

火电厂热工主保护配置的优化改进

张海亮 孙艳莉 邹振宇 杨思珮

内蒙古上都发电有限责任公司 内蒙古 锡林郭勒盟 027200

摘 要：火电厂热工主保护配置是机组安全稳定运行的关键防线。当前，系统存在硬件故障频发、逻辑设计缺陷、取样同源、电源配置不合理、管理机制不完善及智能化水平低等问题，严重威胁机组安全与电力供应稳定性。本文通过深入分析现存问题，针对性提出硬件冗余与容错设计、逻辑回路简化、独立取样管路构建、双电源冗余供电、标准化管理流程建设及智能化技术应用等优化改进措施，旨在提升热工主保护系统的可靠性、安全性和智能化水平，降低设备故障风险，为火电厂安全生产提供技术与管理保障。

关键词：火电厂；热工主；保护配置；优化改进

引言：随着电力行业的快速发展，火电厂作为电力供应的重要支柱，其机组运行的安全性与稳定性愈发关键。热工主保护系统承担着实时监测机组运行参数、快速触发保护动作以避免设备损坏和事故扩大的核心任务。然而，受设备老化、设计局限及管理不足等因素影响，传统热工主保护配置在复杂工况下暴露出诸多问题，如硬件故障引发的保护误动、逻辑缺陷导致的响应滞后等。这些问题不仅增加了机组非计划停机风险，还可能引发重大安全事故。因此，开展热工主保

护、强电磁干扰的复杂环境中运行，加速了设备老化进程。部分关键硬件如传感器、执行机构等，因采购质量参差不齐，导致使用寿命缩短，故障概率增加。同时，硬件设备缺乏科学的预防性维护计划，部分火电厂未能根据设备实际工况制定合理的检修周期，使得潜在故障无法及时发现和处理。一旦硬件出现故障，可能导致保护信号误发或漏发，进而引发保护误动或拒动，严重威胁机组安全稳定运行。

2.2 逻辑设计不合理

早期热工主保护系统的逻辑设计多基于固定工况和经验，随着火电机组运行参数不断提高、工况日益复杂，现有逻辑难以适应多变的运行环境。部分逻辑控制回路过于复杂，存在冗余环节，不仅增加了故障排查难度，还容易因信号传输延迟或干扰导致逻辑判断失误。此外，逻辑设计中对异常工况的考虑不足，缺乏容错机制，当出现非典型故障或参数波动时，保护系统可能做出错误响应，造成不必要的停机，影响机组的发电效率和经济性。

2.3 取样同源问题

在热工主保护系统中，部分关键参数的取样点设置存在同源现象，即多个保护装置共用同一取样管路或传感器。一旦取样管路发生堵塞、泄漏，或传感器出现故障，将导致多个保护信号同时失效或失真，使得保护系统无法准确判断设备真实运行状态。同时，同源取样也无法满足冗余保护设计的要求，当一处取样点出现问题时，缺乏备用信号源进行交叉验证，极大降低了保护系统的可靠性，增加了保护拒动或误动的风险。

2.4 电源配置不合理

当前，部分火电厂热工主保护系统的电源配置仍存在单电源供电或双电源切换不可靠的问题。单电源供电

1 火电厂热工主保护配置的重要性

火电厂热工主保护配置在整个电力生产过程中占据着无可替代的核心地位，是保障机组安全稳定运行的关键防线。从安全角度来看，火电厂机组运行时，锅炉、汽轮机等核心设备处于高温、高压、高速运转的复杂工况，一旦出现参数异常或设备故障，若未及时采取有效保护措施，极有可能引发设备损毁、爆炸等灾难性事故，严重威胁现场工作人员生命安全，同时造成难以估量的经济损失和社会负面影响。热工主保护配置通过实时监测温度、压力、转速等关键参数，一旦检测到超出安全阈值，能够迅速触发保护动作，如紧急停机、切断燃料供应等，将设备故障限制在最小范围内，有效避免事故扩大。在保障电力供应稳定性方面，火电厂作为电力系统的重要组成部分，其稳定运行直接关系到区域供电可靠性。热工主保护系统精准、可靠的运行，可大幅减少机组非计划停机次数，维持发电设备持续稳定运行，保障电力平稳输出，对维护电力系统稳定和社会正常生产生活秩序意义重大^[1]。

2 火电厂热工主保护配置现状

2.1 硬件故障频发

火电厂热工主保护系统的硬件长期处于高温、高粉

模式下,一旦电源发生故障,整个保护系统将失去动力,无法正常工作,直接导致保护功能失效。而双电源配置中,部分电源切换装置响应速度慢、切换逻辑不完善,在主电源故障时无法及时切换至备用电源,或在切换过程中产生电压波动、信号干扰等问题,影响保护系统的稳定性和可靠性,对机组安全运行构成潜在威胁。

2.5 管理机制不完善

火电厂热工主保护系统的管理机制存在诸多漏洞。一方面,缺乏统一、规范的管理制度,不同电厂甚至同一电厂不同部门在设备维护、参数设置、逻辑修改等方面的标准不统一,导致管理混乱。另一方面,人员培训不足,部分工作人员对热工主保护系统的原理、操作和维护掌握不熟练,在日常巡检、故障处理过程中难以发现潜在隐患或正确应对突发情况。

2.6 智能化水平低

多数火电厂热工主保护系统仍依赖传统的人工巡检和定期维护模式,智能化监测与诊断手段应用不足。缺乏实时在线监测和数据分析功能,无法对设备运行状态进行精准预测和预警,只能在故障发生后被动处理。同时,智能化决策支持系统的缺失,使得运行人员在面对复杂故障时,难以快速获取有效的决策依据,只能依靠经验判断,降低了故障处理效率。此外,智能化运维管理的不足,导致设备维护缺乏针对性和科学性,增加了运维成本和人力负担^[2]。

3 火电厂热工主保护配置优化改进措施

3.1 硬件设计优化

3.1.1 冗余设计

在火电厂热工主保护系统中,关键硬件采用冗余设计是提升可靠性的重要手段。对传感器、控制器、执行机构等核心部件配置双套或多套设备,确保当主用硬件故障时,备用硬件能自动无缝切换。例如,设置多个独立温度传感器,通过冗余配置实现数据交叉验证,避免单点故障导致信号失效,有效降低因硬件问题引发的保护误动或拒动风险,保障机组安全稳定运行。

3.1.2 容错设计

容错设计致力于增强硬件系统的故障应对能力。通过内置故障诊断模块实时监测硬件运行状态,一旦发现异常,迅速隔离故障单元,防止故障扩散。同时,利用容错算法对故障数据进行处理,在部分硬件出现轻微故障时,系统仍能通过调整运行策略维持保护功能。例如,当控制器某一运算单元故障,备用单元可立即接管工作,确保保护逻辑正常执行。

3.1.3 定期维护与更换

建立科学的硬件维护与更换机制是保障系统稳定运行的关键。依据硬件使用寿命、运行工况及历史故障数据,制定详细维护计划。定期对硬件进行清洁、校准和性能测试,及时发现潜在问题。对接近使用寿命或性能下降的设备,提前安排更换。如对高温环境下的传感器缩短维护周期,对老化电源模块及时替换,确保硬件始终处于良好运行状态。

3.2 逻辑优化

3.2.1 简化逻辑控制回路

当前热工主保护系统逻辑回路存在冗余复杂的问题,过多的中间环节易引发信号延迟与误判。简化逻辑控制回路需梳理整合重复、低效的控制节点,减少不必要的逻辑判断步骤。例如,将串联的多级信号处理结构优化为并行处理,缩短信号传输路径;合并功能相近的逻辑模块,降低故障风险。通过精简回路,可有效提升逻辑响应速度,确保异常工况下保护系统能快速、准确动作。

3.2.2 引入容错逻辑

传统逻辑设计在应对异常工况时容错能力较弱,引入容错逻辑可改善这一现状。在逻辑中加入异常信号过滤与补偿机制,当检测到信号异常,系统自动判断是真实故障还是干扰。若为干扰信号,启用备用信号源或通过算法修复,避免误触发保护。同时设置多重判断条件,当某一逻辑分支故障时,其他分支仍可维持保护功能,增强系统在复杂工况下的可靠性。

3.2.3 逻辑仿真与验证

逻辑仿真与验证是确保优化后逻辑正确运行的必要环节。利用专业仿真软件搭建与实际系统高度匹配模型,模拟机组正常运行、异常及故障状态,全方位测试优化后的逻辑。通过仿真提前发现潜在漏洞,并结合现场运行数据校准模型。逻辑优化后,还需在机组小范围试运行阶段进行实际验证,对比仿真与实际数据,进一步完善逻辑设计,保障保护系统稳定运行。

3.3 取样独立性优化

3.3.1 独立取样管路设计

传统热工主保护系统中,多个保护装置共用同一取样管路,一旦管路堵塞、泄漏,将致使多个保护信号同时失效。独立取样管路设计要求为关键保护装置配备专属管路,各管路相互独立、互不干扰。如锅炉压力保护系统,为汽包压力、过热器压力等监测点分别设置独立管路,避免一处故障影响全局。同时,独立管路配置隔离阀与排污装置,便于日常维护检修,确保取样信号准确可靠,降低保护误动、拒动风险。

3.3.2 取样点布局优化

取样点布局不合理会导致采集数据失真,影响保护系统判断。优化取样点布局需结合设备运行特性与流体力学原理,科学选址。避免在管道弯头、阀门等涡流区域设置压力、流量取样点,应选在流体流动均匀处;温度取样点需深入介质内部。同时,合理增加取样点数量,构建多点监测网络,通过数据对比分析提升监测精度,使保护系统能精准捕捉设备运行状态变化,及时触发保护动作。

3.3.3 取样管路防堵措施

高温、高粉尘或含杂质介质易造成取样管路堵塞,影响系统运行。为解决该问题,优先选用耐腐蚀、内壁光滑的管路材质,减少杂质附着;在管路入口加装过滤器并定期清理更换。优化管路倾斜角度与走向,保持一定坡度促进介质流动、杂质排出,在低点设排污阀定期排污。针对易结晶、凝固介质,对管路采取伴热保温措施,防止介质凝结堵塞,保障取样管路畅通,确保信号稳定传输^[3]。

3.4 电源冗余配置优化

3.4.1 双电源冗余供电

传统单电源供电模式下,一旦电源故障,热工主保护系统将失去动力,直接导致保护功能失效。双电源冗余供电采用主电源与备用电源并行工作模式,主电源正常时承担供电任务,故障时备用电源自动无缝投入。如主电源取自厂用电系统,备用电源采用独立的不间断电源(UPS),两者相互独立,确保在各类电源故障场景下,保护系统持续稳定运行,避免因断电引发保护失效风险。

3.4.2 电源切换装置优化

部分火电厂电源切换装置存在响应迟缓、切换逻辑缺陷等问题。优化电源切换装置需提升其切换速度,确保主电源故障时,备用电源能在毫秒级时间内完成接入。同时完善切换逻辑,增加故障检测灵敏度,避免因短暂电压波动误触发切换。采用智能型切换控制器,实时监测电源状态,通过预投入技术减少切换瞬间的电压冲击,保障保护系统在电源切换过程中稳定运行,防止信号丢失或设备损坏。

3.4.3 电源管理优化

电源管理的无序会降低供电可靠性。电源管理优化需建立系统化监测机制,实时采集电源电压、电流、负载率等参数,通过数据分析预判电源故障隐患。制定科学的电源维护计划,定期检查UPS电池状态、切换装置性能。同时,明确电源配置标准,规范不同保护设备的供电等级,优先保障核心保护装置电力供应,提升电源系统整体可靠性和管理效率。

3.5 管理机制完善

3.5.1 标准化管理流程

当前火电厂热工主保护系统管理缺乏统一规范,不同部门操作标准不一,易引发管理混乱。建立标准化管理流程,需统一设备维护、参数设置、逻辑修改等操作规范,制定涵盖从设备采购、安装调试到退役全生命周期的管理细则。例如,明确硬件更换的审批流程、逻辑修改的验证标准,通过标准化流程减少人为操作失误,确保各环节有章可循,提升管理效率与系统运行稳定性。

3.5.2 人员培训与考核

部分工作人员对热工主保护系统原理及操作掌握不足,影响系统运维质量。人员培训与考核机制需针对不同岗位制定分层培训计划,新员工需系统学习基础理论与实操技能,老员工定期参与新技术、新规范培训。建立严格的考核制度,将理论测试与实操评估结合,考核结果与岗位晋升、绩效挂钩,确保工作人员熟练掌握系统运维要点,提高隐患识别与故障处理能力,为系统安全运行提供人力保障。

3.5.3 隐患排查与整改

现有隐患排查整改流程不健全,导致风险长期累积。完善隐患排查与整改机制,需构建常态化巡检体系,利用智能监测设备与人工巡检结合,全面排查硬件故障、逻辑漏洞等隐患。建立隐患分级管理制度,明确不同风险等级隐患的整改责任人和期限,运用信息化平台跟踪整改进度,确保隐患及时消除。定期开展隐患分析总结,优化排查策略,降低系统故障风险,保障热工主保护系统安全运行^[4]。

结束语

综上所述,火电厂热工主保护配置的优化改进是一项系统性工程,需从技术革新与管理强化双向发力。通过硬件冗余、逻辑优化、独立取样等技术措施,结合标准化管理、人员培训等机制完善,能够有效提升主保护系统的可靠性与安全性。未来,随着智能化技术的深入应用,热工主保护系统将向更智能、更可靠的方向发展。

参考文献

- [1]马明.提高火力发电厂热工保护可靠性方案与策略探究[J].中国高新区,2022(12):159.
- [2]吴迪.火电厂热工自动化的可靠性分析及提升措施[J].中国设备工程,2021(03):201-202.
- [3]郑永全.火电厂热工保护逻辑与设备优化[J].科技风,2022(24):192-193.
- [4]宋剑波.火电厂热控保护系统的可靠性分析与维护[J].现代工业经济和信息化,2022,7(16):43-45.