

# 配电运维中的故障定位与快速抢修技术研究

赵 龙 张晓丽

国网石嘴山供电公司 宁夏 石嘴山 753000

**摘 要：**本文深入探讨了配电运维中故障定位与快速抢修技术的重要性、现状、挑战及发展趋势。详细阐述了多种故障定位技术的原理、应用及局限性，分析了快速抢修技术的流程、工具与发展方向。随着电力系统复杂性的增加，需结合多种方法提高故障定位准确性，通过优化流程、提升人员技能、应用新技术等手段缩短抢修时间。未来，智能化、自动化技术的发展将使配电运维更加高效、可靠。

**关键词：**配电运维；故障定位；快速抢修；智能化技术

## 1 引言

在电力系统“发—输—变—配—用”的几大环节中，配电网直接与用户相连，是电能输送的末端环节，承担着将电能从电源或输电网传输到不同电压等级用户的重要任务。配电网运行的可靠性水平，直接关系到用户的供电质量和“获得电力”体验。然而，配电网在运行过程中，由于各种原因不可避免地会发生故障，如线路短路、接地故障、变压器故障等。这些故障不仅会影响用户的正常用电，还可能引发火灾、交通事故等安全隐患。因此，快速、准确地定位故障并进行抢修，对于保障电力系统的稳定运行、提高供电可靠性具有重要意义。

## 2 配电运维中故障定位的重要性

### 2.1 保障供电安全

配网故障可能导致局部或大范围的停电，给用户生活带来不便，甚至可能引发火灾、交通事故等安全隐患。通过快速、准确地定位故障，运维人员可以及时采取措施进行修复，避免事故的发生，保障人民生命财产的安全。

### 2.2 提高运行效率

配网故障可能导致电网负荷失衡，影响整个电力系统的稳定性和可靠性。通过故障定位，运维人员可以迅速恢复受损线路的正常运行，减轻其他线路的负担，提高整个系统的运行效率。

### 2.3 降低维修成本

故障定位可以帮助运维人员快速找到故障原因，减少误报、漏报等现象，降低维修成本。同时，通过对故障数据的分析，可以为优化电力系统运行提供有力支持，进一步降低运行成本。

## 3 配电运维中故障定位技术的现状与挑战

### 3.1 故障定位技术现状

#### 3.1.1 注入信号定位法

该方法是在线路不停电的情况下，故障发生后向系统注入特定的信号实现故障定位。通常注入的信号可以是高频信号、脉冲信号等。例如，向故障线路注入高频信号，利用信号在故障点的反射特性来确定故障位置。通过检测反射信号的强度、时间等参数，结合线路的电气参数，计算出故障点与注入点之间的距离。实际应用中并不理想，且检测时间较长。如果接地点存在间歇性电弧现象，注入的信号在线路中将不连续，给故障定位带来困难<sup>[1]</sup>。若是在离线的情况下利用其实现故障定位，需要外加直流高压使接地点保持击穿状态，势必增加投资和检测复杂性。而且，注入信号可能会受到线路分布电容、电感等参数的影响，导致信号衰减和畸变，影响定位精度。

#### 3.1.2 故障指示器定位法

通过在线路上安装故障指示器，当线路发生故障时，故障指示器会发出信号，指示故障发生的位置。故障指示器可以检测线路的电流、电压等参数的变化，当参数超过设定阈值时，指示器会动作，如翻牌、发光等。检测相间短路故障效果不错，但对于单相接地故障检测，实用效果很不理想。因为单相接地故障时，故障电流往往较小，故障指示器可能无法准确检测到故障信号。此外，故障指示器的安装位置和维护情况也会影响其检测效果。

#### 3.1.3 基于FTU的故障分段定位法

利用安装在线路上的FTU（馈线终端单元）采集线路的运行数据，如电流、电压、功率等。当线路发生故障时，FTU会将采集到的数据上传到主站，主站通过对数据的分析来判断故障发生的位置。例如，通过比较不同FTU采集到的电流值，找出电流异常变化的区间，从而确定故障所在的分段。没有很好地解决单相接地故障定位的问题，且实现配网自动化成本太高，限制了其应用范围。

FTU的安装和维护需要投入大量的人力和物力,而且主站的数据处理和分析也需要较高的技术水平和计算能力。

### 3.1.4 行波法

利用故障产生的行波信息实现配电网故障测距。行波法具有不受系统参数、系统运行方式变化、线路不对称及互感器变换误差等因素的影响的优点。当线路发生故障时,会产生向线路两端传播的行波,行波在故障点、母线等阻抗不连续处会发生反射和折射。通过检测行波到达检测点的时间和波速,可以计算出故障位置。在实际应用中面临一些关键技术问题。行波测距模式的确定需要根据线路的长度、结构、故障类型等因素综合考虑。行波信号的获取需要使用高精度的行波传感器,传感器的安装位置和性能会影响行波信号的质量<sup>[2]</sup>。架空电缆混合线路的影响,由于架空线和电缆的行波传播特性不同,会导致行波信号的衰减和畸变。多分支线路的影响,多分支线路会使行波的传播路径复杂,增加故障定位的难度。高阻接地故障的影响,高阻接地故障时行波信号较弱,容易被噪声干扰,影响定位精度。

### 3.1.5 其他方法

(1) 直观检查法:通过观察线路外观、检查设备指示灯等方式,初步判断故障位置。运维人员可以检查线路是否有破损、放电痕迹,设备指示灯是否正常等。这种方法适用于故障现象较为明显的情况,但对于隐蔽性较强的故障效果不佳。(2) 遥测法:通过无线通信技术、光纤通信技术等手段,实时监测线路参数,精确定位故障位置。例如,利用安装在线路上的传感器实时采集线路的电流、电压、温度等参数,并将数据传输到监控中心。监控中心通过对数据的分析和处理,判断线路是否发生故障,并确定故障位置。这种方法需要依赖先进的通信技术和监测设备,成本较高。(3) 冗余保护法:利用线路上的保护装置,如距离保护、过压保护等,实现故障的自动诊断和定位。当线路发生故障时,保护装置会根据设定的保护逻辑动作,通过保护装置之间的通信和协调,确定故障位置。这种方法需要在线路上安装大量的保护装置,增加了系统的复杂性和成本。

## 3.2 故障定位面临的挑战

### 3.2.1 配电网结构复杂

随着城市的发展,配电网的结构越来越复杂,线路分支多、接线方式多样,这给故障定位带来了很大的困难。例如,在城市配电网中,主要采用电缆连接环网柜、分支箱的形式构成网络连接,并以手拉手方式提高供电可靠性。由于配网线路上分段开关、联络开关和分支开关级数多,故障切除时间要求短,使得保护级差配合困难。而

且,配电网中存在大量的分布式电源,如太阳能光伏发电、风力发电等,分布式电源的接入会改变配电网的潮流分布和故障特性,增加了故障定位的难度。

### 3.2.2 故障类型多样

配电网中常见的故障类型有线路短路故障、接地故障、变压器故障等。不同类型的故障具有不同的特点和表现形式,需要采用不同的定位方法。例如,单相接地故障是电气故障中出现最多的故障,它的危害主要在于使三相平衡系统受到破坏,非故障相的电压升高到原来的倍,很可能会引起非故障相绝缘的破坏。而变压器故障可能包括绕组短路、铁芯故障等,其故障特征和定位方法与线路故障有所不同。

### 3.2.3 外界环境干扰

配电网的运行环境复杂多变,如恶劣天气(暴雨、大风、洪水等)、外力破坏(车撞电杆、吊车挂断导线等)、生态环境变化(鸟类筑巢等)等都会对配电网的运行造成影响,增加故障发生的概率和定位的难度。例如,暴雨可能导致线路积水,引发短路故障;大风可能使导线舞动,造成相间短路;鸟类筑巢可能导致线路短路或接地故障。

## 4 配电运维中快速抢修技术的现状与发展

### 4.1 快速抢修技术现状

#### 4.1.1 抢修流程

目前的配电网故障抢修流程一般包括故障报告与确认、应急响应与安全措施、故障隔离与定位、抢修准备与实施、恢复供电与后期处理等环节。在实际操作中,抢修人员需要按照流程逐步进行,以确保抢修工作的有序进行。

#### 4.1.2 抢修工具与设备

随着技术的发展,抢修工具和设备也在不断更新换代。例如,钳形表、验电笔、红外热像仪、绝缘胶带等常用工具已经成为抢修人员的必备装备。此外,还有一些专业的抢修设备,如电缆故障测试仪、接地故障测试仪等,也被广泛应用于故障抢修工作中。

#### 4.1.3 抢修人员技能水平

抢修人员的技能水平直接影响抢修工作的效率和质量。目前,供电部门通常会定期对抢修人员进行培训,提高他们的专业技能和应急处理能力。然而,由于配电网故障类型的多样性和复杂性,抢修人员仍然需要不断学习和积累经验,以应对各种突发情况。

## 4.2 快速抢修技术的发展趋势

### 4.2.1 智能化技术的应用

随着智能化技术的发展,配电网故障抢修工作也将

逐步实现智能化。例如,通过安装智能传感器和监测设备,可以实时监测配电网的运行状态,及时发现故障并预警。智能传感器可以采集线路的电流、电压、温度等参数,并将数据传输到监控中心。监控中心通过对数据的分析和处理,判断线路是否发生故障,并提前发出预警信号<sup>[3]</sup>。同时,利用大数据分析和人工智能技术,可以对故障数据进行深度挖掘和分析,为抢修工作提供更有针对性的决策支持。例如,通过分析历史故障数据,找出故障发生的高发区域和时间段,合理安排抢修人员和物资。

#### 4.2.2 分布式馈线自动化的应用

分布式馈线自动化是一种将计算节点下沉至每个配电终端上的技术,通过5G通信实现毫秒级信息交互、故障就地判别与隔离。这种技术不需要反复与主站确认信息,可以大大提高故障隔离和恢复供电的速度。当线路发生故障时,分布式馈线自动化系统可以快速判断故障位置,并自动隔离故障区域。同时,根据配电网的拓扑结构和运行方式,自动生成恢复供电的方案,实现非故障区域的快速恢复供电。

#### 4.2.3 抢修流程的优化

通过对抢修流程的不断优化,可以进一步提高抢修工作的效率。例如,可以建立故障应急处理预案,明确抢修人员的职责和分工;加强故障隔离措施,缩短停电时间;提高抢修物资储备和管理水平,确保抢修工作的顺利进行。

### 5 提高配电运维中故障定位与快速抢修技术的策略

#### 5.1 提高故障定位准确率

##### 5.1.1 综合运用多种定位方法

针对配电网故障类型的多样性和复杂性,可以综合运用多种定位方法,如注入信号定位法、故障指示器定位法、行波法等。通过对比分析不同方法的定位结果,可以提高故障定位的准确率。例如,在单相接地故障定位中,可以先使用故障指示器进行初步定位,再利用行波法进行精确定位。

##### 5.1.2 加强监测设备的安装与维护

在配电网的关键节点和易发生故障的区域安装监测设备,如智能传感器、故障指示器等。同时,定期对监测设备进行维护和校准,确保其正常运行和准确采集数据。例如,对于安装在户外的监测设备,需要定期检查其防水、防潮性能,确保其不受恶劣环境的影响。

##### 5.1.3 提高数据分析能力

加强对故障数据的分析和处理,利用大数据分析和人工智能技术挖掘数据中的有价值信息。通过对故障数据的深度分析,可以找出故障发生的规律和原因,为故

障定位和抢修工作提供有力支持<sup>[4]</sup>。例如,通过分析故障发生的时间、地点、天气等因素,找出故障的高发原因,采取针对性的预防措施。

#### 5.2 缩短抢修时间

##### 5.2.1 优化抢修流程

对现有的抢修流程进行优化和简化,减少不必要的环节和等待时间。例如,可以建立快速响应机制,确保抢修人员能够在最短时间内到达故障现场;加强抢修现场的管理和协调,提高抢修工作的效率。

##### 5.2.2 提高抢修人员技能水平

加强对抢修人员的培训和教育,提高他们的专业技能和应急处理能力。同时,建立抢修人员的考核机制,激励他们不断学习和进步。例如,定期组织抢修人员进行技能竞赛,提高他们的实际操作能力。

##### 5.2.3 加强抢修物资储备与管理

建立完善的抢修物资储备体系,确保抢修物资的充足和及时供应。同时,加强对抢修物资的管理和调配,提高物资的使用效率。例如,建立抢修物资库存管理系统,实时监控物资的库存数量和使用情况,及时进行补货和调配。

#### 结语

配电运维中的故障定位与快速抢修技术对于保障电力系统的稳定运行、提高供电可靠性具有重要意义。然而,由于配电网结构复杂、故障类型多样以及外界环境干扰等因素的影响,故障定位与抢修工作仍然面临着很大的挑战。为了提高故障定位与抢修工作的效率和质量,需要综合运用多种定位方法、优化抢修流程、提高抢修人员技能水平、加强抢修物资储备与管理等措施。同时,随着智能化、自动化技术的发展,配电运维工作也将逐步实现智能化和自动化,为故障定位与抢修工作提供更加有力的技术支持。在未来的发展中,应继续关注配电运维领域的新技术、新方法的研究和应用,不断推动配电运维工作的创新和发展。

#### 参考文献

- [1] 闫信. 配电运检系统中的故障诊断与运维管理研究[J]. 电力设备管理, 2025, (03): 85-87.
- [2] 徐成龙. 配电线路常见故障及配电运检管理措施的探索[J]. 家电维修, 2025, (01): 143-145.
- [3] 玉山·坎吉, 郭文峰, 刘龙, 等. 配电线路常见故障及配电运检管理措施[J]. 电子元器件与信息技术, 2024, 8(10): 157-159.
- [4] 张王博. 配电线路常见故障及配电运检管理措施研究[J]. 仪器仪表用户, 2024, 31(10): 39-40+43.