

浅析水电站励磁故障排查与处理

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：水电站励磁系统作为发电机组的核心组件，其稳定运行对于保障电力供应和电网安全至关重要。励磁故障可能导致发电机运行异常，影响输出电压质量和稳定性。本文深入分析了水电站励磁系统常见的失磁、整流电源、自复励式励磁及桥式整流器故障，并提出了故障排查与处理策略。这些策略旨在预防故障发生，提高设备可靠性和稳定性，确保水电站励磁系统的长期安全高效运行。

关键词：水电站；励磁故障；排查；处理

引言：水电站作为清洁能源的重要来源，在能源结构中占据重要地位。励磁系统作为水电站发电机组的关键组成部分，其性能直接关系到发电效率和电力系统稳定性。然而，励磁系统在运行过程中可能面临多种故障，如失磁、整流电源问题等，这些故障将对发电机的正常运行和电力系统的稳定性构成威胁。因此，深入研究水电站励磁系统故障排查与处理策略，对于保障水电站安全高效运行具有重要意义。

1 水电站励磁故障排查与处理的重要性

水电站作为清洁能源的重要供应基地，在能源结构中占据着举足轻重的地位。励磁系统作为水电站发电机组的核心组成部分，其稳定运行直接关系到发电机组的输出效率和整个电力系统的稳定性。因此，水电站励磁故障的排查与处理不仅关乎水电站的正常运营，更对能源供应和电网安全具有深远影响。首先，励磁故障直接影响发电机的运行安全。励磁系统作为发电机的重要组成部分，其故障可能导致发电机电压异常波动或失去输出，进而对发电机造成损害。及时排查和处理励磁故障，可以有效避免发电机因故障而停机，保障发电机组的运行安全。其次，励磁故障的处理关乎电力系统的稳定性。水电站作为电力系统的重要组成部分，其发电机的输出电压和频率对整个系统的稳定性具有重要影响。励磁系统故障可能导致发电机输出电压不稳定，进而影响到整个电力系统的稳定性和可靠性^[1]。因此，及时排查和处理励磁故障，对于维护电力系统的稳定运行具有重要意义。此外，励磁故障的排查与处理还有助于提高水电站的运营效率。励磁系统故障可能导致发电机组频繁停机或运行不稳定，从而降低水电站的运营效率。通过及时排查和处理励磁故障，可以减少发电机组的停机时间，提高水电站的运营效率，进而增加清洁能源的供应量和经济效益。

2 水电站励磁系统常见故障分析

2.1 失磁故障

失磁故障直接导致发电机转子磁场减弱或完全消失，进而引发一系列连锁反应。（1）励磁电源异常：励磁电源的可靠性是保证励磁系统正常工作的基础。当交流侧开关的辅助接点因松动、腐蚀或接触不良时，励磁电源无法正常接通，导致整个励磁系统失去动力来源。此外，励磁变压器、整流器等关键设备的内部故障，如绕组短路、绝缘损坏等，也会直接影响励磁电源的输出质量。（2）励磁调节器失效：励磁调节器作为励磁系统的“大脑”，负责根据发电机运行状态调整励磁电流。若其电气回路出现断路、短路或元件老化等问题，或控制软件存在逻辑错误、参数设置不当等缺陷，均会导致励磁电流调节不准确，严重时可能完全失去调节能力，从而引发失磁。（3）可控硅整流装置损坏：可控硅整流装置是励磁电流生成的关键环节，其内部的可控硅元件及触发电路若遭受过流、过热、电压冲击等异常情况，易导致元件损坏或触发失效，进而使得整流输出异常，无法满足发电机励磁需求。

2.2 整流电源故障

整流电源故障同样会严重干扰励磁系统的正常工作，其根源在于：（1）可控硅电源组件失效：可控硅电源的输入端闸刀开关作为电源接入的第一道防线，其断裂或接触不良会导致整流电源输入缺相，直接影响整流效果和励磁电流的稳定性。（2）整流桥结构问题：整流桥由多个硅管串联或并联组成，任何一只硅管的损坏或触发电路异常，都将影响整个整流桥的输出性能。特别是在长期高负荷运行下，硅管因承受过大的电流和温度而损坏的概率显著增加。（3）电源线路老化与接触不良：电源线路作为能量传输的通道，其老化、腐蚀或接触不良会导致电压波动、电流不稳定，严重时甚至造成

断路,直接影响励磁电源的供给。

2.3 自复励式励磁系统的复杂故障

自复励式励磁系统以其高精度和高稳定性著称,但复杂的结构也带来了维护上的挑战,故障主要包括:

(1) 绕组相序错误:主副绕组相序的正确性对于自复励式励磁系统至关重要,相序接错会导致励磁电流分配不均,发电机磁场不稳定,进而影响电压和电流波形。

(2) 线路复杂性与维护难度:自复励式励磁系统线路复杂,包含多个反馈回路和补偿环节,日常维护中稍有不慎就可能导致接线松动、短路或断路,增加了故障发生的概率。(3) 设备老化与性能下降:长期运行使励磁系统中的各类元件逐渐老化,性能逐渐下降,如变压器铁芯饱和、电容器容量减少等,这些变化都会影响到励磁系统的整体性能和稳定性^[2]。

2.4 桥式整流器故障

桥式整流器作为励磁系统的核心部件,其故障直接影响励磁电流的质量和稳定性,主要原因包括:(1) 硅管长期高负荷运行:在高负荷和外部环境因素(如雷击、电压波动)的影响下,整流桥臂上的硅管容易过热、击穿,导致整流功能失效。(2) 触发电路的不稳定性:触发电路负责精确控制硅管的开通与关断,若其设计不合理或元件老化,会导致触发信号不稳定,硅管无法正常导通。(3) 散热系统效能下降:整流器在工作过程中会产生大量热量,若散热系统设计不合理或维护不当,如风扇故障、散热片堵塞等,将导致整流器温度升高,加速硅管老化,最终引发故障。

3 水电站励磁系统故障排查与处理策略

3.1 加强日常维护与检查

日常维护与检查是预防水电站励磁系统故障的第一道防线,能够及时发现并处理潜在的故障隐患,从而避免故障的发生或扩大。(1) 全面检查与测试。定期对励磁系统进行全面检查与测试是日常维护的基础。这包括检查励磁电源、励磁调节器、可控硅整流装置、整流桥等关键部件的电气连接、绝缘性能和运行状态。还需要对励磁系统的各项性能指标进行测试,如励磁电流、电压波形、功率因数等,以确保其符合设计要求。(2) 关键设备与部件的监控。加强对励磁系统中关键设备和部件的监控是预防故障的关键。这包括对励磁变压器、整流器、可控硅元件等关键部件的温度、电流、电压等参数的实时监测。通过建立详细的监控记录,可以及时发现设备的异常情况,为后续的故障排查和处理提供依据。(3) 预防性维护。预防性维护是减少励磁系统故障率的有效手段。这包括定期对励磁系统进行清洁、紧

固、润滑等工作,以及更换老化的元件和部件。通过预防性维护,可以延长设备的使用寿命,减少故障发生的可能性。

3.2 提高检修质量与验收标准

在机组大修或励磁系统维修过程中,检修质量和验收标准的把控至关重要。(1) 严格遵循电路图和设备说明书。在检修过程中,必须严格按照电路图和设备说明书的要求进行操作。这包括检查电气连接的准确性、绝缘性能的可靠性以及设备的安装位置等。还需要对检修过程中使用的工具和材料进行严格的检验和筛选,以确保其质量和性能符合要求。(2) 加强检修质量的把控。为了提高检修质量,必须加强对检修过程的监督和把控。这包括定期对检修人员进行培训和考核,提高他们的专业技能和责任心。还需要建立严格的检修质量管理体系和验收标准,对检修过程中的各个环节进行严格的检查和验收。(3) 记录与分析检修问题。在检修过程中发现的问题应及时进行记录和记录。这包括对故障原因的深入分析、维修方法的总结以及维修效果的评估等。通过记录和分析检修问题,可以为后续的设备维护和故障排查提供参考依据,不断提高维修工作的效率和质量。

3.3 引入智能监控技术

智能监控技术在水电站励磁系统中的应用,可以实现对励磁系统的实时监测和数据分析,及时发现并预警潜在的故障隐患。(1) 智能传感器与数据采集装置。通过引入智能传感器和数据采集装置,可以实现对励磁系统各项参数的实时监测和数据采集。这包括电流、电压、温度等关键参数的实时监测和记录。通过数据分析算法对这些参数进行处理和分析,可以及时发现设备的异常情况,为维修人员提供迅速有效的反应窗口和时间窗口。(2) 数据分析与评估。智能监控系统还可以对采集到的数据进行深入分析和评估。这包括对数据的趋势分析、异常检测以及故障诊断等。通过数据分析算法对这些数据进行处理和分析,可以得出设备的运行状态和性能变化情况,为后续的故障排查和处理提供依据。(3) 故障预警与报警功能。智能监控系统还具有故障预警和报警功能。当检测到设备的异常情况时,系统可以自动发出预警或报警信号,提醒维修人员及时进行处理^[3]。这不仅可以减少故障对设备的影响程度,还可以避免故障扩大对整个电力系统造成更大的损失。

3.4 加强人员培训与技术交流

水电站励磁系统的故障排查与处理工作需要具备一定的专业知识和技术能力。(1) 组织培训课程。通过

组织培训课程,可以提高相关人员的专业知识和技术水平。这包括励磁系统的工作原理、设备结构、故障排查方法以及维修技能等方面的培训。通过培训课程的学习和实践操作,可以使相关人员更加熟悉和掌握励磁系统的运行特点和维修要求。(2) 技术讲座与交流活动。定期举办技术讲座和交流活动也是提高相关人员技术水平的重要途径,这包括邀请专家进行技术讲座、组织技术人员进行经验交流和案例分析等。通过技术讲座和交流活动,可以加强人员之间的沟通和协作能力,共同解决励磁系统维修过程中的难题和挑战。(3) 建立学习机制。为了提高相关人员的持续学习能力和创新意识,需要建立有效的学习机制。这包括鼓励相关人员参加专业培训、学术研讨会和技术交流活动等。通过学习机制的建立和实施,可以不断提高相关人员的专业素质和创新能力,为励磁系统的故障排查与处理工作提供更加有力的支持。

3.5 建立故障应急响应机制

在水电站励磁系统的运行过程中,尽管采取了各种预防措施,但故障仍有可能发生。因此,建立一套完善的故障应急响应机制至关重要,以确保在故障发生时能够迅速、有效地进行应对。(1) 制定应急预案。根据励磁系统的实际情况和运行特点,制定详细的应急预案。预案中应包括故障的分类、级别、应急响应流程、责任分工、通讯联络、资源调配等内容。通过制定应急预案,可以确保在故障发生时能够迅速启动应急响应流程,减少故障对设备的影响程度。(2) 定期演练与评估。应急预案的制定只是第一步,更重要的是要进行定期的演练和评估。通过模拟真实的故障场景,可以检验应急预案的有效性和可行性,发现存在的问题和不足,并及时进行改进和完善。还可以提高相关人员的应急响应能力和协作能力,确保在真实故障发生时能够迅速、准确地执行应急预案。(3) 建立故障报告与分析制度。在故障应急响应过程中,应建立故障报告与分析制度。当故障发生时,相关人员应及时向主管部门报告故障情

况,包括故障发生的时间、地点、原因、影响范围等信息。还需要对故障进行深入分析,总结故障原因和教训,提出改进措施和建议。通过故障报告与分析制度,可以不断完善励磁系统的故障排查与处理策略,提高设备的可靠性和稳定性。

3.6 推动技术创新与升级

随着科技的不断发展,水电站励磁系统的技术也在不断进步。为了保持励磁系统的先进性和竞争力,需要积极推动技术创新与升级。(1) 关注新技术发展。应密切关注国内外励磁系统领域的新技术发展动态,了解最新的研究成果和应用案例。通过学习和借鉴先进的技术和经验,可以不断提高励磁系统的技术水平和性能表现。(2) 开展技术研发与试验。在条件允许的情况下,可以开展针对励磁系统的技术研发和试验工作。这包括研究新的励磁控制算法、优化励磁系统的结构设计、提高励磁元件的性能等方面。通过技术研发和试验,可以不断推动励磁系统的技术创新和升级,提高设备的性能和可靠性。

结语

综上所述,水电站励磁系统的故障排查与处理工作是一项系统工程,需要综合考虑日常维护、检修质量、智能监控、人员培训、应急响应机制和技术创新等多个方面。通过实施这些策略,可以有效预防励磁系统故障的发生,提高设备的可靠性和稳定性。未来,随着科技的不断发展,水电站励磁系统的故障排查与处理策略也将不断创新和完善,为水电站的安全高效运行提供更加坚实的保障。

参考文献

- [1]戴琪凤.水电站发电机励磁系统常见故障分析[J].云南水力发电,2024,40(5):146-148.
- [2]余楚轲.分析水电站机组励磁系统故障及其解决措施[J].电力设备管理,2022(20):111-113.
- [3]杜玉照.水电站励磁系统故障原因及对策[J].汽车博览,2022(17):54-56.