

# 10kV 智能配电网故障定位与隔离技术的研究与应用

吴肇文

佛山祥电电力设计工程有限公司 广东佛山 528000

**摘要:** 本文聚焦 10kV 智能配电网故障定位与隔离技术, 阐述其研究背景与意义, 分析常见故障类型及传统技术局限。深入探讨智能故障定位技术, 包括基于负序电流、小波包变换、5G 通信等新型定位方法; 研究智能故障隔离技术, 如纵联差动保护、自动化隔离开关等。通过实际案例分析技术应用效果, 指出当前技术面临的成本、可靠性等挑战, 并提出相应对策。研究表明, 智能故障定位与隔离技术能显著提升配电网供电可靠性和安全性, 随着技术发展, 其应用前景广阔。

**关键词:** 10kV 智能配电网; 故障定位; 故障隔离; 智能技术; 供电可靠性

## 引言

### (1) 研究背景

随着社会经济的快速发展, 电力需求持续增长, 用户对供电可靠性和电能质量的要求也越来越高。10kV 配电网作为电力系统的重要组成部分, 直接面向广大用户, 其运行状况直接影响着用户的用电体验和社会的经济发展。然而, 10kV 配电网具有线路长、分支多、设备分散、运行环境复杂等特点, 容易受到各种因素的影响而发生故障, 如自然灾害、外力破坏、设备老化等。一旦发生故障, 不仅会导致停电, 给用户带来不便, 还会造成经济损失, 影响社会的正常运转。因此, 快速、准确地定位故障位置并及时隔离故障区域, 对于提高 10kV 配电网的供电可靠性和安全性具有重要意义。

### (2) 研究意义

智能故障定位与隔离技术的研究与应用, 能够有效解决传统故障处理方式中存在的效率低、准确性差等问题。通过采用先进的传感器技术、通信技术、计算机技术和智能算法, 可以实现对配电网故障的实时监测、快速定位和自动隔离, 减少停电时间和范围, 提高供电可靠性。同时, 智能故障定位与隔离技术还可以为配电网的规划、设计和运行管理提供科学依据, 促进配电网的智能化发展, 提升电力系统的整体运行效率和经济效益。

## 1 10kV 配电网故障类型及传统定位与隔离技术分析

### 1.1 10kV 配电网常见故障类型

10kV 配电网常见的故障类型主要包括短路故障、接地故障和开路故障。短路故障是指电气设备两相或多相之间的短接故障, 可能由设备内部故障或外部环境原因引起, 如绝

缘损坏、雷击、外力破坏等。短路故障会导致电流急剧增大, 可能引起设备烧损, 严重影响供电可靠性。接地故障是指电气设备的线路或设备外壳与地之间发生不正常的连接, 可分为单相接地故障和多相接地故障。接地故障易引起触电事故和设备损坏, 同时还会导致系统过电压, 威胁线路绝缘安全。开路故障是指电气设备内部某条电路中断导致的设备无法正常工作, 如导线断裂、开关接触不良等。开路故障会影响供电质量, 导致电压异常。

### 1.2 传统故障定位与隔离技术

#### 1.2.1 传统故障定位技术

传统的人工巡线定位技术是通过电力人员对配电线路进行巡查, 发现电力设备异常后进行人工检查, 最终确定故障位置。这种方式存在效率低、定位不准确、安全隐患大等问题, 且对电力人员的要求较高。通信传输型故障指示器是一种配电线路监测设备, 安装在配电线路上, 能够实时监测电流、电压等参数, 一旦发生故障能够进行故障指示和定位。这种技术具有定位准确、响应速度快的优点, 但需要配合通讯系统, 成本较高。光纤测温技术是通过在 10kV 配电线路上安装光纤传感器, 实时监测线路温度变化, 一旦有故障发生能够通过温度变化定位故障位置。这种技术具有高精度、实时性强的特点, 但需要大规模应用光纤传感器, 成本相对较高。

#### 1.2.2 传统故障隔离技术

传统的人工操作隔离开关方式是通过电力人员到现场进行操作, 手动切断故障区域电力, 隔离故障。这种方式操作简单, 但存在安全隐患, 同时对电力人员的要求较高。基

于继电保护的故障隔离技术是利用继电保护装置检测线路故障,当故障发生时,继电保护装置动作,跳开相应的断路器,隔离故障区域。然而,由于10kV配电网线路长、分支多,各段线路和变压器型号差异化较大,继电保护定值难以准确设置,导致故障时开关无法正确动作,扩大了故障停电范围。

## 2 10kV 智能配电网故障定位技术研究

### 2.1 基于负序电流相关性的故障定位方法

针对10kV配电网的断线故障,基于负序电流特征展开实验研究。通过采集、分析、对比单相断线故障和一侧接地故障下的负序电流数据,探索不同类型故障的电流特征差异。利用负序电流相位差及幅值与正常线路的相关性,建立故障识别的模型与算法。在实际应用中,当配电网发生故障时,通过安装在线路上的传感器实时采集负序电流数据,并将其传输至监控中心。监控中心利用建立的模型与算法对数据进行分析处理,根据负序电流相位差及幅值差异,有效区分单相断线不接地故障和一侧接地故障,并通过负序电流特征与正常线路的关联性,实现故障位置的快速定位。

### 2.2 基于小波包变换的故障区段定位方法

在配电网线路结构复杂的情况下,传统故障区段定位方法误差大、准确性低。基于小波包变换的故障区段定位方法利用小波包变换提取10kV配电网故障信号时频特征,通过比较故障路径各区段的改进小波包能谱相对熵,实现故障区段定位。该方法首先对采集到的故障信号进行小波包分解,得到不同频带的子信号。然后计算各子信号的能谱相对熵,通过比较故障路径各区段的能谱相对熵大小,确定故障发生的区段。实验结果表明,该方法在6个故障区段定位误差最大不超过0.2%,具有较高的可行性。

### 2.3 基于5G通信的故障检测与定位系统

5G具有高速率、低延迟等特性,为电网故障的实时监控和迅速响应提供新的可能。基于5G的10kV配电网线路故障检测系统,通过在配电线路上安装故障检测装置,实时采集线路的电流、电压、温度等参数,并利用5G通信网络将数据传输至监控中心。监控中心对接收到的数据进行分析处理,当检测到故障时,能够快速准确地定位故障位置,并及时发出报警信息。同时,该系统还可以实现故障后事故分析和总结功能,为故障处理提供决策支持。

### 2.4 其他智能定位技术

除了上述方法外,还有一些其他智能定位技术也在

10kV配电网中得到应用。例如,基于行波法的故障定位技术,通过检测故障产生的行波信号在线路上的传播时间来计算故障距离;基于广域测量系统的故障定位技术,利用分布在配电网中的多个测量点采集的数据,通过数据融合和分析实现故障定位。这些技术各有优缺点,可根据实际情况选择合适的定位方法。

## 3 10kV 智能配电网故障隔离技术研究

### 3.1 纵联差动保护技术

纵联差动保护原理基于基尔霍夫电流定律,即任意时刻,所有流入电路某一节点的电流总和等于所有流出该节点的电流总和。随着配网自动化的建设,大量带电流互感器的智能开关和FTU被广泛使用,纵联差动能够被应用于配电网线路中。各保护区段内FTU相互通信,交换各自实时的电流数据,当保护区段线路正常供电或保护区外故障时,电源侧FTU流入的电流值等于负荷侧FTU流出的电流值,差动保护不动作。当保护区段线路存在故障时,电源侧FTU流入的电流值不再等于负荷侧FTU流出的电流值,差动保护动作,控制保护区段内开关跳闸,隔离故障。该技术具有原理简单、保护范围明确、动作迅速的特点,能够有效缩小故障停电范围。

### 3.2 自动化隔离开关技术

自动化隔离开关技术是通过配电自动化监测系统实时监测配电网线路,一旦发现故障,立即自动进行隔离操作,减少故障影响范围。智能分界负荷开关是自动化隔离开关的一种,它配有高精度零序CT(零序电流互感器),用于检测线路接地后的零序电流。当线路发生故障时,智能分界负荷开关能够根据检测到的故障信息自动跳闸,隔离故障区域,同时不影响其他线路的正常供电。此外,自动化隔离开关还可以通过通信网络与监控中心进行数据交互,实现远程控制和状态监测。

### 3.3 看门狗开关技术

看门狗开关(用户分界开关)是一种具有自动隔离故障功能的开关设备。它能够实时监测线路的电流、电压等参数,当检测到线路发生故障时,如短路、接地等,看门狗开关会自动跳闸,将故障区域与系统隔离。同时,看门狗开关还具备自动重合闸功能,在故障排除后能够自动恢复供电,提高供电可靠性。看门狗开关技术特别适用于农村10kV配电网,可有效解决农村地区线路故障查找困难、停电时间长

等问题。

#### 4 10kV 智能配电网故障定位与隔离技术的应用案例分析

##### 4.1 某城市 10kV 配电网改造项目

某城市为提高 10kV 配电网的供电可靠性,对部分老旧线路进行了智能化改造。在改造过程中,采用了基于负序电流相关性的故障定位方法和纵联差动保护技术。通过安装负序电流传感器和智能开关,实时采集线路的负序电流数据和电流信息,并将其传输至监控中心。监控中心利用建立的故障定位模型和差动保护算法对数据进行分析处理。在一次实际故障中,系统迅速准确地定位了故障位置,并通过纵联差动保护动作隔离了故障区域,整个过程仅用了几分钟,大大缩短了停电时间,减少了停电范围,提高了用户的供电可靠性。

##### 4.2 某农村 10kV 配电网升级项目

某农村地区 10kV 配电网线路长、分支多,故障发生频繁,且故障查找困难。为解决这一问题,对该地区的配电网进行了升级改造,采用了看门狗开关技术和通信传输型故障指示器。在看门狗开关的安装位置,同时安装了故障指示器,当线路发生故障时,看门狗开关自动跳闸隔离故障,故障指示器发出声光报警信号,并通过 GPRS 通信技术将故障信息发送至监控中心。监控中心根据接收到的信息,能够快速确定故障位置,通知维修人员前往处理。通过应用这些技术,该农村地区的故障处理时间明显缩短,供电可靠性得到了显著提高。

#### 5 10kV 智能配电网故障定位与隔离技术面临的挑战与对策

##### 5.1 技术成本较高

智能故障定位与隔离技术需要采用先进的传感器、通信设备、计算机系统等,这些设备的成本较高,导致技术推广应用受到一定限制。对策:政府和电力企业应加大对智能配电网建设的投入,出台相关补贴政策,鼓励企业采用智能技术。同时,企业应加强技术研发,降低设备成本,提高技术的性价比。

##### 5.2 系统可靠性和稳定性问题

智能故障定位与隔离系统依赖于通信网络和计算机系统,如果通信中断或计算机系统出现故障,可能会导致系统无法正常工作,影响故障定位和隔离的准确性。对策:采用冗余设计,提高系统的可靠性和稳定性。例如,采用双通信通道、双服务器等冗余配置,确保在部分设备故障时系统仍

能正常运行。同时,加强对系统的维护和管理,定期进行巡检和测试,及时发现和排除故障隐患。

##### 5.3 技术标准和规范不完善

目前,10kV 智能配电网故障定位与隔离技术还缺乏统一的技术标准和规范,不同厂家的设备和技术存在兼容性问题,给系统的集成和应用带来困难。对策:行业协会和相关部门应加快制定统一的技术标准和规范,明确设备的性能指标、通信协议、接口标准等,促进不同厂家设备之间的互联互通和互操作性。

##### 5.4 人员技术水平和素质有待提高

智能故障定位与隔离技术的应用需要专业技术人员进行操作和维护,但目前电力企业的部分人员技术水平和素质还不能满足要求。对策:电力企业应该加强对员工的技术培训,提高员工对智能技术的认识和应用能力。同时,不断引进高素质的专业技术人才,充实企业的技术力量。

#### 6 总结

本文对 10kV 智能配电网故障定位与隔离技术进行了深入研究。分析了 10kV 配电网常见故障类型及传统定位与隔离技术的局限,介绍了基于负序电流相关性、小波包变换、5G 通信等新型智能故障定位技术,以及纵联差动保护、自动化隔离开关、看门狗开关等智能故障隔离技术。通过实际案例分析,验证了这些技术在提高供电可靠性和安全性方面的有效性。同时,指出了当前技术面临的成本、可靠性、标准规范和人员素质等挑战,并提出了相应的对策。研究表明,智能故障定位与隔离技术能够显著提升 10kV 配电网的运行管理水平,具有广阔的应用前景。

#### 参考文献:

- [1] 陈宇轩,林梓豪,蒋思瑶,智能配电网发展背景及意义综述[J] 电力科学与技术学报,2020.
- [2] 张瑞霖,王俊逸,10kV 配电网故障类型及传统处理技术剖析[J] 工程技术,2018.
- [3] 李泽楷,刘宇澄,赵晨熙,基于负序电流相关性的 10kV 配电网故障定位研究[J] 电网技术,2020.
- [4] 周梓睿,基于小波包变换的 10kV 配电网故障区段定位技术[J] 华北电力大学学报,2019.
- [5] 吴俊辉,徐梦,苏婉,基于 5G 通信的 10kV 配电网线路故障检测与定位系统设计[J] 通信电源技术,2021.