

低压配电线路干线断线故障检测与运维技术

蒋红艳

国网天津市电力公司武清供电分公司 天津 301713

【摘要】低压配电线路作为电力系统的末端环节,承担着将电能从高压配电网输送至工业生产、居民生活及公共设施的重要使命,其运行可靠性直接关系到社会经济发展和人民日常生活质量。基于此,本文围绕低压配电线路干线断线故障检测与运维技术展开深入研究,结合实际工业园区案例,验证相关技术的可行性和有效性,总结实践经验与启示,为提升低压配电线路干线运行可靠性、降低断线故障发生率提供技术支撑和实践参考,助力智能低压配电系统的高质量发展。

【关键词】低压配电线路;干线断线故障;检测运维技术

Detection and Maintenance Technology for Main Line Breakage Faults in Low-Voltage Distribution Networks

Jiang Hongyan

Wuqing Power Supply Branch, State Grid Tianjin Electric Power Company, Tianjin 301713

【Abstract】As the terminal component of the power system, low-voltage distribution lines play a critical role in transmitting electrical energy from high-voltage grids to industrial facilities, residential areas, and public infrastructure. Their operational reliability directly impacts socioeconomic development and the quality of daily life. This paper conducts an in-depth investigation into detection and maintenance technologies for main line breakage faults in low-voltage distribution networks. Through case studies from industrial parks, the feasibility and effectiveness of these technologies are validated, with practical insights summarized to enhance operational reliability and reduce fault incidence rates. The findings provide technical support and actionable references for advancing the high-quality development of intelligent low-voltage distribution systems.

【Key words】Low-voltage distribution line; Trunk line breakage fault; Detection and maintenance technology

引言:

干线是低压配电线路的主要组成部分,分布广泛,在户外环境中长期运行,受到各种不利气候条件、外物撞击、设备老化、负载变化等因素的影响而出现断线现象,从而引起停电事故、设备损坏等问题,严重时还会发生电气火灾或人员触电事件,给国家和个人带来巨大损失。因此对低压配电线路干线断线故障监测以及维护方法的研究具有重要意义。

是检测线路电流,在断线的情况下,在故障点后位置的电流会变为零,通过对线路不同位置电流大小进行比较就可以定位到故障区域;兆欧表是用来测量线路绝缘电阻,如果绝缘电阻明显降低,也可以说明断线的同时可能存在绝缘破坏的情况。如图1所示,图片源自网络。



图1 钳形电流表

1. 低压配电线路干线断线故障检测技术

1.1 仪表测量法

仪表测量法是低压配电线路干线断线故障检测中最为简单、使用最多的传统方法,主要是利用专门的电气测量仪器仪表,在线测量线路电压、电流、电阻等电气量的变化情况,根据这些电气量变化来确定是否存在断线以及大概的位置。

常用的仪表有万用表、钳形电流表、兆欧表等,而万用表可以用来测量线路各相之间、各相与零线之间的电压值,若发现某相电压为零或者远小于正常值,而且与其相邻的一相电压异常升高,便可以确定这一相出现断线;钳形电流表

1.2 智能检测技术

智能检测技术是以物联网、人工智能、信号处理等先进技术为基础的一种新型断线故障检测技术,可以对故障进行自动判断、实时监控以及准确地找到故障位置从而提高检测速度以及准确性^[1]。

该技术主要包括检测终端、数据传输模块以及后端服务

器三大部分,检测终端安装有各种类型的传感器,可以监测线路中的电压、电流、相位、温度等多个方面信息并利用无线通信模块将这些信息发送到后端服务器上,在服务器上使用大数据分析以及机器学习的方法对待获取的信息进行分析,获得断线故障分类器,判断出不同种类断线故障的特点,将断线故障和其他一些如负荷变化或者连接不良等情况区分开来从而减少误报的发生。

另外,部分智能检测设备有故障预判的能力,在检测线路参数的变化情况时能够预见可能发生的断线问题从而做到由被动检测到主动预防的目的,适合于较长距离、较为复杂的低压配电干线,也是今后故障检测的发展方向。

1.3 电气参数分析技术

电气参数分析法是对低压配电线路主干上电气参数进行监测、分析及处理,在此基础上根据电气参数的变化情况来判断是否存在断线故障的方法,主要是通过断线故障发生后导致线路电气参数发生突然改变来进行故障辨识以及位置确定。

此方法主要用于监测线路电压、电流、零序电流、功率因数等重要指标,在正常情况下,低压配电干线上各相电压、电流均相对平稳,三者之间相等,零序电流很小;而一旦出现断线故障,则会出现故障相电压降低甚至为零,非故障相电压由于负载不平衡导致上升,电流有较大变化,零序电流显著增加,同时功率因数也发生变化^[2]。

利用参数采集及分析软件对各个参数进行监控,设置合适的参数限值,在某个参数超过限定值时,可以及时发出警报并根据该参数变化时间长短、大小以及影响范围来判断故障位置。

2. 低压配电线路干线断线故障运维技术

2.1 干线设备状态监测技术

干线设备状态监测技术是低压配电线路干线断线故障预防性运维关键技术,主要是对干线重要设备或元件工作状态实施在线检测,以便及早发现设备老化、性能降低等问题,防止由于设备问题造成断线。

该技术主要用于对输电线路中的导线、接头、绝缘子、变压器等重要部件进行在线监测,在其上安装有温度传感器、振动传感器、绝缘监测传感器等装置来获取这些部件的工作状态,如导线温度、接头温度、绝缘子绝缘情况以及设备振动程度等^[3]。导线温度过高会加快其绝缘层的老化速度从而容易造成导线断裂;接头接触不良会引起发热问题,而长时间处于高温环境会使接头氧化甚至脱落,最终引起导线断裂;绝缘子绝缘性能变差则会引发漏电、闪络等问题而造成导线断裂。通过对后台监控系统获取的数据进行分析,

确定设备正常工作的范围,在这些数据超过一定范围时,立刻发出警报,运维人员根据报警信息采取相应措施进行设备检修或者更换等。

2.2 快速定位技术

快速定位技术是低压配电线路干线断线故障后运维的重要手段,在故障发生时能够及时、准确地找到故障位置以便进行维修从而减少停电时间和经济损失以及对社会的影响,这项技术主要是利用电气参数分析、物联网、GIS等方法来确定故障点的位置。

当出现故障时,在线监测系统可及时发现并根据电气参数分析判断出故障区段,然后通过对该区段各个节点电气参数进行比较找出差异缩小故障范围,同时将故障区段坐标信息传入GIS中,利用GPS或者基站等手段准确定位故障点在电子地图上显示,运维人员可通过手机等设备查看故障地点以及故障原因等信息从而迅速作出处理措施^[4]。

此外,部分快速定位系统还具备故障路径导航功能,可引导运维人员快速抵达故障现场。该技术有效解决了传统故障定位效率低、误差大的问题,大幅提升了故障抢修效率,确保断线故障能够快速恢复,提升低压配电线路的供电可靠性,适用于各类复杂布局的低压配电干线断线故障的运维工作。

3. 低压配电干线断线故障技术实施规范与效能提升

3.1 技术实施标准依据

低压配电线路干线断线故障检测及运维相关技术在实际应用中,需要遵守当前有效国家标准、行业标准要求,主要包括《低压配电设计规范》(GB 50054-2011)、《配电线路运维规程》(DL/T 5210.4-2018),这两项标准对设计、施工、运行、维护等方面均提出明确的规定和技术指导。

在设备选购阶段,根据标准明确的电气性能、防护等级、通讯接口、准确度等方面的要求,选择符合低压配电现场需求的检测终端、传感器以及数据采集和通信设备,避免不合格产品上线使用;而在安装过程中,按照标准规定的位置、固定方法、布线方案、保护手段进行施工,保证监测装置与配电主干可靠连接并不会对原有线路造成影响。

在监测阈值设置方面,依据国家标准规定的电压偏差、电流限制、绝缘电阻以及零序电流等要求,在考虑线路负载情况及外界环境基础上进行告警值设定,防止误报警或漏报警;而在维护计划安排上,则需根据相关规定对日巡检、月度检查、专项检查、设备检修以及元件更换周期及任务作出规定,做到有章可循并且严格执行国家和行业的相关标准来保证断线故障检测系统、状态监测系统及快速查找系统的正常工作,从而达到技术合法合理使用的目的以及运维工作的

标准化、规范化,提高低压配电线路主干的安全性和供电可靠性。

3.2 一体化技术部署方案

在一体化技术部署方案下,整个系统分为检测层、传输层、平台层及运维层四个部分。检测层采取传统仪表复核+智能终端监测+电气参数分析的方式相结合,在考虑低压配电干线线路长度、拓扑结构以及负载情况后对其进行划分,在重要的位置、易发生问题的地方以及较长的线路上布置智能检测终端并合理安排电压、电流、温度、绝缘、零序等多种类型的传感器的数量,以便做到无一遗漏、全面覆盖对干线运行情况进行监控,而且还可以用传统的仪表来对现场进行精确的核实以及数据的比对从而提高故障判断准确率及可信度。传输层依据现场实际情况、传输距离以及数据大小选择适合的无线通信方式如 4G/5G、LoRa 等,搭建安全可靠、快速稳定的传输链路实现各种电气量、状态量以及告警信息及时、准确地上报到主站以完成对故障瞬时告警、实时状态监视等功能性要求。

平台层基于云上部署统一监控系统,集成了数据接入、存储、清洗、分析、告警发送、故障诊断等能力,对所有数据进行统一管理和展示的同时还可查询过往运行情况并可进行长时间数据分析,用于故障分析、隐患预警及维护决策。

运维层实行差异化的分级运维方式,在一般线路区段开展周期性规范化巡视,在外力破坏严重、设备老化严重、负荷变化大等重点区段加强巡视力度,每月对全线的监测设备以及配电元件进行一次全面检查,每季度对导线绝缘老化情况进行一次专门检测并对不合格、接触不良、发热等问题的接头、端子、导线等部件进行及时更换修理形成监测、传输、分析、运维的一体化管理,从而提高低压配电线路干线断线故障预防及运维水平。

3.3 技术效能评价指标

为了客观评估低压配电线路干线断线故障监测及维护的技术效果,在对低压配电线路干线断线故障监测与维护技术进行分析的基础上,构建包括故障监测能力、运维效率、供电质量和经济效益在内的全方位技术效能评估标准,用来

反映该技术实施后所达到的效果以及所带来的效益。从故障检测指标看,需有较高敏感性和及时性,在 0.3 小时内发现故障,利用智能化监控以及参数分析相结合的方法使系统能够立即感知到该故障的发生,而且对于故障判断正确率要达到至少 96%,可以很好地分辨出断线故障和其他如负荷变化、接触不良或者短暂干扰等情况,使得假警率不超过 5%,大大减少不必要的告警给维护工作带来不便的同时也提高了故障识别可信度。

在运维效率上,基于电气参数分析、GIS 地图以及 GPS 定位相结合精确位置,将故障定位偏差控制在 5 米之内,迅速准确找到故障地点,大大节省现场查找时间,同时也合理调度人员物资等资源,让一般故障处理时长不超过 0.4 小时,结合状态监测和预防性维护降低干线路由故障概率超过 70%,从根本上降低故障出现概率,提高整个运维工作效率。从供电质量来看,围绕为用户提供安全稳定的电力供应开展相关工作,使主网供电可靠率达到 99.9%以上,处于领先地位,同时利用在线监测及调节手段保证线损率不超过 2%,保障工农业生产以及人民日常生活和公共事业的优质用电。

从经济效益上来看,以故障次数减少、抢修时间缩短、运维人员及物资消耗降低等所带来的整体效益,使得由于故障造成的直接经济损失下降 70%以上,大大减少了因停电造成的企业停工停产以及设备损毁所引起的间接损失,在技术研发成本以及后期运行维护费用上找到一个良好的平衡点,达到稳定、持续、盈利的效果,充分体现了该技术的应用对于保障安全、提高效率、降低成本、创造效益等方面的作用,对类似线路的技术改造及方案的应用起到一个有据可依、可复制、可评估的作用。

结论:

综上所述,低压配电线路干线是电力系统末端供电的重要组成部分,其安全可靠运行直接影响供电可靠性。本文研究能够丰富和发展低压配电线路干线断线故障检测及维护技术,对类似低压配电干线断线故障预防与维修具有参考意义。

参考文献

- [1]侯博文.建筑工程施工中低压配电线路的安全防护[J].灯与照明,2026,50(02):169-171.
- [2]王志彪.低压配电线路损耗分析及降损技术[J].灯与照明,2026,50(01):198-200.
- [3]黄永超.配网改造中低压配电线路优化设计研究[J].应用能源技术,2025,(11):64-66.
- [4]黄韶华.低压配电线路接地线损坏故障的处理措施[J].设备管理与维修,2025,(22):101-103.

作者简介:蒋红艳(1981年4月),女,汉族,天津市武清区,工程师职称,本科学历,研究方向为低压配电线路运维。