

我国火力发电厂电气-热控一体化控制技术分析

汪 意

江西赣能股份有限公司丰城发电厂 江西 丰城 331100

摘要: 在能源需求持续增长与电力行业追求高效稳定发展的背景下, 火力发电作为重要的电力供应方式, 其运行的优化至关重要。电气-热控一体化控制技术作为提升火力发电厂性能的关键, 融合了电气与热控两大核心领域, 对发电过程的精细化管控起着决定性作用。深入剖析该技术的现状、问题及优化方向, 对于推动火力发电行业的技术革新与可持续发展具有深远意义。

关键词: 火力发电厂; 电气-热控一体化; 控制技术

引言

本文探讨火力发电厂电气-热控一体化控制技术。该技术由电气控制与热控控制通过通信网络协同构成。当前, 存在电气设备老化、自动化不足、热控传感器精度下降、控制策略局限以及电气热控协调不畅等问题。为优化该技术, 明确以发电效率、电能质量、系统可靠性为指标, 实施一体化集成设计与通信机制完善, 并采用先进信号处理技术。研究旨在提升火力发电系统的整体效能与稳定性。

1 火力发电厂电气-热控一体化控制技术的组成

1.1 电气控制系统组成

(1) 发电机控制系统。发电机作为火力发电厂的核心发电设备, 其控制系统至关重要。该系统主要负责对发电机的有功功率和无功功率进行调节。通过自动电压调节器, 可以根据电网电压的变化以及发电机自身的运行状态, 自动调整励磁电流, 从而实现对发电机输出电压和无功功率的精确控制。例如, 当电网电压下降时, AVR会增加励磁电流, 使发电机输出电压回升, 以维持电网的电压稳定。同时, 发电机的有功功率调节则与汽轮机的调速系统密切相关。通过控制汽轮机的进汽量, 改变汽轮机的转速, 进而调整发电机的输出有功功率, 以满足电网的负荷需求。(2) 厂用电系统。厂用电系统为火力发电厂内的各种辅助设备提供电力支持。它涵盖了众多不同电压等级的配电装置, 如6kV、380V等。这些配电装置将发电机发出的电能进行分配, 为诸如给水泵、送风机、引风机等重要辅助设备供电。厂用电系统的可靠性直接影响到整个火力发电厂的正常运行。为确保其可靠性, 通常采用双电源或多电源供电方式, 并配备备用电源自动投入装置。当工作电源出现故障时, BZT能够迅速将备用电源投入运行, 保障辅助设备的持续供电, 避免因厂用电中断而导致机组停机。(3) 电气保护

系统。电气保护系统是保障电气设备安全运行的重要防线。它包括针对发电机、变压器、输电线路等各种电气设备的保护装置。例如, 发电机的差动保护能够快速检测出发电机内部绕组的相间短路故障, 并迅速动作切除故障, 防止故障进一步扩大, 保护发电机的安全。变压器的瓦斯保护则用于检测变压器内部的故障, 当变压器内部发生轻微故障时, 瓦斯保护会发出报警信号; 当发生严重故障时, 会立即跳闸切除变压器, 避免变压器遭受更大的损坏。这些保护装置通过对电气量的实时监测和分析, 一旦发现异常, 便迅速动作, 确保电气设备的安全可靠运行。

1.2 热控控制系统组成

(1) 分散控制系统。DCS作为热控控制系统的核心, 运用分散控制、集中管理架构, 借助高速网络将分散于现场的控制站、操作站与工程师站无缝连接。控制站承担关键职责, 高频采集温度、压力、流量等热工参数, 依据既定控制策略精准调控执行机构。以锅炉燃烧控制为例, DCS依据负荷需求, 精准采集炉膛温度、蒸汽压力、氧量等, 经复杂控制算法算出适配的燃料量与风量, 精确调控给煤机和风机, 保障锅炉高效稳定燃烧。操作站为人机交互提供直观界面, 便于运行人员实时监控与操作。工程师站则用于系统组态、调试及维护, 依据生产需求灵活扩展与优化系统功能。(2) 可编程逻辑控制器。PLC在热控控制系统中主要用于实现一些逻辑控制功能。它具有可靠性高、编程灵活、抗干扰能力强等优点。在火力发电厂中, PLC常用于对一些顺序控制要求较高的设备进行控制, 如输煤系统、除灰除渣系统等。以输煤系统为例, PLC可以根据预先设定的工艺流程, 控制皮带输送机、给煤机、除铁器等设备的启动和停止顺序, 实现输煤过程的自动化控制。同时, PLC还能够对设备的运行状态进行实时监测, 当出现故障时, 能

够及时发出报警信号,并采取相应的保护措施,确保输煤系统的安全运行。(3)现场仪表。现场仪表是热控控制系统获取现场热工参数的重要手段。它包括温度传感器、压力传感器、流量传感器、液位传感器等各种类型的传感器,以及调节阀、执行器等执行机构。温度传感器用于测量各种介质的温度,如锅炉蒸汽温度、汽轮机润滑油温度等;压力传感器用于测量管道内流体的压力,如给水压力、炉膛压力等。这些传感器将测量到的物理量转换为电信号,传输给DCS或PLC进行处理。调节阀和执行器则根据控制系统发出的控制信号,对介质的流量、压力等进行调节,以实现对热工过程的精确控制^[1]。例如,通过调节给水调节阀的开度,可以控制进入锅炉的给水量,维持汽包水位在正常范围内。

2 火力发电厂电气热控一体化控制技术的问题

2.1 电气控制技术应用问题

在电气控制技术的实际应用中,存在着设备老化与技术更新不及时的问题。部分火力发电厂的电气设备运行时间较长,设备的电气元件逐渐老化,性能下降,如继电器的触点磨损、接触器的线圈老化等,这可能导致设备的控制精度降低,动作可靠性变差,容易出现误动作或拒动作的情况。同时,随着电力技术的不断发展,新型的电气控制技术和设备不断涌现,而一些电厂由于资金或观念等原因,未能及时对电气控制系统进行升级改造,仍然沿用传统的控制方式,无法充分发挥现代电气控制技术的优势,难以满足日益增长的发电需求以及对电能质量的高要求。此外,电气控制的自动化水平有待进一步提高。虽然目前许多火力发电厂已经实现了一定程度的自动化控制,但在一些复杂工况下,自动化系统的自适应能力不足。例如,在电网负荷发生剧烈变化时,电气控制系统不能快速、准确地调整发电机的输出功率,导致电网电压和频率出现较大波动,影响电力系统的稳定性。而且,电气控制系统的故障诊断功能也不够完善,当设备出现故障时,系统往往只能提供一些简单的故障报警信息,难以快速定位故障点和分析故障原因,增加了设备维护的难度和时间成本。

2.2 热控控制技术应用问题

在热控控制技术于火力发电领域的应用进程中,面临着诸多严峻挑战。传感器精度与可靠性首当其冲,热工参数精准测量是热控系统精准调控的基石。然而,部分热控传感器在长期经受高温、高压、腐蚀等恶劣工况侵蚀后,性能急剧下滑。以热电偶为例,于高温环境中持续服役,其热电特性逐渐漂移,致使温度测量产生明显偏差;压力传感器的膜片,因长时间承受压力而产生

不可逆变形,严重干扰压力测量的准确性。传感器精度的衰减,直接致使热控系统控制信号畸变,极大地威胁到整个热力系统运行的稳定性。热控系统的控制策略亦存在显著短板。传统热控多依赖常规PID控制算法,在简单工况下尚可维持一定控制效果,但面对火力发电系统所呈现的大惯性、大滞后、强耦合等复杂特性,PID控制难以企及高精度控制需求。当热力系统运行工况大幅变动时,PID控制器无法迅速自适应调整控制参数,致使控制效果恶化,甚至引发系统剧烈振荡。此外,在工况切换场景中,现有控制策略缺乏灵活性与智能性,无法依据实时运行状态自主优化,严重制约了热力系统整体性能的提升。

2.3 电气热控协调问题

在火力发电体系中,电气系统与热控系统协同运作的问题凸显。因二者专业领域各异,系统设计及建设阶段,跨专业沟通与协同机制缺失,致使接口设计不规范,数据交互链路存在阻滞。例如,电气系统输出的发电机有功、无功功率这类关键电气参数,无法及时且精确地传输至热控系统,热控系统决策时因信息不完整,难以精准调控热力系统。热控系统的蒸汽温度、压力等热工参数,对电气系统运行影响重大。但由于协调机制不完善,电气系统难以及时依据热工参数变化调整控制策略,极易诱发电气与热力设备间的运行冲突。更为关键的是,电气热控一体化系统的稳定性深受协调问题掣肘。一旦电气或热控系统一方出现故障,因缺乏高效协调机制,故障会在两系统间迅速传播^[2]。如热控系统的温度传感器故障输出错误信号,热控系统据此调整控制,引发蒸汽流量、压力异常,进而冲击电气系统中发电机的运行,甚至可能触发发电机跳闸,严重威胁电力生产安全。

3 火力发电厂电气-热控一体化控制技术的优化对策

3.1 明确控制技术优化指标

为实现火力发电厂电气-热控一体化控制技术的优化,首先需要明确清晰、合理的优化指标。在发电效率方面,以提高单位时间内的发电量且降低单位发电量的能耗为目标。通过优化电气控制参数与热控运行策略,使发电机在最佳工况下运行,提高能量转换效率,减少能源浪费。例如,精确控制锅炉的燃烧过程,使燃料充分燃烧,提高蒸汽的产生效率,进而带动汽轮机更高效地发电。同时,优化厂用电系统的运行方式,降低厂用电率,使更多的电能能够输送到电网中。在电能质量方面,将发电机输出电压的稳定性、频率的准确性以及谐波含量的控制作为重要指标。通过优化电气励磁控制和

调速系统,确保发电机输出电压在规定的范围内波动,频率稳定在50Hz附近,减少电压波动和频率偏差对电网及用电设备的影响。并且,采用先进的电力电子技术和滤波装置,降低发电机输出电能中的谐波含量,提高电能质量,满足现代电力系统对高质量电能的需求。对于系统的可靠性,以降低设备故障率、减少非计划停机时间为指标。通过加强设备的日常维护与管理,采用状态监测技术实时监测电气设备和热控设备的运行状态,提前发现潜在的故障隐患并及时处理。同时,优化控制系统的冗余设计,确保在某个设备或子系统出现故障时,系统能够自动切换到备用设备或冗余通道,维持正常运行,提高整个火力发电系统的可靠性和稳定性。

3.2 注重一体化控制的实施

在一体化控制实施过程中,加强电气与热控系统的集成设计至关重要。从系统的整体架构出发,打破电气和热控专业之间的壁垒,统一规划和设计控制系统。采用统一的硬件平台和软件系统,实现电气和热控数据的集中采集、存储与处理。例如,选用高性能的可编程逻辑控制器或分散控制系统作为一体化控制的核心设备,该设备能够同时处理电气和热工信号,通过合理配置输入输出模块,实现对各种电气参数和热工参数的精确采集和控制指令的准确输出。同时,开发统一的监控软件界面,使运行人员能够在同一操作界面上对电气和热控系统进行实时监控和操作,提高操作的便捷性和效率。此外,完善电气热控之间的通信机制也是关键。选用高速、可靠的通信网络,如工业以太网,并采用先进的通信协议,确保数据传输的准确性、及时性和完整性。对通信网络进行冗余设计,设置多条通信链路,当一条链路出现故障时,数据能够自动切换到备用链路进行传输,保证电气和热控系统之间的数据交互不间断。同时,建立严格的数据通信规范,明确电气和热控系统之间数据传输的格式、内容、优先级等,避免因数据格式不统一或通信冲突导致数据传输错误或丢失,从而保障电气热控一体化控制系统的稳定运行。

3.3 电气热控高速信号处理

为实现电气热控高速信号处理,采用先进的信号处理技术和设备是必要手段。在硬件方面,选用高速、高精度的信号采集模块和数据处理芯片。例如,采用具有高速采样率的模数转换器,能够快速将模拟的电气信号和热工信号转换为数字信号,并且保证转换精度,减少信号采集过程中的误差。同时,配备高性能的数字信号处理器,其强大的数据处理能力能够对大量的实时数据进行快速运算和分析,满足电气热控一体化控制系统对高速信号处理的要求。在软件算法方面,运用先进的数字滤波算法和信号分析算法。通过数字滤波算法,去除信号中的噪声和干扰,提高信号的质量^[1]。例如,采用卡尔曼滤波算法,能够根据信号的历史数据和当前测量值,对信号进行最优估计,有效滤除噪声,得到更准确的信号值。同时,利用傅里叶变换、小波分析等信号分析算法,对电气和热工信号进行频域和时域分析,提取信号中的特征信息,为控制系统提供更丰富、准确的决策依据。通过硬件与软件的协同优化,实现电气热控高速信号的高效处理,提升一体化控制系统的响应速度和控制精度。

结束语

综上所述,火力发电厂电气-热控一体化控制技术虽面临诸多挑战,但通过明确优化指标、推进一体化实施以及改进信号处理技术等措施,有望实现显著突破。未来,随着技术的不断进步与创新,电气-热控一体化控制技术将更加成熟,进一步提高火力发电的效率、电能质量与可靠性,为电力行业的稳定发展注入强大动力,在能源领域发挥更为关键的支撑作用。

参考文献

- [1]黄峻骁.火力发电厂电气-热控一体化控制技术分析[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2022(2):4.
- [2]张亚杰.火力发电厂的热控保护技术及实施要点分析[J].中国高新科技,2021,(14):25-26.
- [3]王海欢.ECMS和DCS一体化监控在火电厂脱硫工程中的应用[J].科技与创新,2022(22):153-155+159.