

# 最小权点覆盖下变电设备电源故障定位方法研究

陆晓峰

(国网苏州供电公司, 江苏 苏州 215000)

**摘要** 准确定位电源故障可以保证变电设备的稳定运行, 为了提高变电设备电源故障的定位精度, 本文提出了最小权点覆盖下变电设备电源故障定位方法研究。通过计算变电设备电源故障特征的相关系数, 在最小权点覆盖下, 给出变电设备电源故障的特征集合, 在集合中采集变电设备电源故障数据。利用变量分析法, 构建变电设备电源故障数据统计量。在小波变换下设计了电源故障定位算法, 实现对变电设备电源故障的准确定位。实例分析结果表明, 文中方法能够准确定位到电源故障的位置。

**关键词** 最小权点; 故障定位; 电源故障; 变电设备

**中图分类号**: TM63

**文献标识码**: A

**文章编号**: 2097-3365(2023)12-0025-03

我国经济不断地发展, 人们对变电设备安全稳定运行的需求越来越高。从已有的变电设备运行数据来看, 在我国电网中, 变电设备的数量非常多, 其中 80% 是由于电源引起的, 所以对变电设备电源故障进行定位具有重要的现实意义<sup>[1]</sup>。常规的基于 Cricket 定位方法是利用超声波信号, 确定目标与运动节点的位置, 但是由于存在障碍物的干扰, 使得电源故障位置的定位精度下降<sup>[2]</sup>。在变电设备的电源出现故障时, 由监测终端向用户报告故障情况, 通过相应的计算方法, 对变电设备电源故障的快速准确定位, 从而实现对电网安全可靠运行的有效控制。

任博等<sup>[3]</sup>针对电力系统中二次装置的故障定位问题, 以提升其定位精度和运行维护效率为目标, 将深度学习应用到了二次装置故障定位中。根据二次装置各组件发生失效时的特性, 对其进行逻辑推理。将自检信息、报文订阅关系和样本数值相结合, 给出了基于故障截面的信息描述方法。通过对一类典型的电力系统中的线路区间进行模拟, 对所提出的算法进行实验研究, 证明所提出的算法是有效和准确的, 并且在缺乏信息的条件下能够获得较好的鉴别效果, 具有较好的容错性。

## 1 变电设备电源故障定位方法设计

### 1.1 最小权点覆盖下采集变电设备电源故障数据

考虑到变电设备在运行过程中电源故障数据的不平衡会导致定位误差偏大, 因此引入最小权点覆盖,

计算出电源故障区域的覆盖面积, 采集变电设备电源故障数据, 具体步骤如下:

Step1: 计算变电设备电源故障特征的相关系数, 并提取出重要特征。

在变电设备电源故障数据集中选取一个特征, 计算出其与样本类别之间的相关系数, 在最小权点覆盖下, 将具有较大相关系数的故障特征作为重要特征<sup>[4]</sup>。假定变电设备电源故障数据集中一共包含  $M$  个特征, 那么在该数据集中, 各个故障特征的属性与样本类别之间的相关系数用公式 (1) 表示:

$$R = [\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_k, \dots, \phi_N] \quad (1)$$

式 (1) 中,  $\phi_k$  表示第  $k$  个变电设备电源故障特征与类别标签之间的相关系数。

在采集变电设备电源故障数据时, 在最小权点覆盖下<sup>[5]</sup>, 按照从大到小的顺序, 排列各个故障特征与类别标签之间的相关系数, 将相关系数较大的  $N$  个故障特征作为重要特征, 公式 (2) 给出了变电设备电源故障的特征集合:

$$\psi_s = [\delta_{s1}, \delta_{s2}, \dots, \delta_{sN}] \quad (2)$$

其中,  $\delta_{s1}, \delta_{s2}, \dots, \delta_{sN}$  表示较小相关系数对应的变电设备电源故障特征。

在变电设备电源故障的特征集合中, 采集变电设备电源故障数据, 以尽可能避免变电设备电源故障的主要特征信息丢失。

### 1.2 构建变电设备电源故障数据统计量

在构建统计量的过程中, 筛选出符合要求的故障

数据变量信息<sup>[6]</sup>,利用公式(3)对变电设备电源故障数据变量进行分析运算,即:

$$\Omega(x, y) = p(x, y) \lg \frac{p(x, y)}{p(x)p(y)} \quad (3)$$

式(3)中,  $x$  表示变电设备电源故障数据变量,  $y$  代表计算过程中的变量信息,  $\Omega(x, y)$  表示  $x$  与  $y$  之间的关联度,  $p(x, y)$  表示  $x$  与  $y$  之间的关系函数,  $p(x)$  表示电源故障数据之间的关系函数,  $p(y)$  表示计算变量之间的关系函数。

通过公式(3)的分析运算,得到变电设备电源故障数据变量之间的关联函数,经过排列运算,得到变电设备电源故障数据变量之间的关联度  $\Omega(x)$ , 即:

$$\Omega(x) = \sum_{i=1}^c [p(x, Q_i) p(Q, x_i)] \quad (4)$$

式(4)中,  $p(x, Q_i)$  表示电源故障数据变量  $x$  与关联函数变量  $Q$  在对应常数为  $i$  下的概率,  $p(Q, x_i)$  表示关联函数变量  $Q$  与电源故障数据变量  $x$  在对应常数为  $i$  下的概率。

对公式(4)的关联度  $\Omega(x)$  进行矩阵排列,获得变电设备电源故障数据排列情况。根据排列情况,构建变电设备电源故障数据统计量,表示为:

$$\Omega(t, y) = p(t, y) \lg \frac{p(t, y)}{p(t)p(y)} \quad (5)$$

公式(5)中,  $t$  表示变电设备运行过程中的电源故障变量,  $p$  仍表示各变量之间的关联系数。

根据以上过程,完成变电设备电源故障数据统计量的构建。

### 1.3 设计变电设备电源故障定位算法

以变电设备电源故障数据统计量为依据,假设  $\varphi(t)$  表示变换处理的离散函数,利用公式(6)给出变电设备电源故障信息的变换函数  $\varphi_{f,g}(t)$ , 即:

$$\varphi_{f,g}(t) = \frac{1}{\sqrt{f}} \varphi\left(\frac{t-g}{f}\right) \quad (6)$$

式(6)中,  $f$  和  $g$  分别代表小波变换因子和移动因子,通过对  $f$  和  $g$  两个因子进行小波变换,就可以得到小波变换函数。

将变电设备电源故障信号定义为  $y(t)$ , 以公式(6)为基础,利用离散函数  $\varphi(t)$  对故障信号进行变换<sup>[7]</sup>,得到故障信号的变换系数  $T_y(f, g)$ , 即:

$$T_y(f, g) = \frac{1}{\sqrt{f}} \int y(t) \varphi\left(\frac{t-g}{f}\right) \quad (7)$$

式(7)中,  $t$  代表小波变换过程中的常数。

在公式(7)中可以发现,变电设备电源故障信号是连续的,根据这一特点,解析小波变换函数<sup>[8]</sup>,利用离散小波函数,计算变电设备电源故障信号的离散系数  $T_y(2^l, 2^l t)$ , 即:

$$T_y(2^l, 2^l t) = \frac{1}{\sqrt{2^l}} T_y(f, g) \quad (8)$$

式(8)中,  $l$  表示变电设备电源故障信号的权值。

根据公式(8)的离散系数,对变电设备电源故障信息进行重构,得到变电设备电源故障的准确位置为:

$$h(t) = \sum_l \sum_v O_l c_{l,v} \quad (9)$$

式(9)中,  $c_{l,v}$  表示变电设备电源故障定位点的小波系数,  $O_l$  代表任意一个变电设备电源故障点的位置信息。

综上所述,利用小波变换设计了变电设备电源故障定位算法,实现变电设备电源故障的定位。

## 2 实例分析

### 2.1 实验参数

为了验证文中方法在变电设备电源故障定位中的有效性,选取一台变电设备为研究对象,当电源出现故障时,表1给出了故障参数。

### 2.2 故障信号去噪处理

由于变电设备的运行环境比较复杂,导致电源故障信号会出现大量噪声,需要利用小波变换去除电源故障信号的噪声。

在变电设备运行现场采集到的电源故障信号是一维信号,通过小波系数的重构,并结合噪声频率特性,在不同尺度下,对小波系数进行处理,得到去噪后的变电设备电源故障信号,如图1所示。

图1中对变电设备电源故障信号进行消噪之后,可以获得一条比较圆滑的曲线,说明小波变换具有较好的去噪效果。

### 2.3 故障定位测试

利用文中方法对图1中的变电设备电源故障进行定位,得到不含噪声的电压波形,结果如图2所示。

根据图2的结果可知,利用文中方法对变电设备电源故障进行定位的过程中,变电设备运行过程中的电压波形出现了明显的奇异性,文中方法通过小波变换,能够精准确定变电设备电源故障的位置。

表 1 实验参数

参数编号	参数名称	参数大小
1	故障类型	完全失效
2	接地电阻	1.0 Ω
3	变电设备工作频率	180Hz
4	变电设备工作电压	220V
5	变电设备工作电流	110A
6	故障持续时间	0.8 s

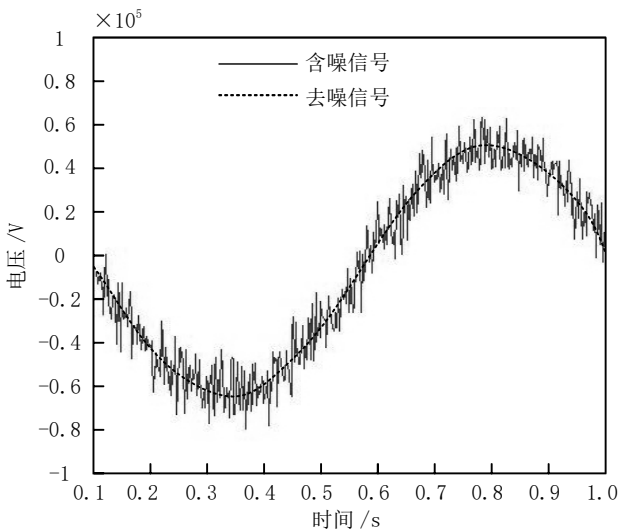


图 1 消噪后的电源故障信号

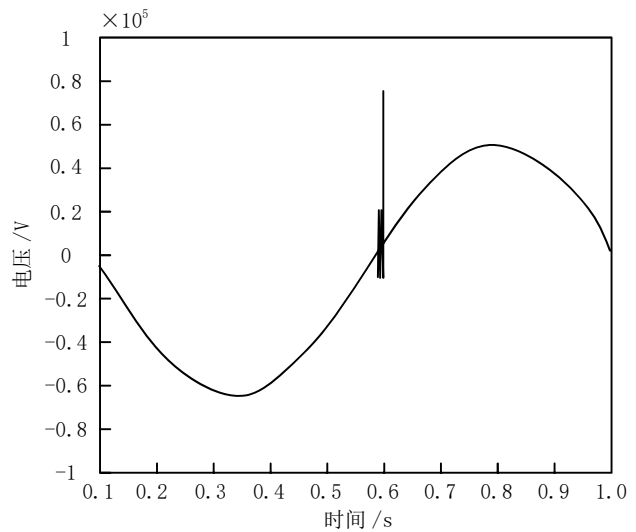


图 2 配网单相接地故障定位结果

### 3 结语

本文提出了最小权点覆盖下变电设备电源故障定位方法研究,通过采集变电设备电源故障数据,构建了变电设备电源故障数据统计量,利用小波变换设计了故障定位算法,实现变电设备电源故障的定位。通过实例分析发现,该方法能够确定电源故障发生的位置。本文的研究虽然取得了一定成果,但是由于时间和精力有限,还存在很多不足,在今后的研究中,希望可以先确定电源故障的范围,提高定位的效率。

### 参考文献:

[1] 姜学朴,吴港,孙婷,等.智能变电站网络设备故障的快速准确定位技术[J].电测与仪表,2019,56(08):94-98.  
 [2] 高湛军,李思远,彭正良,等.基于网络树状图和改进D-S证据理论的配电网故障定位方法[J].电力自动化

设备,2018,38(06):65-71.

[3] 任博,郑永康,王永福,等.基于深度学习的智能变电站二次设备故障定位研究[J].电网技术,2021,45(02):713-721.  
 [4] 齐郑,刁春燕,李鸿毅,等.基于快速短接故障相母线熄弧装置的故障区段定位方法[J].电力系统自动化,2020,44(23):157-164.  
 [5] 荣飞,朱语博,周诗嘉,等.基于子模块电压分组检测的MMC子模块开路故障诊断定位方法[J].电力自动化设备,2020,40(12):127-133.  
 [6] 高红均,杨睿,贺帅佳,等.一种基于有限PMU配置的配电网故障定位方法[J].电力自动化设备,2022,42(04):138-145.  
 [7] 王硕禾,巩方超,古晓东,等.基于特征融合的变电设备类型及故障识别算法研究[J].铁道学报,2021,43(04):95-100.  
 [8] 陈军,刘鑫,王利平,等.Petri网智能变电站保护控制故障诊断与定位方法研究[J].中国测试,2019,45(10):128-134.