

电力变电一次设备的状态检修策略分析

孙林女

宁夏先科电力设计咨询有限公司, 宁夏 银川 750000

[摘要] 随着社会的不断进步, 电力系统的稳定性对现代生活至关重要, 随着全球经济增长, 电力需求的不断提升, 变电一次设备的作用变得愈加显著。作为电力系统的关键设备, 变压器、断路器及隔离开关等直接影响着电力的输送与分配, 其工作状态决定了电力系统的安全性与可靠性。一旦这些设备发生故障, 可能导致大范围的电力中断, 对社会和经济造成严重后果。传统的定期检修方法虽然在一定程度上能保证设备的稳定运行, 但它并未能及时反映设备的实际工作状态, 且不能有效预防潜在的故障。与之相比, 状态检修技术通过实时监控设备的运行情况, 结合数据分析和故障预测, 能够在设备出现问题之前发出警告, 显著减少设备故障的发生, 并降低不必要的检修成本。文中探讨变电一次设备状态检修的基本原理、关键技术及实施流程, 分析其在提升电力系统运行效率和保障电力供应安全方面的应用潜力。

[关键词] 变电一次设备; 状态检修; 技术分析; 电力系统; 故障诊断; 维护策略

DOI: 10.33142/hst.v7i12.14664

中图分类号: TM7

文献标识码: A

Analysis of State Maintenance Strategy for Primary Equipment in Power Substation

SUN Linnyu

Ningxia Xianke Electric Power Design Consulting Co., Ltd., Yinchuan, Ningxia, 750000, China

Abstract: With the continuous progress of society, the stability of the power system is crucial for modern life. With the global economic growth and the increasing demand for electricity, the role of primary substation equipment has become increasingly significant. As key equipment in the power system, transformers, circuit breakers, and isolation switches directly affect the transmission and distribution of electricity, and their working status determines the safety and reliability of the power system. Once these devices malfunction, it may lead to widespread power outages, causing serious consequences for society and the economy. Although traditional regular maintenance methods can ensure the stable operation of equipment to a certain extent, they fail to reflect the actual working status of the equipment in a timely manner and cannot effectively prevent potential failures. Compared with it, condition based maintenance technology can issue warnings before equipment problems occur by monitoring the operation of equipment in real time, combining data analysis and fault prediction, significantly reducing the occurrence of equipment failures and unnecessary maintenance costs. The article explores the basic principles, key technologies, and implementation processes of condition based maintenance for primary substation equipment, and analyzes its potential application in improving the operational efficiency of the power system and ensuring the safety of power supply.

Keywords: substation primary equipment; condition based maintenance; technical analysis; power system; fault diagnosis; maintenance strategy

引言

随着经济的快速发展, 电力系统面临的负荷压力日益加大, 设备的运行环境变得愈加复杂。在这种背景下, 电力设备的可靠性和稳定性尤为重要, 尤其是变电一次设备, 它们在保障电网运行的过程中起到了至关重要的作用。尽管传统的定期检修方式能够在一定程度上减少设备故障的发生, 但该方法的局限性也很明显。它无法针对设备的实时状况进行调整, 且不能有效预测潜在的故障, 导致设备出现问题后对系统的影响较大。近年来, 智能化监控与数据分析技术在电力行业中的应用不断加深。状态检修技术作为一种新型的设备管理模式, 通过实时监测设备的运行状态并结合数据分析, 不仅能够实现故障预警, 还能显著减少设备故障的发生率。

1 变电一次设备状态检修的基本原理

1.1 油路状态检修原理

变压器在电力系统中的关键作用离不开其油路系统, 油路的正常运行对变压器的绝缘、冷却等功能至关重要。对油质的监测能够提供设备运行状况的重要信息。溶解气体分析(DGA)通过分析油中溶解气体的种类与浓度变化, 能够判断变压器的运行状态。例如, 氢气浓度的增高可能意味着电弧放电, 甲烷浓度的上升则常与过热现象相关。电导率测试也是一种有效的监测方法。油中水分或导电杂质含量的增加, 会导致电导率升高, 暗示油的绝缘性逐渐下降。这一指标的变化通常意味着油质恶化, 及时发现有助于采取预防措施, 避免进一步恶化引发故障。

1.2 变压器状态检修原理

对变压器进行状态检修,不仅包括对本体的检查,还应涵盖油路、冷却系统等多个方面。随着智能监测技术的普及,基于状态检修已逐渐取代传统的定期检修方式。在变压器状态的监控中,电气参数、温度和局部放电的监测是关键。电气参数的实时监测可帮助了解变压器的运行状态,确保其处于正常工作范围。过高的温度往往是变压器故障的早期信号,温度监控有助于及时发现并解决过热问题,避免设备损坏。绝缘材料老化或电场不均匀常常引起局部放电,可以在设备出现严重问题之前进行修复。红外热成像技术则用于检测变压器表面的温度分布,精准定位过热区域,从而预防潜在故障的发生。

1.3 断路器检修原理

对断路器的检修通常包括电气性能、机械性能及接触系统的检查,确保其在故障发生时能够迅速断开电流,防止设备受到进一步损害。长期操作会导致断路器的机械部件磨损或老化,因此定期检查显得尤为重要。在电气性能方面,断路器的分合闸时间、电流承载能力及短路分断能力需定期检测。如果分合闸时间过长,可能导致断路器无法及时切断电流,影响保护效果。通过分合闸测试可以评估其响应速度,确保其在发生故障时能够及时动作。频繁操作后,驱动机构可能出现磨损或卡滞现象,影响断路器的正常工作。接触电阻过大时,接触点可能过热,导致设备故障。通过对油中溶解气体的分析,能够有效评估断路器的运行状态。若油中的气体成分发生异常变化,表明设备可能出现过热或电弧放电现象。定期进行油质分析,能够在早期发现问题,确保断路器能够在关键时刻有效保护电力系统。

2 变电一次设备状态检修的关键技术

2.1 变压器状态检修的关键技术

变压器的状态检修通过多种技术手段来实现,包括变压器油气体分析(DGA)、局部放电监测、红外热成像以及介质损耗因数($\tan \delta$)测量等。DGA技术主要通过检测变压器油中溶解气体的成分及浓度变化,来判断变压器内部是否存在故障。随着氢气浓度的上升,通常意味着设备内部可能发生了电弧放电;而甲烷浓度增加往往与设备过热现象有关。局部放电监测用于检测变压器内部是否发生电气击穿,局部放电本身不会立即导致故障,但它通常是绝缘材料老化的先兆。若不加控制,局部放电将加剧设备的损坏,从而影响设备的长期可靠性。若变压器内部的某些部件出现故障,常常会导致局部温度的异常升高。通过红外热成像技术,可以实时获取温度分布图,从而帮助识别过热的区域,及时采取修复措施,防止温度过高引起更严重的设备故障。随着绝缘材料的老化, $\tan \delta$ 值会逐渐升高,表明绝缘性能可能已开始下降。通过定期测量 $\tan \delta$ 值,可以为变压器提供及时的状态反馈,有助于提前预测设备的剩余使用寿命,确保设备能够持续稳定运行。

2.2 断路器状态检修的关键技术

断路器的状态检修技术包括操作性能测试、油质分析、接触电阻测量及电气性能检测等。通过操作性能测试,可以验证断路器的工作状态,确保其在分合闸时能够顺利完成动作。若在测试中发现问题,可能表明断路器内部部件出现了磨损或故障,需要及时维修或更换。操作性能测试有助于确保断路器能够在电力系统出现故障时可靠运行,避免安全事故的发生。油中的溶解气体成分变化能够反映设备的健康状况,油质劣化会影响断路器的绝缘性能。接触电阻的增大通常表明断路器的触头部分发生了磨损或腐蚀,可能导致设备出现接触不良或发热现象。电气性能测试用于评估断路器在负载条件下的工作能力,特别是在电流过载或短路情况下,是否能有效断开电路。

2.3 隔离开关状态检修的关键技术

隔离开关的状态检修主要涉及机械性能、电气性能及接触电阻的检测。检查其动作过程中是否存在卡滞或不灵活的现象,以及是否能够顺利完成分合闸操作。隔离开关在长时间运行后,机械部件可能会出现磨损或腐蚀,定期的机械性能检测有助于提前发现这些问题,防止设备在需要时无法正常操作。隔离开关需要不带电的情况下进行分合操作,确保能够可靠地隔离电流。若电气性能存在问题,隔离开关可能无法正常断开电流,从而影响电力系统的安全运行。接触电阻过大会导致接触不良,可能引发设备发热或损坏。

2.4 其他一次设备状态检修的关键技术

电力系统中,除变压器、断路器和隔离开关外,其他一次设备同样需要进行定期检修,以确保其可靠运行。例如,母线、接地装置及避雷器等设备的状态监测同样重要。母线承载着电力系统中多个关键部件的连接,过载或接触不良可能导致严重故障。通过温度监测,可以发现母线过热的现象;振动监测有助于检测接头松动或损坏的情况;电气性能检测则可以确保母线的电流传输稳定。接地电阻过高常常意味着接地装置存在老化或腐蚀,可能导致接地失效。通过定期测量接地电阻,可以发现接地系统中的问题,确保电力设备能够有效接地,防止接地故障引发的安全问题。避雷器在雷击发生时,需要能够有效工作,保护电力系统免受雷击的损害。定期检测避雷器的绝缘性能,可以及时发现其老化现象,避免因失效导致设备损坏。

3 电力系统变电一次设备状态检修的流程

3.1 信息收集

作为状态检修的起始环节,信息收集包括设备的运行数据、历史故障记录以及现场监测数据的全面获取。对设备的实时运行状态进行追踪,可以为后续的状态评估提供充分的数据支持。通过监测电流、电压、温度、振动等关键参数,可以及时发现设备的异常情况及潜在故障风险。同时,历史故障记录的分析,有助于识别设备的长期表现及常见故障模式,为判断设备的健康状态提供有力依据。现场监测通过传

感器监控及定期现场检查,能够有效捕捉到设备的突发异常情况,从而为后续的状态分析提供有价值的实时数据。

3.2 状态评价

对设备运行状态的全面分析,能够判断其是否处于正常工作状态,或者是否存在潜在的故障风险。常见的评估方法包括经验判断、统计分析与基于模型的预测。经验判断依赖于技术人员积累的知识与经验,适用于处理已知故障模式,尽管其准确性可能受限于经验的差异。相比之下,统计分析通过对设备历史运行数据的量化分析,揭示了设备性能变化规律及其潜在风险。此方法能够识别出数据中的异常趋势,从而为故障诊断提供有力支持。基于模型的预测方法则通过将实时监测数据与数学模型相结合,对设备未来的故障趋势进行预测,提供预防性维护的依据。

3.3 完善方法

在状态评估结果的基础上,方案的制定应确保设备能够在修复的同时不影响电力系统的正常运作。检修时机的合理选择尤为关键,应避免在负荷较高时进行检修,从而减少对系统稳定性的影响。根据设备的类型与故障性质,需选择合适的检修方法、工具及技术手段,以确保检修工作高效且安全地进行。针对不同设备的复杂性,检修人员的专业能力需要得到充分体现。根据维修任务的需求,安排经验丰富的技术人员以确保操作的高效性与专业性。此外,针对可能发生的突发情况,必须准备备用设备或制定紧急预案,以保障设备故障后的快速恢复。所有操作均需严格遵守安全规程,防止因操作不当导致更大损害。

4 电力系统变电一次设备状态检修的策略分析

4.1 状态检测

状态检测是进行设备状态检修的起始步骤,它依赖于实时监测和数据采集,以确保对设备运行状况的准确评估。常见的检测手段包括红外成像、振动监测、油质分析及电气参数监测等。红外成像技术有助于检测设备表面的温度分布,通过热成像可以快速识别出可能的过热区域,尤其是在设备不易接触的部分。振动监测则用于动态设备,它能够捕捉到由机械部件引发的振动,从而及时发现机械不平衡、松动或磨损等问题。油质分析则通过测定变压器油中溶解气体的浓度,揭示设备内部的潜在故障,提前发出警报。电气参数监测通过实时采集设备的电流、电压等数据,及时识别出电气系统的异常波动,增强故障预警能力。

4.2 状态预测

状态预测基于历史数据的分析,通过对设备工作特性及运行规律的理解,预测潜在故障或性能衰退的趋势。常用的预测方法包括数据挖掘、机器学习及统计分析等。通过数据挖掘技术,可以从大量历史数据中提取潜在的规律,这些规律有助于预测设备未来的工作状态。建立在这些规律基础上的预测模型,能够提供故障的提前预警。机器学习,尤其是深度学习技术,在状态预测中展现出卓越的能

力,能够自动优化模型并进行自我调整,从而更准确地预测故障发生的概率。

4.3 故障诊断

故障诊断是确保设备可靠运行的重要环节,通过对运行状态的深入分析,能够准确识别故障类型并为后续修复提供依据。常见的诊断方法包括模式识别、人工智能技术以及专家系统。模式识别技术通过对设备运行数据的分析,自动识别异常状态并进行分类。这些技术能够快速检测到故障并提供相应的诊断建议,减少了人为干预的可能性。人工智能,尤其是深度学习,凭借其强大的数据处理能力,能够在大量历史数据的基础上,智能识别故障模式,实现对设备潜在问题的预测与识别。

4.4 检修重点

对于变压器而言,油路系统是检修的核心,尤其是变压器油中溶解气体的变化,能够反映出设备内部的潜在故障。对于断路器,触头磨损或腐蚀的检查至关重要,因为触头的异常可能导致接触不良,进而影响系统的稳定性。隔离开关则需重点检查其机械性能,尤其是动作的灵敏度,避免出现卡滞或磨损现象。通过这种集中检修的方式,可以最大程度地保障设备关键部件的健康,避免不必要的停机或设备故障的发生。检修工作应针对容易出现故障的部位进行,合理调配维修资源,以提高检修效率,降低成本,并确保电力系统的稳定运行。

5 结语

随着电力系统技术的不断发展,智能化、精细化的设备管理模式逐渐成为未来趋势。在这一变革过程中,状态检修技术的应用不断得到提升,其重要性也愈加突出。通过实时监控与数据分析,状态检修能够及时识别设备的潜在故障,提供预警,从而最大限度地减少设备故障对电力系统的影响。设备检测的精确度、数据分析模型的优化以及新兴技术如人工智能的进一步应用仍然是技术发展的关键。随着大数据、物联网及人工智能技术的日益成熟,状态检修技术的精确度与智能化水平将得到显著提升,为电力设备的管理提供更加精准、科学的支持。随着相关技术的不断发展与创新,电力行业将在设备运维管理方面实现更加高效和可靠的管理模式。

[参考文献]

- [1]杜鸿云,温新鹏,时露露.电力系统变电一次设备状态检修技术研究[J].光源与照明,2024(6):84-86.
 - [2]王波.浅析变电站一次设备运行中状态检修问题[J].中国设备工程,2021(7):64-65.
 - [3]李龙.变电站一次设备检修与试验分析[J].集成电路应用,2022,39(6):182-183.
- 作者简介:孙林女(1985.10—),毕业院校:西安交通大学,所学专业:电气工程,当前就职单位:宁夏先科电力设计咨询有限公司,职务:专业工程师,职称级别:中级。