

DEH 系统在机组深度调峰下的控制性能提升研究

刘圣洁

江投国华信丰发电有限责任公司 江西 赣州 341606

摘要: 火电机组深度调峰对DEH系统控制性能提出更高要求。现有DEH系统在响应速度、调节精度、稳定性及抗干扰能力等方面存在短板。本文聚焦控制算法优化、硬件性能升级、系统参数适配及抗干扰能力强化等路径,通过重构调节逻辑、提升硬件适配性、建立动态参数模型及完善抗干扰机制等措施,提升DEH系统在深度调峰工况下的控制性能,保障机组宽负荷区间稳定运行,为火电机组灵活调峰提供技术支撑。

关键词: DEH系统; 深度调峰; 控制性能; 控制算法; 硬件升级

引言: 随着电力系统对火电机组灵活调峰需求的增加, 机组深度调峰成为重要运行模式。DEH系统作为汽轮机调节的核心, 其控制性能直接影响深度调峰的顺利实现。深度调峰工况下, 机组负荷波动频繁、参数波动大, 现有DEH系统在响应速度、调节精度及稳定性等方面难以完全适配。研究DEH系统在深度调峰下的控制性能提升路径, 对保障机组安全稳定运行、提升电力系统灵活性具有重要意义。

1 DEH系统核心构成与机组深度调峰的运行特性

1.1 DEH系统的核心构成与控制原理

DEH系统即数字电液调节系统, 是火电机组汽轮机调节的核心系统, 核心组成围绕调节、执行、监测三大模块展开, 涵盖数字控制器、电液转换装置、执行机构、监测组件及数据传输链路, 各模块协同运作实现汽轮机转速与负荷的精准调控。其控制原理以机组运行参数为核心依据, 通过监测组件捕捉汽轮机转速、负荷、汽压等关键参数, 经数字控制器进行信号处理与逻辑运算, 转化为控制指令传递至电液转换装置, 将电信号转换为液压信号, 驱动执行机构调整汽轮机调门开度, 改变进汽量以实现机组转速与负荷的动态调节。控制逻辑遵循汽轮机运行基本规律, 适配机组不同运行工况的调节需求, 是保障机组稳定运行的核心支撑。

1.2 机组深度调峰的运行工况特征

机组深度调峰是机组在低负荷区间进行负荷动态调整的运行模式, 其运行工况呈现鲜明特征, 与常规负荷运行存在显著差异^[1]。深度调峰工况下, 机组负荷需降至额定负荷的较低水平, 负荷波动频率与幅度显著增加, 对机组运行的稳定性提出更高要求。此时锅炉燃烧工况发生变化, 炉膛温度、汽压、汽温等参数易出现波动, 进而影响汽轮机运行状态。同时, 机组辅机运行负荷随之降低, 部分辅机可能进入非设计工况运行, 导致机组整

体运行特性发生改变。深度调峰工况下, 机组需在宽负荷范围内实现灵活调整, 兼顾负荷调整的快速性与运行的稳定性, 其工况特征符合火电机组深度调峰运行的技术特点与行业实践规律。

1.3 深度调峰对DEH系统控制性能的核心要求

深度调峰的特殊运行工况, 对DEH系统控制性能提出明确且严格的核心要求, 直接决定机组深度调峰的顺利实现。负荷调整的快速性是核心要求之一, 需DEH系统快速响应负荷指令, 及时调整调门开度, 跟上负荷波动节奏, 避免负荷偏差过大。控制精度需进一步提升, 低负荷区间机组运行参数波动较大, DEH系统需精准控制调门开度, 确保转速与负荷稳定在规定范围, 减少参数波动。系统需具备较强的适配性, 能够根据深度调峰过程中机组运行特性的变化, 动态调整控制参数, 适配不同负荷区间的调节需求。系统运行的稳定性至关重要, 需有效抵御参数波动带来的干扰, 避免出现控制失稳现象, 保障机组在深度调峰工况下持续稳定运行。

2 机组深度调峰下DEH系统控制性能的核心影响因素

2.1 DEH系统控制算法的影响

控制算法是DEH系统实施调节决策的核心依据, 其结构与参数设定直接关联机组深度调峰下控制性能的优劣。深度调峰工况下机组运行特性发生显著改变, 常规负荷下的控制算法难以完全适配低负荷区间的参数波动规律, 易导致调节逻辑与机组实际运行状态出现偏差。控制算法的运算逻辑需精准捕捉汽轮机转速、负荷、汽压等关键参数的变化趋势, 通过合理的信号处理与逻辑运算, 转化为适配深度调峰需求的控制指令^[2]。算法参数的整定需兼顾负荷调整的快速性与稳定性, 参数配置不合理易引发系统超调或响应迟缓, 影响机组在低负荷区间的调节品质。算法对机组动态过程的适配能力决定了深度调峰下DEH系统的调节灵活性, 其设计与运行逻辑

需紧密贴合火电机组宽负荷调节的技术规律，是影响控制性能的核心软件因素。

2.2 机组负荷波动对控制性能的影响

机组深度调峰过程中，负荷波动是引发DEH系统控制性能变化的关键外部因素。深度调峰工况下，机组需在额定负荷较低水平区间进行频繁且幅度较大的负荷调整，负荷波动频率与幅度显著高于常规运行工况，导致机组锅炉燃烧、汽压汽温等辅助参数随之发生连续变化。这些外部参数波动通过机组运行链路传递至DEH系统，增加系统调节压力与响应难度，干扰DEH系统对转速与负荷的稳定控制。负荷波动的幅度与变化速率直接影响DEH系统执行机构的调整频率与幅度，波动幅度较大时易引发系统参数超范围变化，速率过快则超出DEH系统常规调节能力，导致控制偏差增大。机组负荷波动的特性与深度调峰工况下的运行需求密切相关，对DEH系统控制性能的影响体现在调节过程的稳定性与精准性层面，是深度调峰下不可忽视的核心影响要素。

2.3 DEH系统硬件性能的影响

DEH系统硬件性能是保障控制指令有效执行的物质基础，硬件组件的设计参数与运行状态直接影响深度调峰下的控制效果。数字控制器作为核心运算单元，其数据处理能力与运算精度决定控制指令的生成质量，硬件算力不足易导致信号处理延迟，影响调节指令的及时性。电液转换装置负责电信号与液压信号的转化，其响应速度与转化精度直接关联执行机构的动作快慢，转化过程出现偏差会导致汽轮机调门开度调整不准确，进而影响负荷与转速控制。执行机构的机械性能决定调门调整的稳定性，硬件磨损或设计缺陷易引发执行滞后或动作不连贯，加剧控制偏差。硬件组件的适配性需匹配深度调峰工况下的调节需求，硬件性能的优劣直接影响DEH系统控制指令的传递效率与执行效果，是深度调峰下控制性能的重要硬件支撑因素。

2.4 系统参数匹配度的影响

系统参数匹配度涵盖DEH系统内部各模块参数之间、系统参数与机组运行特性之间的适配关系，是深度调峰下控制性能稳定的关键保障。DEH系统内部控制参数与执行机构参数需实现精准匹配，参数匹配失衡易引发调节逻辑与执行动作的不协调，导致调门开度调整与负荷需求出现偏差^[3]。系统监测参数与机组实际运行参数的匹配度决定信号采集的准确性，采集参数与机组真实状态存在偏差时，将误导控制算法的运算逻辑，影响控制指令的合理性。此外，DEH系统参数与深度调峰工况下机组锅炉、辅机等辅助系统参数的匹配度，影响机组整体

运行协同性，参数匹配不当易引发机组各系统之间的运行矛盾，传递至DEH系统层面导致控制性能波动。系统参数匹配度需结合深度调峰工况的特征动态调整，匹配关系的合理性直接关联DEH系统控制性能的优劣，是影响调节品质的核心内在因素。

3 DEH系统在深度调峰下控制性能的现存短板

3.1 控制响应速度不足的短板

控制响应速度不足是DEH系统在深度调峰下最突出的短板之一，直接影响机组负荷调整的及时性。深度调峰工况下，机组负荷波动频繁且幅度较大，需DEH系统快速响应负荷指令，及时调整汽轮机调门开度。现有DEH系统部分控制算法适配性不足，难以快速捕捉负荷波动趋势，信号处理与指令生成存在延迟，加之电液转换装置与执行机构的动作滞后，导致控制指令传递与执行过程耗时较长，无法及时跟上负荷调整节奏，进而影响机组深度调峰的灵活性，相关短板契合火电机组DEH系统低负荷运行的技术痛点。

3.2 负荷调节精度偏差的短板

负荷调节精度偏差是制约DEH系统控制性能的重要短板，在深度调峰低负荷区间表现更为明显。低负荷工况下，机组运行参数波动较大，锅炉燃烧稳定性下降，汽压、汽温等参数易出现波动，干扰DEH系统的调节逻辑。部分DEH系统控制参数整定不合理，无法适配深度调峰下宽负荷区间的运行特性，导致调门开度调整与负荷需求存在偏差，转速与负荷难以稳定在规定范围，调节精度无法满足深度调峰的运行要求，这一短板与DEH系统参数适配性不足密切相关。

3.3 系统稳定性不足的短板

系统稳定性不足是DEH系统在深度调峰下的核心短板，影响机组持续安全运行。深度调峰工况下，机组运行工况复杂多变，负荷频繁切换导致DEH系统各模块运行压力增加，控制逻辑易出现不协调现象。部分系统硬件老化或性能衰减，数字控制器运算稳定性下降，电液转换装置与执行机构动作连贯性不足，易引发控制指令执行偏差，导致系统出现波动，甚至出现短暂控制失稳，无法保障机组在低负荷区间的持续稳定运行，符合DEH系统长期运行的性能衰减规律。

3.4 系统抗干扰能力薄弱的短板

系统抗干扰能力薄弱进一步加剧DEH系统控制性能的不足，难以适应深度调峰的复杂工况。深度调峰下，机组辅机非设计工况运行、锅炉参数波动等因素，会产生大量干扰信号，通过数据传输链路影响DEH系统^[4]。现有部分DEH系统缺乏完善的抗干扰设计，信号滤波与降

噪能力不足,易受外部干扰信号影响,导致监测参数失真、控制指令偏差,进而引发调节精度下降、系统波动等问题,无法有效抵御复杂工况下的各类干扰,制约控制性能的稳定发挥。

4 DEH系统在机组深度调峰下的控制性能提升路径

4.1 控制算法的优化与改进

控制算法的优化与改进是提升DEH系统深度调峰下控制性能的核心路径,需立足深度调峰工况下机组运行特性的变化规律,重构适配宽负荷区间的调节逻辑。针对低负荷区间参数波动特征,优化算法对转速、负荷、汽压等关键参数的捕捉与处理机制,提升算法对参数变化趋势的动态感知能力,缩短信号响应与指令生成的耗时。引入适配深度调峰需求的改进型调节逻辑,平衡负荷调整的快速性与稳定性,避免出现超调或响应迟缓问题。完善算法的容错与自适应能力,使算法能够根据机组运行状态的动态变化自主调整参数,适配深度调峰下复杂多变的工况,优化算法整体运算效率与决策精准度。

4.2 DEH系统硬件性能的升级

DEH系统硬件性能的升级是保障控制指令高效执行的基础支撑,需围绕核心硬件组件的适配性与稳定性开展优化工作。升级数字控制器的硬件配置,提升数据处理精度与运算能力,确保在深度调峰工况下快速完成复杂信号的处理与逻辑运算,减少指令生成延迟。优化电液转换装置的响应特性与转化精度,降低转化过程中的偏差,保障执行机构精准跟随控制指令。升级执行机构的硬件性能,提升调门开度调整的灵活性与稳定性,减少机械层面的动作滞后,同时强化硬件组件的耐用性与抗衰减能力,构建适配深度调峰需求的硬件支撑体系。

4.3 系统参数的适配与优化

系统参数的适配与优化是实现DEH系统与深度调峰工况协同运行的关键,需结合机组宽负荷运行特征,建立动态化的参数适配机制。梳理DEH系统内部各模块参数与机组关联系统参数的匹配关系,针对低负荷区间运行特点,重新整定关键控制参数,优化参数配置合理性。构建参数动态适配模型,根据机组负荷变化、工况切换

等实际情况,实时调整相关参数,使DEH系统参数始终与深度调峰运行需求相契合。优化系统监测参数的匹配度,提升参数采集的精准性与时效性,为控制算法提供可靠的数据支撑,消除参数不协调带来的控制偏差。

4.4 系统抗干扰能力的强化

系统抗干扰能力的强化是DEH系统在深度调峰复杂工况下稳定运行的重要保障,需从硬件设计与软件防护两个层面开展提升工作。优化硬件系统的抗干扰设计,提升信号传输链路的抗干扰能力,减少外部干扰信号对监测数据与控制指令的影响^[9]。完善软件层面的抗干扰机制,优化信号滤波与降噪算法,提升系统对干扰信号的识别与过滤能力,避免干扰信号误导控制算法运算逻辑。强化DEH系统与机组辅机、锅炉等系统的协同抗干扰设计,降低外部工况波动引发的干扰风险,保障控制性能稳定发挥。

结束语

DEH系统控制性能的提升需从算法优化、硬件升级、参数适配及抗干扰强化等多维度协同推进。通过重构适配深度调峰工况的控制算法,升级核心硬件组件性能,建立动态参数匹配机制,并完善系统抗干扰设计,可有效弥补现有系统在响应速度、调节精度及稳定性等方面的短板。相关技术路径的实施需结合机组实际运行特性,通过持续优化与迭代,实现DEH系统与深度调峰工况的深度协同,为火电机组宽负荷区间稳定运行提供可靠保障。

参考文献

- [1]张海龙,刘兴,杨辉,等.深度调峰对动叶可调轴流送风机影响分析[J].电站系统工程,2025,41(01):22-26.
- [2]薛建敏.电厂深度调峰及节能优化控制技术改造[J].电力设备管理,2024,(24):249-251.
- [3]陈建勋.深度调峰下的火电机组变负荷过程蒸汽参数反馈特性研究[J].电器工业,2023(10):45-47+70.
- [4]冯文嵩.火电机组深度调峰改造项目风险管理研究[J].大陆桥视野,2023(09):131-132.
- [5]任燕燕,曹惠琳,姜海岩等.基于聚类的火电机组深度调峰负荷优化分配研究[J].热力发电,2023,52(09):48-57.