

浅析高压电机电气调试控制解决办法

葛 楠

中车北京南口机械有限公司 北京 102202

摘 要：随着工业生产对高压电机性能要求的不断提高，电气调试控制成为确保电机稳定运行的关键环节。本文浅析了高压电机电气调试控制中面临的主要问题，包括电流与电压波动、绝缘电阻不达标以及三相直流电阻不平衡等。针对这些问题，提出了采用先进控制算法优化电流电压控制、加强绝缘材料的选择与维护、严格把控电机制造工艺等解决办法。这些措施旨在提升高压电机电气调试的准确性和可靠性，为工业生产提供稳定、高效的动力支持，确保生产安全与连续运行。

关键词：高压电机；电气调试控制；解决办法

引言：高压电机作为现代工业生产中的核心设备，其电气调试控制对于确保电机稳定运行、提高生产效率及保障作业安全具有至关重要的作用。然而，在实际运行过程中，高压电机常面临电流与电压不稳定、绝缘电阻不达标、三相直流电阻不平衡等问题，这些问题严重影响着电机的性能和寿命。因此，深入探讨高压电机电气调试控制的解决办法，提出有效的应对措施，对于保障工业生产的高效稳定运行具有重要意义。本文将围绕这些问题展开分析，旨在为高压电机的电气调试控制提供有益的参考和指导。

1 高压电机自动化控制技术基础

1.1 高压电机直接启动控制技术

（1）综合保护控制器与真空接触器的结合应用。综合保护控制器与真空接触器的协同运作是高压电机直接启动控制的核心。综合保护控制器如同电机的“智能卫士”，可实时监测电流、电压等参数，具备过载、短路、欠压等多种保护功能；真空接触器则负责执行电路的通断操作。启动时，保护控制器先检测电路状态，确认安全后，驱动真空接触器闭合，使电机通电运转；运行中若出现异常，控制器迅速触发接触器断开，及时切断电源，避免电机损坏。（2）零序电和采样电路的作用。零序电和采样电路是电机故障检测的“侦察兵”。当电机系统发生漏电、接地故障时，会产生零序电流。零序电流采样电路能精准捕捉这些微弱信号，并传输至保护装置。通过分析零序电流特征，可快速判断故障类型与位置，为保护动作提供关键依据，实现对电机的精准保护^[1]。（3）电流、漏电电流的检测与保护。对电流和漏电电流的检测是电机安全运行的保障。电流检测实时监控电机工作电流，当超过额定值时，触发过载保护，防止电机过热；漏电电流检测专注于捕捉电路中的

漏电信号，一旦漏电电流超标，立即启动保护机制，切断电源，避免人员触电和设备损坏。

1.2 变频启动控制系统

（1）二极管整流与高压直流电的产生。在变频启动控制系统中，二极管整流器将三相交流电转换为高压直流电。利用二极管单向导电特性，将交流电压正负半周转化为单一方向直流，为后续环节提供稳定直流电源，是变频过程的基础。（2）绝缘栅双极性高压开关管的快速触碰与变频三相交流电的生成。绝缘栅双极性高压开关管（IGBT）通过快速导通与关断，将直流电逆变为频率可变的三相交流电。通过精确控制IGBT的开关频率和占空比，可灵活调节输出交流电的频率与电压，满足电机平滑启动和调速需求。（3）计算机控制中心对开关管的控制与监测。计算机控制中心作为变频系统的“大脑”，依据电机运行需求，精准控制IGBT的开关动作。同时，实时监测IGBT的工作状态，一旦发现异常，立即调整控制策略或报警，确保变频启动控制系统稳定可靠运行。

2 高压电机电气调试的概述

2.1 电气调试的目的与意义

（1）确保高压电机正常运行。高压电机作为工业生产的核心动力设备，其运行状况直接关系到生产流程的连续性。电气调试能够全面检测电机及其配套设备，及时发现并纠正接线错误、元件故障等问题。例如，在电机安装后，通过调试可检查绕组的连接是否正确，避免因相序错误导致电机反转，确保电机按照设计要求稳定运转，为生产提供可靠动力支持。（2）提高系统工作效率。合理的电气调试能够优化高压电机系统的运行参数。通过对高压变频器、综合保护器等设备的调试，可使电机在最适宜的电压、频率下工作，降低能耗，提升

系统整体效率。例如,精确调整变频器的参数,能够实现电机的软启动,减少启动电流对电网的冲击,同时降低机械磨损,延长设备使用寿命,从而提高整个生产系统的运行效率。(3)保障人员与设备安全。电气调试是排除安全隐患的重要环节。在调试过程中,通过绝缘电阻测试、高压耐压试验等项目,能够检测设备的绝缘性能,防止漏电、短路等事故发生。对综合保护器的调试,则可确保其在故障发生时迅速动作,切断电源,有效保护人员和设备安全,避免因电气故障引发的重大安全事故和经济损失。

2.2 电气调试的范围与内容

(1)调试范围。高压电机电气调试涵盖多个关键设备。高压电缆作为电能传输的通道,其质量直接影响电力供应的稳定性;高压电机是系统的核心,决定着动力输出;真空接触器负责控制电路的通断;综合保护器用于监测和保护电机运行;高压变频器实现电机的调速功能。只有对这些设备进行全面调试,才能保障整个系统的性能和可靠性^[2]。(2)调试内容。技术参数设定是调试的基础工作,需要根据电机和设备的运行要求,精准设置变频器的频率、保护装置的动作阈值等参数。绝缘电阻测试通过摇表测量设备绝缘电阻,判断其绝缘性能是否达标,确保设备不会出现漏电现象。三相直流电阻测试用于检测电机绕组电阻的平衡性,保证电机正常运行。高压耐压试验则模拟设备在高电压下的工作状态,检验其绝缘强度,只有各项调试内容均符合标准,高压电机系统才能安全可靠地投入运行。

3 高压电机电气调试控制的主要问题

3.1 电流与电压的不稳定

(1)影响因素:电源电压波动、电机负载变化等。电源电压波动是电流与电压不稳定的关键诱因。电网供电质量参差不齐,当区域内大功率设备集中启动或停止时,电网负荷瞬间变化,极易引发电压波动。例如,冶金企业中电弧炉的频繁起停,会造成电压骤升骤降;长距离输电线路因线损较大,末端电压也易出现不稳定现象。此外,电机负载的动态变化同样影响显著,如矿山提升机在装载、提升过程中,负载重量不断改变,电机需实时调整输出功率,导致电流大幅波动,进而影响电压稳定。(2)可能导致的问题:电机运行不稳定、故障率增加。电流与电压不稳定直接破坏电机正常运行状态。电压过低时,电机转矩不足,转速下降,甚至出现堵转,导致电机过热烧毁;电压过高则会使磁路饱和,铁损激增,加速绝缘老化。电流波动会引发电机振动与噪音,使轴承磨损加剧,绕组绝缘受损。长期处于不稳

定工况下,电机故障率大幅攀升,频繁停机维修不仅中断生产,还增加维护成本,影响企业经济效益。

3.2 绝缘电阻值不达标

(1)影响因素。绝缘材料老化是绝缘电阻值不达标的重要原因。高压电机长期运行中,绝缘材料受电、热、机械应力及化学物质侵蚀,性能逐渐衰退。例如,绝缘漆在高温下分解碳化,云母带受潮后绝缘性能下降。环境因素同样不可小觑,潮湿环境中,水分渗入电机内部,在绝缘材料表面形成导电通路;腐蚀性气体、粉尘会与绝缘材料发生化学反应,加速其损坏,致使绝缘电阻降低。(2)可能导致的问题。绝缘电阻不达标严重削弱电机绝缘性能,使带电部件与外壳间的隔离失效。这不仅会导致电机漏电,威胁操作人员人身安全,还可能引发相间或对地短路,造成绕组烧毁,甚至引发火灾。一旦发生绝缘击穿事故,维修难度大、周期长,企业将承受重大经济损失与生产中断风险。

3.3 三相直流电阻不平衡

(1)影响因素。电机制造环节的工艺缺陷是三相直流电阻不平衡的根源。绕组绕制时,漆包线张力不均、线径偏差,或焊接工艺不良,如焊点虚焊、焊锡不饱满,都会导致各相电阻差异。绕组接线错误也不容忽视,端子连接错位、线头松动等,改变了电路结构,破坏三相电阻平衡。(2)可能导致的问题。三相直流电阻不平衡致使三相电流分配不均,电阻小的相电流偏大,电阻大的相电流偏小。这种不平衡电流会产生额外损耗,降低电机运行效率,增加能耗。同时,电流大的绕组发热严重,引发局部过热,加速绝缘老化,缩短电机寿命。长期运行还可能导致电机振动加剧,进一步损坏机械部件,最终引发电机故障,影响生产连续性。

4 高压电机电气调试控制的解决办法

4.1 优化电流与电压控制策略

(1)采用先进的控制算法与传感器技术。在高压电机运行过程中,先进的控制算法是稳定电流与电压的核心要素。引入自适应控制算法,可依据电机实时运行工况,自动调整控制参数。以模型预测控制(MPC)为例,其能基于电机数学模型,提前预测电流、电压变化趋势,并快速制定优化控制策略,有效应对电源电压波动与负载突变。同时,搭配高精度霍尔电流传感器和电压传感器,凭借其高灵敏度与抗干扰能力,精准采集电流、电压信号,为控制算法提供可靠数据支撑,确保控制策略的有效性^[3]。(2)实时监测电流与电压值,并进行动态调整。搭建完善的实时监测系统,通过数据采集模块将传感器获取的电流、电压信号快速传输至控制系

统。控制系统对数据进行实时分析,一旦检测到电流、电压偏离设定阈值,立即启动动态调整机制。当电压下降时,系统可自动调节变频器输出,提升电机输入电压;若电流异常增大,迅速触发限流保护,并调整电机负载。此外,利用智能监测软件对历史数据进行深度分析,预测电流、电压变化趋势,提前采取预防措施,保障电机稳定运行。

4.2 提高绝缘电阻值的措施

(1) 选择优质绝缘材料。优质绝缘材料是提升电机绝缘性能的基础。在电机制造时,应优先选用耐高温、耐潮湿、耐电晕的绝缘材料。如聚酰亚胺薄膜,具有优异的电气绝缘性和机械性能,可在高温环境下长期稳定工作;硅橡胶材料密封性强,能有效阻挡水分和腐蚀性气体侵入。同时,严格把控材料质量,对每批次绝缘材料进行严格检测,确保其各项性能指标符合标准要求。

(2) 加强电机绝缘性能的定期检测与维护。建立规范的绝缘性能检测制度,定期使用高精度绝缘电阻测试仪,对电机绕组相间绝缘电阻和对地绝缘电阻进行检测。一旦发现绝缘电阻值下降,及时分析原因并处理。若因受潮导致电阻降低,可对电机进行烘干处理;若存在局部绝缘损坏,则进行修补或更换。此外,定期清理电机内部灰尘、油污等杂质,防止其影响绝缘性能,延长电机使用寿命。(3) 改善电机运行环境,减少湿度、温度等不利因素的影响。为电机营造良好的运行环境至关重要。在湿度较大的场所,安装工业除湿机,将环境湿度控制在合理范围;针对高温环境,优化电机散热系统,采用强制风冷、水冷等散热方式,确保电机运行温度在额定范围内。对于处于腐蚀性气体环境中的电机,加装密封防护罩,并通入干燥清洁空气保持内部正压,隔绝外界有害气体,保护电机绝缘^[4]。

4.3 解决三相直流电阻不平衡的方法

(1) 严格电机制造工艺控制。在电机制造过程中,严格把控工艺是保证三相直流电阻平衡的关键。优化绕组绕制工艺,使用高精度绕线设备,精确控制漆包线张力和绕制匝数,确保各相绕组一致性。加强焊接工艺管理,采用自动化焊接设备,保证焊点牢固、饱满,避免

虚焊、脱焊。建立严格的质量检测流程,在绕组制作完成后,逐台检测三相直流电阻,对不合格产品及时调整或返工。(2) 定期检查绕组接线情况,及时修复或更换损坏的绕组。在电机运行期间,定期检查绕组接线端子是否松动、连接是否正确。一旦发现接线问题,及时拧紧端子或纠正错误连接。对于因长期运行导致损坏的绕组,根据损坏程度进行修复或更换。修复时,选用与原绕组规格一致的漆包线,严格按照原绕制方式操作;若绕组损坏严重,则更换全新绕组,并重新检测三相直流电阻,确保符合标准。(3) 采用平衡电阻或其他技术手段进行补偿。当三相直流电阻不平衡度较小且难以通过常规方法解决时,可采用平衡电阻技术。在电阻较小的相绕组中串联合适电阻,使三相电阻达到平衡。此外,还可借助现代电力电子技术,如利用可控电抗器、有源电力滤波器等设备,动态调节三相电流,补偿因电阻不平衡导致的电流分配不均问题,提升电机运行性能与效率。

结束语

综上所述,高压电机电气调试控制是一项复杂而关键的任务,其有效实施对于保障电机稳定运行、提高生产效率及确保作业安全具有深远影响。通过采用先进的控制算法、加强绝缘材料的选择与维护、严格把控电机制造工艺等措施,我们可以有效解决高压电机电气调试中遇到的主要问题。未来,随着技术的不断进步和工业需求的日益提升,我们还应继续探索更高效、更智能的电气调试控制方法,以推动高压电机技术的持续发展,为工业生产的繁荣与进步贡献更多力量。

参考文献

- [1]王玉柱,齐顺,程习亮.高压电机控制及调试技术应用[J].科技创新,2020,(04):47-48.
- [2]吴迪,鹿洪伟,张雷.高压电机的自动化控制技术原理及电气调试技术研究[J].大众标准化,2021,(07):63-64.
- [3]高坚.高压电机的自动化控制技术及电气调试[J].南方农机,2020,(12):116-117.
- [4]周大海.高压电机的自动化控制技术及电气调试[J].电子技术与软件工程,2021,(15):149-150.