

The Application of Electrical Testing in Circuit Breaker Faults

Qiyue Wang Xiaodong Niu

State Grid Shanxi Electric Power Company Lvliang Power Supply Company, Lvliang, Shanxi, 033000, China

Abstract

As an important protective device in the power system, circuit breakers are an automatic switching device used in circuits. Timely detection and accurate diagnosis of their faults are crucial for the stable operation of the system. This paper comprehensively analyzes the working principle and common fault characteristics of circuit breakers, including contactor wear, spring degradation, and poor contact of contacts, and discusses the application of electrical testing in circuit breaker faults. This paper explores the application of electrical testing in circuit breaker faults by taking SF₆ circuit breakers as the discussion object. The analysis of circuit breaker faults and the implementation of electrical testing can effectively evaluate and diagnose the performance of circuit breakers and detect potential faults.

Keywords

circuit breaker; electrical testing; SF₆

电气试验在断路器故障中的应用

王启悦 牛小东

国网山西省电力公司吕梁供电公司, 中国 · 山西 吕梁 033000

摘 要

断路器作为电力系统中重要的保护装置, 是一种用于电路中的自动开关装置, 其故障的及时检测和准确诊断对于系统的稳定运行至关重要。论文通过综合分析断路器的工作原理和常见的故障特征, 包括接触器磨损、弹簧劣化和触头接触不良等, 并讨论电气试验在断路器故障中的应用。论文通过以 SF₆ 断路器为讨论对象, 探讨电气试验在断路器故障中的应用, 对断路器故障的分析和电气试验的实施, 可以有效地评估和诊断断路器的性能以及检测潜在的故障。

关键词

断路器; 电气试验; SF₆

1 断路器基本原理

断路器 (Circuit Breaker) 是一种用于电路中的自动开关装置, 它的基本原理是在电路发生过载或短路时, 能够自动切断电源, 以保护电路不受损害。断路器可以手动或自动操作, 用以关闭或开启电路, 实现控制和保护电气系统的功能。断路器的类型也有很多种, 包括少油断路器、多油断路器、真空断路器、SF₆ 断路器。论文主要以 SF₆ 断路器为讨论对象^[1]。

六氟化硫 (SF₆) 断路器是一种高性能的断路器, 广泛应用于中高压电力传输系统中。SF₆ 断路器利用 SF₆ 气体的优良绝缘和灭弧特性, 能够在电路发生故障时迅速切断电流, 保护电力系统的安全运行。SF₆ 气体具有非常高的电气绝缘性能, 其绝缘强度大约是空气的 2.5~3 倍。在 SF₆ 断

路器中, SF₆ 气体被压缩并封装在密封的容器内, 作为绝缘介质, 防止电弧的产生。当电路发生短路或过载时, 断路器内部的触点会开始分开, 触点间的电压会使 SF₆ 气体电离, 产生电弧。SF₆ 气体在高温下会分解产生一系列氟化物和硫化物, 这些产物具有很强的负电性, 能够迅速捕获自由电子, 从而有效地减少电弧中的电子数量, 使电弧迅速熄灭。

SF₆ 断路器的断路过程主要包括以下几个步骤:

检测故障: 当电路发生故障时, 保护继电器会检测到异常电流, 并发出断路指令。

触点分离: 断路器接收到断路指令后, 驱动机构会驱动固定触点和动作触点分离。

电弧产生: 触点开始分离时, 电流仍然试图通过接触点维持, 导致电弧产生。

灭弧: SF₆ 气体在电弧的热作用下分解, 产生大量的灭弧产物, 迅速吸收电弧中的自由电子, 使电弧冷却并熄灭。

触点完全分开: 在电弧被灭弧产物吸收后, 触点继续分离至完全断开, 电路被彻底切断^[2]。

【作者简介】王启悦 (1997-), 女, 中国山西吕梁人, 硕士, 从事高电压与绝缘、新能源研究。

综合而言, SF₆断路器通过利用六氟化硫气体的绝缘和灭弧特性,能够在电路发生故障时迅速而可靠地切断电流,保护电力系统的稳定运行。其高效的灭弧能力和良好的绝缘性能使其成为中高压电力系统中不可或缺的设备。

2 常见的断路器故障

2.1 SF₆ 气体泄漏

SF₆气体泄漏是SF₆断路器常见的故障之一,它对设备的正常运行能力和安全性产生严重影响。SF₆断路器依赖充足的SF₆气体作为灭弧介质,当设备老化、接头松动或密封件损坏时,就可能发生气体泄漏。气体泄漏会降低断路器的灭弧能力,并且影响其绝缘性能,从而增加设备发生故障的风险^[1]。

为了预防SF₆气体泄漏,定期检查和维持密封性能是至关重要的。首先,可以定期检查断路器的密封件,确保其完好无损。如果发现有任何磨损、老化或损坏,应及时更换。其次,还应检查接头是否松动,需要确保紧固螺栓处于正确的位置并进行适当的拧紧。最后,确保设备的所有开关处于正确的位置,以避免不必要的振动和冲击。

2.2 机械故障

机械故障是SF₆断路器常见的故障之一。例如,闭合/分闸机构的磨损、接触不良或断裂等问题可能导致断路器无法正常操作。这可能与设备长时间运行、振动、温度变化等因素有关。定期进行机构的检查和维修,以及及时更换磨损的零部件,可以减少机械故障的发生。

2.3 触头烧损

SF₆断路器的触头在开断过程中会承受高电流和高能量。长时间的电弧放电可能会导致触头的烧损,进而影响断路器的正常运行。定期检查触头的磨损情况,并根据需要进行清洁或更换,可以有效预防触头烧损^[4]。

2.4 火花跳闸

火花跳闸是指在断路器分闸时,断口之间出现电弧的现象。这可能是由于设备操作不当、绝缘性能下降、触头接触不良等原因引起的。为了避免火花跳闸,需要严格遵守操作规程,定期检查设备的绝缘性能和触头连接,确保设备的正常运行。

2.5 过电压故障

过电压是指在电网中突然出现的超过设备额定工作电压的瞬态电压。过电压可能由多种因素引起,如雷击、操作错误、线路故障等。

SF₆断路器具有较好的耐受过电压的能力,它可以有效地抵御瞬态过电压的影响。SF₆断路器采用了SF₆气体作为灭弧介质,这种气体具有良好的绝缘性能和灭弧能力,在一定程度上可以抑制过电压的传播和放大。然而,如果过电压超过了设备的额定能力,就可能导致断路器失效。过高的电压会产生过大的电弧能量,从而导致设备损坏或灭弧过程无

法正常进行。

为了预防过电压故障,可以使用过电压保护装置。过电压保护装置可以检测电网中的过电压情况,并在超过设定阈值时采取相应的措施,如自动切断电源或引入阻尼器来消除过电压。因此,通过使用过电压保护装置和定期检查维护设备,可以有效预防过电压故障的发生,确保设备的正常运行和安全性^[5]。

3 电气试验在断路器故障中的作用

电气试验在断路器故障中起着重要的作用。通过对断路器进行电气试验,可以检测和评估其性能、可靠性和安全性,帮助发现潜在的故障和问题。

首先,电气试验可以验证断路器的绝缘性能。绝缘性是断路器正常运行的关键指标之一。通过进行高压试验和部分放电测试,可以评估断路器的绝缘状况是否符合要求。如果发现绝缘存在问题,可以及时采取措施修复或更换。

其次,电气试验还可以评估断路器的灭弧性能。灭弧性能是断路器正常切断电路的关键因素。通过进行短路电流试验和灭弧时间测试,可以验证断路器的灭弧性能是否符合标准要求。如果发现灭弧性能不达标,可能需要进行调整或更换断路器。

再次,电气试验还可以检测断路器的操作性能。通过进行开关操作试验和机械特性测试,可以评估断路器的操作是否灵活、准确,并且能够在各种工况下正常工作。如果发现操作存在问题,可以及时进行维修或调整。

最后,电气试验还可以帮助评估断路器的保护功能。通过进行保护性能测试,可以验证断路器的过电流、短路和接地保护是否可靠有效。如果发现保护存在问题,可以及时修复或更换断路器。

总之,电气试验在断路器故障中起着至关重要的作用。通过对断路器进行绝缘性能、灭弧性能、操作性能和保护功能等方面的测试,可以发现潜在的故障和问题,并采取相应的措施修复或更换,确保断路器的正常运行和安全性^[6]。

4 电气试验在断路器故障中的具体应用

4.1 绝缘电阻试验

对于SF₆断路器,主要测量支持瓷套、拉杆等一次回路对地绝缘电阻。在进行绝缘电阻试验时,首先需要确保断路器处于断开状态,并断开与电源的连接。然后,使用绝缘电阻测试仪器将高电压施加在待测绝缘部件之间,常用的测试电压为500V或1000V。在施加电压后,测试仪器将测量绝缘部件之间的电阻值。通常,绝缘电阻应达到一定数值,以确保断路器的绝缘性能良好。根据相关标准,通常要求绝缘电阻大于100MΩ。

通过绝缘电阻试验,可以及时发现断路器绝缘部件存在的故障或缺陷,以预防潜在的安全隐患。这项测试在电气设备的安全性能评估和维护中起着重要的作用,确保设备正

常运行并提高工作效率^[7]。

4.2 介质损耗角正切值试验

断路器的介质损耗角正切值试验也是测量断路器绝缘性的一种方法。该试验旨在测量断路器绝缘材料在交流电场中的能量损耗情况，以确定绝缘材料的质量和性能。

该试验是通过施加一定的交流电压在断路器绝缘材料上，并测量电流和电压之间的相位差。通过测量得到的相位差，可以计算出介质损耗角正切值。这个值反映了绝缘材料在交流电场中的能量损耗程度，即绝缘材料对电能的吸收和释放情况。较低的损耗角正切值表示绝缘材料的质量较好，能有效地隔离电流。

4.3 气体实验

SF₆ 断路器的气体试验是一种常用的测试方法，用于评估断路器的气体密封性和气体压力是否符合要求，主要检测 SF₆ 断路器的气体组合含量及水分含量是否超标^[8]。

在进行气体试验前，需要确保断路器的内部和外部清洁，并检查密封件的完整性。然后，将适量的干燥的 SF₆ 气体注入断路器的气体室中，并确保气体压力稳定。在气体注入后，可以进行气体压力测试。通过测量断路器内部的气体压力，可以确定气体密封性是否良好。通常要求的气体压力应符合相关标准的规定。合格的气体压力以及含量可以确保 SF₆ 断路器在正常运行时能够有效地隔离电弧和保持稳定的工作状态。

此外，还可以进行气体泄漏测试。通过使用气体检测仪器，可以检测断路器是否存在气体泄漏现象。如果发现泄漏，需要及时处理和修复。

4.4 时间动作特性试验

断路器的时间动作特性试验是一种用于评估断路器动作性能的测试方法。主要检测断路器的分合闸速度、分合闸时间，分合闸不通气程度，以及分合闸线圈的动作电压，以验证其对故障的快速响应能力。

在进行时间动作特性试验前，需要将待测断路器连接到测试仪器上，并设置相应的故障电流值。然后，通过施加故障电流来模拟故障情况，触发断路器进行动作。在试验过程中，需要测量断路器的动作时间，即从故障发生到断路器完全打开的时间。此外，还可以记录断路器的动作特性曲线，即断路器在不同故障电流下的动作时间与故障电流之间的关系。

这项试验对于断路器的设计、制造和维护非常重要，可以确保断路器能够在故障发生时迅速进行动作，有效地隔离电流，保护电气设备的安全运行^[9]。

4.5 回路电阻测试

断路器导电回路电阻直流电阻包括套管导电杆电阻、

导电杆与触头连接处电阻和动、静触头之间的接触电阻。运行中动、精触头之间的接触电阻往往会增大，使得正常运行工作电流下发生过热、可能烧伤周围绝缘或造成触头烧融粘接，从而影响断路器的跳闸时间和开断能力。

SF₆ 断路器的回路电阻测试主要是确定断路器内部电气连接的质量和电阻值，以确保断路器能够正常地传导电流。

在进行回路电阻测试之前，需要将断路器的控制回路与测试仪器连接起来，并确保断路器处于断开状态。然后，通过测试仪器施加一定的电压或电流信号，测量回路电阻的值。回路电阻测试可以通过直流或交流方式进行。在直流测试中，通过施加直流电压或电流，测量回路电阻的值。在交流测试中，通过施加交流电压或电流，并测量其幅值和相位差，计算出回路电阻的值^[10]。

通过回路电阻测试，可以评估断路器内部电气连接的质量和电阻值是否符合要求。如果回路电阻过高或不均匀，可能会导致电流传输不畅或产生过热现象。因此，回路电阻测试对于确保断路器的正常运行和安全性非常重要。

5 结语

论文主要讨论了电气试验在断路器故障中的应用，通过对断路器故障的分析和电气试验的实施，可以有效地评估和诊断断路器的性能以及检测潜在的故障。

参考文献

- [1] 张光中.高压断路器故障机理与操作机构故障诊断技术[J].科技创新与应用,2023,13(35):73-76.
- [2] 邹刚,杨国涛,罗东,等.变电检修中的高压SF₆断路器常见故障分析[J].电气技术与经济,2023(9):297-299.
- [3] 吴浩,吴鹏.高压断路器故障智能化检修及状态监测分析[J].电子技术,2023,52(11):222-223.
- [4] 余张兵,刘立平,黄震.变电站高压电气试验设备现状及技术改进[J].大众用电,2023,38(6):48-50.
- [5] 王俊波,武利会,李国伟,等.10kV高压断路器电气试验机器人接线装置研究[J].高压电器,2022,58(12):28-36.
- [6] 黎晓旋,唐峰.基于气体组分分析的SF₆高压断路器内部缺陷判断[J].中国设备工程,2020(S1):265-267.
- [7] 闻翰,闻展,顾凌羽.变电站高压电气试验的安全风险与防范[J].工程技术研究,2019,4(21):249-250.
- [8] 杜岳凡.高压电气试验中存在的问题及对策[J].农村电气化,2019(3):25-28.
- [9] 丁亚明.电气试验中常见问题及防范措施分析[J].中国设备工程,2017(20):42-43.
- [10] 黄涛.浅析高压试验中断路器故障及处理措施[J].科技创新与应用,2016(14):201.