|  |
| --- |
| 说 明 书 摘 要 |

本发明公开了一种多端线路保护故障定位及测距的方法，该方法包括如下步骤：多端线路保护装置配置的纵联电流差动保护动作后，根据保护安装处的电压、电流，计算线路节点的各序电压、序电流；通过线路节点的各序电压、序电流，推算出T节点处的各序电压；每个T节点连接3个电气量节点，可以得到3个正序电压、3个负序电压和3个零序电压；根据不同的故障类型，采用最大电压差的序分量电压作为判别电压；根据T节点不同侧推导出的序电压差异性，结合二分法判断故障点位置。故障点在T节点处时可以直接得出测距结果，故障点在线路上，将故障点两侧的电气量节点等效为双端系统进行测距。该方法可以实现三端及以上的多端线路故障时的精确测距。

|  |
| --- |
| 摘 要 附 图 |



|  |
| --- |
| 权 利 要 求 书 |

|  |
| --- |
| 说 明 书 |

一种多端线路保护故障定位及测距的方法

**技术领域**

本发明属于电力系统领域，具体地，涉及一种多端线路保护故障定位及测距的方法。

**背景技术**

线路保护目前主要有单端测距和双端测距。

由距离保护实现单端测距。单端测距是利用线路单端的电压、电流等故障信息构成测距算法，通过测量电抗X值的大小计算故障点到保护安装处的距离。由于单端测距受助增电流的影响，主要用于本线路测距；因受过渡电阻的影响，主要用于金属性短路故障。

现有技术文件1（CN111527661A）公开了一种多端子抽头线路中的故障定位方法，电力传输系统至少连接第一端子、第二端子和第三端子，并且至少包括第一区段、第二区段和第三区段，其中这三个区段在接头处连接。该装置包括输入接口、相量计算模块、存储器和故障定位器。输入接口接收一个或多个端子处的电压和电流的测量结果。接口还可以接收从这些测量结果获得的相量。相量计算模块从电压和电流测量结果来计算正序电压和电流相量。该存储器具有每个区段的正序线路阻抗参数。故障定位器基于故障区段、针对每个端子获得的正序相量以及每个区段的线路阻抗参数来获取故障位置。现有技术文件1的不足之处在于，【】。

由纵联电流差动保护实现双端测距。差动保护通过光纤通道得到对侧的电流、电压，得到两个等式，可以计算出本侧故障电抗X，实现测距，该测距比较精确，但只用于本线路的测距。纵联电流差动保护还可以使用分布参数法，在均匀线路上，根据贝瑞隆线路传输方程，线路上任一点电流、电压可由线路首端和末端电流、电压由公式计算得到，当发生区内故障时，由线路保护安装处可计算出故障处的电压和电流，因此可以得出可靠的测距结果。

三端以上的多端高压线路应用比较广泛，但受技术等条件限制，目前多端线路保护是通过距离保护实现单端测距，不能实现有效测距。

目前，刚开发完成的多端线路纵联电流差动保护，主机侧差动保护保护可以收到其它各侧保护的电气量，本发明提出一种多端线路保护故障定位及测距的方法，实现多端线路故障的精确定位及测距。

**发明内容**

为解决现有技术中存在的不足，本发明的目的在于，提供一种多端线路保护故障定位及测距的方法，解决目前多端线路故障时不能有效测距问题。

本发明采用如下的技术方案。【请注意：此部分内容应与权利要求书一致，定稿前由代理人复制整理于此，发明人无需关注此部分内容。】

本发明的有益效果在于，与现有技术相比，本发明的多端线路保护故障定位及测距的方法，可以解决目前多端线路不能有效测距问题。

本发明方法根据故障类型，选择最大电压差的序分量电压作为判别电压，根据T节点不同侧推导出的序分量电压差异性，结合二分法判断故障点位置，可以实现多端线路故障的精确定位及测距。

**附图说明**

图1是N个T节点、N+2端线路的主接线示意图。

图2是判断故障点位置示意图。

图3是计算线路节点的正序电压和正序电流示意图。

图4是根据线路节点的正序电压和正序电流，计算连接T节点的正序电压示意图。

图5是按T节点序号从小到大推导相邻T节点电压示意图。

图6按T节点序号从大到小推导相邻T节点电压示意图。

图7是多端线路保护故障定位及测距的流程示意图。

**具体实施方式**

下面结合附图对本申请作进一步描述。以下实施例仅用于更加清楚地说明本发明的技术方案，而不能以此来限制本申请的保护范围。

首先对本发明中使用的以下技术术语进行说明或定义：

多端纵联电流差动保护：3端及以上线路，每个线路节点处均配置1台多端纵联电流差动保护装置。多端线路区内故障时，若满足差动保护动作条件时，各线路节点处的多端纵联电流差动保护同时动作。

图1为N个T节点、N+2端线路的主接线示意图。有N个T节点、N+2端线路，共有2N+2个电气量节点。

N个T节点，顺序编号为，每2个T节点之间的线路长度分别为。

N+2个线路节点，顺序编号为，每段线路长度分别为。

每个T节点连接3个电气量节点：节点连接节点；节点连接节点；节点连接节点。

如图2所示，判断故障点位置示意图。

图中定义3N+1个故障点位置：

N+2个线路侧故障位置；N个T节点处故障位置；N-1个两个T节点连接线路故障位置。

图3为计算线路节点的正序电压和正序电流示意图。结合步骤3进行说明。

图4为根据线路节点的正序电压和正序电流，计算连接T节点的正序电压示意图。结合步骤4进行说明。

图5为按T节点序号从小到大推导相邻T节点电压示意图。结合步骤4进行说明。

图6所为按T节点序号从大到小推导相邻T节点电压示意图。结合步骤4进行说明。

接下来，如图7所示，本发明提供了一种多端线路保护故障定位及测距的方法，包括以下步骤：

步骤（1），线路保护装置配置多端纵联电流差动保护，判别用于N个T节点多端线路的纵联电流差动保护是否动作，若保护动作，执行步骤（2），否则保护返回。

其中，N≥1，可用于三端及以上的多端线路。

纵联差动保护动作，可以认为是多端线路区内发生故障，需要进行故障定位及测距。

步骤（2），提取N+2个线路节点的正序电压、正序电流、负序电压、负序电流、零序电压和零序电流；提取每个T节点的3个正序电压、3个负序电压和3个零序电压；步骤（2）具体包括：

如图3所示，有N个T节点，共有N+2端线路，N+2个多端纵联电流差动保护装置安装在线路节点处。保护装置根据在安装处采集到的故障后电压、电流，计算各序分量。电流方向按图3中所示。

步骤（2.1），计算线路节点的正序电压和正序电流，得到、、、、…、、；

计算线路节点的负序电压和负序电流，得到、、、、…、、；

计算线路节点的零序电压和零序电流，得到、、、、…、、。

步骤（2.2），计算每个T节点的3个正序电压、3个负序电压和3个零序电压。

每个T节点连接3个电气量节点，推算得到3个正序电压、3个负序电压、3个零序电压。推算第个节点的3个正序电压分别为、、，3个负序电压分别为、、，3个零序电压分别为、、。具体包括：

步骤（2.2.1），如图4所示，根据线路保护安装处（线路节点）的正序电压和正序电流，推算出T节点处正序电压，得到、、、…、、、。同理，根据线路节点的负序电压和负序电流，计算连接T节点的负序电压，得到、、、…、、、；同理，根据线路节点的零序电压和零序电流，计算连接T节点的零序电压，得到、、、…、、、。

在步骤（2.2.1）中，对于正序电压、负序电压和零序电压，均先计算节点的2个电压，然后中间节点的1个电压，最后计算节点的2个电压。计算的具体方式如下：

以如下公式计算得到节点的2个正序电压、，

其中，为线路每公里正序阻抗；

以如下公式计算得到中间节点的1个正序电压，

以如下公式计算得到节点的2个正序电压、，

以如下公式计算得到节点的2个负序电压、，

以如下公式计算得到中间节点的1个负序电压，

以如下公式计算得到节点的2个负序电压、，

同理，根据线路节点的零序电压和零序电流，计算连接T节点的零序电压，得到、、、…、、、。

以如下公式计算得到节点的2个零序电压、，

其中，为线路每公里零序阻抗；

以如下公式计算得到中间节点的1个零序电压，

以如下公式计算得到节点的2个零序电压、，

步骤（2.2.2），如图5所示，按T节点序号从小到大推导相邻T节点正序电压，得到、…、；按T节点序号从小到大推导相邻T节点负序电压，得到、…、；按T节点序号从小到大推导相邻T节点零序电压，得到、…、。

在步骤（2.2.2）中，对于除了节点以外的个的T节点，即节点，各计算了1个正序电压、负序电压和零序电压。计算的具体方式如下：

按T节点序号从小到大推导相邻T节点正序以如下公式表示，

其中，。

按T节点序号从小到大推导相邻T节点负序以如下公式表示，

其中，。

按T节点序号从小到大推导相邻T节点零序以如下公式表示，

其中，。

步骤（2.2.3），如图6所示，按T节点序号从大到小推导相邻T节点正序电压，得到、…、；按T节点序号从大到小推导相邻T节点负序电压，得到、…、；按T节点序号从大到小推导相邻T节点零序电压，得到、…、。

在步骤（2.2.3）中，对于除了节点以外的个的T节点，即节点，各计算了1个正序电压、负序电压和零序电压。计算的具体方式如下：

按T节点序号从大到小推导相邻T节点正序以如下公式表示，

其中，。

按T节点序号从大到小推导相邻T节点负序以如下公式表示，

其中，。

按T节点序号从大到小推导相邻T节点零序以如下公式表示，

其中，。

经过步骤（2.2.1）至步骤（2.2.3）之后，已经获得了全部T节点的3个正序电压、3个负序电压和3个零序电压，即对于，第个节点的3个正序电压分别为、、，3个负序电压分别为、、，3个零序电压分别为、、。

步骤（2.3），计算所有线路节点和T节点的最大和最小正序电压的电压差、最大和最小负序电压的电压差、最大和最小零序电压的电压差。具体包括：

计算出正序电压差、负序电压差和零序电压差，这三个电压差值之间再进行比较。根据故障类型，选择各电气节点的正序电压、负序电压和零序电压中的最大电压差的序分量进行故障定位和测距。

步骤（3），依照纵联电流差动保护动作情况判定是单相故障、相间故障还是三相故障；根据故障类型选择判别电压，具体包括：

步骤（3.1），判别是否为单相故障，若是单相故障，采用正序电压差、负序电压差和零序电压差中大者的序分量电压作为判别电压，用于判断故障点位置；若不是单相故障，进入步骤（3.2）；

为提高经过渡电阻故障时测距的灵敏性，需要选择最灵敏的序分量电压判断故障点位置。

步骤（3.2），判别是否为两相故障，采用正序电压差和负序电压差中大者的序分量电压作为判别电压，用于判断故障点位置，其中，两相故障包括两相接地故障和两相不接地故障；若不是两相故障，进入步骤（3.3）；

步骤（3.3），不是单相故障和相间故障，判为三相故障，采用正序电压作为判别电压，用于判断故障点位置；

经过步骤（3.1）至步骤（3.3），针对每种故障情况都可以选择合适的判别电压，用于判断故障点位置。

步骤（4）采用二分法判断故障点位置。根据T节点不同侧推导出的序分量电压差异性，结合二分法判断故障点位置。步骤（4）具体包括：

步骤（4.1）令两端T节点序号，

步骤（4.2），，其中，为取整数；通过节点的三个电压、、，以如下公式计算、、，即T节点不同侧推导出的序分量电压差异性公式，

采用正序分量判别故障点位置时，、、

采用负序分量判别故障点位置时，、、

采用零序分量判别故障点位置时，、、。

步骤（4.3），判断是否成立，若是，故障点在第m号T节点处，直接得出测距结果，保护装置中已输入了各分支线路的长度，因此可以直接得出测距结果；若否，继续判断中哪个参数最小，进入步骤（4.4）。

步骤（4.4），判断最小时，故障点在第m号T节点和第m+1号线路节点之间，即故障点在位置，进入步骤（5）；

判断最小时，判断m=1时，故障点在第1号T节点和第1号线路节点之间，即故障点在位置，进入步骤（5）；判断m>1且时，故障点在第号T节点和第号T节点之间，即故障点在位置，进入步骤（5）；判断m>1且m≠m1时，两端T节点序号设为，，返回步骤（4.2）；

判断最小时，判断m=N时，步骤25，故障点在第N号T节点和第N+2号线路节点之间，即故障点在位置，进入步骤（5）；判断m<N且m=m2时，故障点在第m2号T节点和第m2+1号T节点之间，即故障点在位置，进入步骤（5）；判断m<N且mm2时，两端T节点序号设为，，返回到步骤（4.2）；

步骤（5），通过两端等效的序分量电压和电流测距。采用序分量测距，序分量的选择与故障点判别采用的序分量相同。线路阻抗与长度成正比，线路发生故障时，线路两端的电压电流与故障距离呈线性关系，基于故障点两端m侧和n侧等效的序分量电压和电流，使用双端测距方法即可进行测距。值得注意是的，基于故障点两端m侧和n侧等效的序分量电压和电流的任意双端测距方法均可作为步骤（5）的实施手段。本发明的创新之处至少包括根据故障类型，选择最大电压差的序分量电压作为判别电压，根据T节点不同侧推导出的序分量电压差异性，结合二分法判断故障点位置，可以实现多端线路故障的精确定位及测距。

若故障点在第号线路节点和连接的T节点之间，为位置，两端m侧和n侧等效的序分量电压和电流为：

计算出m侧和n侧的序分量电压、电流后，可以根据常规双端测距方法进行测距。

若故障点在第号T节点和第+1号T节点之间，为位置，两端m侧和n侧等效的序分量电压和电流为：

计算出m侧和n侧的序分量电压、电流后，可以根据常规双端测距方法进行测距。

本发明的有益效果在于，与现有技术相比，本发明的多端线路保护故障定位及测距的方法，可以解决目前多端线路不能有效测距问题。

本发明方法根据故障类型，选择最大电压差的序分量电压作为判别电压，根据T节点不同侧推导出的序分量电压差异性，结合二分法判断故障点位置，可以实现多端线路故障的精确定位及测距。

本发明申请人结合说明书附图对本发明的实施示例做了详细的说明与描述，但是本领域技术人员应该理解，以上实施示例仅为本发明的优选实施方案，详尽的说明只是为了帮助读者更好地理解本发明精神，而并非对本发明保护范围的限制，相反，任何基于本发明的发明精神所作的任何改进或修饰都应当落在本发明的保护范围之内。

|  |
| --- |
| 说 明 书 附 图 |



**图 1**



**图 2**



**图 3**



**图 4**



**图 5**



**图 6**



**图 7**