

水轮发电机转子接地故障排查与修复案例探讨

邓军民

湖南省永州市祁阳市内下电站管理局 湖南 永州 426100

摘要: 随着水电站技术的不断发展,水轮发电机的安全稳定运行显得尤为重要。转子接地故障作为水轮发电机的一种常见故障,严重影响其运行效率和安全性。本文探讨了水轮发电机转子接地故障的定义、分类及危害,详细分析了故障排查的一般步骤、关键技术和实际案例。同时,深入研究了故障修复的原则、方法及技术应用,并提出了相应的预防措施。通过本文的探讨,旨在为水电站运维人员提供实用的故障排查与修复指导,提升水轮发电机的运行稳定性和安全性。

关键词: 水轮发电机; 转子接地故障排查; 修复案例

引言: 水轮发电机作为水电站重要的能量转换设备,其运行稳定性与安全性直接关系到电力系统的整体效能。然而,在实际运行过程中,转子接地故障时有发生,给发电机的正常运行带来了严重威胁。转子接地故障不仅可能导致发电机损坏,还可能引发连锁反应,影响整个水电站的安全运行。因此,深入探讨水轮发电机转子接地故障的排查与修复方法,对于提高发电机的运行稳定性和保障电力系统的安全运行具有重要意义。

1 水轮发电机转子接地故障概述

1.1 转子接地故障的定义

转子接地故障是指水轮发电机的转子绕组与地之间发生了不应有的电气连接。在正常情况下,转子绕组与地之间应保持良好的绝缘状态,以确保电流在设计的路径内流动。然而,当绕组绝缘受损或老化时,就可能发生接地故障,导致电流异常地流向地面,进而影响发电机的正常运行。

1.2 转子接地故障的分类

转子接地故障主要可分为两类:一点接地故障和两点接地故障。一点接地故障是指转子绕组中仅有一个点与地相连,此时虽然发电机可能仍能维持运行,但长期的接地状态会加速绕组绝缘的老化,增加发生两点接地故障的风险。两点接地故障则更为严重,它会导致转子绕组中形成短路回路,产生巨大的短路电流,对发电机造成直接的损害。

1.3 转子接地故障的危害

转子接地故障的危害性不容忽视。首先,它对发电机定子和转子造成直接的物理损害。短路电流产生的热效应和电磁力可能导致绕组烧毁、铁芯过热变形等严重后果。其次,接地故障还可能引起机组震动,这种震动不仅会影响发电机的运行稳定性,还可能对整个水电

站的结构安全构成潜在威胁。更为严重的是,当接地故障严重时,可能触发保护装置动作,导致发电机跳闸停电,进而造成重大的经济损失和社会影响。因此,对于水轮发电机转子接地故障,我们必须保持高度警惕,加强日常巡检和维护工作,及时发现并处理潜在的故障隐患,以确保发电机的安全稳定运行。同时,也应不断提升故障排查和修复的技术水平,以应对日益复杂的运行环境和高要求的运行稳定性。

2 水轮发电机转子接地故障排查方法

2.1 故障排查的一般步骤

(1) 确认故障信号。当水电站监控系统发出“转子一点接地”或类似报警信号时,运维人员应首先确认该信号的准确性。这通常包括检查监控系统的历史记录,确认报警是否与实际情况相符,以及是否有其他伴随的故障指示,如电压、电流波动等^[1]。(2) 检查保护装置及回路。在确认故障信号后,运维人员应对与转子接地保护相关的保护装置及其回路进行全面检查。这包括检查保护装置的设置是否正确,回路是否完好,以及是否存在因误动作或回路故障导致的误报情况。必要时,应对保护装置进行功能测试,以确保其能够正确响应故障。(3) 逐步排查可能接地的部位。如果保护装置及回路均正常,运维人员应开始逐步排查可能接地的部位。这通常包括集电环、碳刷、转子绕组等关键组件。在排查过程中,应使用专业的检测工具,如绝缘电阻测试仪、万用表等,对各个部位进行逐一检测,以找出具体的接地点。

2.2 排查中的关键技术

(1) 使用万用表测量转子正负极对地电压。万用表是排查转子接地故障中常用的工具之一。通过测量转子正负极对地电压,可以初步判断是否存在接地故障以及

接地故障的大致位置。通常情况下,如果测量到的电压值异常偏低或为零,则可能意味着该部位存在接地故障。(2)励磁回路绝缘监察技术的应用。励磁回路绝缘监察技术是一种实时监测励磁回路绝缘状态的方法。该技术通过安装绝缘监察装置,能够实时检测励磁回路的绝缘电阻值,并在绝缘性能下降时发出报警。在排查转子接地故障时,励磁回路绝缘监察技术能够提供关键线索,帮助运维人员快速定位故障点^[2]。(3)排查过程中需要注意的安全事项。在排查转子接地故障时,运维人员应严格遵守安全操作规程,确保人身和设备安全。具体来说,应使用绝缘工具进行操作,避免直接接触带电部位;在排查过程中应密切监视发电机运行状态,确保不发生故障扩大;同时,应做好个人防护,如穿戴绝缘鞋、手套等防护用品。

2.3 实际案例分析

2.3.1 案例一:某水电站发电机转子一点接地故障的排查过程

(1)故障现象描述。某水电站发电机在运行过程中突然发出“转子一点接地”报警信号,监控系统显示转子负极对地电压异常偏低。运维人员立即前往现场进行检查,发现发电机运行声音异常,且有轻微振动。(2)排查步骤及结果。运维人员首先按照操作规程停机并切断电源,然后对保护装置及回路进行了详细检查,确认无误报后,开始逐步排查可能接地的部位。通过万用表测量,发现转子负极对地电压几乎为零,初步判断负极侧存在接地故障。进一步排查发现,集电环与碳刷接触面存在油污和磨损痕迹,导致绝缘性能下降。(3)接地点的确认及修复方法。确认接地点后,运维人员对集电环进行了清洁处理,并更换了磨损的碳刷。同时,对转子绕组进行了绝缘电阻测试,确认其绝缘性能良好。处理完毕后,再次启动发电机进行空载试验,监控系统显示转子对地电压恢复正常,发电机运行平稳无异常。

2.3.2 案例二:发电机转子两点接地故障的排查与修复

(1)两点接地故障的危害性。发电机转子两点接地故障是一种严重的电气故障,可能导致转子绕组短路、机组振动加剧、甚至发电机损坏等严重后果。若不及时处理,还可能对电力系统造成冲击,引发更大范围的事故。(2)排查过程中遇到的难点及解决方法。在排查某水电站发电机转子两点接地故障时,运维人员遇到了以下难点:一是故障点隐蔽且不易发现;二是排查工作量大且耗时长。为了解决这些问题,运维人员采取了以下措施:一是利用励磁回路绝缘监察装置提供的实时数据和分析结果,结合历史记录和故障模式分析,初步确

定了故障范围;二是对发电机进行解体检查,逐步排查可能接地的部位;三是使用专业的检测工具如绝缘电阻测试仪、高频局部放电检测仪等对接地点进行精确定位。(3)修复后的效果评估。经过艰苦的排查和细致的修复工作,运维人员成功找到了发电机转子两点接地故障的具体位置并进行了修复。修复后,运维人员对发电机进行了全面的测试和试验,确认其各项性能指标均恢复正常且运行稳定可靠。同时,他们还加强了对发电机的日常维护和保养工作,以预防类似故障的再次发生。通过这次故障排查和修复工作,运维人员积累了宝贵的经验并提高了自己的专业技能水平。

3 水轮发电机转子接地故障的修复技术

3.1 修复原则与目标

在进行水轮发电机转子接地故障修复时,我们必须明确修复的原则和目标。首先,修复后的发电机必须能够安全运行,这是最基本的修复要求。其次,我们要恢复转子的绝缘性能,以确保发电机在后续运行中的稳定性和可靠性。这两点是我们修复工作的核心,也是判断修复成功与否的关键标准。

3.2 修复方法与技术要点

3.2.1 针对不同接地故障类型的修复方法

(1)一点接地故障的修复。对于一点接地故障,我们需要首先确定接地点的具体位置。这通常需要使用专业的检测工具,如绝缘电阻测试仪等。在确定接地点后,我们可以对接地点进行清理,去除表面的污垢和杂质,以提高绝缘性能。如果接地点是由于绝缘材料老化或破损导致的,我们还需要更换新的绝缘材料。修复完成后,我们需要对发电机进行绝缘电阻测试,以验证修复效果^[3]。(2)两点接地故障的修复。两点接地故障相比一点接地故障更为复杂,因为它可能导致发电机内部的短路和损坏。在修复两点接地故障时,我们需要先对发电机进行解体检查,确定两个接地点的具体位置。然后,我们分别对两个接地点进行清理和修复。在修复过程中,我们需要注意保持发电机内部的清洁和干燥,以避免进一步的损坏。修复完成后,我们需要进行全面的测试和试验,以确保发电机的稳定性和可靠性。

3.2.2 修复过程中需要注意的技术细节

(1)绝缘材料的选择与更换。在选择和更换绝缘材料时,我们需要考虑材料的绝缘性能、耐热性能、耐化学腐蚀性能等因素。同时,我们还需要确保所选材料与发电机内部的其他部件相容,以避免因材料不匹配而导致的故障。(2)修复后的绝缘电阻测试。修复完成后,我们需要对发电机进行绝缘电阻测试。测试时,我们需

要按照相关的测试标准和要求进行,以确保测试结果的准确性和可靠性。通过测试,我们可以验证修复效果,并确定发电机是否可以重新投入运行^[4]。

3.3 修复案例的实际应用

以下分享几个成功的水轮发电机转子接地故障修复案例,并分析其中的经验与教训。

3.3.1 案例一:某水电站发电机转子一点接地故障修复

在该案例中,运维人员通过专业的检测工具确定了接地点的位置,并对接地点进行了清理和绝缘材料的更换。修复完成后,运维人员对发电机进行了绝缘电阻测试,测试结果符合相关标准。发电机重新投入运行后,未再出现接地故障。

3.3.2 案例二:某水电站发电机转子两点接地故障修复

在该案例中,运维人员首先对发电机进行了解体检査,确定了两个接地点的位置。然后,分别对两个接地点进行了清理和修复。在修复过程中,运维人员特别注意了发电机内部的清洁和干燥,以避免进一步的损坏。修复完成后,运维人员对发电机进行了全面的测试和试验,确保了发电机的稳定性和可靠性。发电机重新投入运行后,运行平稳,未再出现故障。

通过这两个案例,可以总结出以下经验与教训:在修复转子接地故障时,我们需要准确确定接地点的位置,并对接地点进行彻底的清理和修复;同时,我们还需要注意绝缘材料的选择和更换,以及修复后的绝缘电阻测试;最后,在修复完成后,我们需要进行全面的测试和试验,以确保发电机的稳定性和可靠性。

4 水轮发电机转子接地故障的预防措施

4.1 加强日常维护与检查

日常维护与检查是预防转子接地故障的基础工作。我们应定期对励磁系统进行清洁与检查,确保各部件连接可靠、无松动,及时清理表面积累的灰尘和污垢,防止因绝缘性能下降而导致的接地故障。同时,监测转子绕组的绝缘电阻也是预防故障的重要手段。通过定期测量绝缘电阻值,我们可以及时发现绝缘性能的下降趋势,并采取相应的维护措施,避免故障的发生。

4.2 提高制造工艺与绝缘水平

制造工艺和绝缘水平是影响发电机运行稳定性的关键因素。为了预防转子接地故障,我们需要不断改进转子绕组的制造工艺,提高绕组的制造精度和一致性。此外,采用高性能的绝缘材料也是提高发电机绝缘水平的有效途径。高性能绝缘材料具有更高的绝缘电阻和更强的耐热、耐化学腐蚀性能,能够显著提高发电机的绝缘性能和运行稳定性。

4.3 加强人员培训与应急处置能力

人员培训和应急处置能力是预防转子接地故障不可忽视的一环。我们应定期对运行人员进行培训,提高他们的专业知识和技能水平,使他们能够熟悉发电机的结构和原理,掌握故障排查和处理方法。同时,制定应急处置预案也是提高应对突发故障能力的重要手段。预案应明确故障处理流程、责任分工和应急处置措施,确保在故障发生时能够迅速、准确地采取应对措施,将损失降到最低。

结束语

本文通过对水轮发电机转子接地故障的深入探讨,系统地分析了故障排查、修复方法及预防措施。结合实际案例,不仅展示了故障排查的具体过程和修复技术的实际应用,还强调了日常维护与检查、制造工艺与绝缘水平的提升以及人员培训与应急处置能力在预防故障中的重要性。通过这些探讨,我们期望能为水电站运维人员提供有价值的参考,助力提升水轮发电机的运行稳定性和安全性,为电力系统的可靠供电提供坚实保障。

参考文献

- [1]张立卿.水轮发电机转子一点接地故障分析及处理对策[J].电力系统及自动化,2020,(12):116-117.
- [2]韦威丞.水轮发电机定子接地故障原因分析与处理探究[J].电力系统及自动化,2024,(03):39-40.
- [3]梅宏志.水轮发电机转子一点接地故障分析及处理[J].产业经济,2020,(07):71-72.
- [4]李兴.水轮发电机转子回路绝缘下降原因分析及处理[J].产业经济,2020,(10):102-103.