

10kV配电线路故障及其自动化技术分析

岳现清 赵晓伟

国网河南省电力公司清丰县供电公司

摘要:随着城市化进程的不断推进,电力需求量不断增加,配电网络规模也逐渐扩大。10kV配电线路作为电力系统的重要组成部分,直接面向用户供电,其稳定性和可靠性对电力系统和用户具有重要影响,然而,由于环境、设备、人为等多种因素影响,配电线路常常出现故障,导致电力系统供电中断,影响用户正常用电。如何提高配电线路的稳定性和可靠性,成为电力行业亟待解决的问题。近年来,自动化技术在电力行业得到了广泛应用,对10kV配电线路故障及其自动化技术进行分析,对于提高配电线路的稳定性和可靠性具有重要的现实意义。

关键词:10kV 配电线路;故障;自动化技术

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2022.12.100

引言

10kV配电线路是我国电力系统非常重要的组成部分,涉及面广、影响面大,一旦发生大规模运行故障,将直接影响区域工农业生产及民众生活,因此需根据10kV配电线路故障抢修需求,迎合自动化发展趋势,以自动化设备结合各类智能算法,实现对故障点的精准定位。这种故障定位方式可有效降低故障定位的误差,从而为故障防控与处理提供可靠的信息。尤其是10kV配电线路常因外在因素干扰而出现短路问题,误差不良后果会导致线路检修频次增加。

一、10kV配电线路故障概述

1. 10kV配电线路短路故障分析

10kV配电线路常见的短路故障有相间短路、对地短路、跨步电压短路、绝缘损坏短路、负载短路、误操作短路等类型。相间短路是指不同相的电流相互干扰,导致两相或三相电流不平衡,最终导致短路。对地短路是指电路中的某处断开,导致电流无法正常流过,从而引发短路。跨步电压短路是指当电路断开时,由于电荷移动导致电压分布不均,从而引发短路,这种故障通常发生在电路断路器瞬间闭合或断开时。绝缘损坏短路是指由于电路绝缘不良,导致电流不经负载而直接流过,从而引发短路。负载短路是指电路中的某个或多个器件与线路并联,导致电流分流,最终引发短路。误操作短路是指由于操作不当,导致电路出现异常情况,从而引发短路。

2. 继电保护跳闸故障

在配电线路短路故障的影响下,电流将继续增加。当电流超过极限保护值时,继电保护设备将采取自动跳闸和断开电流的措施,以确保配电线路的安全运行。在

继电保护设备的配置中,设置了较低的电流保护值,在配电线路的长期过载运行中也容易跳闸。配电线路负荷的增加可以在瞬间完成。电线中产生大量热量,在热量的积累下产生火花,导致电线和保险丝断裂并跳闸。

3. 接地故障

配电线路接地故障是一种非常常见的故障,会给电力系统带来巨大的安全隐患和经济损失。地面断层的表现形式各不相同,但有共同的特点。接地故障是指在电气设备或电路的任何一点与地之间形成电气连接路径,这通常是无意的,会导致电路中的电流不再沿着预定路径流动,从而导致电路故障。接地故障的表现通常是电气设备无法正常工作,或者电气设备出现短路和电弧等意外现象。此外,当电气系统出现接地故障时,会出现更明显的现象,如照明变暗、线路电压降低、电机运行速度变慢甚至失速。这些都是地面断层的表现。接地故障通常是由电气系统的绝缘故障引起的,绝缘故障会导致电气系统中的电流通过异常路径,从而导致接地故障。绝缘失效的原因有很多,如绝缘材料老化、绝缘层潮湿、绝缘层破裂等。例如农村10kV电网接地故障约占70%。单相接地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3倍,很可能会引起非故障相绝缘的破坏。

二、自动化技术分析

1. 远程监控技术

在配电线路中,电力设备、通信设备和控制系统共同组成远程监控系统。其中,电力设备主要负责监测线路运行状态和收集数据。通信设备负责将采集到的数据传输到监控中心或管理平台。控制系统负责数据的处理

和分析,以及设备的控制和调整。在电力线路运行过程中,可能会遇到各种故障,如短路、过载、漏电等。这些故障不仅影响电力线路的运行效率,还可能引发安全事故。远程监控技术的出现使得能够实时监控配电线路的运行状态,及时检测和处理这些故障。通过远程监控系统,管理人员可以实时了解配电线路的运行状态,及时发现并处理故障。同时,通过对采集到的数据进行分析和处理,还可以对电力线路的运行状态进行预测和维护,提前发现并解决问题,减少故障的发生。

2. 故障显示装置

配电线路外部供电过程中,技术人员应在线路上安装故障显示装置。在实际应用中,相关设备被放置在电缆设备和传输线路等区域。一旦线路内部出现故障,显示设备就可以准确定位故障第一次发生的确切区域。在正常情况下,如果多个故障显示指示灯同时亮起,则表明接线有问题。此时,工作人员可以根据相关信息确定故障位置,并及时有效地定位相关点。可以看出,故障显示装置具有同步检测功能。例如,在供电企业的运营过程中,一个故障显示设备向外界发出警告。根据指示灯的亮度,工作人员对所有供电线路进行了广泛搜索,最终在一根分支导线中发现了关键问题:线路的导线发生短路,导致其他区域也发生各种故障。在完成上述操作后,技术人员向总部提交了申请。关闭供电阀后,重新连接了线路,并修复了整个供电网络。调查表明,相关问题源于供电网络,并在故障点结束。在故障显示装置的帮助下,技术人员在第一时间找到了问题的关键点,及时有效地开展检修作业,缩短了断电时长,降低了其对人们生活和工作的干扰。

3. 供电可靠性评估技术

配电自动化技术在10kV配电网实际应用中,需要开发出配电自动化系统,将配电网的各类运行信息展示在系统当中,从而方便配电网运维及调控运行人员使用。以下以配电自动化系统中的供电可靠性评估子系统为例,分析配电自动化技术在10kV配网中的应用实践情况。配电自动化系统在实践中,可以用来对配电网进行供电可靠性评估分析,以掌握配电网的运行情况。在配电网供电可靠性评估中,取模拟步长为1h,模拟年,假设在初始状态时配电网中所有设备都处于正常运行状态,此时按照以下步骤进行评估。一是对配电网中的设

备产生 $[0, 1]$ 内的随机数,利用元件状态抽样得到所有元件的元件故障修复时间(TTR)及元件故障前正常运行时间(TTF)。二是选择TTF最小的配电网设备,如果该设备为联络开关或者是联络线,则可以不计入停电时间,并接着选取TTF次小的配电网设备,直到 TTF_n 为非联络性质设备,根据年负荷时序曲线,可以确定负荷容量。三是对配电网进行拓扑搜索,并对配电网进行区域划分。在配电网发生故障之后,可以将配电网划分为故障无影响区、故障失电区、供电恢复区和转供失败区等。

4. 智能巡检技术

智能巡检技术是配电线路运维管理的重要手段之一,通过无人机、智能巡检车等设备对配电线路进行定期巡检,发现和潜在故障。这项技术可以大大提高检查的效率和准确性。其中,无人机和智能巡检车是常见的智能巡检设备。通过使用配备高清摄像头、红外扫描仪等设备的无人机,可以对配电线路进行全面、高精度的拍摄和检测。然后,通过对捕捉到的图像进行分析和处理,可以及时识别电路的潜在故障和隐患,如电路老化、绝缘损坏等。同时,无人机还可以进行实时数据传输和远程控制,让管理人员第一时间了解线路情况并采取相应的处理措施。智能检测车是一种集成了多种检测设备的车辆。它配备了高清摄像头、红外扫描仪、超声波探测器等设备,对检测线的外观、温度、绝缘等方面进行监测。随后,对检测到的数据进行分析处理,及时发现电路中潜在的故障和隐患,并进行相应的处理和维修。智能巡检车具有自动化、智能化、高效、准确的优点,可以实现对配电线路的全面监控和故障预警。同时,智能巡检车可以在不同的环境和条件下进行巡检,具有很好的适应性和灵活性。

5. 馈线自动开关

在10kV配电线路中,馈线自动控制装置、智能断路器、分线馈线、智能负荷装置等装置为馈线自动开关的四类形式。(1)分线馈线。该装置不但可以保护供电线路,还能在一定程度上实现自主管控。不仅如此,在相关设备的应用过程中,同步开启自动断路装置和馈线装置。不但能够在第一时间找出故障点位,一旦线路中出现短路或接地等问题,还能够有效避免线路短路,以此保证配电网的稳定运转。(2)智能断路器。

在电网输电时，如果电网中存在问题，断路器可以自主完成电流阻断，及时解决供电过程中出现的各类故障。根据馈线的特点，技术人员可以在开关内设置各类供电单元，以此保证最短时间解决上述问题。结合配电网的实际情况，正常状态下，工作人员需要将智能断路器装配在电路的主干和分支位置，但是没能起到基础的保护作用，最快速度解决断路问题。（3）馈线自动控制装置。技术人员在操作的过程中，需要将负荷转换器、断路装置和供电开关连接成一个整体，管控各类数据，提升自主保护效果，进而确保配电网的稳定运转。

6. 提升智能化自动运检水平

随着社会的快速发展和电力行业的不断发展，人们对配电网的管理要求越来越高，传统的人工巡检方式已不能满足需求。因此，智能化自动化操作检测技术逐渐成为行业内热门的发展方向。智能自动化运行检测技术是指利用现代计算机技术和智能控制技术，形成一套自动化设备，包括传感器、执行器、逻辑控制器、计算机和通信设备，实现配电网的智能管理。该技术可以充分利用计算机技术实现配电网运行状态的实时监测、异常情况的自动报警和处理。同时，它还可以分析大量的运行数据，发现问题和隐患，进行预警，并为后续的运维工作提供有价值的参考。

7. 在线监测技术

（1）绝缘子污秽在线监测技术。绝缘子污染在线监测技术是一种用于检测高压电力设备绝缘子表面污染物的技术。在高温高湿、沙尘暴、空气污染等复杂环境中，污染物积聚在绝缘子表面，导致电场分布不均，影响设备安全运行。利用传感器、数据采集、通信、智能分析等技术，可以实时监测绝缘子的污染程度，并及时预警和采取相应措施，确保设备安全稳定运行。（2）避雷装置在线监测技术。避雷装置在线监测技术是一种用于检测避雷系统状态的技术，其主要作用是实时监测避雷装置的开路电压、回路电流等参数，从而判断避雷系统是否正常运行，提高电力设备的抗雷击能力，保障设备安全稳定运行。目前常见的避雷装置在线监测技术包括电容式传感器技术、电磁式传感器技术、微波无线传感器技术等。这些技术通过安装传感器在避雷装置上，采集避雷系统运行中的所需参数，再通过通信手段

将数据传输到监测中心进行处理分析，实现对避雷系统状态的实时监测。

三、配电网自动化系统发展趋势

未来，配电网自动化系统的发展趋势将主要体现在数字化、智能化和可视化三个方面。数字化是实现智能化的基础，也是配电网自动化系统未来发展的必然趋势。数字技术的应用将使传统的手动操作更加精确、准确。未来的配电网自动化系统将采用互联网技术和物联网技术，使其更具可扩展性和连接性。同时，数字技术还可以通过数据挖掘、机器学习等方式，实现配电网自动化系统的深度智能优化和精细化管理，从而大大提高供电质量和效率。智能化是未来配电网自动化系统的核心特点，因为只有具备一定程度的人工智能才能够实现真正意义上的自动化。未来的配电网自动化系统将会广泛应用算法、模型等人工智能技术，实现精确预测、自动诊断和优化调度等功能，从而大大减少了人为因素对供电质量和效率的影响。可视化是未来配电网自动化系统重要的发展方向之一。采用可视化技术可以将复杂的供电系统映射成形象直观的图像和数据，便于管理和操作，并能够提升操作人员的工作效率和安全性。通过可视化技术还可以实现远程监控和实时预警功能，快速确诊和解决问题，保障供电系统的稳定和安全。

结束语

综上所述，如果想从根本上提升10kV配电网故障抢修的时效性，技术人员需要根据实际情况，借助各类自动化设备。在应用的过程中，开启相关设备，不仅能够确保工作人员准确找出存在故障的关键位置，还能在第一时间处理相关问题，降低因跳闸或短路等问题，导致大面积供电失效的概率，保证10kV配电网可以将电力输送至千家万户。

参考文献

- [1] 吴峰. 振荡波电压法在10kV电缆故障查找中的应用[J]. 广东电力, 2011(7): 73-76.
- [2] 卢锦祥. 自动化设备在10kV配电网故障抢修中的应用研究[J]. 中国高新技术企业, 2015(32): 42-43.
- [3] 林涛, 祝大勇. 配电网供电可靠性措施研究[J]. 科学技术创新, 2018(35): 180-181.