

Maintenance Technology Points and Fault Diagnosis Methods of High Voltage Power Distribution Automation Equipment

Ting Song¹ Ming Li²

1. State Grid Zhejiang Cixi Power Supply Company, Cixi, Zhejiang, 315300, China

2. Cixi Power Transmission and Transformation Engineering Co., Ltd., Cixi, Zhejiang, 315300, China

Abstract

High-voltage distribution automation equipment serves as critical infrastructure for ensuring the safety and stability of power systems. Its operational performance directly impacts the reliability of power supply and power quality in distribution networks. This paper focuses on the technical aspects of maintenance and fault diagnosis for high-voltage distribution automation equipment. It systematically expounds the fundamental principles of preventive maintenance (prioritization), targeted maintenance, safety first, and intelligent efficiency, while proposing optimization pathways. The research aims to provide technical support for improving maintenance quality and fault diagnosis accuracy, thereby advancing the operation and maintenance of smart distribution networks.

Keywords

High-voltage distribution automation equipment; Maintenance technology; Fault diagnosis; Preventive maintenance; Intelligent operation and maintenance

高压配电自动化设备检修技术要点及故障诊断方法

宋廷¹ 李明²

1. 国网浙江慈溪供电公司, 中国·浙江 慈溪 315300

2. 慈溪市输变电工程有限公司, 中国·浙江 慈溪 315300

摘要

高压配电自动化设备属于保证电力系统安全稳定的重要基础设施, 它的工作情况直接影响到配电网的供电可靠程度和电能品质。本文主要研究高压配电自动化设备检修技术要点及故障诊断方法, 对检修工作应该遵循的预防性检修优先、针对性检修、安全第一、智能化高效化的基本原则进行系统阐述, 提出优化的路径, 希望给高压配电自动化设备检修质量、提高故障诊断准确度提供技术支持, 也能推动智能配电网的运维。

关键词

高压配电自动化设备; 检修技术; 故障诊断; 预防性检修; 智能化运维

1 引言

随着新型电力系统建设速度加快, 高压配电网规模不断扩大, 自动化程度不断提高, 高压配电自动化设备在电网中所起的作用越来越明显。该类设备长期工作在复杂的工况条件下, 会受到电压波动、环境侵蚀、机械磨损等多重因素的影响, 容易产生故障, 造成供电中断, 给工业生产和居民生活造成严重的损失。近些年来, 电力用户对于供电可靠性的要求越来越高。本文通过行业实践中的经验, 对高压配电自动化设备检修及故障诊断方面的重大问题进行分析研究, 希望对高压配电自动化设备的运维人员起到一定的理论指导作用, 提高高压配电自动化设备的可靠性, 提升电网的

运维水平。

2 高压配电自动化设备检修核心原则

2.1 预防性检修优先原则

预防性检修优先原则是高压配电自动化设备检修工作的根本方向, 就是提前判断可能出现的故障隐患并加以防范, 防止出现故障或者使故障得到及时处置。此原则要求建设设备的完整生命周期运行档案, 把设备出厂参数, 使用年份以及历史故障数据纳入考虑范畴, 从而制订出符合实际情况的预防性检修方案。对高压断路器定期做分合闸速度测试和绝缘油色谱分析, 可以较好地预防灭弧室故障风险。进行预防性检修可以及早将故障根除, 有效地减少突发故障的发生概率, 如果同故障后的维修相比, 可以节省掉大约 70% 的停电损失, 能够加强供电可靠性。

【作者简介】宋廷(1974-), 男, 中国浙江慈溪人, 本科, 助理工程师, 从事供配电安装及检修研究。

2.2 针对性检修原则

针对性检修原则即按照设备的类型、运行环境和故障特性来精准拟定检修计划,避免由于盲目检修造成的资源浪费。不同的高压配电自动化设备的结构特性和故障模式存在差别,因此需要根据具体的情况选择检修的方法和检测手段。对于运行在沿海高温高盐环境中的设备,要重点做好防腐及绝缘检测工作;对于经常操作的高压开关设备,要重点检查机械传动部件的磨损情况^[1]。在检修过程中要结合设备在线监测数据和离线试验结果,定位故障原因,避免一刀切的检修。

2.3 安全第一原则

安全第一原则是高压配电自动化设备检修工作的底线,安全第一原则是高压配电自动化设备检修工作的底线,安全第一原则是高压配电自动化设备检修工作全过程的要求,包括人员安全、设备安全、电网安全。检修前必须按规定办理停电、验电、挂接地线等安全手续,确定停电范围及安全隔离区,悬挂警示标志。检修时运维人员必须穿戴绝缘防护用品,使用检验合格的绝缘工具,按操作规程操作。对涉及电网运行方式改变的检修工作要提前编制专项安全方案,经调度部门审批后方可实施。

2.4 智能化与高效化原则

智能化、高效化原则符合电力行业数字化转型的大方向,要依靠先进的科技提高检修工作的智能化程度和效率。该原则提倡采用状态监测系统、大数据分析以及人工智能技术,从而对设备运行状态实施实时监控,并且能够预估故障的发展趋向。在设备的关键部位安装传感器,收集温度、振动、绝缘等参数,由后台系统进行分析处理,准确地对设备的健康状况做出评价。使用红外热成像技术检测高压开关柜,可以快速定位接触不良等热缺陷,比传统检测效率提高5倍以上。并优化检修流程,采用模块化检修方式,缩短设备停运时间。使用智能化工具、改进工艺流程可以缩短检修时间达30%以上,并提高检修工作的精确性、经济性,满足大规模配电网网络维护需要^[5]。

3 高压配电自动化设备检修技术要点

3.1 高压开关设备检修技术要点

高压开关设备属于高压配电网中的关键控制设备,其检修技术要点主要涉及灭弧系统、机械传动系统和绝缘系统这三部分。灭弧系统检修的重点在于检查灭弧室的密封性、弧触头的磨损情况等,用气压检测法检测SF₆断路器灭弧室的漏气率,保证年漏气率小于0.5%,同时测量弧触头的开距和超程,偏差控制在±2mm内。机械传动系统要清洁传动机构的各个部件,加注专用润滑脂,检查连杆、销轴等部件有无磨损、松动,对磨损量超过10%的部件及时更换,保证分合闸动作平稳可靠。

3.2 配电终端设备检修技术要点

配电终端设备属于自动化控制的核心节点,检修内容

主要是硬件模块、电源系统以及软件功能。硬件模块检修要逐个检查CPU、I/O接口、通信模块等主要部件的运行状态,用回路测试来检验模拟量采集精度,电压、电流采集误差分别控制在±0.5%和±1%以内。对松动的接线端子重新紧固并做防腐处理,防止接触不良造成数据采集异常。电源系统检修时要检测蓄电池容量及充放电性能,用恒流放电法测蓄电池容量,保证容量不低于额定值的80%,还要检查充电模块输出电压稳定性,波动范围不能多于额定电压的±2%。

3.3 通信设备检修技术要点

通信设备属于保证高压配电自动化系统数据交互的关键部分,其主要检修要点为传输链路、设备自身以及抗干扰。传输链路检修要检查光纤、电缆等传输介质的完整性,用光功率计测试光纤链路的衰减值,单模光纤每公里衰减不大于0.5dB,多模光纤不大于2.5dB;对电缆链路进行绝缘电阻测试,阻值不低于10MΩ。设备性能检修要测试交换机、路由器、无线通信模块等设备的端口速率、吞吐量、丢包率等,保证端口速率满足设计要求,吞吐量不小于额定值的90%,丢包率不大于1%。抗干扰能力检测需要对通信设备做电磁兼容性检验,看它在强电磁环境中是否稳定运行,还要考察接地系统是否可靠,接地电阻不能大于4Ω,以免被电磁干扰而出现通讯中断的情况。另外需要定期备份通信设备的配置文件,以保证设备发生故障的时候可以迅速的恢复正常工作。

3.4 保护与自动化装置检修技术要点

保护和自动化装置的检修既要考虑硬件性能,也要考虑逻辑功能,保证故障来临时能够准确地动作。硬件检修要检查装置的电源模块、采样模块、出口继电器等部件,测试电源模块输出电压精度,波动范围不超过±1%;用标准信号源输入测试采样模块精度,误差不超过±0.5%。出口继电器的动作电压不大于额定电压的70%,返回电压不小于额定电压的5%,还要检查触点的接触情况,防止触点烧蚀造成动作失效。逻辑功能检修,用继电保护测试仪模拟短路、过负荷等各种故障工况,检查保护装置动作时限及跳闸逻辑是否正确,动作时限误差不大于±5%。另外需要检查装置定值设置和现场运行工况的匹配情况,对不合理的定值及时进行修改,保证装置能够起到应有的保护作用。

4 高压配电自动化设备故障诊断方法

4.1 传统故障诊断方法

传统故障诊断方法主要是依靠经验判断和常规检测,如直观检查法、参数测量法、离线试验法等,在简单的故障诊断中仍然广泛使用。直观检查法就是通过运维人员的视觉、听觉、触觉来判断故障,观察设备有无外观破损、渗漏油现象,听运行时有无异常声响,触摸设备外壳感受温度是否异常,可以快速找出明显的故障,如绝缘子破裂、断路器漏气等。参数测量法用万用表、兆欧表等常规仪器测量设备

的电压、电流、绝缘电阻等参数，将测量的值与标准值比较来判断是否出现故障。例如测量电机绕组的绝缘电阻来判断是否存在匝间短路。离线试验法是停运设备，做介损试验、直流电阻测试等专项试验，找出隐性故障，如对变压器进行直流电阻测试可判断绕组接头是否松动。传统方法操作简单、成本低，但是对复杂故障的诊断精度不够高，需要运维人员的经验。

4.2 现代智能故障诊断方法

现代智能故障诊断方法把各种先进技术结合起来，使故障诊断更加准确、高效，主要有振动监测诊断法、红外热成像诊断法和人工智能诊断法。振动监测诊断法就是在设备轴承、传动装置等关键部位安装振动传感器，采集振动信号，用傅里叶变换等算法对信号进行分析，从而发现设备有无故障，如高压电机轴承磨损就会产生一定频率的振动峰值。红外热成像诊断法利用红外热像仪检测设备表面温度分布，根据温度异常区定位故障，如高压开关柜接触不良会产生局部高温点，可以准确地定位到具体的接线端子。人工智能诊断法就是创建故障诊断模型，把设备运行数据和历史故障数据当作输入，经由神经网络，支持向量机等算法训练之后，对故障的种类展开识别并剖析缘由，诊断精确率处在90%以上，比较适合多因素引发的复杂故障，可以做到提前预知故障并准确定位。

5 高压配电自动化设备检修与故障诊断优化路径

5.1 完善检修管理体系

完善检修管理体系是对检修及故障诊断质量的制度保障，要从管理制度、流程规范、人员培训三个方面入手。管理制度上要制定设备全生命周期管理制度，就设备的采购、安装、运行、检修、报废等各个环节定出明确的规定，落实各部门和人员职责，将检修质量、故障诊断准确率等计入绩效考核内容。从流程规范角度看，编制标准化检修作业指导书，明确各设备的检修流程、技术标准、安全措施等，建立故障诊断流程体系，规定故障上报、检测、分析、处理及复盘等流程。人员培训上，创建分层培训体系，就运维人员展开检修技术，故障诊断办法以及安全规程的培训，定时举行技能竞赛和案例分析会，邀请行业专家做专题讲座，改进运维人员的专业技能和应急处理水平。

5.2 推动检修技术智能化升级

推动检修技术智能化升级是新型电力系统发展必然的要求，必须加大技术研发、设备投入。一方面，在高压配电

自动化设备上全面安装温度、振动、绝缘等多参数监测传感器，创建全覆盖的在线监测网络，实现对设备运行状态的实时感知。另一方面是建立大数据分析平台，把在线监测数据同历史检修数据以及故障数据融合起来，借助数据挖掘技术探寻设备故障的规律，精确预估设备的剩余寿命，从而为预防性检修赋予数据支撑。除此之外，推广应用智能化检修设备，例如无人机巡检、机器人检修等，代替人工完成危险、高空、重复的检修工作，提高检修效率、保证检修安全。用无人机搭载红外热像仪对高压线路进行巡检，可以大大缩短巡检时间，提高缺陷发现率。另外要加强同科研机构的合作，研发适合高压配电自动化设备的新型检修技术与设备。

5.3 强化故障诊断技术融合应用

强化故障诊断技术融合应用，即不同的故障诊断技术相结合，可以发挥各自的优势，使故障诊断更加全面、准确。用传统技术和智能技术相融合的诊断方式，对设备日常巡检时使用直观检查法和红外热成像诊断法结合的方法；发现明显故障、热缺陷的快速判断；复杂设备用振动监测诊断法和人工智能诊断法结合；对设备运行状况进行深入分析，预判潜在故障。构建多源数据融合诊断模型，整合设备运行参数、监测数据、环境数据和历史故障数据，用数据融合算法克服单一数据缺点，提高故障诊断的可靠性。加强故障诊断技术与检修工作的联动，把诊断结果直接应用到检修计划的制定中去，从而达到诊断、检修、评价三者相衔接的闭环管理，提高运维工作的针对性和有效性。

6 结语

综上所述，对高压配电自动化设备检修以及故障诊断工作而言，这是保证电力系统安全稳定运行的重要部分，它同电力供应是否可靠，电网运作状况好坏紧密相关。本文对检修的核心原则、技术要点以及故障诊断方法进行系统性的分析，明确了预防性检修优先、安全第一等原则的核心内容，梳理出高压开关、配电终端等关键设备的检修重点，对比了传统和现代智能故障诊断方法的应用效果，从管理体系、技术升级、技术融合等方面提出优化途径。

参考文献

- [1] 夏寅,张晓青.配电自动化二次设备风险评估与检修决策研究[J].电力工程技术,2018,37(03):155-160.
- [2] 崔运文.高压配电装置的运行和维护技术研究[J].电气技术与经济,2025,(02):61-64.
- [3] 余光佐,黄海.高压配电继电保护状态检修系统研究[J].电子测试,2023,(05):88-92.