Analysis of common faults and countermeasures in the operation of power plant electrical equipment

Zhen Zong

Hebei Zhuozhou Jingyuan Thermal Power Co., Ltd., Zhuozhou, Hebei, 072750, China

Abstract

Power plant is an important part of the national energy supply, and the stable operation of its electrical equipment is directly related to the safety and reliability of the power system. With the increasing demand of power, the operating pressure of electrical equipment in power plants is also increasing, which makes the probability of equipment failure increase. Electrical equipment failure will not only lead to the decline of power generation efficiency, but also may cause safety accidents, causing economic losses and even casualties. Therefore, it is of great significance to analyze the possible common faults in the operation of power plant electrical equipment and to formulate effective countermeasures to ensure its stable operation and improve the reliability of power supply.

Keywords

power plant; operation of electrical equipment; common faults; response measures; analysis

发电厂电气设备运行中常见故障及应对措施分析

宗震

河北涿州京源热电有限责任公司, 中国·河北涿州 072750

摘要

发电厂是国家能源供应的重要组成部分,其电气设备的稳定运行直接关系到电力系统的安全与可靠性。随着电力需求的不断增长,发电厂电气设备面临的运行压力也在不断增加,这使得设备故障的发生概率有所上升。电气设备故障不仅会导致发电效率下降,还可能引发安全事故,造成经济损失甚至人员伤亡。因此,对发电厂电气设备运行中可能出现的常见故障进行分析,并制定有效的应对措施,对于保障其稳定运行和提高电力供应的可靠性具有重要意义。

关键词

发电厂; 电气设备运行; 常见故障; 应对措施; 分析

1 引言

发电厂电气设备是电力系统安全稳定运行的重要组成部分,其运行状态直接影响到电能稳定供应。然而,在实际运行过程中,由于设备自身性能、运行环境以及外部干扰等多方面因素,电气设备可能出现各类故障,进而影响机组安全性和电网稳定性。因此,深入分析发电厂电气设备运行中常见故障的类型及其产生原因,并提出相应的应对措施,对于提高电厂运行可靠性、减少非计划停运具有重要意义。本文首先对发电厂电气设备运行过程中常见的故障类型进行归纳和分析,包括绝缘故障、短路故障、接地故障、断路器与开关设备故障等,重点探讨这些故障的产生机理和影响因素。在此基础上,针对不同类型的故障,提出具体的应对

措施,涵盖设备检修、在线监测、保护策略优化、运行维护管理等方面,确保发电厂电气系统的稳定运行。

2 发电厂电气设备运行中常见故障

第一,绝缘故障。发电厂电气设备绝缘系统在长期运行过程中,受环境温度、湿度、电应力、机械振动以及化学污染等多种因素影响,容易发生绝缘老化、绝缘击穿、局部放电等故障。其中,变压器绕组绝缘受热老化、主绝缘受潮,导致介质损耗增加,绝缘性能下降;高压开关柜因凝露、高温环境或电弧作用,可能出现绝缘子裂纹、绝缘材料碳化,进而诱发相间短路或接地故障。第二,短路故障。短路故障是发电厂电气设备运行过程中最常见、最严重的故障之一。短路可分为三相短路、两相短路和单相短路,主要由电缆破损、导体接触不良、外力损坏及设备内部绝缘缺陷等因素引起^[1]。当短路故障发生时,大电流通过故障点会引发电弧、烧毁设备,甚至导致电网失稳,严重影响电力供应安全。第三,接地故障。发电厂电气设备接地故障通常表现为单相或是多点接地,多出现在发电机、变压器、电缆及母线系统等。

【作者简介】宗震(1991-),男,中国河北保定人,本科,工程师,从事发电厂电气设备运行、维护、检修及管理研究。

结合研究及实践来看,发电厂电气设备接地故障诱因通常有电缆护层破损、变压器绕组绝缘劣化、高压母线支架受污染等等。当发生接地故障时会导致零序电流过大,误动或拒动继电保护,严重时会造成相邻设备电压过大或电弧短路,进而对整个电气系统稳定性造成影响。面对发电厂较多的电气设备类型和高负荷的供电需求,接地故障如果得不到及时的控制和处理,就会加剧设备故障的进一步升级。第四,断路器与开关设备故障。发电厂电气系统中断路器与开关设备主要作用在于控制和保护,一旦它们因机械操作失灵、触头烧蚀、弹簧机构失效或者是灭弧系统损坏原因出现故障时,这将会导致电气系统发生分合闸失效、误跳闸或者是拒动现象。如此一来此类型故障除了会导致发电厂电气设备无法正常工作,严重时甚至会引发更大范围的电气事故,继而造成整个电气系统失效。

3 发电厂电气设备运行中常见故障的应对措施分析

3.1 绝缘故障的应对措施

发电厂电气设备运行中绝缘故障应用上须以系统化监测、检测和预防措施为核心,在切实减少设备故障发生率情况下保证电气系统正常安全运行。首先,对变压器绕组绝缘老化问题,维护人员应采用油中溶解气体分析技术定期开展绝缘油中的如 H_2 、 CH_4 、 C_2H_4 等微量气体成分检测,同时为开展绝缘介质的劣化状况综合评估,维护人员还需采取变压器绕组的介质损耗因数 ($\tan \delta$) 测试和绝缘电阻测试,若检测结果达不到范围值内则须做绝缘油的净化处理或更换,以避免绝缘老化程度的加剧。其次,维护人员利用超高频局部放电在线监测系统或紫外成像检测高压开关柜内部的绝缘子裂纹和局部放电情况,借助于对放电特征信号的监测实现异常部位进行识别,同时结合红外热量成像对绝缘子表面的温升异常进行检测,从而对绝缘缺陷进行准确判断。对于已经发生绝缘劣化的部件,维护人员须使用环氧树脂包覆、硅橡胶包覆或更换高性能绝缘子等做局部绝缘增强处理^[2]。再次,优化柜体通风结构,增加自动温湿度控制系统,配置智能除湿装置,保持适宜的运行环境,以应对高压开关柜内部潮湿环境易导致绝缘材料吸湿降解的情况。另外,在气体绝缘开关设备中,要定期进行气体成分分析,通过吸附材料检测 SO_2 、 SO_2F_2 等分解产物的浓度,保证气体绝缘介质的稳定性,以防止这些气体分解物质对绝缘性能的影响。发电厂室外架空线路和电缆终端的绝缘失效问题,维护人员为检查它们是否存在绝缘薄弱点,可以借助于工频耐压试验、脉冲电压检测和电缆护层直流耐压试验等方法对绝缘耐受性能定期开展检测,一旦发现薄弱点维护人员则作局部补强或更换处理,从而将出现绝缘击穿风险降至最低。

3.2 短路故障的应对措施

维护人员可以从预防和探测、处置三个方面入手应对

发电厂电气设备的运行过程中出现的短路故障。首先,要在电气设备与系统电缆敷设阶段进行严格贯彻执行相关规范,以保证电缆沟、桥架及电缆夹层的布置达到相应间距及屏蔽的要求,这样才能防止由于机械损伤、环境的腐蚀或由于动物入侵而造成短路故障现象地发生。同时在电缆接头及支承处,为了减少由于潮湿或外部因素造成的绝缘破坏,须采用热缩管或冷缩管的封装处理做取双绝缘保护措施。维护人员对高压电缆需要定期做局部放电检测工作,结合媒介损耗因子,对绝缘性能变化的趋势进行分析评估,从而有助于对潜在的短路隐患进行及时发现。其次,对重要输电线路,维护人员要定期利用红外线热成像技术对电缆接头及母线连接部位温升异常开展检测,辅以超声波局放检测技术,对绝缘劣化现象进行识别,以实现故障早期发现。在变压器方面,绕组结构变形应采用频率响应分析的方法进行检测,而在其内部短路故障发生的可能性判断维护人员可利用如直流电阻测试、油中溶解气体分析等方法进行评估。另外对于开关柜来说,维护人员一方面按照相关规范定期对接触头压力与接触电阻开展动、热稳定试验,另一方面则须利用光纤测温技术监测母线接头温度变化情况,这样一来能够有效防止由于接触电阻的增大而造成局部过热引发短路故障地出现。最后,一旦发电厂电气设备出现短路故障时,其类型和故障范围维护人员应立即根据继电保护动作信号和故障录波数据进行分析确定,随后须立即采取隔离措施避免故障范围或严重性扩大。比如,针对变压器短路故障,为评估其修复可行性,维护人员可采取短路电力冲击法确定绕组损伤程度,若有必要还须开展绕组变形试验以及短路阻抗测定,随后根据结果开展相应修复或者更换;针对高压断路器短路故障,一方面可采取真空度测试或 SF_6 气体成分,另一方面则为判断灭弧室和触头的损伤进行拆解检查,之后根据检查结果进行故障处置。

3.3 接地故障的应对措施

做好发电厂接地工作是保护电气设备不受雷击损害与保护现场作业人员生命安全的一种常见手段。针对该故障的应对上,发电厂电气设备维护人员须借助于多种技术手段开展监测、诊断以及保护工作,以确保整个电气设备与系统安全稳定运行。维护人员首先须采取超低频直流高压测试联合局部放电技术全面评估电缆绝缘状况,随后借助于超声波器或者是特高频等传感器取得电气设备与系统电缆内部局部放电信号,对绝缘劣化程度进行准确判断。同时护套耐压试验维护人员须按照工作手册定期开展,对护套电阻以恒流源法测量,电缆外护层损伤检测要以红外热成像技术,一旦发现其有问题则须及时做更换老化电缆或采取局部修复等处理措施。对于变压器绕组接地故障,可在中性点侧安装高灵敏度的接地电流监测装置,以毫安级测量精度记录泄漏电流变化趋势,并结合 UHF-PD 检测技术获取绕组内部放电信号,实现故障点的精准定位。此外,采用直流分量分析法判别绕

组对地绝缘是否存在严重劣化,并通过频谱分析分解绕组振动信号,以识别由接地故障引起的特征频率变化。母线系统方面,应加强防污闪涂层的优化涂覆,采用纳米憎水涂层以提升抗污秽能力,并定期使用超声波局部放电检测设备检测母线支架绝缘情况,避免污秽环境下因表面电导率升高导致的接地故障^[1]。此外,通过工频交流耐压试验评估母线主绝缘性能,采用介损测试量化绝缘介质损耗,并结合紫外成像技术识别电晕放电区域,以实现母线系统的早期故障诊断。

3.4 断路器与开关设备故障的应对措施

针对发电厂电气设备运行中断路器与开关设备的故障应对措施主要有以下几方面:维护人员对断路器定期开展动态特性测试,包括分合时间测量、触头行程测试、回路电阻测量等,对操作机构的性能状态进行量化,这样一来确保故障隐患做到事前识别,确保断路器正常分合运行。灭弧室真空度下降时便意味着高压真空断路器开断性能下降,此时维护人员须采用超声波检测、局部放电监测或真空度测试仪进行真空状态评估,其测量结果低于允许阈值时,需及时更换真空灭弧室,以保证发电厂电气设备安全正常运行。此外,为防止断路器误动作或拒动,应优化继电保护整定值,通过短路电流计算、负荷分布分析及历史故障数据比对,调整保护定值,使其适应实际运行条件,同时采用数字化微机保护装置,基于波形分析、暂态分量检测及人工智能算法,提升电网故障辨识能力,从而减少误跳闸和拒动情况。针对 SF₆ 断路器,应定期监测气体压力、湿度及纯度,通过在线监测系统采集运行数据,并结合气体泄漏检测仪进行检漏分析,若发现气体泄漏或湿度超标,应采取补气、干燥处理或密封性修复措施,从而避免出现绝缘性能降低的现象。对于机械操作机构,维护人员需进行润滑状态检查及磨损评估并定

期更换润滑剂,同时对弹簧机构、连杆系统开展疲劳检测,若它们出现严重磨损或弹簧力学性能下降时,为防止因机械卡滞影响分合闸操作应及时更换相关零件。针对主触头接触不良的问题,应利用红外热成像技术对触头温升状况进行检测,如发现异常温升,维护人员须对触头表面进行清洁,同时对触头材料进行紧固连接螺栓或更换,以达到减少接触电阻、提高电气接触可靠性的目的。在电气开关设备绝缘介质状态检查上重点应评估其使用情况,维护人员可通过工频耐压试验、介损测量和局部放电检测等方法开展检测,如果结果表明出现了局部放电水平上升或者是绝缘强度下降等情况,维护人员可以通过采取更换绝缘部件、干燥处理或表面防污涂覆等措施予以处理,从而在促使其绝缘性能得到恢复情况下保证电气开关设备的长期稳定运行。

4 结语

发电厂电气设备的可靠性直接关系到电力系统的安全稳定运行。本文分析了电气设备运行过程中常见的故障类型及其产生原因,并针对每类故障提出了详细的应对措施。通过优化设备维护策略、加强状态监测以及完善故障防护手段,可以有效降低故障发生率,提高发电厂运行的稳定性和安全性。

参考文献

- [1] 孟德凯.发电厂电气设备运行常见故障及应对措施研究[J].电力设备管理, 2024(5):72-74.
- [2] 赵东旭.火电厂电气设备运行故障及处理措施的研究[J].家电维修, 2024(003):000.
- [3] 刘艳荣,崔永,陈涛.火力发电厂电气设备运行存在的故障及维修措施[J].中国科技期刊数据库 工业A, 2023(4):4.