

# Fault Diagnosis Technology and Its Application of Secondary Equipment in Transformer Substation

Shuo Xu Fujin Zhuge Qingcai Li

State Grid Shandong Electric Power Company Shenxian Power Supply Company, Liaocheng, Shandong, 252400, China

## Abstract

With the rapid development of the power system and the continuous improvement of the automation level, the secondary equipment of the substation is playing an increasingly important role in ensuring the safe and stable operation of the power grid. Secondary equipment mainly includes relay protection device, automatic control device, measuring instrument, signal device, etc., and its reliability is directly related to the safety of the whole power system. This paper systematically analyzes the present situation and development trend of substation secondary equipment fault diagnosis technology, and discusses the main technology and its application in practical engineering. This study hopes that through the thorough analysis of substation secondary equipment fault diagnosis, promote the continuous innovation and development of related technologies to ensure the safe, stable and efficient operation of the power system.

## Keywords

substation secondary equipment; fault diagnosis; intelligent technology; online monitoring

## 变电站二次设备的故障诊断技术及其应用

许硕 诸葛福金 李庆才

国网山东省电力公司莘县供电公司, 中国·山东 聊城 252400

## 摘要

随着电力系统的快速发展和自动化水平的不断提高, 变电站二次设备在保障电网安全稳定运行中扮演着越来越重要的角色。二次设备主要包括继电保护装置、自动控制装置、测量仪表、信号装置等, 其可靠性直接关系到整个电力系统的安全。论文系统地分析了变电站二次设备故障诊断技术的现状与发展趋势, 探讨了主要技术手段及其在实际工程中的应用, 本研究希望通过对变电站二次设备故障诊断的深入分析, 推动相关技术的持续创新和发展, 以确保电力系统的安全、稳定、高效运行。

## 关键词

变电站二次设备; 故障诊断; 智能化技术; 在线监测

## 1 引言

随着现代电力系统规模的不断扩大, 电网的稳定性和可靠性面临着更高的要求。变电站作为电力系统的重要枢纽, 负责电能的转换、分配和调度, 其运行的稳定性直接影响到整个电力系统的安全性。变电站二次设备, 如保护、控制、测量和通信装置, 在保障电力系统稳定运行方面起到了关键作用。论文的主要研究目的是针对变电站二次设备故障的多样性和复杂性, 探讨和分析先进的故障诊断技术及其在实际工程中的应用。通过引入现代化的智能诊断技术, 如基于大数据、人工智能和在线监测的故障诊断方法, 提升故障检测的准确性、诊断速度以及故障定位的精度。

## 2 变电站二次设备故障类型与成因分析

变电站二次设备的故障类型多种多样, 变电站二次设备故障通常包括保护装置、测量与计量装置、通信设备和控制设备故障。保护装置故障可能导致系统误动作、拒动或误发信号, 常见原因是继电器老化、接线错误或硬件故障。测量与计量装置故障表现为电压或电流的测量失准, 这可能是传感器故障、信号处理不当或电磁干扰造成的。通信设备故障会导致信号传输中断、数据丢失或延迟, 影响远程控制和故障处理, 其成因通常是设备老化、线路故障或电磁干扰。控制设备的故障, 如开关误动或执行机构失效, 往往由机械部件老化或电气接触不良引起。变电站二次设备故障的出现原因可以归纳为环境因素、设备老化、维护不当和人为操作失误四类原因。环境因素如高温、高湿、粉尘等会加速设备的性能退化, 设备长期运行会导致元件老化, 可靠性降低, 维护不到位可能导致潜在问题积累, 最终引发设备故障, 人

【作者简介】许硕(1994-), 男, 中国山东聊城人, 本科, 助理工程师, 从事电力、变电研究。

为操作失误如调试错误或参数设置不当也可能导致系统异常。通过全面分析这些故障类型及成因,可以为故障预防和诊断提供理论依据,从而提高电力系统的安全性和稳定性。

### 3 变电站二次设备故障诊断技术

#### 3.1 传统故障诊断技术

传统故障诊断技术主要依赖于维护人员的经验和直观的检查方法,虽然在某些情况下能够发现设备故障,但其诊断效率较低,准确性也存在局限。直观检查法是最简单直接的方法,维护人员通过目视检查设备的外观,寻找如烧损、变形、断裂等明显的异常现象。这种方法易于实施,适用于发现表面故障,但对于潜在的隐蔽故障难以识别,存在一定的局限性。经验判断法则基于维护人员对故障特征的识别和过往经验的积累,进行判断和推理。这种方法在处理常见故障时较为有效,能够凭借经验快速锁定问题所在,但由于过度依赖个人的判断能力,存在误判或漏判的风险,特别是在复杂或不常见的故障情况下容易出错<sup>[1]</sup>。仪器测试法则依靠电气测试设备对设备运行参数进行测量,如使用万用表、示波器等工具测量电流、电压等参数,通过数据分析判断设备是否正常工作。虽然这种方法相较于前两种方法更为精确,但其对复杂故障或设备内部问题的检测能力仍然不足,特别是在面对复杂的电气设备时,单一的测试手段可能无法提供全面的故障信息。这些传统诊断方法虽然在实践中仍有应用,但随着电力系统的复杂化,其局限性愈发明显,难以满足日益复杂的设备故障诊断需求。

#### 3.2 现代故障诊断技术

现代故障诊断技术随着科技的进步得到了广泛应用,利用先进的算法和数据处理方法,显著提高了故障诊断的精度和效率<sup>[2]</sup>。第一是基于信号分析的故障诊断通过对电流、电压等电气信号的特征波形进行分析,识别设备运行中的异常情况。傅里叶变换和小波变换等技术常用于将复杂的电气信号分解,捕捉运行中的细微异常,从而实现对早期故障的识别。第二是基于模糊逻辑的故障诊断引入模糊逻辑理论,能够处理传统二值逻辑无法解决的不确定性问题,通过模糊化处理评估多种可能性并进行故障定位,特别适合处理多重故障或状态不明确的情况。基于专家系统的故障诊断则将专家的知识 and 经验程序化,模拟专家的思维过程来推理和判断故障原因,适用于多样化的故障场景,能够在没有专家介入的情况下提供可靠的故障诊断。随着人工智能的发展,基于人工智能(AI)与机器学习的故障诊断得以应用,通过对大量历史数据的训练,机器学习模型能够自动识别复杂的故障模式,尤其是深度学习技术能够从数据中提取复杂特征,应对非线性和多变的故障模式,在大规模电力系统中表现出极高的诊断精度。第三是基于大数据的故障预测与诊断依托于现代电力系统的海量数据采集能力,通过分析实时运行数据,能够提前识别潜在的故障趋势,并在故障发生前发出预

警。大数据技术能够整合历史数据、实时监控信息和环境因素,提供精确的故障预测,为电力系统的稳定运行提供了预防性支持<sup>[3]</sup>。总体来看现代故障诊断技术通过信号分析、模糊逻辑、专家系统、人工智能和大数据等技术的综合应用,大幅提升了诊断效率和准确性,为电力系统的安全稳定运行提供了强有力的保障。

#### 3.3 在线监测与实时诊断技术

在线监测与实时诊断技术通过持续采集设备的运行数据,实时监控设备状态并进行故障分析,确保在故障发生的第一时间进行诊断和处理。设备状态监测技术是在线监测的核心之一,通过在设备中安装传感器,实时采集电流、电压、温度等关键运行参数,监测设备的工作状态。如果设备出现异常,系统会自动发出警报,从而实现了对设备状态的实时监控与预警。故障波形分析与故障录波技术能够在故障发生时记录设备产生的特定电气波形,并对这些波形进行深入分析,以准确判断故障类型和定位故障点。这一技术在高精度故障检测中尤为重要,能够有效识别复杂故障并提高处理效率。与此同时,网络化故障监测与诊断平台通过物联网技术,将各类监测数据上传至中央控制平台,实现远程监控和智能诊断<sup>[4]</sup>。这种平台能够实时管理和监控多个变电站,集中处理故障数据,极大提高了故障处理的效率和准确性。在线监测与实时诊断技术通过传感器、故障波形分析和网络化平台的协同工作,不仅提高了设备的运行可靠性,还缩短了故障响应时间,为电力系统的安全稳定运行提供了有力保障。

### 4 故障诊断系统的架构与实施

故障诊断系统的架构主要数据采集与传输、数据处理分析以及故障判断报警三个核心部分构成,工程师利用安装在设备上的传感器,实时监控电流、电压、温度等关键运行参数。这些数据随后被传输至中央控制系统,为故障诊断提供基础信息。在数据传输之后,系统会执行预处理步骤,例如去除噪声和剔除异常值,以确保数据的准确性。经过预处理的数据将被系统采用多种算法进行深入分析,以识别潜在的故障特征。

基于这些分析结果,系统对设备的健康状况进行评估,并判断是否存在故障。一旦检测到异常,系统将自动触发报警提示。整个故障诊断流程遵循系统化的方法:第一步是数据的获取与预处理确保了数据的可靠性;第二步通过特征提取技术,系统识别与故障相关的异常信号;第三步系统进行故障模式识别,运用机器学习、专家系统等技术来确定故障的类型和位置;最后一步是系统分析诊断结果并提供反馈,协助维护人员及时采取相应措施。为了提高故障诊断的智能化和自动化水平,现代智能故障诊断系统融合了多种先进技术。系统结合信号分析、模糊逻辑、专家系统和人工智能等多种方法,构建了一个多层次的诊断框架。通过自动化检测,系统能够在故障初期捕捉到异常,并通过智能决策系统进行

自动分析,从而减少了对人工干预的依赖。故障数据的历史分析与经验库的建立进一步提升了系统的自学习能力,这不仅提高了故障诊断的准确性,还为未来的诊断工作提供了宝贵的参考数据和经验。通过这些优化和集成措施,故障诊断系统在电力系统中能够发挥更加强大的支持作用,确保系统的安全和稳定运行。

## 5 故障诊断技术在变电站中的实际应用

在变电站这一复杂而关键的电力枢纽中,故障诊断技术的应用显得尤为重要。变电站作为电能传输与分配的重要环节,其运行状态的稳定直接关系到整个电网的安全与效率。因此将先进的故障诊断技术融入变电站的日常运维中,是提升电网智能化水平、确保供电可靠性的重要途径。变电站故障诊断技术的实际应用已经取得了显著成果,主要包括在线监测系统、智能诊断系统以及通信与控制设备的故障诊断等方面。在应用场景中,变电站故障在线监测系统通过传感器实时采集设备的电压、电流、温度等参数,当出现异常时,系统能够及时报警并进行分析,预防故障的发生。智能诊断系统依托机器学习和人工智能算法,广泛应用于保护设备,能够精确识别异常波形并预测潜在故障,避免误动作等问题的发生。通信与控制设备的故障诊断也至关重要,通过在线诊断系统快速定位通信中断或控制失效的原因,大幅缩短了故障排除时间。评估这些诊断系统的实施效果发现,它们在故障检测率、准确率、故障处理速度以及系统的运行稳定性和可靠性方面都表现出色,故障检测率达到95%以上,准确率达90%以上,故障定位时间从传统的数小时缩短至数分钟。然而实际应用中仍然存在数据质量与完整性问题、复杂故障识别难度大等挑战,尤其是在面对多因素交织的隐性故障时,诊断系统的处理能力有待提升。

## 6 变电站二次设备故障诊断技术的发展趋势

随着电力系统自动化和智能化水平的不断提升,变电站二次设备故障诊断技术也在不断进步。

智能化和自动化的应用正在逐步深入,故障诊断系统能够通过自主监测设备的运行状态,及时发现和分析潜在的故障,减少了对人工操作的依赖,同时提高了诊断的效率和

准确性。

此外,云计算和物联网技术为远程监控和诊断提供了强大支持。设备数据通过物联网实时上传到云平台,运维人员可以随时远程监控设备状态,并迅速对故障作出反应,特别是对于广域分布的变电站网络,这极大提升了管理效率。且人工智能和大数据技术在故障预测中的应用变得越来越重要。通过分析设备的历史运行数据,AI能够提前识别潜在问题,帮助维护团队进行预防性维护,避免不必要的设备停机,减少维修成本。而集成化与标准化也是未来的重点发展方向。不同设备和系统将在统一的平台上运行,标准化将确保不同系统间的兼容性,从而提升诊断效率和可靠性。在实际应用中可以发现,故障诊断技术与电力系统的其他环节的联动发展也至关重要。通过与配电和输电系统的整合,可以提高整个电网的响应速度和稳定性,进一步增强电网的可靠性和故障处理能力。

## 7 结论

随着电力系统对可靠性和稳定性要求的不断提高,故障诊断技术在变电站中的应用变得越来越重要。通过采用先进的在线监测、实时诊断、智能分析和远程监控技术,电力系统的运维工作得到了显著的改善。变电站二次设备故障诊断技术的发展已为电力系统的安全稳定运行提供了强有力的支持。通过不断深化智能化技术应用,提升在线监测与故障预测的精度和响应速度,未来的诊断系统将更加高效、智能,确保电力系统的稳定和可靠性。智能化故障诊断技术的推广与应用将对电力行业产生深远影响,为持续提升电力系统的运行效率和安全性奠定坚实基础。

## 参考文献

- [1] 姜辉,滕磊,窦雪亮,等.变电站无人值守智能巡检机器人的构建与设计[J].设备管理与维修,2022(16):43.
- [2] 高博,吴迪,杨志豪,等.基于电力大数据变电站设备状态检修技术研究[J].微型电脑应用,2022(4):38.
- [3] 张海华,陈昊,李中烜,等.变电站油位表计设备的无人机巡检系统研究[J].湖南电力,2022,42(1):5.
- [4] 刘旭,丁伟,孙权,等.基于物联网技术的组合电器智能巡检装置设计与应用[J].黑龙江科技信息,2022(4):23.