

[0055] 202:对所述零序电压序列进行傅里叶变换,获取第三次谐波的幅值 $U_3$ 和第五次谐波的幅值 $U_5$ 以及基波的幅值 $U_1$ ;

[0056] 203:通过预置公式对所述第三谐波的幅值 $U_3$ 和所述第五谐波的幅值 $U_5$ 进行计算,获得第三次谐波含量 $D_3$ 和第五次谐波含量 $D_5$ ,对所述第三次谐波含量 $D_3$ 和所述第五次谐波含量 $D_5$ 求和,获得总谐波含量 $H_n$ ,所述预置公式为:

$$[0057] \quad D_n = \frac{U_n}{U_1} \times 100\%;$$

[0058] 204:当三个或三个以上连续周期的所述总谐波含量 $H_n$ 超过整定值 $P$ 时,判定所述配电系统发生了弧光高阻接地故障;

[0059] 205:对配电系统的出线的零序电流进行采样,在 $Q$ 个周期中的一个周期内,获取零序电流序列 $f_q(w)$ , $q=1,2,\dots,Q$ , $w=1,2,\dots,W$ ;

[0060] 206:在所述 $Q$ 个周期内,所述第一周期的零序电流序列和所述第二周期的零序电流序列进行叠加,获得第一零序电流序列,所述第十一周期的零序电流序列和所述第十二周期的零序电流序列进行叠加,获得第二零序电流序列,所述第一零序电流序列减去第二零序电流序列,获得各条出线中的一条出线的暂态电流序列 $f(m_1)$ , $m_1=1,2,\dots,M_1$ ;

[0061] 207:通过预设公式对所述各条出线之间暂态电流序列进行计算,获得所述各条出线相互之间的相关系数 $R_{xy}$ , $x$ 和 $y$ 分别为不同的两个出线,将获得的所述各条出线中的一条出线 $N$ 与其他出线之间的相关系数 $R_{xy}$ 求和,获得所述出线 $N$ 的总相关系数 $R_N$ ,所述预设公式为:

$$[0062] \quad R_{xy} = \frac{\sum_{n=1}^N x(n)y(n)}{\left[ \sum_{n=1}^N x^2(n) \sum_{n=1}^N y^2(n) \right]^{\frac{1}{2}}}$$

[0063] 208:比较所述各条出线的总相关系数 $R_N$ 的大小,获得最小总相关系数;

[0064] 209:当所述最小总相关系数小于阈值 $K$ ,则判定所述最小总相关系数对应的出线发生了高阻接地故障;当所述最小总相关系数不小于阈值 $K$ ,则判定母线发生了高阻接地障碍。

[0065] 本实施例中,通过先检测出存在有弧光高阻接地故障的情况,再对配电系统出线的零序电压进行采样,通过第一周期和第二周期叠加减去第十周期和第十二周期叠加的差,得到暂态电流序列 $f(m_1)$ ,通过算法公式得到各条出线相对于其他出线的相关系数,并求得各条出线的相关系数之和,得到总相关系数 $R_n$ ,根据最小总相关系数小于阈值 $K$ ,既可以判断该最小总相关系数对应的出线发生了弧光高阻接地,当所述最小总相关系数不小于阈值 $K$ 的时候,可以判定母线发生了高阻接地故障。判断是哪条线路发生了高阻接地故障是非



常重要的,特别是在电网电路的维修过程中,能够迅速判断到哪条线路出现问题,维修人员能够快速赶到现场进行处理,能够避免弧光高阻接地故障发生时通常伴随着高温电弧的产生,容易烧毁线路、引燃周围的易燃物,引发火灾;跌落的线路对周围工作人员的生命安全具有极大的威胁性;故障长时间存在容易诱发相间短路甚至更为严重的三相短路故障,危害性极大等问题,对人民群众的生命安全以及财产具有非常大的保护意义。本实施例中提供的方法方便快捷,灵敏性高,可靠性强,能够快速识别到是发生了弧光高阻接地故障的线路,对快速恢复电力系统的稳定运行具有重要的意义。

[0066] 具体实施上述实施例:

[0067] 本发明实施例是采用的配电线路模型如图5所示。弧光高阻接地故障发生于0.065s,仿真模型的采样频率 $f=2500\text{Hz}$ 。

[0068] 对零序电压实时监测,对采样值序列进行傅里叶变换后,提取1-7次谐波的幅值 $U_n$ ,并计算单次谐波的含量 $D_n$ ,并以3、5、7次谐波的含量和作为其总谐波含量 $H_n$ 。从第4周波开始,总谐波含量首次超过P(整定值P取值20%),第4-6周波的零序电压序列为:

[0069]  $U_0=[0.00\ 0.00\ 0.00\ 0.00\ 0.00\ 0.00\ 0.00\ 0.00\ 0.00\ 0.00\ 0.00\ 0.00\ 0.00\ 0.00$   
 $0.11\ 0.14\ 0.19\ 0.20\ 0.19\ 0.22\ 0.20\ 0.21\ 0.20\ 0.19\ 0.18\ 0.16\ 0.15\ 0.12\ 0.10$   
 $0.07\ 0.04\ 0.02\ -0.01\ -0.04\ -0.07\ -0.09\ -0.12\ -0.14\ -0.16\ -0.18\ -0.19\ -0.20\ -$   
 $0.21\ -0.21\ -0.22\ -0.22\ -0.21\ -0.20\ -0.19\ -0.18\ -0.16\ -0.14\ -0.08\ -0.04\ 0.00$   
 $0.00\ 0.00\ 0.00\ 0.00\ 0.00\ 0.01\ 0.03\ 0.06\ 0.08\ 0.10\ 0.11\ 0.13\ 0.14\ 0.14\ 0.14$   
 $0.14\ 0.13\ 0.13\ 0.11\ 0.10\ 0.08\ 0.06\ 0.04\ 0.02\ 0.00\ 0.00\ 0.00\ 0.00\ 0.00\ 0.00\ -$   
 $0.01\ -0.03\ -0.06\ -0.08\ -0.10\ -0.11\ -0.13\ -0.14\ -0.14\ -0.14\ -0.14\ -0.13\ -0.13$   
 $-0.11\ -0.10\ -0.08\ -0.06\ -0.04\ -0.02\ 0.00\ 0.00\ 0.00\ 0.00\ 0.00\ 0.00\ 0.01\ 0.03$   
 $0.06\ 0.08\ 0.10\ 0.12\ 0.13\ 0.14\ 0.14\ 0.14\ 0.14\ 0.14\ 0.13\ 0.11\ 0.10\ 0.08\ 0.06$   
 $0.04\ 0.02\ 0.00\ 0.00\ 0.00\ 0.00\ 0.00\ 0.00\ -0.01\ -0.03\ -0.06\ -0.08\ -0.10\ -0.11\ -$   
 $0.13\ -0.13\ -0.14\ -0.14\ -0.14\ -0.13\ -0.13\ -0.11\ -0.10\ -0.08]$

[0070] 计算得到4、5、6连续三个周波的总谐波含量分别为35%,42%,37%,均满足大于P,对4条线路的零序电流进行采样后获得12个周波的零序电流采样值序列,4条线路前2个周波的零序电流分别为:

[0071]  $I_{10}=[0.18\ 0.05\ -0.12\ -0.08\ -0.08\ 0.05\ 0.03\ 0.05\ -0.02\ -0.03\ -0.02$   
 $0.03\ 0.05\ 0.05\ 0.03\ 0.02\ 0.02\ 0.04\ 0.05\ 0.04\ 0.04\ 0.03\ 0.02\ 0.02\ 0.02\ 0.02$   
 $0.01\ 0.00\ 0.00\ -0.01\ -0.01\ -0.02\ -0.02\ -0.03\ -0.04\ -0.04\ -0.04\ -0.05\ -0.05\ -$   
 $0.05\ -0.05\ -0.05\ -0.05\ -0.05\ -0.04\ -0.04\ -0.04\ -0.03\ -0.03\ -0.02\ -0.01\ -0.01$   
 $0.00\ 0.01\ 0.01\ 0.02\ 0.03\ 0.04\ 0.04\ 0.05\ 0.05\ 0.05\ 0.06\ 0.06\ 0.06\ 0.06\ 0.06$   
 $0.06\ 0.06\ 0.05\ 0.05\ 0.04\ 0.04\ 0.03\ 0.02\ 0.01\ 0.01\ 0.00\ -0.01\ -0.02\ -0.02\ -$   
 $0.03\ -0.04\ -0.05\ -0.05\ -0.06\ -0.06\ -0.06\ -0.06\ -0.07\ -0.07\ -0.06\ -0.06\ -0.06$   
 $-0.06\ -0.05\ -0.05\ -0.04\ -0.03\ -0.02\ -0.02]$

[0072]  $I_{20}=[-5.38\ -1.14\ -3.56\ -2.82\ -1.45\ -1.21\ -0.75\ -0.15\ 0.28\ 0.84\ 1.32$   
 $1.82\ 2.28\ 2.65\ 2.96\ 3.20\ 3.39\ 3.50\ 3.54\ 3.48\ 3.35\ 3.13\ 2.85\ 2.50\ 2.09\ 1.62$   
 $1.11\ 0.56\ -0.02\ -0.60\ -1.19\ -1.77\ -2.33\ -2.86\ -3.34\ -3.78\ -4.16\ -4.47\ -4.71\ -$   
 $4.87\ -4.94\ -4.93\ -4.84\ -4.66\ -4.39\ -4.05\ -3.63\ -3.15\ -2.60\ -2.00\ -1.36\ -0.69$

0.00 0.71 1.40 2.09 2.75 3.37 3.94 4.46 4.91 5.28 5.58 5.78 5.90 5.92 5.85  
5.68 5.42 5.07 4.64 4.13 3.55 2.91 2.22 1.49 0.73 -0.04 -0.82 -1.59 -2.34 -  
3.06 -3.73 -4.34 -4.90 -5.37 -5.77 -6.07 -6.28 -6.39 -6.41 -6.32 -6.13 -5.85  
-5.47 -5.01 -4.46 -3.84 -3.17 -2.44 -1.66]

[0073]  $I_{30} = [-5.02 -9.06 -4.59 -4.81 -3.72 -2.82 -1.62 -0.81 0.62 1.45 2.65$   
3.57 4.53 5.34 6.07 6.63 7.05 7.31 7.40 7.33 7.09 6.69 6.12 5.42 4.58 3.62  
2.57 1.44 0.25 -0.97 -2.20 -3.42 -4.61 -5.73 -6.78 -7.72 -8.54 -9.23 -9.76 -  
10.13 -10.33 -10.35 -10.19 -9.86 -9.34 -8.66 -7.82 -6.83 -5.72 -4.49 -3.16 -  
1.77 -0.33 1.14 2.61 4.05 5.45 6.77 8.00 9.11 10.08 10.90 11.56 12.03 12.31  
12.40 12.29 11.99 11.48 10.80 9.93 8.90 7.72 6.41 4.98 3.47 1.90 0.28 -1.35 -  
2.97 -4.55 -6.07 -7.50 -8.81 -10.00 -11.04 -11.90 -12.58 -13.07 -13.35-13.43  
-13.29 -12.95 -12.40 -11.65 -10.72 -9.61 -8.36 -6.96 -5.46 -3.86]

[0074]  $I_{40} = [15.86 10.70 8.53 10.75 7.44 6.75 5.84 5.18 3.58 2.84 1.68 0.72 -$   
0.37 -1.22 -2.12 -2.90 -3.62-4.24 -4.79 -5.22 -5.57 -5.82 -5.98 -6.05 -6.03 -  
5.93 -5.75 -5.50 -5.18 -4.81 -4.39 -3.93 -3.43 -2.91 -2.38 -1.84 -1.30 -0.77  
-0.26 0.24 0.70 1.13 1.53 1.88 2.19 2.45 2.66 2.82 2.93 2.99 3.00 2.97 2.90  
2.78 2.63 2.44 2.23 1.99 1.73 1.46 1.18 0.89 0.61 0.32 0.05 -0.22 -0.47 -0.69  
-0.90 -1.09 -1.24 -1.37 -1.47 -1.55 -1.59 -1.61 -1.59 -1.55 -1.49 -1.40 -1.30  
-1.17 -1.03 -0.88 -0.72 -0.55 -0.38 -0.20 -0.03 0.13 0.29 0.43 0.57 0.69 0.79  
0.87 0.94 0.99 1.02 1.02 1.01]

[0075] 第11-12个周波的零序电流为:

[0076]  $I_{h10} = [-0.02 -0.01 0.00 0.01 0.01 0.02 0.03 0.04 0.05 0.05 0.06 0.06$   
0.07 0.07 0.07 0.07 0.07 0.07 0.06 0.06 0.05 0.05 0.04 0.04 0.03 0.02 0.01  
0.00 -0.01 -0.01 -0.02 -0.03 -0.04 -0.05 -0.05 -0.06 -0.06 -0.07 -0.07 -0.07  
-0.07 -0.07 -0.07 -0.06 -0.06-0.05 -0.05 -0.04 -0.04 -0.03 -0.02 -0.01 0.00  
0.01 0.01 0.02 0.03 0.04 0.05 0.05 0.06 0.06 0.07 0.07 0.07 0.07 0.07 0.07  
0.06 0.06 0.05 0.05 0.04 0.04 0.03 0.02 0.01 0.00 -0.01 -0.01 -0.02-0.03 -  
0.04 -0.05 -0.05 -0.06 -0.06 -0.07 -0.07 -0.07 -0.07-0.07 -0.07 -0.06 -0.06 -  
0.05 -0.05 -0.04 -0.04 -0.03 -0.02]

[0077]  $I_{h20} = [-1.94 -1.12 -0.28 0.57 1.40 2.22 3.00 3.73 4.40 5.01 5.53 5.97$   
6.31 6.56 6.70 6.73 6.66 6.48 6.21 5.83 5.36 4.81 4.18 3.49 2.74 1.94 1.12  
0.28 -0.57 -1.40 -2.22 -3.00 -3.73 -4.40 -5.01 -5.53 -5.97 -6.31 -6.56 -6.70  
-6.73 -6.66 -6.48 -6.21 -5.83-5.36 -4.81 -4.18 -3.49 -2.74 -1.94 -1.12 -0.28  
0.57 1.40 2.22 3.00 3.73 4.40 5.01 5.53 5.97 6.31 6.56 6.70 6.73 6.66 6.48  
6.21 5.83 5.36 4.81 4.18 3.49 2.74 1.94 1.12 0.28 -0.57 -1.40 -2.22 -3.00 -  
3.73 -4.40 -5.01 -5.53 -5.97 -6.31 -6.56 -6.70 -6.73 -6.66 -6.48 -6.21 -5.83  
-5.36 -4.81 -4.18 -3.49 -2.74 -1.94]

[0078]  $I_{h30} = [-4.45 -2.74 -0.99 0.78 2.54 4.26 5.91 7.47 8.91 10.21 11.35$   
12.31 13.07 13.63 13.98 14.10 14.00 13.68 13.15 12.40 11.47 10.35 9.07 7.64

6.09 4.45 2.74 0.99 -0.78 -2.54 -4.26 -5.91 -7.47 -8.91 -10.21 -11.35-12.31 -  
 13.07 -13.63 -13.98 -14.10 -14.00 -13.68 -13.15 -12.40 -11.47 -10.35 -9.07 -  
 7.64 -6.09 -4.45 -2.74 -0.99 0.78 2.54 4.26 5.91 7.47 8.91 10.21 11.35 12.31  
 13.07 13.63 13.98 14.10 14.00 13.68 13.15 12.40 11.47 10.35 9.07 7.64 6.09  
 4.45 2.74 0.99 -0.78 -2.54 -4.26 -5.91 -7.47 -8.91 -10.21 -11.35 -12.31 -  
 13.07 -13.63 -13.98-14.10 -14.00 -13.68 -13.15 -12.40 -11.47 -10.35 -9.07 -  
 7.64 -6.09 -4.45]

[0079]  $I_{h40}=[0.77\ 0.69\ 0.60\ 0.50\ 0.40\ 0.28\ 0.17\ 0.05\ -0.07\ -0.19\ -0.31\ -0.42$   
 $-0.53\ -0.62\ -0.71\ -0.78\ -0.85\ -0.90\ -0.93\ -0.95\ -0.96\ -0.95\ -0.93\ -0.89\ -0.84$   
 $-0.77\ -0.69\ -0.60\ -0.50\ -0.40\ -0.28\ -0.17\ -0.05\ 0.07\ 0.19\ 0.31\ 0.42\ 0.53\ 0.62$   
 $0.71\ 0.78\ 0.85\ 0.90\ 0.93\ 0.95\ 0.96\ 0.95\ 0.93\ 0.89\ 0.84\ 0.77\ 0.69\ 0.60\ 0.50$   
 $0.40\ 0.28\ 0.17\ 0.05\ -0.07\ -0.19\ -0.31\ -0.42\ -0.53\ -0.62\ -0.71-0.78\ -0.85\ -$   
 $0.90\ -0.93\ -0.95\ -0.96\ -0.95\ -0.93\ -0.89\ -0.84-0.77\ -0.69\ -0.60\ -0.50\ -0.40\ -$   
 $0.28\ -0.17\ -0.05\ 0.07\ 0.19\ 0.31\ 0.42\ 0.53\ 0.62\ 0.71\ 0.78\ 0.85\ 0.90\ 0.93\ 0.95$   
 $0.96\ 0.95\ 0.93\ 0.89\ 0.84\ 0.77]$

[0080] 用前两个周波的零序电流减去11-12的2个周波的零序电流后,获得的故障暂态零序电流为:

[0081]  $I_{z10}=[0.20\ 0.06\ -0.12\ -0.09\ -0.09\ 0.02\ 0.00\ 0.01\ -0.07\ -0.08\ -0.07\ -$   
 $0.03\ -0.02\ -0.02\ -0.04\ -0.05\ -0.05\ -0.03\ -0.02\ -0.02\ -0.02\ -0.02\ -0.02\ -0.01$   
 $0.00\ 0.00\ 0.00\ 0.00\ 0.00\ 0.01\ 0.01\ 0.01\ 0.02\ 0.02\ 0.02\ 0.02\ 0.02\ 0.02\ 0.02$   
 $0.02\ 0.02\ 0.02\ 0.02\ 0.02\ 0.01\ 0.01\ 0.01\ 0.01\ 0.01\ 0.01\ 0.01\ 0.00\ 0.00\ 0.00$   
 $0.00\ 0.00\ 0.00\ 0.00\ 0.00-0.01-0.01-0.01\ -0.01-0.01\ -0.01\ -0.01\ -0.01\ -0.01\ -$   
 $0.01\ -0.01\ -0.01\ -0.01\ -0.01-0.01\ -0.01\ 0.00\ 0.00\ 0.00\ 0.00\ 0.00\ 0.00\ 0.00$   
 $0.00\ 0.00\ 0.00\ 0.00\ 0.00\ 0.00\ 0.00\ 0.00\ 0.00\ 0.00\ 0.00\ 0.00\ 0.00\ 0.00\ 0.00$   
 $0.00\ 0.00\ 0.00\ 0.00]$

[0082]  $I_{z20}=[-3.44\ -0.02\ -3.29\ -3.39\ -2.86\ -3.43\ -3.75\ -3.88\ -4.13\ -4.16\ -$   
 $4.22\ -4.15\ -4.03\ -3.91\ -3.74\ -3.53\ -3.27\ -2.98\ -2.67\ -2.35\ -2.02\ -1.68\ -1.33$   
 $-0.99\ -0.65\ -0.32\ -0.01\ 0.28\ 0.55\ 0.80\ 1.03\ 1.23\ 1.40\ 1.55\ 1.66\ 1.75\ 1.81$   
 $1.84\ 1.85\ 1.83\ 1.79\ 1.73\ 1.65\ 1.55\ 1.44\ 1.31\ 1.18\ 1.03\ 0.89\ 0.73\ 0.58\ 0.43$   
 $0.28\ 0.14\ 0.00-0.13\ -0.25\ -0.36\ -0.46\ -0.55\ -0.62\ -0.68\ -0.74-0.77\ -0.80\ -$   
 $0.81\ -0.82\ -0.81\ -0.79\ -0.76\ -0.73\ -0.68\ -0.63\ -0.58\ -0.52-0.45\ -0.39\ -0.32\ -$   
 $0.25\ -0.19\ -0.12\ -0.06\ 0.00\ 0.06\ 0.11\ 0.16\ 0.20\ 0.24\ 0.28\ 0.30\ 0.33\ 0.34\ 0.35$   
 $0.36\ 0.36\ 0.36\ 0.35\ 0.34\ 0.32\ 0.30\ 0.28]$

[0083]  $I_{z30}=[-0.56\ -6.32\ -3.61\ -5.60\ -6.26\ -7.09\ -7.53\ -8.28\ -8.29\ -8.76\ -$   
 $8.70\ -8.74\ -8.54\ -8.30\ -7.91\ -7.47\ -6.95\ -6.37\ -5.75\ -5.08\ -4.38\ -3.66\ -2.94$   
 $-2.22\ -1.52\ -0.83\ -0.17\ 0.46\ 1.04\ 1.57\ 2.06\ 2.49\ 2.86\ 3.18\ 3.43\ 3.63\ 3.77$   
 $3.85\ 3.87\ 3.84\ 3.77\ 3.65\ 3.49\ 3.29\ 3.06\ 2.81\ 2.53\ 2.23\ 1.92\ 1.61\ 1.29\ 0.97$   
 $0.66\ 0.36\ 0.07-0.21\ -0.47\ -0.70\ -0.91\ -1.10\ -1.27\ -1.41\ -1.52\ -1.60\ -1.66-$   
 $1.70\ -1.71\ -1.70\ -1.66\ -1.61\ -1.54\ -1.45\ -1.35\ -1.23\ -1.11-0.98\ -0.84\ -0.71\ -$

0.56 -0.42 -0.29 -0.15 -0.02 0.10 0.21 0.31 0.41 0.49 0.56 0.62 0.67 0.71  
0.74 0.75 0.75 0.75 0.73 0.71 0.68 0.64 0.59]

[0084]  $I_{z40}=[15.09\ 10.01\ 7.93\ 10.24\ 7.04\ 6.47\ 5.67\ 5.14\ 3.65\ 3.03\ 1.99\ 1.14\ 0.16\ -0.60\ -1.41\ -2.11\ -2.77\ -3.34\ -3.85\ -4.27\ -4.61\ -4.87\ -5.05\ -5.16\ -5.20\ -5.16\ -5.06\ -4.89\ -4.68\ -4.41\ -4.10\ -3.76\ -3.39\ -2.99\ -2.57\ -2.15\ -1.72\ -1.30\ -0.88\ -0.47\ -0.08\ 0.29\ 0.63\ 0.95\ 1.23\ 1.49\ 1.71\ 1.89\ 2.04\ 2.15\ 2.23\ 2.28\ 2.29\ 2.28\ 2.23\ 2.16\ 2.06\ 1.94\ 1.81\ 1.65\ 1.49\ 1.31\ 1.13\ 0.94\ 0.75\ 0.57\ 0.38\ 0.20\ 0.03\ -0.13\ -0.28\ -0.42\ -0.55\ -0.66\ -0.76\ -0.84\ -0.90\ -0.95\ -0.99\ -1.01\ -1.01\ -1.00\ -0.98\ -0.95\ -0.91\ -0.86\ -0.80\ -0.73\ -0.65\ -0.58\ -0.50\ -0.41\ -0.33\ -0.25\ -0.17\ -0.09\ -0.01\ 0.06\ 0.13\ 0.19\ 0.24]$

[0085] 计算4条线路间暂态零序电流的相关系数,如表1所示。通过表1可以发现,第3条线路所对应的总相关系数最小,仅为0.05,此时将第3条线路判别为疑似发生弧光高阻接地故障,并且该线路与其他线路暂态电流的相关系数均小于K(整定值K取值0.8),则将其判断为发生了弧光高阻接地故障。

[0086] 表1线路间暂态零序电流的相关系数

线路	1	2	3	4
1	1.00	0.96	-0.31	0.91
2	0.96	1.00	-0.24	0.82
3	-0.31	-0.24	1.00	-0.40
4	0.91	0.82	-0.40	1.00
总相关系数	2.56	2.54	0.05	2.32

[0087] [0088] 请参阅图3,本发明的第三实施例提供一种弧光高阻接地故障检测装置,所述装置包括如下模块:

[0089] 电压采样模块301:用于对配电系统母线的零序电压进行采样,在一个周期内,获得零序电压序列 $f(n)$ , $n=1,2,\dots,N$ ;

[0090] 变换模块302:用于对所述零序电压序列进行傅里叶变换,获取第三次谐波的幅值 $U_3$ 和第五次谐波的幅值 $U_5$ 以及基波的幅值 $U_1$ ;

[0091] 求和模块303:用于通过预置公式对所述第三谐波的幅值 $U_3$ 和所述第五谐波的幅值 $U_5$ 进行计算,获得第三次谐波含量 $D_3$ 和第五次谐波含量 $D_5$ ,对所述第三次谐波含量 $D_3$ 和所述第五次谐波含量 $D_5$ 求和,获得总谐波含量 $H_n$ ,所述预置公式为:

[0092] 
$$D_n = \frac{U_n}{U_1} \times 100\%;$$

[0093] 判定模块304:当三个或三个以上连续周期的所述总谐波含量 $H_n$ 超过整定值P时,判定所述配电系统发生了弧光高阻接地故障。

[0094] 所属领域的技术人员可以清楚地了解到,为描述的方便和简洁,上述描述的系统,装置和单元的具体工作过程,可以参考前述方法实施例中的对应过程,在此不再赘述。

[0095] 请参阅图5,本发明的第四实施例提供了一种弧光高阻接地故障检测装置,其特征在于,所述装置还包括下列模块:

[0096] 所述装置包括如下模块:

[0097] 电压采样模块401:用于对配电系统母线的零序电压进行采样,在一个周期内,获得零序电压序列 $f(n)$ , $n=1,2,\dots,N$ ;

[0098] 变换模块402:用于对所述零序电压序列进行傅里叶变换,获取第三次谐波的幅值 $U_3$ 和第五次谐波的幅值 $U_5$ 以及基波的幅值 $U_1$ ;

[0099] 求和模块403:用于通过预置公式对所述第三谐波的幅值 $U_3$ 和所述第五谐波的幅值 $U_5$ 进行计算,获得第三次谐波含量 $D_3$ 和第五次谐波含量 $D_5$ ,对所述第三次谐波含量 $D_3$ 和所述第五次谐波含量 $D_5$ 求和,获得总谐波含量 $H_n$ ,所述预置公式为:

$$[0100] \quad D_n = \frac{U_n}{U_1} \times 100\%;$$

[0101]

[0102] 判定模块404:当三个或三个以上连续周期的所述总谐波含量 $H_n$ 超过整定值 $P$ 时,判定所述配电系统发生了弧光高阻接地故障。

[0103] 所述装置判定了所述配电系统发生了弧光高阻接地故障后,还包括下列模块:

[0104] 电流采样模块405:对配电系统的出线的零序电流进行采样,在 $Q$ 个周期中的一个周期内,获取零序电流序列 $f_q(w)$ , $q=1,2,\dots,Q$ , $w=1,2,\dots,W$ ;

[0105] 暂态电流模块406:在所述 $Q$ 个周期内,所述第一周期的零序电流序列和所述第二周期的零序电流序列进行叠加,获得第一零序电流序列,所述第十一周期的零序电流序列和所述第十二周期的零序电流序列进行叠加,获得第二零序电流序列,所述第一零序电流序列减去第二零序电流序列,获得各条出线中的一条出线的暂态电流序列 $f(m_1)$ , $m_1=1,2,\dots,M_1$ ;

[0106] 相关系数模块407:通过预设公式对所述各条出线之间暂态电流序列进行计算,获得所述各条出线相互之间的相关系数 $R_{xy}$ , $x$ 和 $y$ 分别为不同的两个出线,将获得的所述各条出线中的一条出线 $N$ 与其他出线之间的相关系数 $R_{xy}$ 求和,获得所述出线 $N$ 的总相关系数 $R_N$ ,所述预设公式为:

$$[0107] \quad R_{xy} = \sum_{n=1}^N x(n)y(n) \left[ \sum_{n=1}^N x^2(n) \sum_{n=1}^N y^2(n) \right]^{\frac{1}{2}}$$

[0108] 比较模块408:比较所述各条出线的总相关系数 $R_N$ 的大小,获得最小总相关系数;

[0109] 判断模块409:当所述最小总相关系数小于阈值 $K$ ,则判定所述最小总相关系数对应的出线发生了高阻接地故障;当所述最小总相关系数不小于阈值 $K$ ,则判定母线发生了高阻接地故障。

[0110] 所属领域的技术人员可以清楚地了解到,为描述的方便和简洁,上述描述的系统,装置和单元的具体工作过程,可以参考前述方法实施例中的对应过程,在此不再赘述。

[0111] 在本申请所提供的几个实施例中,应该理解到,所揭露的系统,装置和方法,可以通过其它的方式实现。例如,以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的,例如,所述单元的划分,仅仅为一种烟盒包装逻辑功能划分,实际实现时可以有另外的划分方式,例如多个单

元或组件可以叠加或者可以集成到另一个系统,或一些特征可以忽略,或不执行。另一点,所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通信连接可以是通过一些接口,装置或单元的间接耦合或通信连接,可以是电性,机械或其它的形式。

[0112] 所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的,作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元,即可以位于一个地方,或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部单元来实现本实施例方案的目的。

[0113] 另外,在本发明各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理单元中,也可以是各个单元单独物理存在,也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中。上述集成的单元既可以采用硬件的形式实现,也可以采用软件功能单元的形式实现。

[0114] 所述集成的单元如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用时,可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解,本发明的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分或者该技术方案的全部或部分可以以软件产品的形式体现出来,该计算机软件产品存储在一个存储介质中,包括若干指令用以使得一台计算机设备(可以是个人计算机,服务器,或者网络设备等)执行本发明各个实施例所述方法的全部或部分步骤。而前述的存储介质包括:U盘、移动硬盘、只读存储器(ROM,Read-Only Memory)、随机存取存储器(RAM,Random Access Memory)、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

[0115] 以上所述,以上实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。

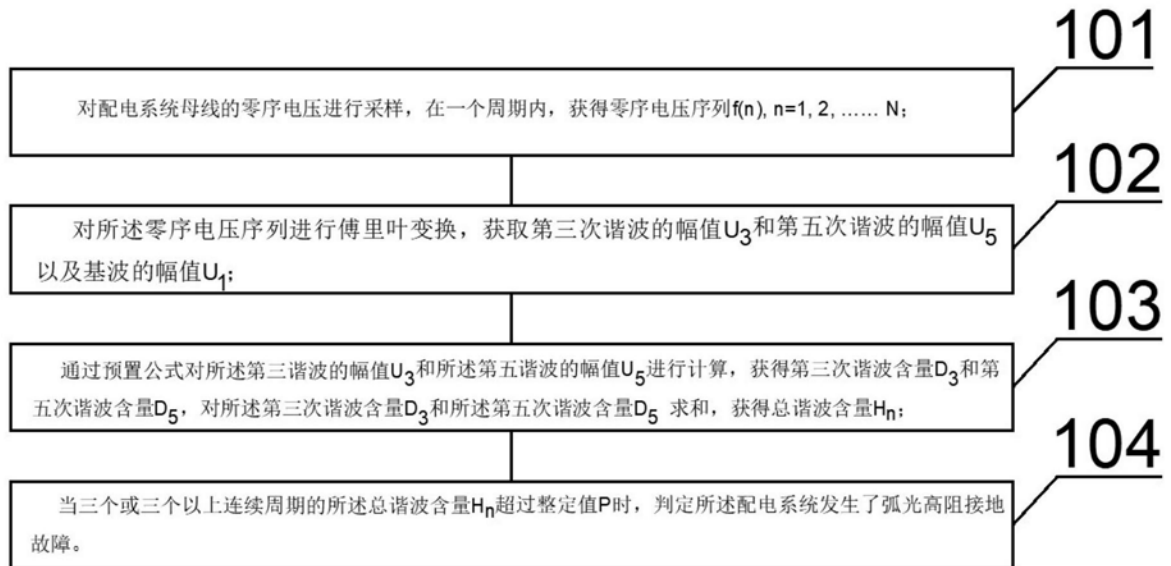


图1

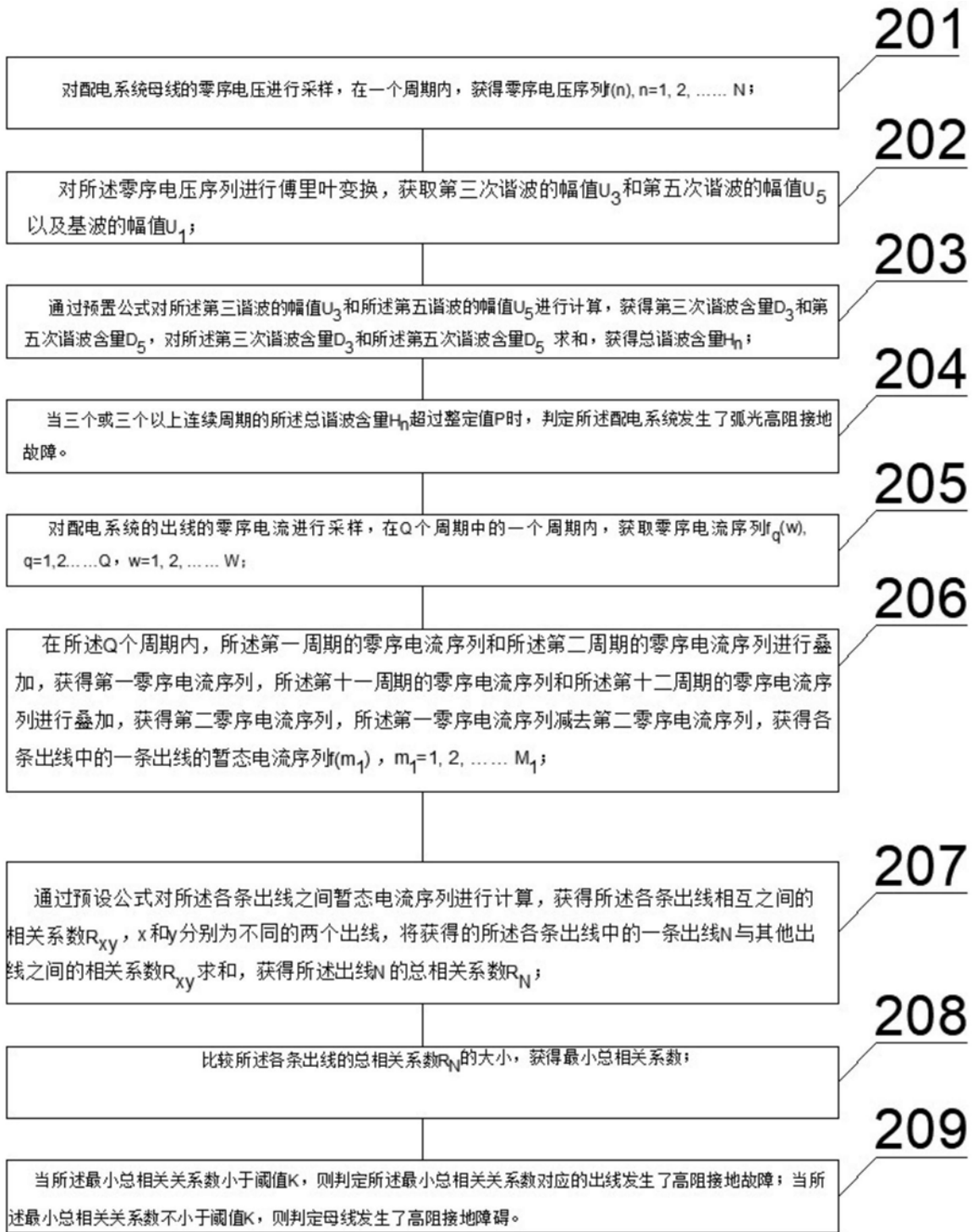


图2





图3

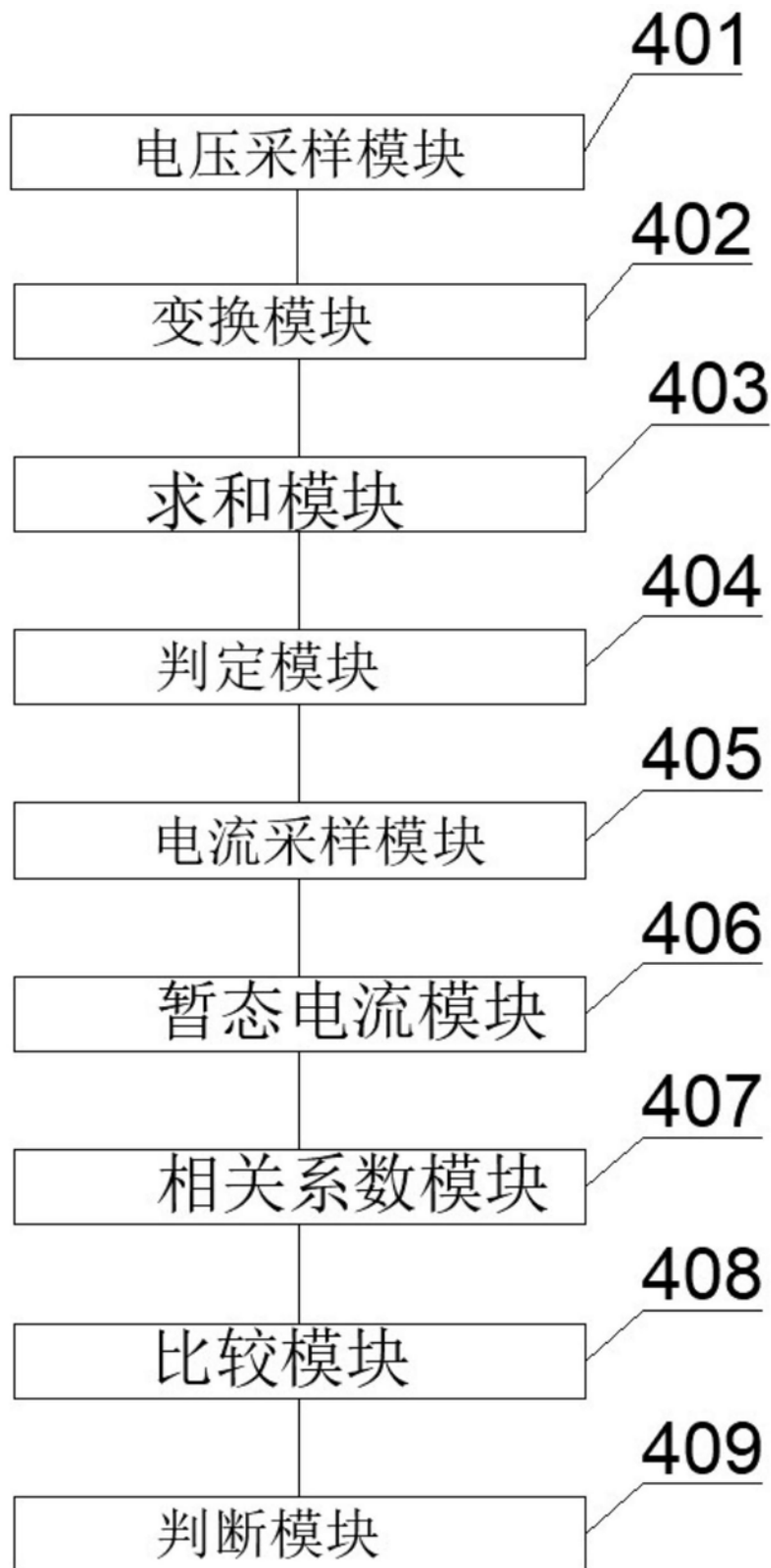


图4

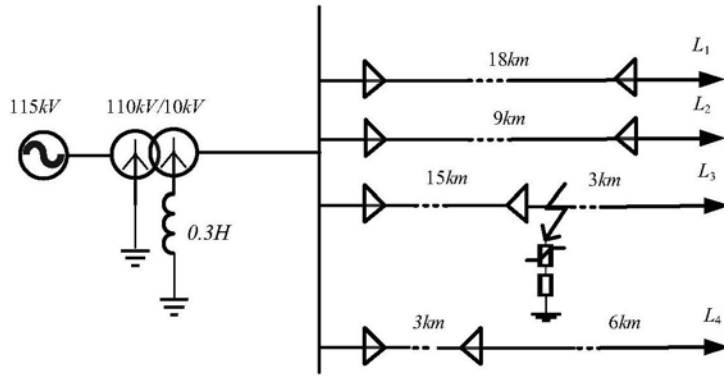


图5