

# 基于设备信息交互的小电流接地故障定位

熊峰虎

国家能源集团新疆能源有限责任公司机电管理中心 新疆 乌鲁木齐 830011

**摘要:** 随着科学技术的不断发展,我国的电力行业也在不断的完善和进步。配电网的结构逐渐复杂化,电路故障时有发生,特别是小电流接地故障发生的频率逐渐增多。虽然电力系统可以带着小电流接地故障继续运行,但是这一故障问题还是会危害到电力系统的安全,有时候还会发生线路跳闸的情况,导致电力系统供电中断,从而造成一定的损失。为有效解决这一故障问题,国际电工委员会制定了IEC61850标准,在遇到小电流接地故障时,可以通过设备的信息交互和对比故障特征波的方法对故障位置进行有效定位。本文将结合IEC61850的规定,在设备信息交互的基础上,提出有关小电流接地故障的定位问题。

**关键词:** 设备信息交互; 小电流; 接地故障定位

引言: 小电流接地故障在现在的配电网建设过程中时有发生,是一个让人头疼的问题。目前,在IEC61850的标准下,虽然可以将配电网进行有效的监控,但是,对于故障的定位还存在一定的问题<sup>[1]</sup>。因此,在故障位置的确定上,我们必须加强对小电流接地故障的特征波进行详细的分析与研究,促进定位的准确和及时性。但是,在实际的配电网中,其结构复杂多变,出现电路故障时,其信号往往伴有大量的杂音,对故障特征波的判断受到一定的影响,给故障位置的确定带来很大的难度。

## 1 小电流接地故障问题的具体表现

我国的电力系统大多采用的都是小电流接地系统,这种系统中最常见的故障就是小电流接地单相接地故障。这种故障发生时,配电网可以运行1-2个小时左右,这就大大提高了电力系统供电的安全和稳定性。但是这种故障也需要及时的进行解决,这就需要对小电流接地故障的现象进行分析和判断。

### 1.1 警报铃响起

小电流接地系统的母线接地时,会发出信号,这时还会伴有写着母线接地的指示牌亮起。同时,当经消弧线圈接地的系统出现故障时,消弧线圈的电流指示牌也会亮起,指示增大。

### 1.2 重复性波动现象

如果小电流接地系统中出现不稳定界定故障时,就会出现时好时坏的重复性波动现象。一旦弧光接地超过正常电压时,那么就会造成电压器一侧的熔断器发生熔断,严重的将会烧坏电压器。

### 1.3 完全接地现象

在小电流接地系统中,一相电线出现完全接地的情况,

那么发生故障相的电压就会由正常值降到零,而没有发生故障相的电压则会升高到线电压<sup>[2]</sup>。这就使电压互感器开口的三角形电压出现增高的现象,从而发出接地信号。

### 1.4 不完全接地现象

在小电流接地系统中,故障相的电压虽然降低,但是不为零,而没有故障的相电压虽升高,但是未达到线电压值。电压互感器开口的三角处电压为整定值,从而发出接地信号。

## 2 分析小电流接地系统单相接地与母线谐振、电压器一侧一相熔断器熔断之间的区别

小电流接地故障中,单相接地、母线谐振和电压器一侧一相熔断器熔断故障都会发生接地信号,我们在故障定位前,一定要很好的区分这些故障情况。

小电流接地系统中电压互感器一侧一相熔断器熔断故障,不仅有接地信号,熔断相的电压降低,但是,其他两相电压不会升高,有关的线电压数值降低。

小电流接地系统单相接地是电力配电网中最常见的故障,一般发生在多雨的季节。这种单相接地会直接影响人们的用电,严重的情况会使电力设备遭到破坏。它分为金属性接地和非金属性接地。金属性接地时,故障相的电压是零,非故障相的相电压则上升为线电压值;非金属接地故障,故障相电压虽然降低但是不为零,非故障相的相电点上压,但是不会超过线电压。

小电流接地系统母线谐振故障分为基波谐振、分频谐振、高频谐振三种,基波谐振相电压的变化是一项电压降低,两相电压升高并超过线电压,或者呈相反状态,即一项电压升高超过线电压,两相电压降低;分频谐振,三相对地电压轮流发生升高状况,一般都是在

定数值内做低频摆动；高频谐振，三相对地电压会一起升高，并且超过线电压值<sup>[3]</sup>。

### 3 根据信息交互完善 EMD 的计算方法

EMD算法是非线性故障波形的一种有效的分析工具。它对于局部尺度有较强的自适应能力，远远优于传统的分析方式。利用EMD算法得出的窄带分量具有真实可靠性。因此，在利用EMD算法进行故障电流的特征波形分析时，所得的结果不会出现波形失真的情况。但是，EMD算法在小电流接地故障的定位中，常常出现频带混叠的情况。因为在对小电流接地系统故障现场进行数据采集时，往往会掺杂一定的高频噪音，这些高频噪音会影响故障特征波形，在EMD算法对其进行分析时，就可能出现错误的判断。

特征零模电流不仅有小电流接地故障的特征，同时，它还会对高频噪音带来的干扰进行排除。这种特征零模电流的获取，需要结合EMD算法，对某一高频分量进行多次叠加特定信号，从而使其和低频独立分解出来。根据实际的操作我们可以知道，掩膜信号是对故障信息的提取和验证有着重要的作用，是否可以获得特征零模和掩膜信号对信息的选取有着直接的关系。因此，我们要根据信息交互，对EMD算法进行一定的完善和更新。

对于EMD算法的改良，有助于对小电流接地系统故障特征特征频带中的波形信息进行有效的获取。在进行EMD算法的改良时，可以保留原来的小波函数，不需要对分解层数进行确定。对EMD算法进行改良对低频信号的影响也比较小，有助于对系统故障进行有效的定位。所以，我们要明确的是改良EMD算法，对于我们对特征零模电流的获取有着积极的促进作用。

## 4 根据完善后的 EMD 计算方法对小电流接地故障进行定位

### 4.1 基于EMD计算方法对故障进行定位

我们对EMD算法进行科学合理的改良，可以帮助我们对小电流接地系统中各个部位的特征零模电流信号进行有效的获取。在小电流接地系统中，不同故障时间，故障位置都有着与之相对应的故障表现形式。目前，我们对于大部分的小电流接地故障位置的确定，都是基于对电流的检测获得的。在对电流进行检测时，所选取的定值受故障影响比较严重。当我们在实际操作的过程中，选择用对系统各部分故障波形的相似度进行计算的方法，对小电流接地故障定位时，故障现场的高频环境噪音就会对这种方法造成严重的干扰，导致计算的结果出现误差，使故障位置不能被准确的定位。而采用对系统故障部分的特征零模电流进行分析计算，所获得的位

置相对来说比较准确。

在小电流接地系统中出现故障，那么故障区域两端所采集到的特征零模电流组成来自不同的线路，所显示的信息也不近相同，有助于作出更好的故障位置判断。

在小电流接地系统无故障区域，根据计算可以推算出检测的区域部分远远小于配电网的最长线路的总长度。所以，截止频率远超过线路特征频率，且它对区域内的特征零模电流的影响较小。因此可以知道，小电流接地系统的非故障部分的所检测到的特征零模电流有着较高的相似度。

## 4.2 故障定位仿真与验证

### 4.2.1 仿真建模

利用验证本文定位方法，将经消弧线圈接地、配电并构建出配网示意图，同时配电网的智能设备通过仿真建模的方式置到配网示意图中。通过调整配电参数、设备参数分别对故障进行模拟分析，并从中观察配电网的状态和各个智能设备的工作状态。

### 4.2.2 验证

通过仿真建模，调整配电参数及智能设备参数，将系统中最短线路参数进行调整，可以获得配电网中的特征高频参数，当设备参数信号频率高于该频率时视为高频干扰。当设备发生故障后，通过文本定位方法，可以为故障区域提供准确的判定数据，从而有效的判断故障区域段。运用EMD算法进行故障判断过程中，首先可以将每个测量点分别进行0度、30度、60度、90度故障角下的零模电流，然后分别对故障角度的零模电流值运用EMD算法得出特征零模电流。通过零模电流与特征零模电流的分析，再对其特征高频参数进行进一步的分析。通过对不同故障角下零模电流等数据参数进行分析得出，通过改变EMD算法，可以将滤波损耗控制在百分之一以内，可以有效降低对本文后续判断，在有效的保障系统特征频带内的电流不失真的情况下，还可以有效的过滤掉高频干扰的电流。

为验证通过改变EMD算法，可以将滤波损耗控制在百分之一以内，可以有效降低对本文后续判断，在有效的保障系统特征频带内的电流不失真的情况下，还可以有效的过滤掉高频干扰的电流。在仿真建模系统中，可以通过对不同故障角下配置不同电网智能设备，并采集的原始故障电流和通过改进EMD算法获得的特征零模电流，进行结果的对比。对数据对比分析得知，通过改进EMD算法获得的特征零模电流，与原始的零模电流进行波段的对比，没有发生故障的设备区域内的波形与其波形相仿度很高，而故障区段相似度比较低，波形差

异较大。

通过仿真建模系统,为验证通过改变EMD算法,可以将滤波损耗控制在百分之一以内,可以有效降低对本文后续判断,在有效的保障系统特征频带内的电流不失真的情况下,还可以有效的过滤掉高频干扰的电流。在仿真建模系统中,可以通过对不同故障角下配置不同电网智能设备,并采集的原始故障电流和通过改进EMD算法获得的特征零模电流,进行结果的对比。发现首次故障位置无论零模电流与特征零模电流与其它没有发生故障区域的数据进行对比,整个波形具有较高的识别度,但是同为发生故障设备的波形与两个故障区之间的波形进行对比,就会存在高频干扰问题,对故障点的判断相对较难。

通过仿真建模系统,通过调整故障角度、设备参数等一系列操作,并进行数据的采集和对比分析后发现:采用零模电流,零度故障角下的和三十度故障角下的对故障点会存在一定的错误判断,但是采用特征零模电流,可以对故障区段进行准确的判断。单一波形中通过相似度来判断多故障点时也会容易造成误判,为了提高判断故障点的准确度,通过改进EMD算法、定位方法来增加幅值差来增强判断的依据和准确性。通过仿真建模系统中波形的调整发现,故障区段幅值差度远大于非故障区段,因此通过波形可以有效的判断该区域发生了故障,验证了判据幅值差度的可靠性。

## 5 根据 IEC61850 标准对小电流接地故障进行定位

### 5.1 故障定位信息模型

目前,我们城市中的配电网基本上都是基于国际IEC61850的标准设置的,这样一来,不仅加强了对变电站和电力基础设施的监控能力,同时,还让电力设备之间可以有效进行相互操作和信息的交互。在进行小电流接地故障的定位时,我们正是充分利用了IEC61850标准的优势,让其在故障定位中起到积极的促进作用。

在IEC61850的标准中,电力的主基站和其他相关的智能电子设备所获取的信息都是从数据存储的地址中得到的。对于电力的智能设备,仅需要对信息进行更新,或者将数据存储地址中的数据进行有效的读取记录。

在实际的小电流接地故障定位时,可以利用定位功能的实例化数据进行分析。首先,主基站可以将定位设备与定位对象的网络地址和线路中存储的信息数据,进行存储。其次,经过科学合理的方式对EMD算法进行改良,而改良后的算法需要系统内的高频分量信息。一旦

在小电流接地系统中出现故障问题,定位设备将对故障零模电流和特征零模电流的信息进行采样和存储,以便主基站或者其他智能设备对该数据信息进行调取分析。故障零模电流和特征零模电流的类型相同,都属于浮点型数组属性。设备对其进行采样的频率决定了它们数组值的大小。这些特征零模电流被相关的设备所获取,再通过算法的计算,将获得的波形相似度的数值,以及获得的幅值差度进行分开存储。如果在实际的操作中,主基站需要若干个智能设备进行相互配合,那么就要将端口扩展器的数据存储地址进行实例化分析。

### 5.2 实现小电流接地故障定位的方式

我们通过IEC61850标准建立了定位方法的信息模型,这种信息模型可以通过通信服务接口进行小电流接地故障定位。由于电力配电网结构复杂,在确定整网的馈线终端配合对象与小电流接地系统特征频带数据信息时,要读取一系列的存储数据,通过对计算分析后的数据信息进行有效读取,再结合相关的服务端,通过通信服务接口读取相关内容。对计算获得的波形相似度和幅值差,进行相应属性类的对比,确定出小电流接地故障的区域,并把信息更新到相关的设备中。如果确定了故障位置,那么,要把数据信息上传到主基站。

结束语:我国目前的电力网络发展迅速,许多的科学技术已经应用到电力系统中。因此,IED设备实现了相互间的信息交互和相互配合。小电流接地系统在我国电力网络中得到广泛的应用,虽然它具有一定的安全性和稳定性,但是在实际的应用过程中仍然存在着许多的故障问题。因此,我们要了解小电流接地故障的一些具体的表现形式,并根据设备的信息交互,对EMD算法进行合理的改良,同时,通过IEC61850标准对数据信息进行监控和掌握,利用电力设备之间的波形数据对比,准确定位小电流接地的故障位置。

### 参考文献:

- [1] 刘江东,董礼清,薛晨,等. 基于零序电压分布特征的小电流接地故障测距初探[J]. 电力系统保护与控制, 2022,50(3):59-67.
- [2] 秦苏亚,薛永端,刘砾钰,等. 有源配电网小电流接地故障暂态特征及其影响分析[J]. 电工技术学报, 2022, 37(3):655-666.
- [3] 谭振鹏,龚辉昶,吴海江,等. 10kV同杆并架线路小电流接地故障仿真分析[J]. 供用电, 2022,39(2):48-57,79.