

## 变电系统一次设备的故障与应对措施分析

高健晖 田龙海 朱瑞新

国网新疆电力有限公司博尔塔拉供电公司, 新疆 博尔塔拉蒙古自治州 833400

**[摘要]**随着社会的发展和电力需求的不断增加,电力系统的规模和复杂性也在不断提高,一次设备的故障问题成为制约电力系统运行的一个重要因素。故障的发生可能导致系统停电、设备损坏甚至引发重大事故,给社会和经济带来严重影响。深入了解一次设备可能面临的故障情况,分析其根本原因,制定科学的预防和应对策略,对于提高电力系统的抗干扰能力和应急响应水平至关重要。我们将重点关注变压器、断路器、隔离开关、电缆和保护系统等一次设备的故障及应对措施,为电力系统的可靠运行提供技术支持和管理经验。

**[关键词]**变电系统;一次设备;检修措施

DOI: 10.33142/hst.v6i11.10785

中图分类号: TM73

文献标识码: A

### Analysis of Faults and Countermeasures for Primary Equipment in Substation Systems

GAO Jianhui, TIAN Longhai, ZHU Ruixin

Bortala Power Supply Company of State Grid Xinjiang Electric Power Co., Ltd., Bortala Mongolian Autonomous Prefecture, Xinjiang, 833400, China

**Abstract:** With the development of society and the increasing demand for electricity, the scale and complexity of the power system are also constantly increasing. The problem of equipment failure has become an important factor restricting the operation of the power system. The occurrence of faults may lead to system power outages, equipment damage, and even major accidents, causing serious impacts on society and the economy. It is crucial to have a deep understanding of the possible faults that a device may face, analyze their root causes, and develop scientific prevention and response strategies to improve the anti-interference ability and emergency response level of the power system. We will focus on the faults and countermeasures of primary equipment such as transformers, circuit breakers, isolating switches, cables, and protection systems, providing technical support and management experience for the reliable operation of the power system.

**Keywords:** substation system; primary equipment; maintenance measures

### 引言

电力系统作为现代社会基础设施的核心组成部分,承载着能源传输和分配的关键任务。在电力系统中,一次设备的正常运行直接关系到整个系统的稳定性、可靠性和安全性。一次设备包括变压器、断路器、隔离开关、电缆和保护系统等多个组成部分,它们的性能直接影响着电力系统的运行效果。因此对一次设备可能面临的故障进行深入的分析,并制定科学有效的应对措施,对于提高电力系统的可靠性和稳定性具有重要意义。

#### 1 变电系统一次设备的概述

变电系统一次设备作为电力系统中的关键组成部分,负责将电力从发电厂输送到用户端,起到电能转换和传输的重要作用。一次设备主要包括变压器、断路器、隔离开关、电缆和保护系统等关键元素。变压器在电能传输中起到电压调节和功率变换的作用,而断路器则用于控制电路的通断,隔离开关用于切断电气设备,电缆负责连接不同设备和传输电能,而保护系统则是确保电力系统安全运行的重要保障。这些一次设备的正常运行对电力系统的稳定性和可靠性至关重要,任何一次设备的故障都可能导致电

力系统的不稳定,甚至造成设备损坏或事故。因此,深入了解一次设备的性能、状态和运行情况,以及及时有效的故障诊断和应对措施,对于保障电力系统的安全稳定运行具有重要意义。在当前技术水平不断提升的背景下,智能化和数字化技术的应用逐渐成为一次设备管理的重要趋势,通过实时监测、远程控制和数据分析,可以更加精准地了解设备运行状态,提前发现潜在问题,从而采取有效的预防和维护措施。这些进步不仅提高了一次设备的可靠性,也为电力系统的安全性和经济性提供了有力支持。

#### 2 变电系统一次设备的现状分析

##### 2.1 技术水平

一次设备的技术水平直接影响着电力系统的性能和可靠性,随着科技的不断进步,一次设备的技术水平也在不断提升,先进的材料科学、电气工程技术以及信息技术的应用,使得一次设备在性能、效率和安全性方面都取得了显著的进步。在变压器领域,新型绝缘材料的使用、高温超导技术的应用以及智能化控制系统的引入,使得变压器在功率传输和电压调节方面更加灵活和高效。断路器方面,先进的气体绝缘断路器和固态断路器的研发,提高了

断路器的耐久性和开关性能。隔离开关和电缆方面,新型材料的采用使得设备更加轻巧耐用,同时数字化技术的普及使得设备的监测和控制更加精确和实时<sup>[1]</sup>。技术水平的提升不仅表现在硬件层面,还体现在软件和智能化方面,先进的保护系统和智能监控设备的广泛应用,使一次设备具备了自动诊断、远程监控和智能调控的能力,不仅提高了设备的故障检测和应对能力,也为电力系统的管理和维护提供了更为便捷的手段。

## 2.2 设备状态

设备状态是评估一次设备运行健康和性能稳定性的重要因素,准确了解和监测设备状态对于确保电力系统的可靠运行至关重要。实时监测设备的运行状况是维持电力系统正常运行的基础,通过实时采集设备的电流、电压、温度等关键参数数据,可以及时发现设备是否处于正常工作状态。例如,对变压器的冷却系统和绝缘材料进行实时监测,可以有效预防过热和绝缘击穿等问题。对设备的潜在缺陷进行监测和诊断也是设备状态评估的重要方面,采用先进的检测技术,如红外热像技术和超声波检测,可以识别设备内部的异常情况,提前发现潜在故障源,从而采取预防性维护措施,避免设备故障对电力系统的影响。维护设备的健康程度是确保设备长期可靠运行的关键,通过定期的巡检、维护和诊断,可以及时清理设备表面的杂物,检修设备内部零部件,延长设备寿命。对于一些关键设备,还可以采用在线监测系统,实时追踪设备的健康状态,以便及时调整运行策略和进行必要的维修。

## 2.3 维护和管理

维护和管理是确保一次设备长期稳定运行的关键环节,有效的维护和管理措施能够降低设备故障的发生频率,延长设备的使用寿命,提高整个电力系统的可靠性和安全性。通过制定详细的维护计划,包括定期的巡检、清理、润滑和零部件更换等措施,可以防范潜在故障,减少设备的损耗和磨损,有助于保持设备在良好的工作状态,减少突发故障的风险。建立完善的故障诊断体系,采用先进的监测技术,能够及早发现设备问题并进行相应的维修,及时的维修不仅可以减少停机时间,降低生产损失,同时也可以防止故障进一步扩大,确保设备的安全运行。建立详细的设备档案,包括设备的生产信息、运行记录、维护日志等,有助于全面了解设备的历史和状态。同时,借助信息化手段,如维护管理系统,可以实现对设备状态的实时监测、数据分析和远程管理,提高管理的效率和精度。

## 2.4 智能化和数字化应用

智能化和数字化应用在一次设备的管理中发挥着日益重要的作用,为电力系统提供了更高效、精准的监测和控制手段,这些先进技术的应用不仅提高了设备运行的可靠性,同时也提升了电力系统的整体性能。智能监测系统为一次设备提供了实时的运行数据和状态信息,通过传感

器和监测设备的安装,可以实时采集设备的电流、电压、温度等关键参数,这些数据通过云平台传输,利用大数据和人工智能技术进行分析,使设备的运行状况能够被精准监测,通过实时监测,运维人员可以更早地发现潜在问题,采取相应的措施,从而提高了一次设备的可靠性。远程监控和控制技术使得设备的管理更加灵活和高效,远程监控系统允许运维人员无需亲临现场,就能够随时随地监测设备的运行状况,一旦发现异常,可以通过远程控制手段实时调整设备参数或采取紧急措施,以最小化故障对系统的影响,这样的远程管理方式大大提高了响应速度,减少了对人力资源的依赖。数字化技术的广泛应用也提升了维护和管理效率,设备的维护计划、维修记录、运行数据等可以通过数字化系统进行集中管理,实现对设备状态的全面跟踪和分析,这样的数字档案不仅方便了管理人员随时查询设备历史记录,还为设备维护提供了更为科学和精准的依据。

## 3 变电系统一次设备的故障与应对措施分析

### 3.1 变压器故障及应对措施

变压器是电力系统中至关重要的一次设备,但在运行过程中可能会面临多种故障,其中一些常见的故障包括短路、绝缘老化、过载和局部放电等。短路是可能由于绕组间的直接短路或绝缘故障引起,对于短路,及时的巡检和在线监测是关键,维护人员可以通过红外热像技术来检测设备表面的温度异常,以及通过局部放电监测系统来识别潜在的绝缘问题,一旦发现短路迹象,必须立即采取措施,包括隔离故障部分、修复或更换受损零部件<sup>[2]</sup>。绝缘老化是变压器长期运行可能面临的问题,在运行中绝缘材料可能受到电场和热量的影响而老化,导致设备绝缘性能下降。为了防范这种故障,定期进行变压器的油质分析、气体分析以及绝缘电阻测试等监测是至关重要的,通过这些监测手段,可以提前发现绝缘老化的迹象,有针对性地进行维护,例如更换老化的绝缘材料或绝缘油,以延长变压器的寿命。过载是变压器常见的负荷运行问题,当负载超过设计容量时,变压器可能过热,导致设备性能下降。为防范过载,运维人员需要定期监测变压器的负载情况,确保其在正常范围内运行。此外,采用智能保护装置,如热保护继电器和负载开关,可以及时断开负载,防止变压器过载运行。

### 3.2 断路器故障及应对措施

断路器是电力系统中的关键设备,用于控制电路的通断,在运行过程中,断路器可能面临多种故障,如触头磨损、弹簧机构故障、气体击穿等。触头磨损通常是由于长期使用和电弧的影响,为了防范这种故障,定期的巡检和维护是至关重要的,维护人员可以检查触头的磨损程度,根据需要进行磨削或更换。此外,采用高度可靠的触头材料,如铜铬合金,可以减缓磨损过程,提高断路器的寿命。

弹簧机构故障可能导致断路器无法正常操作,为了防范这类故障,定期的弹簧机构检查和维护是必要的,维护人员可以检查弹簧的张力、清理弹簧机构的灰尘和污垢,并确保机构的润滑充足,在弹簧机构发现问题时,及时更换磨损的零部件是关键的应对措施。气体击穿是可能发生的一种故障,特别是在断路器的气体绝缘部分。为了应对这一问题,采用高品质的气体绝缘介质,如硫化氢气体,可以有效防止气体击穿。定期检测断路器内气体的状态,确保其处于正常范围内,也是防范气体击穿的重要手段。

### 3.3 隔离开关故障及应对措施

隔离开关在电力系统中具有重要的作用,用于切断或连接电路,维护设备以及确保操作人员的安全,隔离开关在运行中可能会遇到故障,其中包括触头接触不良、机构异常、绝缘击穿等问题。触头接触不良是由于长期使用、污染或其他因素,触头可能受到腐蚀、氧化或磨损,导致接触不良。维护人员需要检查触头的表面状态,清理污垢,确保触头接触良好,对于发现不良接触的情况,及时采取修复措施,如磨削、涂覆导电膏等,以确保开关的正常运行。机构异常包括开关的操纵机械部分,如齿轮、连杆等,长时间的使用和环境因素可能导致机构的磨损、松动或卡阻,影响开关的灵活性和可靠性。维护人员应检查机构的运动是否流畅,及时更换磨损零部件,确保机构的正常操作。绝缘击穿是隔离开关可能面临的另一故障,特别是在高压环境下,为了防范绝缘击穿,需要采用高质量的绝缘材料,并定期进行绝缘测试。如果发现绝缘电阻不达标,需要迅速采取应对措施,如更换绝缘部件、增加绝缘距离等,以保障设备的安全运行。

### 3.4 电缆故障及应对措施

电缆作为电力系统中重要的传输介质之一,故障可能对系统的可靠性和安全性产生影响,电缆故障的常见形式包括断线、短路、绝缘老化等。断线可能是由于外部损伤、机械应力,或者是电缆本身的老化引起的,对于断线,首要的措施是定期进行巡检和检测,采用先进的电缆故障检测技术,如反射法和时域反射法,可以快速准确地定位断线的位置,一旦发现断线,需要迅速进行修复或更换受损的电缆段,以防止故障扩大影响整个电力系统<sup>[3]</sup>。短路可能由于电缆绝缘破损、外部物体侵入,或者电气设备故障引起。对于短路,采用巡检和在线监测是关键,使用热像仪、局部放电监测等设备,可以实时监测电缆的温度和绝缘状态,及时发现短路的迹象,可以采取隔离短路点,并进行修复或更换有问题的电缆部分。绝缘老化是随着时间的推移,电缆的绝缘材料可能会受到电场、热量等因素的影响而老化,导致绝缘性能下降,为了防范绝缘老化,定期的绝缘测试和监测是必要的,通过测量绝缘电阻、

介电常数等参数,可以评估绝缘的状态,并在需要时采取维护措施,如更换老化的绝缘材料或整段电缆。

### 3.5 保护系统故障及应对措施

保护系统在电力系统中扮演着至关重要的角色,负责检测和响应电力系统中的异常情况,保护系统本身也可能面临多种故障,如误动、失灵、通信故障等。首先,误动可能由于设备故障、外部干扰或者保护参数设置不当引起,为了防范误动,需要在系统投运前进行精确的保护参数设置,并定期进行复查和校准。使用高精度的传感器和先进的数字保护装置,可以减少误动的风险。此外,采用多重保护和备用保护通道,可以提高系统的安全性和可靠性。其次,保护系统的失灵可能导致对系统内部故障的未及时发现和响应,为了防范失灵,需要定期进行保护设备的巡检和维护,监测保护设备的运行状态,包括传感器、继电器和开关等,以及采用自检功能,可以提前发现潜在问题。同时,建立合理的保护系统互锁和自动重启机制,以最大程度地减小失灵可能带来的负面影响。另外,通信故障可能影响保护系统与其他设备的信息交流,为了防范通信故障,应采用可靠的通信协议和设备,并定期进行通信设备的检查和维护,使用冗余通信通道和备用通信系统,以确保即便发生故障,系统仍能正常运行。

## 4 结语

在电力系统中,一次设备的正常运行对于维持系统的稳定性和可靠性至关重要,通过对变压器、断路器、隔离开关、电缆和保护系统等一次设备可能面临的故障及应对措施的分析,强调了有效的监测、维护和应对措施在确保设备安全运行方面的重要性。通过科学合理的管理和维护手段,结合先进的监测技术和智能化应用,可以最大程度地提高一次设备的可靠性和安全性,不仅有助于防范潜在故障,减少设备损耗,还能够延长设备寿命,确保电力系统的持续稳定运行。在未来,随着技术的不断进步,更多先进的监测和管理手段将不断涌现,为电力系统的安全性和可靠性提供更强有力的支持。

### [参考文献]

- [1]项茂阳. 变电设备故障诊断系统研究及应用[D]. 山东: 山东大学, 2021.
  - [2]帅军强. 变电一次设备的故障及其检修分析[J]. 科技创新导报, 2019, 16(18): 54-55.
  - [3]田巍. 探究变电一次设备故障预测及检修方法[J]. 中国金属通报, 2019(1): 161-162.
- 作者简介: 高健晖(1996.6—), 毕业院校: 新疆工程学院, 所学专业: 电气工程及其自动化, 当前就职单位: 国网博尔塔拉供电公司, 职务: 变电一次检修工, 职称级别: 助理工程师。