

# 10kV 配电线路单相接地故障分析与处理

王亦俊

国网浙江省电力有限公司文成县供电公司, 浙江 温州 325300

**[摘要]** 文章讨论了处理 10kV 配电线路单相接地故障的关键措施。首先, 快速故障定位利用红外热像仪和故障指示器等技术, 迅速准确地定位故障点。其次, 故障隔离与恢复通过操作断路器和隔离开关, 将故障区域与其他正常区域分隔开, 并恢复供电系统的正常运行。最后, 故障分析与预防通过深入分析故障原因并制定相应预防措施, 减少故障发生频率和影响范围。综合运用这些措施, 可以提高故障处理效率和可靠性, 确保供电系统的稳定运行, 为用户提供可靠的电力供应。

**[关键词]** 10kV; 配电线路; 单相接地故障

DOI: 10.33142/hst.v6i5.9501

中图分类号: TM7

文献标识码: A

## Analysis and Treatment of Single-phase Grounding Fault in 10kV Distribution Line

WANG Yijun

Wencheng County Power Supply Company of State Grid Zhejiang Electric Power Co., Ltd., Wenzhou, Zhejiang, 325300, China

**Abstract:** The article discusses the key measures for dealing with single-phase grounding fault in 10kV distribution lines. Firstly, rapid fault location utilizes technologies such as infrared thermal imaging and fault indicators to quickly and accurately locate the fault point. Secondly, fault isolation and recovery separate the fault area from other normal areas by operating circuit breakers and isolation switches, and restore the normal operation of the power supply system. Finally, fault analysis and prevention reduce the frequency and scope of fault occurrence by deeply analyzing the cause of the fault and developing corresponding preventive measures. By comprehensively applying these measures, the efficiency and reliability of fault handling can be improved, ensuring the stable operation of the power supply system, and providing reliable power supply to users.

**Keywords:** 10kV; distribution lines; single-phase grounding fault

在 10kV 配电线路中, 单相接地故障是常见的问题, 可能给供电系统和用户带来严重的影响。为了确保供电系统的稳定运行, 及时处理和修复故障至关重要。文章将探讨处理 10kV 配电线路单相接地故障的关键措施, 包括快速故障定位、故障隔离与恢复以及故障分析与预防。这些措施旨在提高故障处理的效率、准确性和可靠性, 确保供电系统的安全和可靠运行。通过综合运用这些措施, 我们可以有效地解决故障问题, 最大限度地减少供电中断, 为用户提供稳定的电力供应。

### 1 造成 10kV 配电线路单相接地故障的原因

#### 1.1 设备老化或损坏

设备老化或损坏是导致 10kV 配电线路单相接地故障的一个主要原因。这种故障可能是由于长期运行和环境因素引起的设备退化、绝缘材料老化或电缆损坏等问题所致。下面将详细阐述设备老化或损坏的原因。

首先, 长期运行是设备老化的常见原因之一。随着时间的推移, 设备中的零部件会经历磨损和劣化。例如, 开关、继电器和断路器等元件可能由于频繁的操作而出现接触不良、弹簧劣化等问题, 导致设备的正常功能受损。此外, 电缆和连接器也会因为电流负载和温度变化而产生热膨胀和收缩, 长时间的热循环可能导致电缆绝缘材料的老化和破损。其次, 环境因素对设备老化和损坏起着重要作

用。电力系统通常在各种恶劣的环境条件下运行, 如高温、湿度、腐蚀性气体和灰尘等。这些因素会加速设备老化过程。例如, 高温环境会引起电子元件的热应力, 使其性能下降。湿度会导致绝缘材料的电气性能下降, 增加设备发生击穿的风险。腐蚀性气体和灰尘会侵蚀设备表面和内部零部件, 进而引发故障。此外, 设备的错误安装和维护也可能导致老化和损坏。不正确地安装可能会导致设备受到过载、短路或振动等不良条件的影响。维护不当, 如缺乏定期检查、清洁和润滑, 会使设备处于不稳定的状态, 进一步加速设备的老化过程。

#### 1.2 外部因素干扰

外部因素干扰是导致 10kV 配电线路单相接地故障的另一个重要原因。这些外部因素包括雷击、树木触碰、动物破坏等, 它们可能会对电力系统造成直接或间接的影响, 导致线路接地故障。下面将详细阐述外部因素干扰的原因。

首先, 雷击是一种常见的外部因素干扰。当雷电击中地面附近的物体时, 会产生强大的电流和电压脉冲。这些脉冲能够通过接地系统进入电力线路, 引发线路的过电压和过电流。过电压可能损坏线路上的绝缘材料, 导致接地故障。此外, 雷击还可能在接地系统中产生强大的电磁场, 引发感应电压和电流, 进而对线路的正常运行造成干扰。其次, 树木触碰是另一个常见的外部因素干扰。当树木的

枝叶触碰到 10kV 配电线路时, 会形成树木和线路之间的短路路径。这种短路可能导致线路电流异常增大, 引发线路的过电流保护动作或引发线路短路故障。此外树木触碰还可能引起线路的振动和摇摆, 进一步增加线路杆塔和导线的机械应力, 导致线路破坏和接地故障。最后, 动物破坏也是一种常见的外部因素干扰。例如, 啮齿动物(如松鼠)可能会咬断线路的绝缘层或电缆, 导致线路短路或断路。同时鸟类也可能在导线上停留, 导致不同相之间或相与地之间发生短路故障。这些动物破坏可能会造成线路的接地故障, 并对供电系统的稳定性和可靠性产生负面影响<sup>[1]</sup>。

## 2 10kV 配电线路单相接地故障行波定位

### 2.1 行波传播速度测量

行波传播速度测量是行波定位技术中的一个关键点, 通过测量行波传播速度可以确定故障点的位置。该方法基于行波在电力系统中的传播特性, 即故障行波在电力线路上的传播速度相对恒定。以下将详细阐述行波传播速度测量的原理和步骤。行波传播速度测量的基本原理是利用传感器在不同位置对故障行波进行时间测量, 并计算行波传播速度。通常, 行波传播速度可以用来估计故障点距离测量位置的距离。下面是一个示例(表 1), 说明了行波传播速度测量的步骤和数据示例:

表 1 行波传播速度测量

测量点	传感器位置	测量时间 (微秒)	传播时间差 (微秒)	距离差 (米)
A	起始位置	0	-	-
B	距离 A 100 米处	5	5	100
C	距离 A 200 米处	10	5	100
D	距离 A 300 米处	15	5	100

在上述示例中, 传感器在不同位置进行了行波测量, 测量时间以微秒为单位表示。首先, 在起始位置 A 处设置一个参考时间为 0。然后, 分别在距离 A 100 米、200 米和 300 米的位置 B、C 和 D 处进行测量。通过计算测量点之间的时间差, 可以得到行波传播速度。在本例中, 点 B 到点 A 的时间差为 5 微秒, 点 C 到点 A 的时间差为 10 微秒, 点 D 到点 A 的时间差为 15 微秒。假设距离 B 到 A 的距离为 100 米, 则行波传播速度可计算为  $100 \text{ 米} / 5 \text{ 微秒} = 20 \text{ 千米/秒}$ 。因此, 通过行波传播速度, 可以推算出故障点距离测量位置的距离。例如, 如果在测量点 A 处测量到故障行波的时间是 25 微秒, 根据行波传播速度为 20 千米/秒, 可以推算出故障点距离为 500 米 ( $25 \text{ 微秒} \times 20 \text{ 千米/秒} = 500 \text{ 米}$ )。

### 2.2 多点测量与差分定位

通过在不同位置进行多点测量并进行差分计算, 可以提高定位的准确性。这种方法消除了测量误差, 从而更精确的确定故障点的位置。具体来说: 一是多点测量是指在电力线路上设置多个测量点, 并在每个测量点上放置传感

器, 以测量故障行波到达不同位置的时间。通过在多个位置进行测量, 我们可以获取更多的数据, 有助于提高故障点定位的准确性。二是差分定位是指通过对多个测量点的测量结果进行差分计算, 从而消除测量误差, 进一步提高定位的精确性。差分计算的基本原理是利用测量点之间的时间差或距离差, 而不是单独地测量数值, 从而消除个别传感器测量误差的影响。

差分定位的步骤如下: 首先, 根据多点测量的结果, 计算出相邻测量点之间的时间差或距离差。例如, 在测量点 A 和 B 之间的时间差为 5 微秒, 测量点 B 和 C 之间的时间差为 8 微秒。然后, 通过对时间差或距离差进行差分计算, 得到差分值。其次, 差分值可以表示为相邻测量点之间的传播时间差或距离差, 从而消除了单个传感器测量误差的影响。通过差分计算, 我们可以得到更准确的故障点定位结果。举例来说, 假设在测量点 A 处测量到故障行波的时间为 20 微秒, 在测量点 B 处测量到故障行波的时间为 25 微秒。通过差分定位, 我们可以计算出传播时间差为 5 微秒。最后, 通过差分定位, 可以消除由于单个传感器测量误差导致的定位不准确性。此外, 多点测量和差分定位还能提供对故障信波传播路径的更详细信息, 有助于进一步分析电力系统中的故障类型和特征<sup>[2]</sup>。

### 2.3 混合定位方法

通过将行波定位与其他定位方法结合使用, 可以进一步提高准确性和可靠性。这种方法能够克服单一方法的局限性, 综合利用不同技术的优势, 以获得更精确的故障点定位结果。具体来说: 一是混合定位方法可以与全球定位系统(GPS)等定位技术相结合。GPS 是一种基于卫星定位的技术, 可以提供准确的位置信息。通过将行波测量结果与 GPS 定位数据进行融合, 可以消除传感器位置误差, 得到更精确的故障点定位结果。例如, 行波测量提供了相对位置信息, 而 GPS 定位提供了绝对位置信息, 两者相结合可以提高定位的准确性。二是光纤测温技术是另一个可以与行波定位方法相结合的定位技术。光纤测温技术可以测量电力线路上的温度分布, 通过检测温度变化可以识别异常热点。将光纤测温技术与行波定位相结合, 可以在行波定位的基础上进一步确定故障点的位置, 特别是针对发热故障或高温故障。三是还可以利用光纤振动传感器等技术来监测电力线路的振动情况。振动传感器可以检测到由于外部因素(如树木触碰)或故障引起的线路振动。将振动测量与行波定位相结合, 可以进一步确定故障点的位置, 并提供对故障类型和严重程度的更详细分析。

## 3 10kV 配电线路单相接地故障处理措施

### 3.1 快速故障定位

快速故障定位是处理 10kV 配电线路单相接地故障的关键措施之一。它通过采用高精度的故障定位技术, 如红外热像仪或故障指示器, 能够迅速准确地定位故障点。以

下是该措施的详细阐述:①采用红外热像仪进行故障定位可以快速检测故障点的热量异常。红外热像仪能够测量电力设备表面的温度,并显示热量分布的图像。当发生单相接地故障时,故障点周围通常会产生异常的热量。通过红外热像仪的图像,操作人员可以直观地确定故障点的位置,快速采取措施进行修复。②故障指示器也是一种常用的快速故障定位工具。故障指示器安装在电力线路上,当线路发生故障时,会发出声音、光闪等告警信号。操作人员可以根据告警信号的强弱和位置来确定故障点的位置。这种定位方式简单快捷,适用于大范围的故障定位。③定位技术的发展也为快速故障定位提供了新的可能性。例如,利用无线通信技术和智能传感器,可以实现远程监测和定位。智能传感器安装在电力设备上,通过与监测系统的无线通信,可以实时传输故障信息和位置数据。操作人员可以通过监测系统接收到的数据,快速准确地定位故障点,提高故障处理效率<sup>[3]</sup>。

### 3.2 故障隔离与恢复

故障隔离与恢复是处理 10kV 配电线路单相接地故障的第二个重要措施。该措施旨在迅速隔离故障区域,并通过合理的操作和设备切换来恢复供电系统的正常运行。以下是该措施的详细阐述:①故障隔离是指通过操作断路器、隔离开关等设备,将发生故障的区域与其他正常运行的部分分隔开。在发现故障后,操作人员应迅速切断故障区域的电力连接,以防止故障扩大影响其他线路或设备。通过合理的操作和设备切换,可以确保故障点所在的区域与其他供电区域独立运行,减少故障对整个系统的影响。②故障恢复是指通过抢修或维修措施,恢复故障点所在区域的供电。一旦故障区域隔离,维修人员可以安全地进入该区域进行故障排除和修复工作。针对单相接地故障,可能需要修复或更换受损的设备、线路或元件,并确保电力系统在修复后能够正常运行。及时的故障恢复工作可以减少用户的供电中断时间,提高供电可靠性。③故障隔离与恢复还需要与监控系统、调度中心等进行紧密协作。监控系统可以提供实时故障信息,帮助操作人员迅速判断故障点和范围,从而指导隔离和恢复工作。调度中心可以根据故障情况调度维修人员,协调供电调节和备用电源的切换,确保故障处理过程的安全和协调进行。

### 3.3 故障分析与预防

故障分析与预防是处理 10kV 配电线路单相接地故障的关键措施之三。通过对故障进行详细分析,找出故障原因,并采取相应的预防措施,可以减少故障的发生频率和影响范围。以下是对该措施的详细阐述:

故障分析的步骤包括收集故障数据、分析故障现象和找出故障原因。操作人员可以通过记录故障发生的时间、地点、气象条件等信息,并结合现场观察和测试结果,对故障进行深入分析。这有助于找出导致单相接地故障的具体原因,如设备老化、外部干扰等。为了更好地说明故障

分析过程,下面是一个示例(表2):

表 2 故障分析表

故障编号	发生时间	故障位置	气象条件	故障类型	分析结果	预防措施
001	2022-05-10 14:30	线路 A	高温 (35℃)	电缆接头故障	接头老化导致绝缘破损	定期检查和更换电缆接头
002	2022-06-05 09:15	线路 B	雨天	杆塔腐蚀故障	杆塔金属腐蚀导致结构不稳定	定期检查和防腐处理杆塔
003	2022-07-20 16:45	线路 C	强风 (40m/s)	绝缘子破损故障	绝缘子受风力作用破裂	采用耐风设计的绝缘子

故障分析与预防的目的是提高供电系统的可靠性和安全性。通过深入分析故障原因,可以找出潜在问题并采取相应的预防措施,减少故障的发生频率和影响范围。而通过分析故障现象和找出故障原因,可以制定相应的预防措施。例如,在故障编号 001 中,发现电缆接头老化导致绝缘破损。为了预防类似故障的再次发生,建议定期检查和更换电缆接头。在故障编号 002 中,发现杆塔金属腐蚀导致结构不稳定。为了预防这类故障,建议定期检查和进行防腐处理。在故障编号 003 中,发现绝缘子受强风作用破裂。为了预防这类故障,建议采用耐风设计的绝缘子。另外需要注意的是,故障分析和预防是一个持续的过程,需要不断改进和调整。定期的故障数据分析和经验总结可以为预防措施的制定提供有力支持。同时加强设备维护保养、提高设备的可靠性和抗干扰能力,也是预防故障的重要手段<sup>[4]</sup>。

## 4 结语

在处理 10kV 配电线路单相接地故障时,快速故障定位、故障隔离与恢复以及故障分析与预防是关键措施。通过综合运用这些措施,可以提高故障处理的效率和准确性,保障供电系统的稳定运行。持续改进和创新,结合新的技术和方法,将进一步推动故障处理的发展,为提供可靠的电力供应做出贡献。

### [参考文献]

- [1]唐军. 10kV 配电线路单相接地故障分析与处理[J]. 电力设备管理, 2023(5): 174-176.
  - [2]付加顺,范海龙,金成日等. 10kV 配电线路单相接地故障分析[J]. 山东工业技术, 2019(4): 195.
  - [3]李强. 浅谈农网 10kV 配电线路单相接地故障分析及处理[J]. 农家参谋, 2019(13): 192.
  - [4]卜宇航,吕建华. 10kV 配电线路单相接地故障分析与处理[J]. 数字化用户, 2023, 29(23): 88-90.
- 作者简介: 王亦俊(1972.7—), 毕业院校: 浙江大学, 所学专业: 电气工程及其自动化, 当前工作单位: 国网文成县供电公司大岙供电所, 职务: 所长, 职称级别: 工程师。