

火电机组励磁系统故障诊断与维护策略分析

周伟才

湖南华电平江发电有限公司 湖南 岳阳 410400

【摘要】：火电机组的励磁系统在电力生产过程中起着至关重要的作用，其故障可能直接影响电力系统的稳定性和安全性。本文分析了火电机组励磁系统常见的故障类型及其诊断方法，探讨了有效的故障预防措施和维护策略。分析励磁系统故障发生的原因和特点，提出了基于实时监测与数据分析的智能诊断手段，旨在提高机组的可靠性与运行效率，本文还针对维护过程中遇到的实际问题，提出了相应的技术对策和建议。

【关键词】：励磁系统；故障诊断；维护策略；火电机组；智能监测

DOI:10.12417/2811-0536.26.03.047

引言

火电机组励磁系统是确保发电机正常运行和稳定输出的重要部件之一，在长期运行过程中，励磁系统容易受到多种因素的影响，导致其故障发生。由于其故障的严重性，可能导致电网不稳定，甚至停机事故的发生，因此对其故障诊断和维护的研究显得尤为重要。现有的故障诊断方法多依赖于传统的人工检测和判断，虽然一定程度上能够避免问题的发生，但难以应对复杂和突发的故障情境。随着信息技术的不断发展，基于数据监测与分析的智能化故障诊断逐渐成为解决此类问题的重要方向。

1 火电机组励磁系统的故障类型与常见问题

火电机组的励磁系统是电力生产中的关键组成部分，负责确保发电机在运行过程中提供稳定的电压和功率。励磁系统在长期运转中容易受到多种因素的影响，导致故障的发生。这些故障常见的类型包括励磁机故障、调节器故障、励磁电流异常、励磁电压波动等。励磁机故障通常是由于电气部件老化或故障引起的，主要表现为定子绕组或转子绕组的损坏，进而导致励磁电流无法稳定提供。调节器的故障也常导致系统无法对机组负载变化做出及时响应，出现电压不稳定的情况。特别是在高负荷或负荷波动较大的情况下，调节器的响应滞后或者参数设置不当，容易引发系统失调，造成电压波动。

励磁电流异常是火电机组励磁系统中较为常见的故障之一。电流异常通常源于励磁系统内部电路的接触不良或电气元件的损坏。励磁机的输出电流可能因继电器故障或电流测量元件失效而不准确，导致机组无法获取正确的励磁电流^[1]。在这种情况下，发电机可能无法提供足够的功率，进而影响到整个电网的稳定性。励磁电压的波动也常见于火电机组，尤其是在负荷突然增加或系统调节不及时的情况下。电压波动

会影响发电机的运行效率，还可能损害机组内部的其他电气设备，导致设备提前老化甚至损坏。

除了电气故障，火电机组励磁系统还容易受到外部环境和操作因素的影响。在实际运行中，由于环境温湿度的变化、电力负荷的波动以及设备老化等因素，系统可能会出现意料之外的故障。温度过高会导致设备内部绝缘性能下降，增加短路或漏电的风险。长期的过负荷运行也会使得励磁机及其调节器承受过大压力，导致其性能下降，增加故障发生的概率。操作不当也是引发励磁系统故障的一个重要因素。操作人员在调试、维护或启停过程中若未按规定流程进行操作，可能会引发励磁系统的异常，从而造成设备停运甚至事故发生。

2 火电机组励磁系统故障诊断方法的研究与应用

火电机组励磁系统的故障诊断方法是确保电力系统安全稳定运行的重要手段。随着技术的发展，传统的人工检测方法逐渐被基于数据分析和实时监测的智能诊断技术所替代。近年来，越来越多的研究开始将基于信号处理和模型分析的故障诊断方法应用到励磁系统中。这些方法对励磁系统各项运行参数（如电流、电压、频率等）进行实时监测，结合多种传感器获取的数据，及时发现系统的异常行为。分析励磁电流的波形变化，可以有效识别出励磁机内部电路的故障，或者对调节器输出信号的波动进行分析，判断系统是否出现了调节失效或响应滞后的问题。此类方法的优势在于其高效性和准确性，能够在系统故障初期就发出警报，从而减少了人工检查的负担，并提高了故障诊断的及时性。

基于人工智能和机器学习的诊断技术在火电机组励磁系统故障诊断中的应用取得了显著进展。对大量历史故障数据进行分析，机器学习算法能够自动识别出故障模式和规律，建立起更为精准的诊断模型。这

些模型能够输入实时数据,对励磁系统进行状态评估,并预测可能的故障风险^[2]。与传统诊断方法相比,机器学习算法能够更好地适应复杂的故障环境,尤其是在多变的负荷波动或外部干扰下。不断优化算法和模型,可以使故障诊断的准确性和效率得到显著提升。基于神经网络和深度学习的技术也在火电机组的故障预测和诊断中展现了巨大潜力,能够根据系统运行的多维数据进行深度分析,精确捕捉微弱的异常变化,提前预警系统潜在的故障风险。

在实际应用中,现代诊断方法不仅仅依赖于单一的技术手段,而是往往结合多种先进技术进行综合分析。将振动监测技术与电流电压分析相结合,对机组运行状态的多方位数据采集和交叉验证,可以提高故障诊断的准确性和可信度。近年来随着云计算和大数据技术的发展,越来越多的火电机组开始采用基于云平台的数据分析系统,经过远程监控和集中数据分析,能够实现对励磁系统的全面监测与诊断。这种方法使得故障诊断更加及时,能够在分布式电网的背景下,进行多机组的联合监控和故障预警。经过远程诊断,运营维护人员可以在不现场介入的情况下,快速获取设备的运行状态,并对潜在故障进行精确定位和及时处理,从而大大提高了火电机组的可靠性与经济性。

3 基于实时监测的智能化励磁系统故障诊断技术

基于实时监测的智能化励磁系统故障诊断技术,依靠高精度传感器和实时数据采集系统,能够对火电机组的励磁系统进行动态监控,从而及时识别潜在的故障隐患。这些系统采集励磁电流、电压、频率、温度等多个参数,结合数据分析平台进行实时处理,能够在故障发生的初期就进行准确诊断。对比系统正常运行时的参数与实时监测数据的差异,智能化诊断技术能够迅速识别出系统中的异常现象。当励磁电流出现不稳定或电压波动时,诊断系统会对比历史数据和模型预设的标准值,自动发出故障警报。这种技术能够极大地提高故障诊断的效率,减少传统人工巡检可能存在的延误,确保发电机组在任何时候都能保持最佳运行状态。

实时监测技术的应用,特别是结合了大数据分析和机器学习方法后,能够更深入地分析励磁系统中的复杂故障模式。对历史故障数据和实时监测数据的交叉分析,智能诊断系统可以检测到显而易见的故障,如电流失常或设备过热,还可以识别微小的变化趋势,提前预警潜在的故障问题^[3]。基于模式识别和机器学习的算法能够根据实时数据,建立起动态模型,并根据机组的工作状态对励磁系统进行精准的状态评估。

这种技术能够适应火电机组复杂且多变的运行环境,并根据不同负荷情况和工作条件,调整诊断策略,提高故障预测的准确性。更重要的是,智能化故障诊断技术可以进行自我学习和优化,随着运行数据的积累,系统的诊断能力不断增强,能够应对越来越复杂的故障类型。

在实际应用中,基于实时监测的智能化诊断技术,还能够实现多维度的故障分析和远程监控。将数据采集与云计算平台结合,诊断系统能够实时将监测数据上传到云端,进行集中分析和存储。远程操作人员可以云平台随时查看励磁系统的健康状况,并对异常信号进行及时处理。这种远程监控提高了工作效率,还能减少因现场检查造成的运维成本。云平台的应用使得多个火电机组的监控变得更加便捷,系统可以在一个平台上统一管理,进行集中的故障分析和预警。这种技术的引入,提升了火电机组的运行可靠性和安全性,还为机组的长期稳定运行提供了强有力的技术保障。智能化监测与诊断,电力企业能够有效提高运维效率,减少停机时间,并最大限度地延长设备的使用寿命。

4 火电机组励磁系统的常见维护策略与技术对策

火电机组励磁系统的维护策略和技术对策直接关系到机组的运行稳定性和安全性。为了确保励磁系统的长期可靠运行,定期的检查和维护显得尤为重要。常见的维护策略包括预防性维护、预测性维护和基于条件的维护。预防性维护通常是依据设备的使用年限、工作周期等因素定期进行的检查和保养工作,旨在更换易损部件和清理积尘等方式,避免设备因老化或磨损引发故障。预测性维护则依靠实时数据监测,对励磁系统运行参数的长期跟踪,分析设备的健康状况,提前识别潜在故障点,从而实现提前维修,减少因突发故障带来的停机风险。而基于条件的维护,则是依据设备当前的运行状态进行的维护决策,更加灵活,可以最大程度地延长设备的使用寿命。

针对火电机组励磁系统的技术对策,除常规维护之外,越来越多的高新技术也被应用到故障预防和设备优化中。特别是在数字化和自动化技术的应用方面,励磁系统的运行监测和故障诊断已经得到了显著提升。采用智能传感器和数据采集系统对励磁电流、电压、频率、温度等关键指标进行实时监控,使得设备故障的早期预警成为可能^[4]。这些智能监控系统能够实时记录并分析数据,数据处理平台进行故障模式识别,发现潜在的风险并及时发出预警。对数据的进一步分析,可以为维护人员提供科学的决策依据,明确

哪些部件需要重点检查或更换,优化了维修工作,提高了维护效率。

在实际应用中,结合先进的维修技术也是提高励磁系统维护效果的重要手段。采用无损检测技术对励磁机的核心部件进行检查,能够在不拆卸设备的情况下,检查电机绕组的绝缘情况和电气性能,从而及早发现潜在问题,避免因故障蔓延而造成更严重的损失。随着智能化运维技术的发展,远程诊断和维护系统也逐渐被引入到火电机组中。远程监控平台,运维人员可以对多个机组的励磁系统进行集中监控,实时获取运行数据,远程判断故障原因,并进行精准维修。这种技术大大减少了现场检查的频率,提高了工作效率,并降低了运维成本。综合运用这些维护策略和技术手段,可以有效保障火电机组励磁系统的稳定运行,提升机组整体的经济效益和安全性。

5 火电机组励磁系统故障的预防与可靠性提升措施

火电机组励磁系统故障的预防与可靠性提升措施是确保机组长期稳定运行的关键。为有效预防励磁系统故障,必须从系统设计、运行监控和维护管理等多个方面着手。合理的设计方案是防止故障发生的前提。设计阶段应充分考虑设备的负荷波动和工作环境,选择具有较高耐用性的电气部件,并设计完善的冗余保护机制。在励磁机的设计中,应该考虑到过载保护和短路保护功能,避免单一故障点造成全系统停运。励磁系统的运行应保证负载与设备匹配,避免超负荷运行对设备带来的不必要损害。

为了提高励磁系统的可靠性,实时监控系统的建设至关重要。引入高精度传感器与智能化监控设备,对励磁系统的各项参数进行实时检测,能够及时捕捉到设备运行中的异常情况。结合数据分析与故障诊断技术,实时监控能够识别系统潜在的故障隐患并提前

预警^[5]。这种预警机制能够及时提醒运维人员检查系统,防止故障蔓延。动态跟踪励磁电流、电压、频率等参数的波动情况,系统能够迅速判断出任何不正常的变化,并采取相应措施,从而避免故障发生。定期的数据分析和状态评估为运维人员提供了全面的设备健康状况报告,有助于提前发现设备磨损或潜在故障,减少停机时间,保证机组的稳定性。

除了日常的监控和检查,系统的预防性维护与故障自修复能力也是提高可靠性的有效手段。预防性维护包括定期对励磁系统进行检查和保养,更换易损部件,确保设备在最佳工作状态下运行。建立设备生命周期管理,分析设备的老化程度和运行数据,及时替换可能导致故障的部件,如电刷、碳环等。故障自修复技术的应用也是提升系统可靠性的一个重要发展方向。自动化技术和智能化控制系统,励磁系统能够在出现轻微故障时进行自我修复,避免人为操作失误或者停机维护带来的损失。这种智能化的自修复功能提升了系统的可靠性,还在很大程度上降低了故障发生后的修复时间和成本。结合这些技术手段,火电机组励磁系统的故障预防和可靠性提升将更加有效,确保了机组的长期安全稳定运行。

6 结语

本文对火电机组励磁系统故障诊断与维护策略的分析,探讨了如何有效预防和提升励磁系统的可靠性。实时监测、智能化诊断技术以及合理的维护策略,可以显著提高系统的故障预警能力,减少停机时间,并延长设备的使用寿命。结合现代化的数字化技术与智能化手段,励磁系统的故障诊断与维护提高了运行效率,还增强了机组的稳定性与安全性。未来,随着技术的不断进步,火电机组励磁系统的管理将更加精细化、智能化。

参考文献:

- [1] 祁琳.燃煤机组能效诊断知识建模及应用[D].东北电力大学,2025.
- [2] 胡思敏.电厂锅炉汽包水位预测和故障诊断方法的研究[D].太原理工大学,2023.
- [3] 吕思睿.基于电力数据的城轨供电系统故障预警研究[D].北京交通大学,2022.
- [4] 卫星光.基于冗余容错的燃气轮机控制系统可靠性研究[D].华北电力大学(北京),2022.
- [5] 周霞,刘敏,王卫良,等.风力发电智能运维与装备技术[M].暨南大学出版社:202112:259.