Research on the application of fault detection technology of primary substation equipment

Sheng Gao

State Grid Yulin Power Supply Company, Yulin, Shaanxi, 719000, China

Abstract

Substation as a power conversion facility, generally need a large number of facilities to support, among which, directly used for the production and use of electric energy, than the control loop (secondary equipment) voltage high electrical equipment is called the primary equipment. Primary equipment due to high voltage, coupled with frequent use, it is easy to failure. In this context, the substation equipment fault detection has become the key to the development of the industry. This paper starts with the primary substation equipment, deeply analyzes the possible faults in the operation link of the equipment, and explores the causes and hazards of the faults, and combines the relevant data to develop appropriate solution strategies, so as to ensure the safety of the primary substation equipment.

Keywords

primary substation equipment; safety risks; fault management

变电一次设备故障的检测技术应用研究

高升

国网榆林供电公司, 中国·陕西 榆林 719000

摘要

变电站作为电力转化设施, 一般需要大量的设施支持, 其中, 直接用于生产和使用电能, 比控制回路(二次设备)电压高的电气设备称为一次设备。一次设备由于电压较高, 再加上使用频繁, 就容易出现故障。此背景下, 变电一次设备故障检测就成为行业发展的关键。本文就从变电一次设备入手, 深入分析设备运行环节可能存在的故障, 并且探究故障成因与危害, 结合相关数据制定合适的解决策略, 以保证变电一次设备的安全性。

关键词

变电一次设备; 安全隐患; 故障治理

1 引言

变电一次设备在运行环节由于电压较高, 再加上使用频繁, 设备很容易出现故障, 影响设备的功能, 甚至会造成安全隐患, 此背景下, 就需要相关人员对变电一次设备开展故障检测。要求相关人员结合变电一次设备工作环境、使用状态以及零件寿命等信息, 分析设备运行环节的故障类型以及成因, 并且综合相关信息, 制定合适的解决策略。此背景下, 就需要管理人员通过先进技术引进以及设备的购置, 开展故障检测, 保证变电一次设备的质量, 从而规避变电站运行环节可能存在的故障, 推动变电行业的发展。

2 变电一次设备概述

变电一次设备是指变电站中直接参与电能转换、传输

和分配的设备。它们通常不涉及电能的控制与保护, 而是负责电流的引导、转换和分配。常见的变电一次设备包括以下几种。一是电力变压器: 用于改变电压的升降, 从而实现电能不同电压等级之间的传输; 二是断路器: 用于切断或连接电路, 确保在电气故障发生时能够及时隔离故障部分, 保护设备安全; 三是隔离开关: 用于在断路器操作前后切断电流, 提供设备的安全隔离, 确保检修人员的安全; 四是负荷开关: 用于控制电路中的电流, 通常用于低压负荷的开关操作; 五是母线: 负责传输电能, 连接多个电气设备, 起到分配电流的作用; 六是电缆: 连接不同设备之间的电气导体, 用于输送电能。此外还有电流互感器以及电压互感器等。这些设备在变电站中共同工作, 确保电力系统的稳定性、安全性与高效性。

3 变电一次设备的常见故障与原因

变电一次设备故障是指变电站中直接参与电能传输、转换和分配的设备发生的故障。由于这些设备直接影响电力

【作者简介】高升(1997-), 男, 中国山西忻州人, 硕士, 助理工程师, 从事变电一次设备检修研究。

系统的运行，因此故障往往会造成电力中断、设备损坏，甚至对电网的安全性和稳定性产生严重影响。实际来看，常见的故障以及成因主要包括以下几种。一是电力变压器故障，主要包括绕组短路、接地故障、过载以及漏油或油位下降等，原因则包括过载运行、频繁启停、电气过压、潮湿环境等；二是断路器故障，常见故障包括无法合闸或拉闸、跳闸不及时、接触不良以及过流保护失效等，成因是长期未进行维护、设备老化、操作不当、外部环境因素（如湿气、灰尘等）；三是隔离开关故障，包括无法断开或闭合以及接触不良，主要成因是设备老化、操作频繁、外部环境因素（如湿气、灰尘等）；四是电流互感器（CT）故障，常见故障包括线圈

短路或开路以及绝缘损坏，原因是长期过载运行、操作不当以及外部环境的潮湿或温度变化等；五是电压互感器（PT）故障，主要包括电压测量不准确以及绝缘损坏，可能是由于过电压、过负荷、设备老化或外部环境因素等造成的；此外还有电缆故障，包括电缆破损或短路和电缆绝缘失效，原因是外部机械损伤、老化、温度变化、湿气或电缆自身质量问题。综上所述，变电一次设备的故障类型较多，而且成因复杂，变电一次设备的故障常常会影响电网的正常运行，因此定期的检查、维护和及时的故障诊断对于保障电力系统的稳定性至关重要。变电一次设备故障的类型与成因如表1所示。

表1 变电一次设备故障的类型与成因

变电一次设备故障的类型以及成因	
类型	成因
电力变压器故障	过载运行、频繁启停、电气过压、潮湿环境
断路器故障	长期未进行维护、设备老化、操作不当、外部环境因素
隔离开关故障	设备老化、操作频繁、外部环境因素（如湿气、灰尘等）
电流互感器（CT）故障	长期过载运行、操作不当以及外部环境的潮湿或温度变化
电压互感器（PT）故障	过电压、过负荷、设备老化或外部环境因素
电缆故障	外部机械损伤、老化、温度变化、湿气或电缆自身质量问题

4 变电一次设备故障检测的难点

4.1 故障类型复杂，难以准确定位

变电一次设备故障类型繁多，可能涉及电气、机械、温度、湿度等多个方面。不同设备的故障表现也各不相同，且故障有时是多因素引起的，难以通过常规监测方法及时发现。

4.2 设备老化和运行环境影响

变电一次设备一般在高电压、大电流环境下工作，长期运行会导致设备老化、磨损、绝缘层退化等问题。由于这些设备通常运行在高压电网中，日常维护较为困难，老化或损坏的部件难以在运行中被及时察觉。而且环境因素（如湿气、温度波动、灰尘、腐蚀性气体等）也会加剧设备的损坏或故障。

4.3 故障早期无明显症状，难以检测

很多故障，尤其是电流互感器（CT）、电压互感器（PT）等设备的绝缘损坏、绕组局部短路等故障，在故障初期往往不会引发明显的电力中断或设备跳闸。因此，在故障的早期阶段，往往难以通过监测到明显的变化或报警，导致故障难以提前预测和定位。

4.4 检测方法依赖性强，缺乏统一标准

当前用于故障检测的技术包括红外成像、振动分析、温度检测、局部放电检测等，这些方法各有优缺点，且需要高度专业的设备和人员操作。同时，不同的设备和不同类型的故障可能需要不同的检测方法，缺乏统一的故障检测标准和流程。

4.5 故障影响的外部因素多

变电设备通常与复杂的电力系统连接，故障发生时，可能受到系统负荷、电网拓扑变化、其他设备故障等因素的干扰。这些外部因素可能使得故障现象更加复杂，导致误判或漏判。

4.6 数据量庞大，分析复杂

随着智能化设备的普及，变电站的监控和数据采集系统产生了大量的数据（如电流、电压、温度、振动等）。这些数据量大、复杂且高频率的波动增加了故障诊断的难度。

5 变电一次设备故障的检测技术应用策略

变电一次设备故障检测技术较多，为了保证技术功能的发挥，就要求相关人员强化对技术的研究，并且分析技术的应用方式。

5.1 红外热像技术

红外热像技术通过红外热像仪捕捉设备表面的热辐射，反映出设备在运行过程中温度的分布情况。温度异常通常是设备故障的预警信号，如接触不良、过载、局部短路等故障。应用环节，可以用于变电站设备（如断路器、变压器、母线等）的温度监测，能够及时发现由于接触不良、电气过载、设备老化等引起的温升。如果发现变压器绕组温度异常，可以提前判断其绝缘性能下降，避免故障蔓延。

而且该技术实现了非接触式检测，可以快速扫描，实时反馈温度异常，能对设备的隐患进行早期发现。

5.2 局部放电检测技术

局部放电是电气设备绝缘体内电场强度超过局部击穿

电压时发生的放电现象，通常是绝缘老化或损坏的前兆。通过检测局部放电的信号，可以早期识别绝缘缺陷和潜在故障。应用环节，该技术适用于变压器、电缆、断路器等设备的绝缘监测。通过高频信号探测局部放电，并与设备运行数据结合分析，评估绝缘状态，提前预测设备故障。相较于其他技术，该技术能够在设备发生故障之前，通过检测到微弱地放电信号，及时采取措施，避免大规模故障发生。

5.3 振动分析技术

设备在运行时，若出现机械故障（如轴承损坏、不平衡等），会引起振动信号的异常。通过振动传感器监测设备的振动信号，可以分析机械部分的健康状态。该技术可以适用于变压器、风冷/水冷设备、断路器等机械部件的监测。实际操作环节，通过振动监测变压器油泵、冷却风扇的振动特征，可以分析其运行状态，及时发现轴承磨损、松动等问题。而且该技术能够有效监测设备的机械健康状况，及早发现异常，减少机械故障导致的停运。

5.4 超声波检测技术

超声波检测通过发射和接收超声波信号，评估设备的密封性、绝缘性以及可能存在的裂纹、腐蚀或腐烂等故障。尤其适用于对电气设备和绝缘体的监测。该技术一般用于变压器、母线、开关设备等的绝缘检测，尤其是对于老化或裂纹的早期发现中。通过超声波可以检测到不易察觉的内部缺陷，如电缆和电器元件的空隙、裂缝等。实际来看，超声波能够穿透设备外壳、材料，实时反馈设备内部的健康状况，适合用于在线检测。

5.5 电气量监测与保护继电器技术

电气量监测技术通过监测电流、电压、频率、功率等参数，分析电力系统中电气设备的运行状态，及时发现过载、短路、接地等故障。保护继电器则通过设定阈值对设备进行保护，及时切断故障部分，避免设备损坏。该技术可以对变压器、断路器、电缆等设备进行实时的电气量监测，发现电流、电压的异常波动。在此基础上，电流互感器和电压互感器的保护继电器可根据设定的过载、短路值进行判断，自动跳闸，保护设备。该技术的优势是电气量监测系统能够提供实时的故障报警信息，保护继电器可以在故障发生时自动切除故障设备，保障电力系统安全。

5.6 在线监测与状态评估技术

该技术利用各种传感器、监测设备和智能系统对变电

站一次设备进行24小时在线监测。监测内容包括温度、电流、电压、局部放电、振动、绝缘状况等多种参数。通过数据的收集和分析，形成设备状态评估。并在此基础上开展变电站设备的全生命周期监控，包括变压器、断路器、开关设备的在线状态评估。作业环节，可以通过智能系统集成不同设备的监测数据，对设备的健康状态进行评估，并提出预警，指导维修和保养。实际来看，该技术实现了实时监控，避免了人工检查的盲点，能够在设备状态发生变化时及时发出警报，避免设备损坏。

5.7 人工智能与大数据分析

检测环节，相关人员应该结合大数据分析和机器学习技术，对变电站设备运行数据进行深入分析，通过模式识别和预测模型对设备的故障进行预警和预测。人员需要通过采集历史运行数据、故障数据和环境数据，利用机器学习算法对设备的状态进行智能分析，判断故障风险。然后通过分析变压器的温度、电流、油位等数据，结合历史故障记录，预测设备可能发生的故障类型。实际来看，通过大数据和人工智能技术，能够提高故障预测的准确性，实现故障的提前预警，优化维护策略。

6 结语

变电一次设备故障检测技术的应用涵盖了从温度、振动、放电到电气量的多种检测方式。随着技术的发展，智能化监控、数据分析、人工智能等先进技术逐渐被集成到故障检测系统中，能够更准确地检测和诊断变电站设备的健康状况，提高故障预警和处理能力，从而提高电力系统的安全性和可靠性。

参考文献

- [1] 孙文选. 变电一次设备故障检测及检修的探讨 [J]. 科技创新与应用, 2021, 11 (26): 67-69.
- [2] 赵文昊,沈伟. 电力变电一次设备的状态检修策略分析 [J]. 集成电路应用, 2021, 38 (02): 138-139.
- [3] 杜林. 变电一次设备故障预测及检修方法研究 [J]. 电子世界, 2020, (24): 53-54.
- [4] 汪泽州. 变电一次设备声波判断故障技术的研究与应用. 浙江省, 国网浙江海盐县供电有限公司, 2019-04-28.
- [5] 张翔. 变电一次设备故障的检测技术 [J]. 低碳世界, 2018, (11): 46-47.