

水电厂励磁系统常见故障分析及处理

张仲祥 张生辉

国网甘肃省电力公司刘家峡水电厂 甘肃 临夏 731607

摘要：随着社会经济的不断发展，电力需求日益增长，水电厂作为重要的清洁能源供应基地，其稳定运行对于保障能源安全和促进经济发展具有重要意义。基于此，本文简要介绍了水电厂励磁系统的作用，分析了水电厂励磁系统常见故障分析及处理方法，以有效提高励磁系统的稳定性和可靠性，保障水电厂的安全高效运行。

关键词：水电厂；励磁系统；常见故障分析；处理

引言

励磁系统作为水电厂发电机组的重要组成部分，承担着调节发电机出口电压和机组无功功率的重要任务。然而，在实际运行过程中，励磁系统往往会受到各种因素的影响而出现故障，给水电厂的安全稳定运行带来威胁。因此，对励磁系统的常见故障进行深入分析，并探讨相应的处理措施，对于保障水电厂的安全高效运行具有重要意义。

1 水电厂励磁系统的作用

水电厂励磁系统是一种高度专业化的电力电子设备，其核心功能在于控制和调节水轮机发电机的励磁过程。这一过程通过向发电机的励磁绕组提供可调的直流电流来实现，旨在满足发电机在不同工况下的运行需求。具体而言，水电厂励磁系统的作用主要体现在以下几个方面：（1）励磁系统能够根据电网的实际需求，自动调节发电机的励磁电流，从而确保发电机输出电压和频率的稳定。这种自动调节能力对于维持电力系统的稳定运行至关重要，因为电压和频率的波动会直接影响电网中其他设备的正常运行和用户的用电质量。通过精确控制励磁电流，励磁系统能够迅速响应电网的微小变化，确保发电机输出电压和频率始终保持在设定范围内。（2）励磁系统通过优化励磁电流的控制，使发电机能够在高效率区域运行。在发电机运行过程中，励磁电流的大小直接影响发电机的输出功率和效率。当励磁电流过大或过小时，都会导致发电机的效率下降。因此，励磁系统通过实时监测发电机的运行状态，并根据需要调整励磁电流的大小，使发电机始终保持在最佳工作状态，从而提高发电效率，降低能耗。（3）励磁系统在提高电力系统稳定性方面发挥着重要作用。当电力系统发生故障或受到外部扰动时，励磁系统能够迅速响应，通过调整励磁电流来稳定发电机的运行状态。这种快速响应能力有助于减少故障对电力系统的影响范围和时间，

提高电力系统的可靠性和稳定性。此外，励磁系统还能够通过合理分配并列运行机组之间的无功功率，进一步优化电力系统的运行效率。

2 水电厂励磁系统常见故障

2.1 整流桥故障

整流桥作为励磁系统中的关键组件，负责将交流电转换为直流电，供给发电机励磁绕组，以维持发电机磁场的稳定。然而，由于多种因素的影响，整流桥可能遭受损坏，进而影响励磁系统的正常运行。首先，在水电厂日常运营中，由于生产任务繁重，部分管理人员可能将注意力过多地集中在发电量的提升上，而忽视了对励磁系统等关键设备的定期维护与检查^[1]。长期以来，整流桥内部的整流二极管和可控硅等元件会因积尘过多而导致散热不良，进而引发元件老化、性能下降甚至短路等问题。特别是当灰尘中的导电物质在元件间形成导电桥时，极易引发接地故障，对整流二极管造成直接破坏，进而影响整流桥的输出性能。其次，在水电厂中，为了保证发电机的连续供电，励磁系统往往需要长时间处于运行状态。这种连续的工作模式虽然满足了生产需求，但也对整流桥等元件的耐久性提出了严峻挑战。长期带电运行会导致整流桥内部温度升高，加速元件的老化过程，增加故障发生的概率。特别是在高温、高湿等恶劣环境下，元件的绝缘性能会进一步下降，更容易引发短路等故障。最后，整流桥故障还可能受到冷风机性能不足的影响，冷风机作为励磁系统的辅助散热设备，其性能的好坏直接关系到整流桥等元件的工作温度。但在实际应用中，部分水电厂的冷风机可能存在设计缺陷或维护不当等问题，导致风量不足或散热效果不佳。当发电机内部温度过高时，冷风机无法及时将热量排出，就会使得整流桥等元件处于高温环境中运行，从而加速其老化过程并引发故障。

2.2 不能建立励磁电压

从励磁系统的物理连接与配置角度来看,新安装的发电机或经过检修的励磁系统可能存在接线错误或接触不良的问题。励磁回路的任何一处断线、接触不良或虚接,都可能导致励磁电流无法顺畅流通,进而影响励磁电压的建立。此外,励磁变压器、整流装置等关键部件的接线若存在错误或松动,同样会阻碍励磁电压的产生。另外,励磁系统的控制逻辑与参数设置也是影响励磁电压建立的重要因素,在新机组安装或旧机组检修后,若励磁控制器的参数设置不正确,如励磁电流限制值设置过低、励磁电压调节器增益设置不当等,都可能导致励磁系统无法正常工作,从而无法建立起足够的励磁电压。同时,励磁控制器的软件程序若存在缺陷或错误,也可能导致控制逻辑混乱,进而影响励磁电压的建立。除此之外,励磁电源的稳定性与可靠性也是不容忽视的问题,若励磁电源(如励磁变压器)本身存在故障,如绕组短路、开路或绝缘损坏等,都将直接影响励磁电压的供给。

2.3 逆励磁出现在励磁机中

深入分析逆励磁现象的原因,我们可以从两个方面进行探讨。一方面,从励磁机磁极的剩磁状态来看,剩磁的强弱及方向对励磁机的初始工作状态具有重要影响。当励磁机磁极的剩磁非常微弱时,进行相关的试验或操作就可能轻易改变剩磁的方向。特别是在加入试验电源的过程中,如果操作不当或电源极性设置错误,就有可能导致剩磁方向反转,进而引发逆励磁现象。此时,励磁机在尝试建立正常励磁时,由于剩磁方向的变化,反而会产生与期望相反的励磁效果,使得励磁电压和励磁电流的指示方向异常^[2]。另一方面,运行中的发电机出现逆励磁情况,则可能与励磁系统的控制逻辑、电源稳定性或外部干扰等因素有关。在发电机正常运行过程中,励磁系统应根据发电机的运行状态和电网的需求自动调节励磁电流和电压,以维持发电机的稳定运行和电力系统的电压稳定。然而,当励磁系统受到外部干扰(如电源波动、谐波污染等)或内部故障(如控制器故障、电源线路故障等)影响时,就可能出现控制逻辑混乱或电源供给异常的情况,进而导致逆励磁现象的发生。逆励磁现象对发电机和电力系统的危害是显而易见的,它不仅会导致发电机输出电压和电流的不稳定,影响电能质量,还可能对发电机的绝缘系统造成损害,缩短发电机的使用寿命。

3 水电厂励磁系统常见故障处理措施

3.1 解决整流桥故障措施

整流桥作为励磁系统的关键组成部分,其健康状况

直接关系到励磁电流的稳定供给和发电机的正常运行。针对风量信号的处理,我们需要重新审视并优化其逻辑设计,在传统的保护机制中,当检测到风量不足时,系统往往会直接触发跳闸信号,以迅速切断故障源,防止事态扩大。然而,这种“一刀切”的方式在某些情况下可能过于激进,尤其是在风量轻微不足但尚未对整流桥造成实质性损害时。因此,我们可以考虑将风量信号从跳闸信号转变为报警信号,即当检测到风量低于设定阈值时,系统首先发出报警,提醒运维人员注意并采取相应的预防措施,如增加风机转速、清理通风道等,以恢复风量至正常水平。这样既能有效避免不必要的停机损失,又能确保整流桥在得到及时维护的同时继续安全运行。其次,整流桥在工作过程中会产生大量的热量,如果散热不良,将直接影响整流元件的性能和寿命,甚至引发故障。所以,温度保护是整流桥安全运行的重要保障。在优化温度保护策略时,我们应确保温度传感器的准确性和可靠性,定期对其进行校准和检查;并且,根据整流桥的实际运行工况和散热条件,合理设定温度保护阈值,确保在整流桥温度异常升高时能够及时触发保护动作,切断故障回路,防止设备损坏。

3.2 解决不能建立励磁电压的措施

面对无法建立励磁电压的问题,相关工作人员应立即展开深入的故障排查工作。首要任务是仔细检查励磁回路的接线情况,确保所有连接点均牢固可靠,无断线或接触不良现象。这包括检查励磁变压器、整流装置、励磁机以及发电机转子等关键部件之间的连接线路,利用专业的检测工具进行逐一排查,确保整个励磁回路的完整性。同时,我们还需要关注电刷的位置与接触状态,因为电刷作为励磁电流传递的关键部件,其位置是否正确、接触是否良好直接影响到励磁电压的建立。因此,应仔细检查电刷的安装位置,确保其处于设计要求的正确位置,并观察电刷与换向器或滑环之间的接触情况,必要时进行清理和调整,以确保接触面光滑、接触压力均匀^[3]。另外,还应从预防的角度出发,采取一系列措施来降低无法建立励磁电压故障的发生概率。在进行励磁系统检修或维护工作时,应严格遵守操作规程,确保励磁回路的准确连接。在拆线或接线过程中,应做好清晰的标记工作,避免混淆和误接。并且,在完成检修工作后,应进行必要的测试与验证,如接通直流电源后测量励磁回路的电阻值,以判断回路是否通畅无阻。在测试过程中,如需断开励磁回路进行测量,应确保测量完成后及时恢复连接,避免长时间断开导致励磁系统无法正常工作。此外,针对电刷的安装与调整工作,应制

定详细的操作规程和检查标准，确保每次安装或调整都能达到设计要求，从而避免因电刷问题导致的励磁电压无法建立故障。

3.3 解决逆励磁措施

针对逆励磁现象导致的励磁电流表和电压表极性反转问题，最直接的处理方式是对调这些表计的极性。这一操作需要谨慎进行，确保在断开电源并确认无电状态下进行，以避免电击风险。通过调整表计的接线，使励磁电流和电压的指示方向恢复正常，从而消除因极性反转带来的误判和误导。但是，需要注意的是，这种调整只是临时性的，它并没有解决逆励磁现象的根本原因。为了彻底解决逆励磁问题，我们需要在发电机停机时，对励磁机进行重新励磁操作，这一步骤至关重要，因为它能够恢复励磁机磁极的原始极性，从而消除逆励磁现象。在重新励磁过程中，我们需要确保操作正确无误，遵循励磁机的操作规程和安全要求。同时，还需要将表计的接线恢复到原始状态，以确保测量结果的准确性和可靠性。此外，在逆励磁现象发生时，严禁将发电机替换为备用励磁机。因为备用励磁机的极性可能与原励磁机不同，如果直接替换，可能会导致相反极性的电流在发电机内部形成短路，进而引发严重的电气故障。因此，在处理逆励磁问题时，我们必须确保发电机与励磁机之间的匹配性和一致性。

3.4 解决不均流励磁功率柜措施

在电力系统处于用电低谷、负荷较低的时段，我们选择对受影响的机组进行停机处理，这是为了确保在检查和维修过程中，不会对电网的稳定运行造成过大影响。停机后，我们立即着手对各个功率柜及其控制器之间的通讯情况进行全面检查。通过专业的检测工具和方法，确认通讯线路畅通无阻，控制器功能正常，为后续的排查工作奠定坚实基础^[4]。接下来，我们重点对功率

柜的励磁电流进行采样检查。通过精确测量各功率柜的输出电流，我们发现电流回路完整无损，没有断线等异常情况，这一步骤排除了电流回路故障导致的不均流现象。为了进一步缩小故障范围，我们尝试交换功率柜的控制面板，并观察系统反应。然而，交换后系统仍然显示正常，说明控制面板并非不均流现象的根源，这一发现促使我们将目光转向更深层次的参数设置问题。于是，我们深入检查了功率柜智能板的各项参数值，通过仔细比对原始数据和当前数据，我们发现智能板中存在系统参数丢失的情况，特别是温度补偿系数出现了异常。温度补偿系数是励磁系统中的重要参数，它用于补偿温度变化对励磁电流的影响，一旦该参数设置不当或丢失，就会导致励磁电流分配不均。

结语

综上所述，励磁系统的稳定运行是水电厂发电机组安全高效运行的关键保障。因此，在日常运维过程中，运维人员应加强对励磁系统的监测和维护，及时发现并处理潜在故障。此外，随着技术的不断发展，应积极探索和应用新技术、新方法，提高励磁系统的智能化水平和运行效率。通过这些措施的实施，可以进一步保障水电厂的安全高效运行，为经济社会发展提供更加可靠的电力支持。

参考文献

- [1]李大焱.水电厂励磁系统故障分析及改进措施研究[J].计算机测量与控制,2021,29(1):10-13,19.
- [2]朱学成,张德文,董尔佳,等.发变组冲击跳闸铁磁谐振故障仿真分析[J].湖北电力,2020,44(6):69-74.
- [3]於华.水电厂自并励励磁系统逆变失败故障分析与处理[J].广西电力,2019,42(1):72-74
- [4]陈新琪,沈维君,王索宇,等.电网故障时北仑发电厂发电机励磁系统响应分析[J].浙江电力,2019,(3):29-31, 35.