



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113422356 A

(43) 申请公布日 2021.09.21

(21) 申请号 202110775383.X

(51) Int.Cl.

(22) 申请日 2021.07.08

H02H 7/26 (2006.01)

(71) 申请人 国网河北省电力有限公司电力科学研究院

地址 050021 河北省石家庄市体育南大街238号

申请人 国网河北省电力有限公司  
华北电力大学(保定)  
国家电网有限公司

(72) 发明人 马天祥 段昕 贾伯岩 徐岩  
邹南

(74) 专利代理机构 石家庄国为知识产权事务所  
13120

代理人 付晓娣

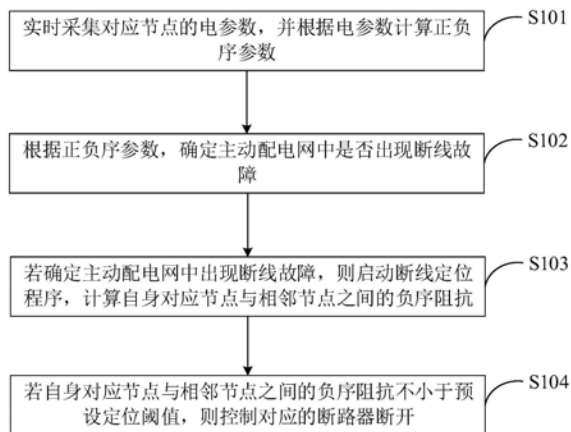
权利要求书2页 说明书12页 附图2页

(54) 发明名称

主动配电网断线故障保护方法、装置及配电终端

(57) 摘要

本发明提供一种主动配电网断线故障保护方法、装置及配电终端。该方法包括：实时采集对应节点的电参数，并根据电参数计算正负序参数；根据正负序参数，确定主动配电网中是否出现断线故障；若确定主动配电网中出现断线故障，则启动断线定位程序，计算自身对应节点与相邻节点之间的负序阻抗；若自身对应节点与相邻节点之间的负序阻抗不小于预设定位阈值，则控制对应的断路器断开。本发明可以定位断线故障，并进行断线故障保护，可以大大缩小停电范围，且不受断线形式、故障位置、接地电阻及分布式电源的影响。



1. 一种主动配电网断线故障保护方法,其特征在于,包括:

实时采集对应节点的电参数,并根据所述电参数计算正负序参数;

根据所述正负序参数,确定主动配电网中是否出现断线故障;

若确定所述主动配电网中出现断线故障,则启动断线定位程序,计算自身对应节点与相邻节点之间的负序阻抗;

若自身对应节点与相邻节点之间的负序阻抗不小于预设定位阈值,则控制对应的断路器断开。

2. 根据权利要求1所述的主动配电网断线故障保护方法,其特征在于,所述正负序参数包括正序电流和负序电流;

所述根据所述正负序参数,确定主动配电网中是否出现断线故障,包括:

若所述正序电流的幅值与所述负序电流的幅值的比值处于第一预设范围内,且所述正序电流与所述负序电流的相位差处于第二预设范围内,且所述正序电流的幅值与负荷电流的幅值的比值不大于预设比值,则确定所述主动配电网中出现断线故障;所述负荷电流为所述主动配电网在正常运行时自身对应节点的负荷电流;

若所述正序电流的幅值与所述负序电流的幅值的比值未处于第一预设范围内,或所述正序电流与所述负序电流的相位差未处于第二预设范围内,或所述正序电流的幅值与负荷电流的幅值的比值大于预设比值,则确定所述主动配电网中未出现断线故障。

3. 根据权利要求1所述的主动配电网断线故障保护方法,其特征在于,在所述计算自身对应节点与相邻节点之间的负序阻抗之后,还包括:

若自身对应节点与相邻节点之间的负序阻抗小于所述预设定位阈值,则发送故障切除信号至母线控制终端,所述故障切除信号用于指示所述母线控制终端将负序电流幅值最大的支路切除。

4. 根据权利要求3所述的主动配电网断线故障保护方法,其特征在于,所述发送故障切除信号至母线控制终端,包括:

经过预设时间后,发送故障切除信号至母线控制终端。

5. 根据权利要求1所述的主动配电网断线故障保护方法,其特征在于,所述正负序参数包括负序电压和负序电流;

所述计算自身对应节点与相邻节点之间的负序阻抗,包括:

接收相邻节点对应的配电终端发送的负序电压,并根据自身对应节点的负序电压、自身对应节点的负序电流和相邻节点对应的配电终端发送的负序电压计算自身对应节点与相邻节点之间的负序阻抗。

6. 根据权利要求5所述的主动配电网断线故障保护方法,其特征在于,所述负序阻抗的

计算公式为:  $Z_{i2} = \left| \frac{\dot{U}_{i2} - \dot{U}_{(i+1)2}}{\dot{I}_{i2}} \right|$ ;

其中, $Z_{i2}$ 为第*i*个节点与第*i*+1个节点之间的负序阻抗; $\dot{U}_{i2}$ 、 $\dot{U}_{(i+1)2}$ 分别为第*i*个节点对应的负序电压和第*i*+1个节点对应的负序电压; $\dot{I}_{i2}$ 为第*i*个节点对应的负序电流。

7. 根据权利要求1至6任一项所述的主动配电网断线故障保护方法,其特征在于,所述电参数包括三相电流和三相电压;所述正负序参数包括正序电流、负序电流和负序电压;

所述根据所述电参数计算正负序参数,包括:

$$\text{根据 } \begin{bmatrix} \dot{i}_{i1} \\ \dot{i}_{i2} \\ \dot{i}_{i0} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{i}_{iA} \\ \dot{i}_{iB} \\ \dot{i}_{iC} \end{bmatrix}, \text{ 计算正序电流和负序电流;}$$

$$\text{根据 } \dot{U}_{i2} = \frac{1}{3}(\dot{U}_{iA} + a^2\dot{U}_{iB} + a\dot{U}_{iC}), \text{ 计算负序电压;}$$

其中,  $\dot{i}_{i1}$ ,  $\dot{i}_{i2}$ ,  $\dot{i}_{i0}$  分别为第*i*个节点的正序电流、负序电流和零序电流;  $\dot{i}_{iA}$ ,  $\dot{i}_{iB}$ ,  $\dot{i}_{iC}$  分别为第*i*个节点的A相电流、B相电流和C相电流;  $\dot{U}_{i2}$  为第*i*个节点的负序电压;  $\dot{U}_{iA}$ ,  $\dot{U}_{iB}$ ,  $\dot{U}_{iC}$  分别为第*i*个节点的A相电压、B相电压和C相电压; *a* 为旋转因子。

8. 一种主动配电网断线故障保护装置,其特征在于,包括:

参数计算模块,用于实时采集对应节点的电参数,并根据所述电参数计算正负序参数;

故障检测模块,用于根据所述正负序参数,确定主动配电网中是否出现断线故障;

定位启动模块,用于若确定所述主动配电网中出现断线故障,则启动断线定位程序,计算自身对应节点与相邻节点之间的负序阻抗;

断路器控制模块,用于若自身对应节点与相邻节点之间的负序阻抗不小于预设定位阈值,则控制对应的断路器断开。

9. 一种配电终端,包括存储器、处理器以及存储在所述存储器中并可在所述处理器上运行的计算机程序,其特征在于,所述处理器执行所述计算机程序时实现如上的权利要求1至7中任一项所述主动配电网断线故障保护方法的步骤。

10. 一种计算机可读存储介质,所述计算机可读存储介质存储有计算机程序,其特征在于,所述计算机程序被处理器执行时实现如上的权利要求1至7中任一项所述主动配电网断线故障保护方法的步骤。

## 主动配电网断线故障保护方法、装置及配电终端

### 技术领域

[0001] 本发明涉及配电网保护技术领域,尤其涉及一种主动配电网断线故障保护方法、装置及配电终端。

### 背景技术

[0002] 在配电网中,断线故障已经成为常见故障之一,主要原因是绝缘导线应用之后,电弧无法在导线上随意移动,绝缘外皮无法散热,导致线路温度过高被烧断。目前,配电网主要采用中性点不接地或经消弧线圈接地方式,当发生断线故障后,电网中不会出现大电流,但断开的导线掉落在大地上,会对人的生命安全造成威胁;其次,单相断线故障发生会造成电动机缺相运行,发热甚至烧毁。

[0003] 随着传统化石能源的短缺和环境问题的日益加剧,采用清洁能源的分布式发电及就地并网技术受到广泛的关注,主动配电网具有能耗低、投资少、灵活可靠、充分利用可再生能源等优点,是未来的发展方向。然而分布式电源的接入使得传统单电源辐射状供电的简单网络变为多电源多端供电的复杂网络,配网潮流及故障电流均发生改变,尤其是以逆变器为接口的分布式电源的故障特性不同于传统电源故障特性。

[0004] 目前,通常针对含分布式电源配电网的相间短路故障进行故障保护,然而这种保护方法无法对包含分布式电源配电网的断线故障进行保护。

### 发明内容

[0005] 本发明实施例提供了一种主动配电网断线故障保护方法、装置及配电终端,以解决无法对包含分布式电源配电网的断线故障进行保护的问题。

[0006] 第一方面,本发明实施例提供了一种主动配电网断线故障保护方法,包括:

[0007] 实时采集对应节点的电参数,并根据电参数计算正负序参数;

[0008] 根据正负序参数,确定主动配电网中是否出现断线故障;

[0009] 若确定主动配电网中出现断线故障,则启动断线定位程序,计算自身对应节点与相邻节点之间的负序阻抗;

[0010] 若自身对应节点与相邻节点之间的负序阻抗不小于预设定位阈值,则控制对应的断路器断开。

[0011] 在一种可能的实现方式中,正负序参数包括正序电流和负序电流;

[0012] 根据正负序参数,确定主动配电网中是否出现断线故障,包括:

[0013] 若正序电流的幅值与负序电流的幅值的比值处于第一预设范围内,且正序电流与负序电流的相位差处于第二预设范围内,且正序电流的幅值与负荷电流的幅值的比值不大于预设比值,则确定主动配电网中出现断线故障;负荷电流为主动配电网在正常运行时自身对应节点的负荷电流;

[0014] 若正序电流的幅值与负序电流的幅值的比值未处于第一预设范围内,或正序电流与负序电流的相位差未处于第二预设范围内,或正序电流的幅值与负荷电流的幅值的比值

大于预设比值,则确定主动配电网中未出现断线故障。

[0015] 在一种可能的实现方式中,在计算自身对应节点与相邻节点之间的负序阻抗之后,还包括:

[0016] 若自身对应节点与相邻节点之间的负序阻抗小于预设定位阈值,则发送故障切除信号至母线控制终端,故障切除信号用于指示母线控制终端将负序电流幅值最大的支路切除。

[0017] 在一种可能的实现方式中,发送故障切除信号至母线控制终端,包括:

[0018] 经过预设时间后,发送故障切除信号至母线控制终端。

[0019] 在一种可能的实现方式中,正负序参数包括负序电压和负序电流;

[0020] 计算自身对应节点与相邻节点之间的负序阻抗,包括:

[0021] 接收相邻节点对应的配电终端发送的负序电压,并根据自身对应节点的负序电压、自身对应节点的负序电流和相邻节点对应的配电终端发送的负序电压计算自身对应节点与相邻节点之间的负序阻抗。

[0022] 在一种可能的实现方式中,负序阻抗的计算公式为:  $Z_{i2} = \left| \frac{\dot{U}_{i2} - \dot{U}_{(i+1)2}}{\dot{I}_{i2}} \right|$ ;

[0023] 其中,  $Z_{i2}$  为第  $i$  个节点与第  $i+1$  个节点之间的负序阻抗;  $\dot{U}_{i2}$ 、 $\dot{U}_{(i+1)2}$  分别为第  $i$  个节点对应的负序电压和第  $i+1$  个节点对应的负序电压;  $\dot{I}_{i2}$  为第  $i$  个节点对应的负序电流。

[0024] 在一种可能的实现方式中,电参数包括三相电流和三相电压;正负序参数包括正序电流、负序电流和负序电压;

[0025] 根据电参数计算正负序参数,包括:

[0026] 根据  $\begin{bmatrix} \dot{I}_{i1} \\ \dot{I}_{i2} \\ \dot{I}_{i0} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{I}_{iA} \\ \dot{I}_{iB} \\ \dot{I}_{iC} \end{bmatrix}$ , 计算正序电流和负序电流;

[0027] 根据  $\dot{U}_{i2} = \frac{1}{3}(\dot{U}_{iA} + a^2\dot{U}_{iB} + a\dot{U}_{iC})$ , 计算负序电压;

[0028] 其中,  $\dot{I}_{i1}$ 、 $\dot{I}_{i2}$ 、 $\dot{I}_{i0}$  分别为第  $i$  个节点的正序电流、负序电流和零序电流;  $\dot{I}_{iA}$ 、 $\dot{I}_{iB}$ 、 $\dot{I}_{iC}$  分别为第  $i$  个节点的A相电流、B相电流和C相电流;  $\dot{U}_{i2}$  为第  $i$  个节点的负序电压;  $\dot{U}_{iA}$ 、 $\dot{U}_{iB}$ 、 $\dot{U}_{iC}$  分别为第  $i$  个节点的A相电压、B相电压和C相电压;  $a$  为旋转因子。

[0029] 第二方面,本发明实施例提供了一种主动配电网断线故障保护装置,包括:

[0030] 参数计算模块,用于实时采集对应节点的电参数,并根据电参数计算正负序参数;

[0031] 故障检测模块,用于根据正负序参数,确定主动配电网中是否出现断线故障;

[0032] 定位启动模块,用于若确定主动配电网中出现断线故障,则启动断线定位程序,计算自身对应节点与相邻节点之间的负序阻抗;

[0033] 断路器控制模块,用于若自身对应节点与相邻节点之间的负序阻抗不小于预设定位阈值,则控制对应的断路器断开。

[0034] 第三方面,本发明实施例提供了一种配电终端,包括存储器、处理器以及存储在所述存储器中并可在所述处理器上运行的计算机程序,所述处理器执行所述计算机程序时实

现如上第一方面或第一方面的任一种可能的实现方式所述的主动配电网断线故障保护方法的步骤。

[0035] 第四方面,本发明实施例提供了一种计算机可读存储介质,所述计算机可读存储介质存储有计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时实现如上第一方面或第一方面的任一种可能的实现方式所述的主动配电网断线故障保护方法的步骤。

[0036] 本发明实施例提供一种主动配电网断线故障保护方法、装置及配电终端,通过实时采集对应节点的电参数,并根据电参数计算正负序参数;根据正负序参数,确定主动配电网中是否出现断线故障;若确定主动配电网中出现断线故障,则启动断线定位程序,计算自身对应节点与相邻节点之间的负序阻抗;若自身对应节点与相邻节点之间的负序阻抗不小于预设定位阈值,则控制对应的断路器断开,从而可以定位断线故障,并进行断线故障保护,可以大大缩小停电范围,且不受断线形式、故障位置、接地电阻及分布式电源的影响。

## 附图说明

[0037] 为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案,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他的附图。

[0038] 图1是本发明实施例提供的主动配电网断线故障保护方法的实现流程图;

[0039] 图2是本发明实施例提供的主动配电网的结构示意图;

[0040] 图3是本发明实施例提供的主动配电网断线故障保护装置的结构示意图;

[0041] 图4是本发明实施例提供的配电终端的示意图。

## 具体实施方式

[0042] 以下描述中,为了说明而不是为了限定,提出了诸如特定系统结构、技术之类的具体细节,以便透彻理解本发明实施例。然而,本领域的技术人员应当清楚,在没有这些具体细节的其它实施例中也可以实现本发明。在其它情况中,省略对众所周知的系统、装置、电路以及方法的详细说明,以免不必要的细节妨碍本发明的描述。

[0043] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图通过具体实施例来进行说明。

[0044] 参见图1,其示出了本发明实施例提供的主动配电网断线故障保护方法的实现流程图,其中,主动配电网断线故障保护方法的执行主体可以是配电终端,主动配电网断线故障保护方法详述如下:

[0045] 在S101中,实时采集对应节点的电参数,并根据电参数计算正负序参数。

[0046] 本发明实施例利用配电网馈线自动化,在每个节点均安装相应的配电终端。配电终端可以采集信息、传递信息、判断并实行就地切除(即故障保护)。

[0047] 在本发明实施例中,配电终端可以实时采集对应节点的电参数,并根据实时采集的对应节点的电参数,计算对应接待的正负序参数。

[0048] 在一种可能的实现方式中,可以采用对称分量法计算正负序参数。

[0049] 在本发明的一些实施例中,电参数包括三相电流和三相电压;正负序参数包括正

序电流、负序电流和负序电压；

[0050] 根据电参数计算正负序参数，包括：

[0051] 根据 
$$\begin{bmatrix} \dot{I}_{i1} \\ \dot{I}_{i2} \\ \dot{I}_{i0} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{I}_{iA} \\ \dot{I}_{iB} \\ \dot{I}_{iC} \end{bmatrix}$$
，计算正序电流和负序电流；

[0052] 根据 
$$\dot{U}_{i2} = \frac{1}{3}(\dot{U}_{iA} + a^2\dot{U}_{iB} + a\dot{U}_{iC})$$
，计算负序电压；

[0053] 其中， $\dot{I}_{i1}$ 、 $\dot{I}_{i2}$ 、 $\dot{I}_{i0}$  分别为第*i*个节点的正序电流、负序电流和零序电流； $\dot{I}_{iA}$ 、 $\dot{I}_{iB}$ 、 $\dot{I}_{iC}$  分别为第*i*个节点的A相电流、B相电流和C相电流； $\dot{U}_{i2}$  为第*i*个节点的负序电压； $\dot{U}_{iA}$ 、 $\dot{U}_{iB}$ 、 $\dot{U}_{iC}$  分别为第*i*个节点的A相电压、B相电压和C相电压；*a*为旋转因子。

[0054] 其中，*a*等于 $e^{j120^\circ}$ 。

[0055] 在S102中，根据正负序参数，确定主动配电网中是否出现断线故障。

[0056] 在本发明实施例中，可以根据正负序参数确定主动配电网中是否出现断线故障。

[0057] 在本发明的一些实施例中，正负序参数包括正序电流和负序电流；

[0058] 上述S102可以包括：

[0059] 若正序电流的幅值与负序电流的幅值的比值处于第一预设范围内，且正序电流与负序电流的相位差处于第二预设范围内，且正序电流的幅值与负荷电流的幅值的比值不大于预设比值，则确定主动配电网中出现断线故障；负荷电流为主动配电网在正常运行时自身对应节点的负荷电流；

[0060] 若正序电流的幅值与负序电流的幅值的比值未处于第一预设范围内，或正序电流与负序电流的相位差未处于第二预设范围内，或正序电流的幅值与负荷电流的幅值的比值大于预设比值，则确定主动配电网中未出现断线故障。

[0061] 其中，第一预设范围、第二预设范围和预设比值可以根据实际出现断线故障时计算或测量得到的范围或比值。示例性地，第一预设范围可以为 $[0.9, 1.1]$ ，第二预设范围可以为 $[175^\circ, 185^\circ]$ ，预设比值可以为0.6。

[0062] 配电终端可以在主动配电网正常运行时记录检测到的对应节点的负荷电流，以便后续用于判断是否出现断线故障。

[0063] 在一种可能的实现方式中，上述S102可以包括：

[0064] 若满足  $\left| \frac{\dot{I}_{i1}}{\dot{I}_{i2}} \right| \in [0.9, 1.1]$ ， $\angle \frac{\dot{I}_{i1}}{\dot{I}_{i2}} \in [175^\circ, 185^\circ]$ ，且  $|\dot{I}_{i1}| \leq 0.6|\dot{I}_i|$ ，则确定主动配电网中出现断

线故障，否则，确定主动配电网中未出现断线故障。

[0065] 其中， $\dot{I}_i$  为主动配电网正常运行时，检测到的第*i*个节点的负荷电流。

[0066] 在S103中，若确定主动配电网中出现断线故障，则启动断线定位程序，计算自身对应节点与相邻节点之间的负序阻抗。

[0067] 在本发明实施例中，若确定主动配电网中出现断线故障，则配电终端可以启动断线定位程序，用于定位故障所在线路。其中，配电终端在确定出现断线故障时，可以确定与自身相连的节点之间出现断线故障，因此，可以排除非故障支路，故障支路启动断线定位程序，即只有检测到断线故障的配电终端启动断线定位程序或者是检测到断线故障的配电终

端和与其相邻的配电终端启动断线定位程序,其他配电终端不启动断线定位程序。

[0068] 配电网发生断线故障后全网出现负序电流,且故障支路负序电流最大,正序电流减小,而非故障支路负序电流几乎为0,正序电流等于负荷电流进行故障定位启动,首先可排除非故障支路,仅启动故障支路的定位,减小故障信息的传递。

[0069] 在本发明的一些实施例中,正负序参数包括负序电压和负序电流;

[0070] 上述计算自身对应节点与相邻节点之间的负序阻抗,包括:

[0071] 接收相邻节点对应的配电终端发送的负序电压,并根据自身对应节点的负序电压、自身对应节点的负序电流和相邻节点对应的配电终端发送的负序电压计算自身对应节点与相邻节点之间的负序阻抗。

[0072] 在本发明的一些实施例中,负序阻抗的计算公式为: 
$$Z_{i2} = \left| \frac{\dot{U}_{i2} - \dot{U}_{(i+1)2}}{\dot{I}_{i2}} \right|;$$

[0073] 其中, $Z_{i2}$ 为第*i*个节点与第*i+1*个节点之间的负序阻抗; $\dot{U}_{i2}$ 、 $\dot{U}_{(i+1)2}$ 分别为第*i*个节点对应的负序电压和第*i+1*个节点对应的负序电压; $\dot{I}_{i2}$ 为第*i*个节点对应的负序电流。

[0074] 相邻节点可以是与自身直接相连的节点。一个节点可以有多个相邻节点,可以分别计算与各个相邻节点之间的负序阻抗。

[0075] 启动断线定位程序后,可以通过网络将自身计算得到的负序电压发送至相邻节点的配电终端,同时,也可以通过网络接收到相邻节点的配电终端发送的其计算的负序电压。基于此,计算自身节点与相邻节点之间的负序阻抗。

[0076] 其中,自身对应节点与相邻节点之间的负序阻抗,在未发生断线故障的区段计算结果为自身对应节点与相邻节点之间的线路阻抗,在发生断线故障区段的计算结果为当前支路负荷阻抗。

[0077] 在一种可能的实现方式中,在启动断线定位程序后,根据实际需求设置定位阈值,即预设定位阈值。该预设定位阈值可以为所有相邻节点之间的线路阻抗的最大值。

[0078] 在S104中,若自身对应节点与相邻节点之间的负序阻抗不小于预设定位阈值,则控制对应的断路器断开。

[0079] 其中,上述S104中,分别比较自身对应节点与各个相邻节点之间的负序阻抗是否不小于预设定位阈值,若自身对应节点与某个相邻节点之间的负序阻抗不小于预设定位阈值,则确定自身对应节点与该某个相邻节点之间存在断电故障,则自身配电终端和相邻节点的配电终端均控制对应的断路器断开(即进行故障保护),从而将断线故障从主动配电网中切除,避免影响主动配电网中的其他线路正常供电。

[0080] 在上述S104之后,可以通过母线控制终端检测故障支路的配电终端对应的断路器是否断开,若在一定时间内未断开,则由母线控制终端控制该断路器断开,或者,母线控制终端接收各个配电终端发送的负序电流,由母线控制终端将负序电流幅值最大的支路切除。

[0081] 由上述描述可知,本发明实施例通过实时采集对应节点的电参数,并根据电参数计算正负序参数;根据正负序参数,确定主动配电网中是否出现断线故障;若确定主动配电网中出现断线故障,则启动断线定位程序,计算自身对应节点与相邻节点之间的负序阻抗;若自身对应节点与相邻节点之间的负序阻抗不小于预设定位阈值,则控制对应的断路器断



开,从而可以定位断线故障,并进行断线故障保护,可以大大缩小停电范围,且不受断线形式、故障位置、接地电阻及分布式电源的影响。

[0082] 本发明实施例利用负序阻抗远远大于线路阻抗的特点构成故障定位判据,由于分布式电源仅出现在正序网络中,因此采用负序网络保护不受分布式电源接入位置和数量的影响,结合配网馈线自动化,能够精确地进行故障定位及切除,大大缩小了停电范围,且不受断线形式、故障位置、接地电阻的影响。

[0083] 在本发明的一些实施例中,在上述S103之后,上述主动配电网断线故障保护方法还可以包括:

[0084] 若自身对应节点与相邻节点之间的负序阻抗小于预设定位阈值,则发送故障切除信号至母线控制终端,故障切除信号用于指示母线控制终端将负序电流幅值最大的支路切除。

[0085] 在本发明实施例中,若自身对应节点与相邻节点之间的负序阻抗小于预设定位阈值,则由母线控制终端将负序电流幅值最大的支路切除。其中,由母线控制终端将负序电流幅值最大的支路切除可以是母线控制终端控制负序电流幅值最大的支路对应的断路器断开,从而将该支路从主动配电网中切除。

[0086] 在本发明的一些实施例中,上述发送故障切除信号至母线控制终端,包括:

[0087] 经过预设时间后,发送故障切除信号至母线控制终端。

[0088] 在本发明实施例中,经过预设时间后,若各个节点对应的保护无动作(即各个节点对应的断路器均未断开),则发送故障切除信号至母线控制终端,由母线控制终端将负序电流幅值最大的支路切除。

[0089] 预设时间可以根据实际需求设置,例如,可以是2秒、5秒等等。

[0090] 本发明实施例提供了一整套配网断线保护流程,原理简单,能够精确地进行故障定位及切除,大大缩小了停电范围,且不受断线形式、故障位置、接地电阻及分布式电源的影响。

[0091] 在本发明实施例中,由于配电网是小电流接地系统,所以认为断线接地复故障下的电流变化情况与断线不接地故障相同。

[0092] 在本发明的一些实施例中,主动配电网断线故障保护方法可以包括以下步骤:

[0093] S201:配电终端实时采集三相电压 $\dot{U}_{iA}$ ,  $\dot{U}_{iB}$ ,  $\dot{U}_{iC}$ 和三相电流 $\dot{I}_{iA}$ ,  $\dot{I}_{iB}$ ,  $\dot{I}_{iC}$ 。

[0094] S202,利用对称分量法计算各终端(节点)处正序电流、负序电流和负序电压。

[0095] S203:比较正负序电流幅值及相位关系,若满足 $\left| \frac{\dot{I}_{i1}}{\dot{I}_{i2}} \right| \in [0.9, 1.1]$ ,  $\angle \frac{\dot{I}_{i1}}{\dot{I}_{i2}} \in [175^\circ, 185^\circ]$ ,且

$|\dot{I}_{i1}| \leq 0.6|\dot{I}_{i2}|$ ,则实施S204;否则,返回S201;

[0096] S204:配电终端将实时负序电压经通信网络传递到相邻终端,计算两终端间负序阻抗 $Z_{i2}$ 。

[0097] S205:比较 $Z_{i2}$ 和 $Z_{set}$ 的大小,若满足 $Z_{i2} \geq Z_{set}$ ,则实施S206;否则,实施S207;其中, $Z_{set}$ 为预设定位阈值。

[0098] S206:判定该区段发生故障,两侧终端控制对应断路器断开切除故障。

[0099] S207:经过预设时间 $t_{set}$ ,由母线控制终端将负序电流幅值最大支路切除。

[0100] 在一个具体的应用场景中,考虑具有13节点的10kV主动配电网,其结构如图2所示。其中,T1为主变压器,DG为分布式电源,中性点接地方式以不接地方式为例。线路各节点安装了配电终端,DG采用光伏模型,采用最大功率跟踪控制方式,逆变器采用电流型控制方式,各馈线参数见表1。

[0101] 表1馈线参数表

线路	线路长度 /km	正序阻抗 /(\Omega/km)	零序阻抗 /(\Omega/km)	正序容纳 /(\mu S/km)	零序容纳 /(\mu S/km)	负荷 /MW
1-2、2-3、3-4	5					2
1-5、5-6、6-7、7-8	3					5.5
8-9、9-10、	4	0.17+j0.38	0.23+j1.72	3.045	1.884	2.5
8-11、11-12、12-13	2					3

[0103] 本实例中分别在分布式电源上下游 $f_1, f_2$ 处设置单相断线不接地、单相断线电源侧接地及单相断线负荷侧接地故障。

[0104] 本实施例中的第*i*个配电终端的序电流按如下式计算:

[0105] 
$$\begin{bmatrix} \dot{I}_{i1} \\ \dot{I}_{i2} \\ \dot{I}_{i0} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{I}_{iA} \\ \dot{I}_{iB} \\ \dot{I}_{iC} \end{bmatrix}$$

[0106] 式中,  $\dot{I}_{i1}, \dot{I}_{i2}, \dot{I}_{i0}$  为第*i*个配电终端计算的正序电流、负序电流及零序电流;  $\dot{I}_{iA}, \dot{I}_{iB}, \dot{I}_{iC}$  为第*i*个配电终端检测得到的三相电流;*a*为旋转因子,等于 $e^{j120^\circ}$ 。

[0107] 本实例中当满足  $\left| \frac{\dot{I}_{i1}}{\dot{I}_{i2}} \right| \in [0.9, 1.1], \angle \frac{\dot{I}_{i1}}{\dot{I}_{i2}} \in [175^\circ, 185^\circ]$  且  $|\dot{I}_{i1}| \leq 0.6|\dot{I}_i|$ , 即判断发生断线故障。

[0108] 表2  $f_1$ 单相断线故障断线定位程序启动情况

节点 <i>i</i>	单相断线不接地				单相断线电源侧接地				单相断线负荷侧接地			
	$\left  \frac{\dot{I}_{i1}}{\dot{I}_{i2}} \right $	$\angle \frac{\dot{I}_{i1}}{\dot{I}_{i2}}$	$\left  \frac{\dot{I}_{i1}}{\dot{I}_i} \right $	是否启动	$\left  \frac{\dot{I}_{i1}}{\dot{I}_{i2}} \right $	$\angle \frac{\dot{I}_{i1}}{\dot{I}_{i2}}$	$\left  \frac{\dot{I}_{i1}}{\dot{I}_i} \right $	是否启动	$\left  \frac{\dot{I}_{i1}}{\dot{I}_{i2}} \right $	$\angle \frac{\dot{I}_{i1}}{\dot{I}_{i2}}$	$\left  \frac{\dot{I}_{i1}}{\dot{I}_i} \right $	是否启动
1	2.1	179.6	0.65	否	2.1	180.1	0.65	否	2.1	179.5	0.65	否
2	$\infty$	174.7	1	否	$\infty$	249.8	1	否	$\infty$	174.2	1	否
3	$\infty$	174.5	1	否	$\infty$	249.7	1	否	$\infty$	174.5	1	否
4	$\infty$	174.6	1	否	$\infty$	249.8	1	否	$\infty$	174.6	1	否
5	1	180.1	0.46	是	1	180.8	0.46	是	1	180	0.46	是
6	1	180	0.46	是	1	180.2	0.46	是	1	180	0.46	是
7	1	180	0.46	是	1	180.2	0.46	是	1	179.9	0.46	是
8	1	180	0.46	是	1	180.2	0.46	是	1	179.9	0.46	是
9	1.8	169.2	0.67	否	1.8	169.3	0.67	否	1.8	169.1	0.67	否
10	1.8	169.2	0.67	否	1.8	169.3	0.67	否	1.8	169.1	0.67	否
11	1.8	169.2	0.67	否	1.8	169.3	0.67	否	1.8	169.1	0.67	否
12	1.8	169.1	0.67	否	1.8	169.3	0.67	否	1.8	169.1	0.67	否
13	1.8	169.1	0.67	否	1.8	169.3	0.67	否	1.8	169.1	0.67	否

[0110] 表3  $f_2$ 单相断线故障启动情况

节点 $i$	单相断线不接地				单相断线电源侧接地				单相断线负荷侧接地			
	$\frac{I_{i1}}{I_{i2}}$	$\angle \frac{I_{i1}}{I_{i2}}$	$\frac{I_{i1}}{I_i}$	是否启动	$\frac{I_{i1}}{I_{i2}}$	$\angle \frac{I_{i1}}{I_{i2}}$	$\frac{I_{i1}}{I_i}$	是否启动	$\frac{I_{i1}}{I_{i2}}$	$\angle \frac{I_{i1}}{I_{i2}}$	$\frac{I_{i1}}{I_i}$	是否启动
1	3.6	188.5	0.8	否	3.6	188.9	0.8	否	3.6	188.5	0.8	否
2	$\infty$	4.1	1	否	$\infty$	358.9	1	否	$\infty$	5.6	1	否
3	$\infty$	4.2	1	否	$\infty$	358.9	1	否	$\infty$	5.7	1	否
4	$\infty$	4.3	1	否	$\infty$	359	1	否	$\infty$	5.7	1	否
[0111] 5	2.1	185.5	0.7	否	2.1	186	0.7	否	2.1	185.5	0.7	否
6	2.1	185.5	0.7	否	2.1	185.9	0.7	否	2.1	185.5	0.7	否
7	2.1	185.4	0.7	否	2.1	185.9	0.7	否	2.1	185.4	0.7	否
8	2.1	185.4	0.7	否	2.1	185.9	0.7	否	2.1	185.4	0.7	否
9	15.3	306.5	1	否	15.3	306.8	1	否	15.3	306.6	1	否
10	15.3	306.6	1	否	15.3	306.9	1	否	15.3	306.6	1	否
11	1	180.1	0.5	是	1	180.7	0.5	是	1	180.1	0.5	是
12	1	180	0.5	是	1	180.1	0.5	是	1	180.5	0.5	是
13	1	180	0.5	是	1	180	0.5	是	1	180.4	0.5	是

[0112] 本实例中,根据表2、3可知,不管分布式电源上游还是下游发生各种形态断线,故障支路定位均启动,而非故障支路不启动;当 $f_1$ 单相断线故障时,5、6、7、8节点配电终端启动断线定位程序;当 $f_2$ 单相断线故障时,11、12、13节点终端启动断线定位程序。

[0113] 第 $i$ 个配电终端的负序电压按如下式计算:

$$[0114] \quad \dot{U}_{i2} = \frac{1}{3}(\dot{U}_{iA} + a^2\dot{U}_{iB} + a\dot{U}_{iC})$$

[0115] 式中, $\dot{U}_{i2}$ 为第 $i$ 个配电终端计算的负序电压; $\dot{U}_{iA}$ ,  $\dot{U}_{iB}$ ,  $\dot{U}_{iC}$ 为第 $i$ 个配电终端采集的三相电压。

[0116] 相邻终端交换负序电压 $\dot{U}_{i2}$ 且计算负序阻抗:

$$[0117] \quad Z_{i2} = \left| \frac{\dot{U}_{i2} - \dot{U}_{(i+1)2}}{\dot{I}_{i2}} \right|$$

[0118] 式中, $Z_{i2}$ 为相邻两配电终端间负序阻抗的计算值, $\dot{U}_{i2}$ 、 $\dot{U}_{(i+1)2}$ 分别为相邻两个配电终端的负序电压, $\dot{I}_{i2}$ 为第 $i$ 个配电终端的负序电流;未发生断线区段计算结果为当前两个终端间的线路阻抗,而断线故障区段计算结果为当前支路负荷阻抗,故障定位启动值 $Z_{set} = 2.5 \Omega$ ,当满足 $Z_{i2} \geq Z_{set}$ 时,配电终端控制相应的断路器断开。

[0119] 表4  $f_1$ 单相断线故障定位情况

节点 $i$	单相断线不接地		单相断线电源侧接地		单相断线负荷侧接地	
	$Z_{i2}$	是否动作	$Z_{i2}$	是否动作	$Z_{i2}$	是否动作
[0120] 5	$21.1 \angle -168.1^\circ$	是	$21.1 \angle -167.8^\circ$	是	$21.1 \angle -168.2^\circ$	是
6	$1.2 \angle 65.6^\circ$	是	$1.2 \angle 65.6^\circ$	是	$1.2 \angle 65.3^\circ$	是
7	$1.3 \angle 66.3^\circ$	否	$1.2 \angle 65.6^\circ$	否	$1.2 \angle 65.9^\circ$	否
8	×	否	×	否	×	否

[0121] 本实例中,根据表4、5可知,当 $f_1$ 单相断线故障时,5、6节点终端控制其相应断路器断开,切除位于节点5、6之间的故障;当 $f_2$ 单相断线故障时,11、12节点终端控制其相应断路器断开,切除位于节点11、12之间的故障。

[0122] 表5  $f_2$ 单相断线故障定位情况

节点 $i$	单相断线不接地 $Z_{i2}$	是否动作	单相断线电源侧接地 $Z_{i2}$	是否动作	单相断线负荷侧接地 $Z_{i2}$	是否动作
[0123] 11	$36.8\angle -171.2^\circ$	是	$36.7\angle -170.9^\circ$	是	$36.8\angle -171.4^\circ$	是
12	$0.8\angle 66^\circ$	是	$0.8\angle 66^\circ$	是	$0.8\angle 66^\circ$	是
13	×	否	×	否	×	否

[0124] 本实施例中利用配网发生断线故障后全网出现负序电流,且故障支路负序电流最大,正序电流减小,而非故障支路负序电流几乎为0,正序电流等于负荷电流进行故障定位启动,首先可排除非故障支路,仅启动故障支路的定位,减小故障信息的传递。

[0125] 本实例中根据未发生断线区段计算结果为当前两个终端间的线路阻抗,而断线故障区段计算结果为当前支路负荷阻抗进行故障精确定位,灵敏度高,能够精确地进行故障定位及切除,大大缩小了停电范围,且不受断线形式、故障位置、接地电阻、分布式电源接入位置和数量的影响;若遇到轻载使得保护不动作的情况,经过一定延时 $t_{set}$ 后,由母线控制将负序电流幅值最大支路切除。

[0126] 应理解,上述实施例中各步骤的序号的大小并不意味着执行顺序的先后,各过程的执行顺序应以其功能和内在逻辑确定,而不对本发明实施例的实施过程构成任何限定。

[0127] 以下为本发明的装置实施例,对于其中未详尽描述的细节,可以参考上述对应的方法实施例。

[0128] 图3示出了本发明实施例提供的主动配电网断线故障保护装置的结构示意图,为了便于说明,仅示出了与本发明实施例相关的部分,详述如下:

[0129] 主动配电网断线故障保护装置30应用于配电终端,如图3所示,主动配电网断线故障保护装置30包括:参数计算模块31、故障检测模块32、定位启动模块33和断路器控制模块33。

[0130] 参数计算模块31,用于实时采集对应节点的电参数,并根据电参数计算正负序参数;

[0131] 故障检测模块32,用于根据正负序参数,确定主动配电网中是否出现断线故障;

[0132] 定位启动模块33,用于若确定主动配电网中出现断线故障,则启动断线定位程序,计算自身对应节点与相邻节点之间的负序阻抗;

[0133] 断路器控制模块34,用于若自身对应节点与相邻节点之间的负序阻抗不小于预设定位阈值,则控制对应的断路器断开。

[0134] 本发明实施例通过配电终端实时采集对应节点的电参数,并根据电参数计算正负序参数;根据正负序参数,确定主动配电网中是否出现断线故障;若确定主动配电网中出现断线故障,则启动断线定位程序,计算自身对应节点与相邻节点之间的负序阻抗;若自身对应节点与相邻节点之间的负序阻抗不小于预设定位阈值,则控制对应的断路器断开,从而可以定位断线故障,并进行断线故障保护,可以大大缩小停电范围,且不受断线形式、故障位置、接地电阻及分布式电源的影响。

[0135] 在一种可能的实现方式中,正负序参数包括正序电流和负序电流;

[0136] 故障检测模块32,还可以用于:

[0137] 若正序电流的幅值与负序电流的幅值的比值处于第一预设范围内,且正序电流与负序电流的相位差处于第二预设范围内,且正序电流的幅值与负序电流的幅值的比值不大于预设比值,则确定主动配电网中出现断线故障;负荷电流为主动配电网在正常运行时自身对应节点的负荷电流;

[0138] 若正序电流的幅值与负序电流的幅值的比值未处于第一预设范围内,或正序电流与负序电流的相位差未处于第二预设范围内,或正序电流的幅值与负序电流的幅值的比值大于预设比值,则确定主动配电网中未出现断线故障。

[0139] 在一种可能的实现方式中,主动配电网断线故障保护装置30还可以包括信号发送模块。

[0140] 信号发送模块,用于若自身对应节点与相邻节点之间的负序阻抗小于预设定位阈值,则发送故障切除信号至母线控制终端,故障切除信号用于指示母线控制终端将负序电流幅值最大的支路切除。

[0141] 在一种可能的实现方式中,信号发送模块,还可以用于:

[0142] 经过预设时间后,发送故障切除信号至母线控制终端。

[0143] 在一种可能的实现方式中,正负序参数包括负序电压和负序电流;

[0144] 定位启动模块33,还可以用于:

[0145] 接收相邻节点对应的配电终端发送的负序电压,并根据自身对应节点的负序电压、自身对应节点的负序电流和相邻节点对应的配电终端发送的负序电压计算自身对应节点与相邻节点之间的负序阻抗。

[0146] 在一种可能的实现方式中,负序阻抗的计算公式为:  $Z_{i2} = \left| \frac{\dot{U}_{i2} - \dot{U}_{(i+1)2}}{\dot{I}_{i2}} \right|$ ;

[0147] 其中,  $Z_{i2}$  为第i个节点与第i+1个节点之间的负序阻抗;  $\dot{U}_{i2}$ 、 $\dot{U}_{(i+1)2}$  分别为第i个节点对应的负序电压和第i+1个节点对应的负序电压;  $\dot{I}_{i2}$  为第i个节点对应的负序电流。

[0148] 在一种可能的实现方式中,电参数包括三相电流和三相电压;正负序参数包括正序电流、负序电流和负序电压;

[0149] 参数计算模块31,还可以用于:

[0150] 根据  $\begin{bmatrix} \dot{I}_{i1} \\ \dot{I}_{i2} \\ \dot{I}_{i0} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{I}_{iA} \\ \dot{I}_{iB} \\ \dot{I}_{iC} \end{bmatrix}$ , 计算正序电流和负序电流;

[0151] 根据  $\dot{U}_{i2} = \frac{1}{3}(\dot{U}_{iA} + a^2\dot{U}_{iB} + a\dot{U}_{iC})$ , 计算负序电压;

[0152] 其中,  $\dot{I}_{i1}$ 、 $\dot{I}_{i2}$ 、 $\dot{I}_{i0}$  分别为第i个节点的正序电流、负序电流和零序电流;  $\dot{I}_{iA}$ 、 $\dot{I}_{iB}$ 、 $\dot{I}_{iC}$  分别为第i个节点的A相电流、B相电流和C相电流;  $\dot{U}_{i2}$  为第i个节点的负序电压;  $\dot{U}_{iA}$ 、 $\dot{U}_{iB}$ 、 $\dot{U}_{iC}$  分别为第i个节点的A相电压、B相电压和C相电压; a为旋转因子。

[0153] 图4是本发明实施例提供的配电终端的示意图。如图4所示,该实施例的配电终端4包括:处理器40、存储器41以及存储在所述存储器41中并可在所述处理器40上运行的计算机程序42。所述处理器40执行所述计算机程序42时实现上述各个主动配电网断线故障保护

方法实施例中的步骤,例如图1所示的S101至S104。或者,所述处理器40执行所述计算机程序42时实现上述各装置实施例中各模块/单元的功能,例如图3所示模块/单元31至34的功能。

[0154] 示例性的,所述计算机程序42可以被分割成一个或多个模块/单元,所述一个或者多个模块/单元被存储在所述存储器41中,并由所述处理器40执行,以完成本发明。所述一个或多个模块/单元可以是能够完成特定功能的一系列计算机程序指令段,该指令段用于描述所述计算机程序42在所述配电终端4中的执行过程。例如,所述计算机程序42可以被分割成图3所示的模块/单元31至34。

[0155] 所述配电终端4可包括,但不仅限于,处理器40、存储器41。本领域技术人员可以理解,图4仅仅是配电终端4的示例,并不构成对配电终端4的限定,可以包括比图示更多或更少的部件,或者组合某些部件,或者不同的部件,例如所述配电终端还可以包括输入输出设备、网络接入设备、总线等。

[0156] 所称处理器40可以是中央处理单元(Central Processing Unit,CPU),还可以是其他通用处理器、数字信号处理器(Digital Signal Processor,DSP)、专用集成电路(Application Specific Integrated Circuit,ASIC)、现场可编程门阵列(Field-Programmable Gate Array,FPGA)或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件等。通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以是任何常规的处理器等。

[0157] 所述存储器41可以是所述配电终端4的内部存储单元,例如配电终端4的硬盘或内存。所述存储器41也可以是所述配电终端4的外部存储设备,例如所述配电终端4上配备的插接式硬盘,智能存储卡(Smart Media Card,SMC),安全数字(Secure Digital,SD)卡,闪存卡(Flash Card)等。进一步地,所述存储器41还可以既包括所述配电终端4的内部存储单元也包括外部存储设备。所述存储器41用于存储所述计算机程序以及所述配电终端所需的其他程序和数据。所述存储器41还可以用于暂时地存储已经输出或者将要输出的数据。

[0158] 所属领域的技术人员可以清楚地了解到,为了描述的方便和简洁,仅以上述各功能单元、模块的划分进行举例说明,实际应用中,可以根据需要而将上述功能分配由不同的功能单元、模块完成,即将所述装置的内部结构划分成不同的功能单元或模块,以完成以上描述的全部或者部分功能。实施例中的各功能单元、模块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。另外,各功能单元、模块的具体名称也只是为了便于相互区分,并不用于限制本申请的保护范围。上述系统中单元、模块的具体工作过程,可以参考前述方法实施例中的对应过程,在此不再赘述。

[0159] 在上述实施例中,对各个实施例的描述都各有侧重,某个实施例中未详述或记载的部分,可以参见其它实施例的相关描述。

[0160] 本领域普通技术人员可以意识到,结合本文中所公开的实施例描述的各示例的单元及算法步骤,能够以电子硬件、或者计算机软件和电子硬件的结合来实现。这些功能究竟以硬件还是软件方式来执行,取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能,但是这种实现不应认为超出本发明的范围。

[0161] 在本发明所提供的实施例中,应该理解到,所揭露的装置/配电终端和方法,可以通过其它的方式实现。例如,以上所描述的装置/配电终端实施例仅仅是示意性的,例如,所述模块或单元的划分,仅仅为一种逻辑功能划分,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结合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讯连接可以通过一些接口,装置或单元的间接耦合或通讯连接,可以是电性,机械或其它的形式。

[0162] 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。

[0163] 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。

[0164] 所述集成的模块/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,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,本发明实现上述实施例方法中的全部或部分流程,也可以通过计算机程序来指令相关的硬件来完成,所述的计算机程序可存储于一计算机可读存储介质中,该计算机程序在被处理器执行时,可实现上述各个主动配电网断线故障保护方法实施例的步骤。其中,所述计算机程序包括计算机程序代码,所述计算机程序代码可以为源代码形式、对象代码形式、可执行文件或某些中间形式等。所述计算机可读介质可以包括:能够携带所述计算机程序代码的任何实体或装置、记录介质、U盘、移动硬盘、磁碟、光盘、计算机存储器、只读存储器(Read-Only Memory,ROM)、随机存取存储器(Random Access Memory,RAM)、电载波信号、电信信号以及软件分发介质等。需要说明的是,所述计算机可读介质包含的内容可以根据司法管辖区内立法和专利实践的要求进行适当的增减,例如在某些司法管辖区,根据立法和专利实践,计算机可读介质不包括是电载波信号和电信信号。

[0165] 以上所述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,均应包含在本发明的保护范围之内。

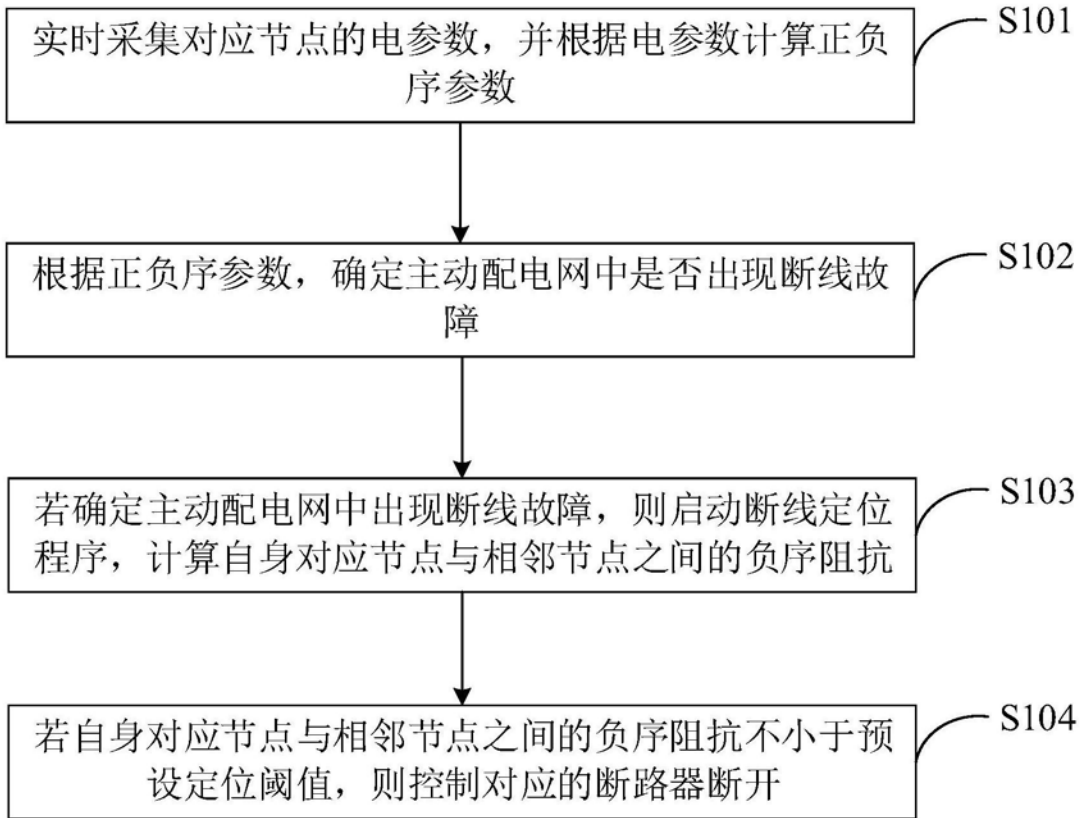


图1

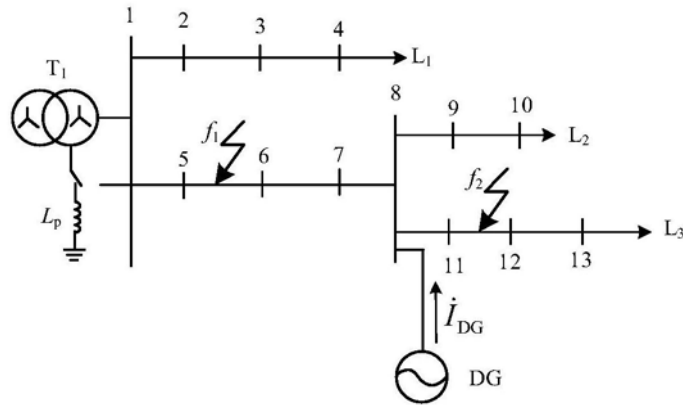


图2



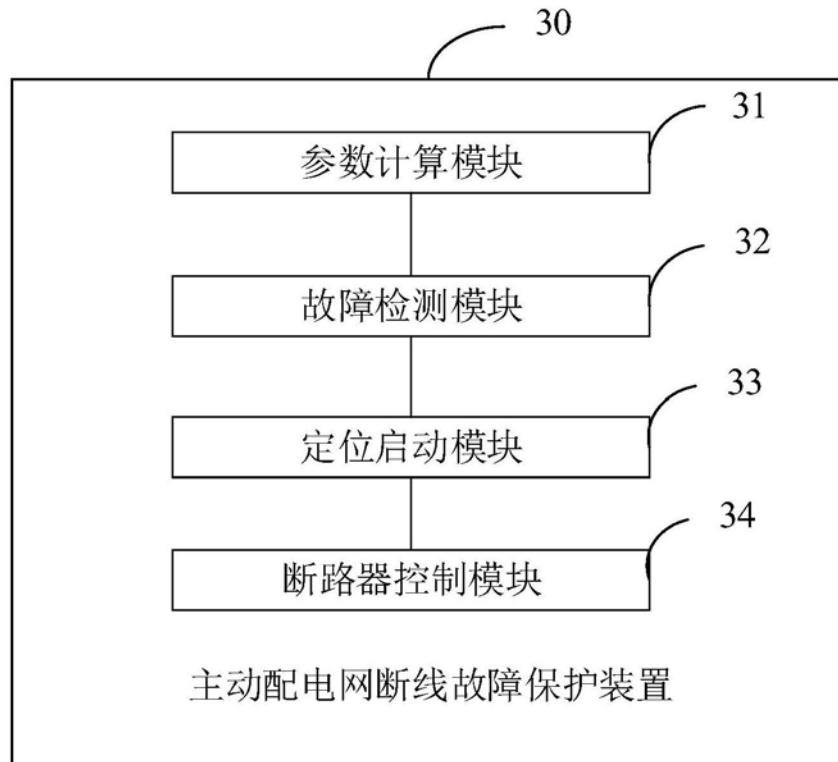


图3

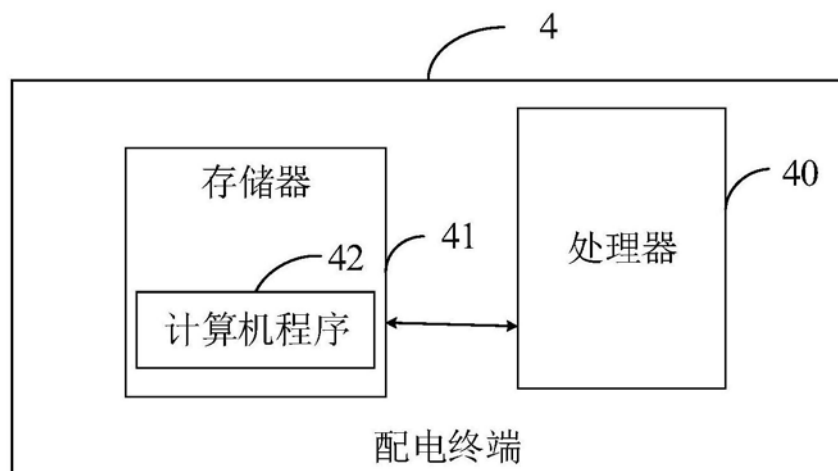


图4