

反馈控制在单元机组协调控制系统的实践

马全秀, 周锦扬, 王鑫

华能兰州热电有限责任公司, 甘肃 兰州 730104

摘要: 反馈控制是单元机组协调控制系统中不可或缺的一部分, 其主要目的是确保机组运行的稳定性和经济性。通过实时监测机组的运行参数, 并将这些参数与设定的目标值进行比较, 反馈控制系统能够及时发现偏差并采取相应的调节措施, 以纠正这些偏差。基于此本文首先对反馈控制的相关内容进行概述, 随后说明反馈控制技术应用的意義, 并针对实际应用中存在的问题, 提出了针对性的实践策略, 期望能为反馈控制系统在单元机组协调控制系统中的应用提供帮助。

关键词: 反馈控制; 单元机组; 协调控制系统

Feedback Control in the Practice of Unit Coordination Control System

Ma Quanxiu, Zhou Jinyang, Wang Xin

Huaneng Lanzhou Thermal power Co., LTD. Lanzhou, Gansu 730104

Abstract: Feedback control is an indispensable part of the unit coordination control system, and its main purpose is to ensure the stability and economy of the unit operation. By monitoring the operating parameters of the unit in real time and comparing these parameters with the set target values, the feedback control system can detect the deviations in time and take corresponding adjustment measures to correct these deviations. Based on this, this paper first summarizes the relevant content of feedback control, then explains the significance of feedback control technology application, and according to the problems existing in practical application, puts forward targeted practical strategies, which is expected to provide help for the application of feedback control system in the unit coordination control system.

Keywords: feedback control; unit unit; coordination control system

引言

在现代电力工业中, 单元机组协调控制系统是保证发电效率和安全运行的关键技术之一。随着电力需求的不断增长和电网运行复杂性的增加, 对机组控制系统的性能要求也越来越高。反馈控制作为协调控制系统的核心, 其作用不容忽视。它通过连续监测和调整, 确保机组在各种工况下都能保持在最佳运行状态。然而在实际应用中, 反馈控制系统面临着诸多挑战。例如机组运行环境的复杂多变可能导致控制参数的频繁波动, 而传统反馈控制策略可能无法及时适应这些变化。

一、反馈控制的相关内容概述

(一) 反馈控制的定义和目的

反馈控制是一种通过监测系统输出并将其与期望目标进行比较, 然后根据比较结果调整系统输入以纠正偏差的控制方法。在当下大多数企业的实际应用中, 应用的主要目的是确保系统能够达到或维持在期望的性能水平上。常见的反馈控制通常用于各种系统, 包括工程、经济、生物和社会系统。同样的在经济领域, 反馈控制也可以发挥作用。例如一个国家的中央银行可能会设定通货膨胀率的目标比如2%。为了达到这个目标, 中央银行会监测当前的通货膨胀率, 并根据这个数据调整货币政策。如果通货膨胀

率高于2%中央银行可能会提高利率以减少货币供应, 从而降低通货膨胀率^[1]。

(二) 反馈控制与前馈控制的比较

相较于前馈控制而言, 反馈控制是一种更为常见的控制方式, 在应用中它侧重于在活动或过程结束后进行评估和调整。具体而言反馈控制的核心在于通过观察结果与预期目标之间的差异, 来识别问题、分析原因, 并采取相应的纠正措施。这种控制方式依赖于对过去行为的回顾和总结, 因此它通常在活动或项目完成后才开始发挥作用。反馈控制的一个显著优点是, 它能够提供实际结果与预期目标之间的具体差异, 从而为决策者提供宝贵的信息, 帮助他们更好地理解问题所在, 并制定出更有效的改进措施^[2]。

二、反馈控制在单元机组协调控制系统中应用的作用

（一）提高机组响应速度与稳定性

反馈控制在单元机组协调控制系统中的应用，对于提高机组的响应速度与稳定性具有至关重要的意义。这是因为这一方法在企业生产当中，可以通过实时监测机组运行状态并将这些信息反馈给控制系统，来帮助工作人员实现对机组运行参数的精确调整，从而确保机组在各种工况下都能保持最佳性能。在实际的应用中提高机组响应速度是反馈控制的一个显著优势。例如在电力系统中，电网负荷是不断变化的，这就要求发电机组能够迅速响应这些变化，以维持电网的稳定。而在运行中如果电网负荷突然增加时，反馈控制系统能够迅速检测到这一变化，并指令机组增加输出功率。通过反馈控制，机组可以在几秒钟内调整燃烧率和汽轮机的进汽量，从而快速提升发电量，满足电网需求^[9]。

（二）优化负荷分配与经济运行

在当下的工业化和智能化水平不断提升背景之下，使得现在反馈控制在单元机组协调控制系统中的应用变得越来越重要。在电力系统的运行当中，反馈控制通过实时监测系统输出，并将其与期望值进行比较，从而调整控制输入，以确保系统稳定运行并达到预期性能。在电力生产领域特别是在单元机组协调控制系统中，反馈控制的作用尤为显著，它不仅保证了机组的安全稳定运行，还优化了负荷分配与经济运行。具体而言在生产当中，反馈控制能够实时监测机组的输出功率，并与电网调度中心下达的负荷指令进行比较。如果发现实际输出功率与指令存在偏差，反馈控制系统会自动调整燃料供应量、给水流量、送风量等关键参数，以确保机组输出功率迅速且准确地跟踪负荷指令。这种快速响应能力不仅提高了电网的稳定性，还减少了因负荷波动引起的能源浪费^[10]。

（三）增强系统抗干扰能力与可靠性

在维持电网稳定性和可靠性方面，反馈控制在单元机组协调控制系统中应用同样发挥着关键作用。在电力系统的运行当中，往往会由于各种不可预测的干扰因素，如负荷波动、设备故障、天气变化等变化都可能对电网的稳定运行造成影响。而反馈控制系统通过实时监测电网的运行状态，能够迅速检测到这些干扰，并通过调整发电机组的输出功率来补偿这些干扰带来的影响。例如当电网负荷突然增加时，反馈控制系统会指令发电机组增加输出功率，以满足负荷需求，防止电网频率下降。反之当负荷减少时，系统则会减少发电量，以维持电网频率的稳定^[11]。

三、反馈控制在单元机组协调控制系统应用的阻碍

（一）反馈控制系统的动态响应延迟问题

反馈控制系统的动态响应延迟问题在单元机组协调控制系统中的产生，主要源于几个关键因素。其中最为核心的原因是因为物理过程本身具有一定的惯性，例如锅炉的热响应和汽轮机的机械惯性，而这些因素就可能导致了从控制信号发出到实际物理量变化之间存在时间差。除去这一因素之外，测量设备的响应速度

也会影响反馈控制系统的动态性能。如果测量设备的采样频率低或者存在信号传输延迟，那么反馈信号的实时性就会受到影响，进而影响控制系统的动态响应^[12]。

（二）反馈控制在机组参数波动时的稳定性挑战

反馈控制在单元机组协调控制系统中的应用，尽管在理论上具有诸多优势，但在实际操作中仍面临诸多挑战，尤其是在机组参数波动时的稳定性问题。这是因为在电力系统的运行当中，会因为机组运行环境的复杂性，以及各种内外部干扰的存在，使得反馈控制系统的稳定性成为了一个亟待解决的问题。其中机组参数波动是影响反馈控制稳定性的主要因素之一。例如在火力发电厂中，锅炉在运行时所产生的蒸汽压力和温度会因为燃料质量、燃烧效率、环境条件等因素而产生波动。这些波动若不能被及时准确地检测和调整，将导致反馈控制系统无法有效地维持机组运行在最佳状态。若蒸汽压力突然升高，而反馈控制系统未能及时响应，可能会导致安全阀动作，甚至引发设备损坏^[13]。

（三）反馈控制算法在复杂工况下的适应性问题

随着近些年来工业自动化技术的不断进步，使得当下的电力企业所使用的单元机组协调控制系统开始扮演着越来越重要的角色。这些系统通过实时监测和调整设备运行参数，确保生产过程的高效和稳定。然而在实际应用中，反馈控制算法在复杂工况下的适应性问题逐渐凸显，成为制约系统性能提升的关键因素。复杂工况下反馈控制算法的适应性问题主要表现在模型失配和参数变化上。在实际生产过程中，由于设备老化、环境变化、原料波动等因素，系统运行环境往往与设计时的模型存在差异。这种模型失配会导致反馈控制算法无法准确预测系统行为，从而无法做出正确的调整决策^[14]。

（四）反馈控制系统的维护与校准难题

在系统维护这一层面，反馈控制系统的维护与校准难题是单元机组协调控制系统应用中不可忽视的问题。这对于当前的大多数电力企业而言，由于反馈控制系统在单元机组中扮演着至关重要的角色，所以性能的稳定性和准确性直接影响到整个机组的运行效率和安全。然而随着机组运行时间的增加，设备老化、磨损以及环境因素的影响，反馈控制系统的维护和校准工作变得日益复杂和困难。具体而言在企业反馈控制系统的校准进行中，这一工作的开展往往需要高度的精确性。所以校准过程中的任何微小误差都可能导致控制参数的偏差，进而影响到机组的输出功率和效率。然后在实际操作中，由于缺乏精确的校准工具或校准方法不当，往往难以达到理想的校准效果。

四、反馈控制在单元机组协调控制系统的实践策略

（一）引入模型预测控制技术

就当下大多数企业而言，为了提高单元机组协调控制系统的性能，进而去引入模型预测控制技术是一个有效的策略。MPC是一种先进的控制策略，它通过优化未来一段时间内的控制动作来实现对系统的控制。MPC利用一个数学模型来预测系统未来的行为，并在每个控制周期内求解一个在线优化问题，以确定最优的

控制输入。在这一优化策略的具体实施过程中，要求企业应先建立精确的数学模型。这一步是实施 MPC 的基础，需要对单元机组的动态特性进行详细分析，包括锅炉、汽轮机、发电机等主要设备的数学模型。这些模型需要能够准确描述机组在不同工况下的行为，包括负荷变化、温度和压力的动态响应等^[9]。

（二）设计更为复杂的控制算法

针对于反馈控制在机组参数波动时的稳定性挑战，设计更为复杂的控制算法是提高单元机组协调控制系统性能的关键。这是因为在现代电力系统中，机组参数的波动可能由多种因素引起，常见的包括负荷变化、燃料品质波动、环境条件变化等。所以企业为了确保机组运行的稳定性和效率，控制系统必须能够快速准确地响应这些变化。具体而言企业可以采用先进的预测控制算法，如模型预测控制，来预测机组未来的运行状态，并据此调整控制策略。MPC 算法能够考虑系统的动态特性和约束条件，通过优化未来一段时间内的控制输入，来实现对机组参数波动的有效抑制^[10]。

（三）利用机器学习和人工智能技术

随着近些年来机器学习与人工智能技术的飞速发展，使得这些技术在工业自动化领域的应用变得越来越广泛。特别是在单元机组协调控制系统中，机器学习和人工智能技术的应用为提高系统的效率、稳定性和可靠性提供了新的可能性。在实际的应用当中，机器学习算法能够通过分析大量的历史运行数据，识别出影响单元机组性能的关键因素。例如通过使用聚类分析和异常检测算法，可以对机组运行状态进行分类，并及时发现潜在的故障

和异常行为。这不仅有助于预防设备故障，还能为维护工作提供数据支持，从而减少停机时间，提高生产效率。

（四）开发智能诊断系统

在单元机组协调控制系统中实施反馈控制策略，关键在于开发一个智能诊断系统，该系统能够实时监测机组运行状态，分析数据，预测潜在问题，并提供及时的反馈以调整控制参数。在开发中的核心在于，设计人员需要在机组的关键部位安装传感器，以实时监测温度、压力、流量、振动等关键参数。这些数据需要通过高速数据采集系统集中整合，为智能诊断系统提供准确的输入信息。

五、结语

综上所述在单元机组协调控制系统中，反馈控制的应用不仅提升了机组的响应速度和稳定性，还优化了负荷分配和经济运行，增强了系统的抗干扰能力和可靠性。然而动态响应延迟、参数波动时的稳定性挑战、复杂工况下的算法适应性问题以及系统的维护与校准难题，都是反馈控制在实践中需要克服的障碍。为应对这些挑战，企业可以采取引入模型预测控制技术、设计更为复杂的控制算法、利用机器学习和人工智能技术以及开发智能诊断系统等策略。通过这些实践策略的实施，可以进一步提升反馈控制在单元机组协调控制系统中的效能，确保电力系统的高效、稳定和安全运行。

参考文献

- [1] 刘俊磊, 钱峰, 王峰, 等. 基于闭环控制的两相电源直流输电系统线路稳态电压协控方法 [J]. 电源学报, 2022, 20(04): 138-145.
- [2] 刘华, 汪成文, 赵斌. 基于泵阀协调控制的电液位置伺服节能控制研究 [J]. 机电工程, 2020, 37(09): 1039-1044.
- [3] 杨孝松, 郭守春, 杜立强, 等. 某航空声学风洞控制系统 [J]. 兵工自动化, 2020, 39(08): 54-59.
- [4] 张志飞, 袁成健, 燕全超. 液压支架结构设计自适应和智能化技术 [J]. 内蒙古煤炭经济, 2023, (24): 46-48.
- [5] 宫爱成, 梁浩鑫, 王凯, 等. 核电厂 NSSS 控制功能纵深防御设计及验证 [J]. 核科学与工程, 2023, 43(06): 1235-1242.
- [6] 曹天成, 张舒. 含有采样反馈的二连杆系统稳定性 [J]. 动力学与控制学报, 2023, 21(11): 10-18.
- [7] 韩军萍. 常村煤矿选煤厂煤泥水处理系统智能化改造 [J]. 矿山机械, 2023, 51(11): 49-52.
- [8] 唐鹏奕. 基于 T-S 模糊时滞系统的记忆反馈控制与分析 [J]. 怀化学院学报, 2023, 42(05): 45-49.
- [9] 杨博. 基于国产 FPGA 的模拟量控制系统的研究与设计 [D]. 南京邮电大学, 2023.
- [10] 熊旭民, 杜兵, 张鹏, 等. 高压喷射控制单元台架试验研究 [J]. 内燃机, 2023, 39(05): 22-27+39.