

发电厂热工自动控制系统抗干扰能力提升与参数优化

周福明

辽宁红沿河核电有限公司 辽宁 大连 116000

摘要: 发电厂热工自动控制系统受电磁、机械振动、信号传输等干扰,影响运行。提升策略包括硬件、软件抗干扰措施及设备布局安装优化,还需优化控制算法、系统阈值、采样与控制周期等参数。实施后通过性能指标评估、运行数据分析评估效果,并探索融合人工智能等新技术,推动系统智能化、高效化。

关键词: 发电厂; 热工自动控制系统; 抗干扰能力; 参数优化

引言: 在发电厂运行中,热工自动控制系统是保障设备稳定运行、实现高效生产的核心环节。然而,该系统面临着电磁干扰、机械振动干扰、信号传输干扰等诸多挑战,干扰因素严重影响系统的控制精度与稳定性。为提升系统性能,需从硬件、软件、设备布局安装等多方面采取抗干扰措施,优化控制参数,并建立科学的评估体系。积极探索新技术融合,推动系统向智能化、高效化发展,已成为发电厂热工自动控制系统发展的必然趋势。

1 发电厂热工自动控制系统干扰源分析

1.1 电磁干扰

发电厂内存在大量高压电气设备、大功率变频器以及频繁启停的电机,这些设备在运行过程中会产生复杂且强烈的电磁干扰。高压电气设备在运行时,由于电流的快速变化和电场的剧烈波动,会产生高频谐波。这些高频谐波以空间辐射或线路传导的方式向周围空间扩散。例如,高压输电线周围会形成强大的电磁场,当附近的传感器信号线路处于该电磁场中时,就会发生耦合干扰。传感器原本精确采集的设备运行参数信号,会因这种耦合干扰而混入额外的电磁噪声,导致测量数据出现偏差。大功率变频器在调节电机转速和功率时,会产生瞬态脉冲。这些瞬态脉冲具有很高的能量和快速的上升沿,能够轻易地通过线路传导进入控制系统的信号传输线路和控制设备。一旦侵入,会破坏信号的完整性,使控制系统接收到的信号与实际信号不符,从而影响系统对设备运行状态的准确判断,可能导致错误的控制决策,威胁发电设备的正常运行。

1.2 机械振动干扰

发电厂中的锅炉、汽轮机等大型设备在运行过程中会产生剧烈的机械振动。这些振动具有较大的振幅和复杂的频率成分,会对安装在设备附近的传感器、执行机构等控制元件产生多方面的影响。持续的机械振动可能

导致传感器安装松动。传感器通常需要精确的安装位置和固定的安装方式来保证其采集信号的准确性。一旦安装松动,传感器与被测物体之间的相对位置发生变化,采集到的信号就会出现波动。例如,温度传感器安装松动后,其测量值可能会随着振动而上下波动,无法真实反映设备的实际温度。同时,机械振动还会引起连接线路的疲劳损伤。控制系统的信号传输线路在长期振动作用下,会出现绝缘层磨损、导线断裂等问题,增加信号传输的不稳定因素。线路的损伤会导致信号在传输过程中出现衰减、失真等情况,降低控制系统的可靠性,严重时甚至会导致信号中断,使控制系统失去对设备的有效控制^[1]。

1.3 信号传输干扰

在热工自动控制系统中,传感器采集的信号需要经过长距离电缆传输至控制装置。在这个传输过程中,电缆会受到周围复杂电磁环境的影响。周围的电磁场会在电缆中感应出电动势,导致信号衰减和畸变。例如,在靠近高压电缆或大功率电机的区域,传感器信号电缆可能会受到强烈的电磁干扰,使得传输到控制装置的信号强度减弱,波形发生改变,从而影响控制系统对信号的准确识别和处理。此外,当模拟信号与数字信号在同一电缆中传输时,会因相互干扰产生串扰现象。模拟信号是连续变化的物理量,而数字信号是离散的脉冲序列。它们在传输过程中,由于电磁耦合作用,数字信号的脉冲可能会干扰模拟信号,使模拟信号出现额外的噪声和波动;反之,模拟信号也可能影响数字信号的判断,导致控制系统无法准确获取和处理有效信息,进而影响控制指令的精准执行,降低整个热工自动控制系统的性能。

2 热工自动控制系统抗干扰能力提升策略

2.1 硬件抗干扰措施

(1) 屏蔽与接地优化: 采用双层屏蔽电缆传输信号,外层屏蔽抵御外界强电磁干扰,内层屏蔽防止信号

间串扰。同时,优化接地系统设计,采用单点接地或多点接地相结合的方式,确保控制设备、电缆屏蔽层等可靠接地。合理降低接地电阻,有效疏导干扰电流,减少地电位差引起的干扰,提升系统电磁兼容性。(2)滤波电路设计:在信号输入输出端加装针对性滤波电路。针对高频干扰,设置低通滤波器,允许低频有用信号通过,抑制高频噪声;对于电源线路中的干扰,采用电源滤波器滤除电源杂波;通过设计带通滤波器,选取特定频段信号,增强信号抗干扰能力,提高信号质量。(3)隔离技术应用:利用光电耦合器、隔离变压器等隔离器件实现信号的电气隔离。光电耦合器通过光信号传输,切断干扰信号的传导路径,使输入输出电路在电气上完全隔离;隔离变压器则可有效隔离电源中的干扰成分,确保控制系统供电稳定,降低干扰对系统的影响。

2.2 软件抗干扰措施

(1)数字滤波算法应用:在控制系统软件中嵌入数字滤波算法,如平均值滤波、中值滤波、卡尔曼滤波等。平均值滤波对多次采样数据取平均,平滑随机干扰;中值滤波通过排序取中间值,有效消除脉冲干扰;卡尔曼滤波基于状态空间模型,对信号进行最优估计,提高信号处理的准确性与稳定性。(2)软件冗余设计:实施指令冗余、程序冗余与数据冗余策略。在关键程序段插入空操作指令,防止程序跑飞;对重要程序模块进行重复编写,当一处程序出现错误时,另一处可继续执行;对关键数据进行备份存储,当数据受干扰出错时,可快速调用备份数据恢复系统正常运行,增强系统容错能力。(3)抗干扰程序编写:开发专门的抗干扰程序,对输入信号进行合法性校验与异常处理。通过设定信号阈值、判断信号变化趋势等方式,识别并剔除干扰信号。当检测到异常信号时,系统自动采取信号恢复措施或发出报警提示,避免因干扰导致的误动作^[2]。

2.3 设备布局与安装优化

在发电厂热工自动控制系统中,设备布局与安装的合理性直接影响系统运行的稳定性与可靠性。(1)合理规划控制系统设备布局至关重要。将强电设备与弱电设备分区安装并保持安全距离,能有效减少强电设备运行时产生的电磁场对弱电信号的电磁耦合干扰,保障弱电信号传输的准确性。(2)传感器和执行机构安装时,采用减震底座与柔性连接方式,可显著降低锅炉、汽轮机等大型设备运行产生的机械振动影响,避免因振动导致传感器安装松动、信号波动以及连接线路疲劳损伤等问题。同时,要避开高温、潮湿或强电磁环境区域安装设备,防止这些恶劣环境对设备造成损害。(3)电缆铺设

环节,严格遵循布线规范,动力电缆与信号电缆分层、分槽铺设,不同类型信号电缆保持一定间距,能最大程度减少信号间的相互干扰,确保控制系统准确获取和处理有效信息,保障控制指令的精准执行。

3 热工自动控制系统参数优化方法

3.1 控制算法参数优化

在发电厂热工自动控制领域,控制算法参数优化是保障系统高性能运行的关键环节。以经典的比例-积分-微分(PID)控制算法为例,其参数优化需紧密结合被控对象特性与控制目标。(1)比例系数(K_p)、积分时间(T_i)、微分时间(T_d)这三个参数对系统性能有着决定性影响。 K_p 主要影响系统的响应速度和超调量,增大 K_p 可加快响应,但可能引发较大超调; T_i 用于消除系统的稳态误差,确保输出精准跟随设定值; T_d 则能改善系统的动态性能,提前抑制偏差变化。(2)优化时,先通过理论计算初步圈定参数范围,再运用试凑法、临界比例度法等在现场进行细致调试。经过反复调整,使 K_p 、 T_i 、 T_d 达到最佳匹配状态,进而实现热工自动控制系统快速响应、精准控制以及稳定运行,为发电厂的安全高效生产提供坚实保障。

3.2 系统阈值参数设定

在发电厂热工自动控制系统中,科学设定系统阈值参数是保障系统安全稳定运行的核心要点之一。温度、压力、流量等关键参数的报警阈值与控制动作阈值设定至关重要。(1)设定过程中,需全面考量设备的安全运行范围,确保参数在极限值前触发相应动作,防止设备损坏;紧密贴合工艺要求,保证生产过程符合质量标准;同时兼顾控制系统的调节能力,避免因阈值设定超出系统调节限度而无法有效控制。(2)通过理论分析明确参数的基本边界,再结合实际运行数据统计,精准确定合理阈值。阈值设定要平衡灵敏度与可靠性,若阈值过小,系统会频繁报警、误动作,干扰正常生产;若阈值过大,则可能延误对异常情况的处理,引发严重后果。

3.3 采样周期与控制周期优化

在发电厂热工自动控制系统中,采样周期与控制周期的优化是提升系统性能的关键环节。(1)系统动态特性与控制精度要求是合理选择信号采样周期的重要依据。若采样周期过短,系统需处理海量数据,运算负担急剧增加,还可能引入更多噪声干扰,影响控制精度;而采样周期过长,系统无法及时捕捉被控对象的变化,导致响应滞后,控制效果大打折扣。(2)控制周期的确定需与采样周期紧密匹配,同时要综合考虑控制算法的执行时间。通过仿真分析模拟不同周期下的系统运行情

况，再结合现场试验进行验证和调整。最终目标是找到最优的采样与控制周期组合，在确保系统实时响应、精准控制的同时，有效降低数据处理压力，提高系统整体的稳定性、可靠性和运行效率，为发电厂的安全稳定生产提供有力保障。

4 实施效果评估与持续改进

4.1 性能指标评估

在发电厂热工自动控制系统优化进程中，建立科学完备的系统性能评估指标体系是关键基础。该体系全面涵盖控制精度、响应时间、稳定性、抗干扰能力等多个核心维度，能够从不同角度精准刻画系统的运行状态与性能水平。在实际评估过程中，通过对比采取抗干扰措施以及进行参数优化前后的指标数据，可实现对改进效果的量化评估。比如，在评估抗干扰能力提升程度时，测量系统在复杂干扰环境下的输出波动范围，波动范围越小，表明抗干扰能力越强；在衡量控制性能改善情况时，记录设定值变化时系统的响应时间与超调量，响应时间越短、超调量越小，说明控制性能越优。这些量化评估结果为进一步优化系统提供了坚实的数据支撑，有助于持续提升热工自动控制系统的性能^[3]。

4.2 运行数据分析

在发电厂热工自动控制系统的运维管理中，运行数据分析是挖掘系统潜力、实现动态优化的重要手段。（1）借助先进的数据分析工具，对系统运行数据进行深度剖析，能够精准把握设备运行参数的变化趋势。通过长期跟踪温度、压力、流量等关键参数，可及时发现参数的异常波动，为设备故障的早期预警提供线索。（2）深入分析干扰信号的出现规律，有助于明确干扰源的特征和作用机制，为制定针对性的抗干扰措施提供方向。此外，研究参数调整对系统的影响，能清晰了解各参数之间的耦合关系，避免盲目调整。（3）通过建立科学的数据模型，对系统运行状态进行模拟和预测，提前发现潜在问题。基于这些分析结果，可对后续的抗干扰措施进行优化，精准调整控制参数，实现热工自动控制系统的持续改进和高效运行。

4.3 新技术融合探索

在发电厂热工自动控制系统不断发展的进程中，积极关注并探索自动化控制领域的新技术，是实现系统升级与突破的关键路径。（1）人工智能、机器学习等前沿技术为热工自动控制系统带来了新的发展契机。利用人工智能算法，系统能够对复杂多变的干扰信号进行智能识别与精准分类处理。不同于传统方法，它能快速区分不同类型的干扰，并采取针对性的抑制策略，大大提高系统的抗干扰能力。（2）机器学习技术则可对系统运行数据进行深度学习训练。通过对大量历史数据和实时数据的分析，系统能够自动感知运行状态的变化，实现参数的自适应调整与优化。这不仅能提升系统的控制精度和响应速度，还能降低人工干预的频率。（3）新技术融合将推动热工自动控制系统向智能化、高效化方向迈进，为发电厂的安全稳定运行和能源高效利用提供强有力的支持。

结束语

发电厂热工自动控制系统的稳定运行关乎发电厂的安全与高效生产。通过深入分析干扰源并针对性地采取硬件、软件抗干扰措施，优化设备布局与安装、系统参数，能有效提升系统性能。实施效果评估与持续改进环节中，性能指标评估、运行数据分析以及新技术融合探索，为系统优化提供依据与方向。未来，需持续探索新技术应用，不断优化系统，以适应发电厂日益复杂多变的运行需求。

参考文献

- [1]廖常超,周兰,潘昌忠,等.基于等价输入干扰补偿的改进型重复控制系统参数优化设计[J].控制理论与应用.2022,39(4).
- [2]刘炜,恒庆海.带有终端约束的模型预测控制器设计[J].信息技术与信息化.2021,(9).
- [3]王晓兰,侯天玉,官玮丽,等.基于Tube不变集的直流微电网鲁棒模型预测控制[J].电力系统保护与控制.2020,(17).