

电厂调度自动化系统探讨

江怡诺 于 朔 周润琦 王海龙 刘惠泽
华能国际电力股份有限公司丹东电厂 辽宁 丹东 118300

摘 要：电厂调度自动化系统是现代电力工业的核心组成部分，本文探讨了其组成结构、功能特点及关键技术。硬件结构包括数据采集、通信和计算机系统；软件结构涵盖操作系统、数据库及应用软件；系统功能包括实时数据采集、自动发电控制和安全分析等。关键技术涉及数据通信、计算机网络和分布式计算技术。这些技术的综合应用确保了电厂的安全、高效运行。

关键词：电厂；调度；自动化系统

引言

随着电力需求的不断增长和电网规模的扩大，电厂调度自动化系统的重要性日益凸显。该系统通过集成先进的信息技术，实现了电厂设备的实时监控、高效调度和安全管理。本文旨在深入探讨电厂调度自动化系统的组成、功能及关键技术，以期为电力系统的稳定运行和高效管理提供有益参考。

1 电厂调度自动化系统的组成结构

1.1 硬件结构

电厂调度自动化系统的稳定运行与高效管理，离不开其坚实的硬件结构基础。这一结构主要由数据采集装置、通信设备和计算机系统三大核心组件构成，它们紧密协作，共同确保电厂内各类设备数据的实时采集、传输、处理与监控。数据采集装置，通过智能电表、变送器、传感器等高精度设备，精准捕捉发电机、变压器、母线、线路及断路器、隔离开关等关键设备的模拟量或开关量信号，并将其转换为数字信号，为数据处理和分析提供了高效、准确的源头数据。在电厂内部，通信设备采用现场总线和工业以太网等通信方式，将各数据采集装置与控制设备紧密相连，实现高速、可靠的数据传输。而与上级调度中心或远程监控站的通信，则依靠光纤通信、微波通信、卫星通信等先进手段，确保数据的快速、准确传输，极大提升了系统的远程监控与调度能力。计算机系统作为系统的核心处理单元，由服务器和 workstation 等关键设备组成。服务器负责数据存储、管理和处理，运行数据库管理系统、调度自动化软件等关键程序，为调度人员提供全面、准确的信息支持，并具备系统冗余与故障切换功能，确保数据处理的连续性和稳定性。Workstation 则提供直观、易用的人机交互界面，使调度人员能够实时监控电厂运行状态、下达调度指令、查看报警信息等，为电厂的安全稳定运行和高效调度提供了

有力保障。

1.2 软件结构

电厂调度自动化系统的软件结构，与硬件结构相辅相成，共同确保系统的稳定运行和高效管理，其核心组成部分包括操作系统、数据库管理系统以及调度自动化应用软件。操作系统作为基石，提供了基本的运行环境，UNIX和Linux因其高稳定性、良好安全性及强大的多任务处理能力而备受青睐，不仅满足长时间稳定运行需求，还为上层应用软件的开发与部署提供了坚实基础。UNIX在关键任务环境中表现卓越，而Linux则以其开源性、灵活性和可扩展性成为众多电厂的首选，其强大的网络功能、丰富的软件生态以及对多种硬件平台的支持，为系统的灵活部署和扩展带来便利。数据库管理系统负责存储和管理电厂运行过程中的实时和历史数据，实时数据库确保设备参数的实时性和准确性，为监控和控制提供可靠数据源；历史数据库则通过数据积累和分析，为运行分析、故障诊断和调度决策提供宝贵支持。调度自动化应用软件是系统功能实现的核心，包括SCADA软件和EMS软件。SCADA软件实现实时数据采集、处理、显示和控制，通过图形化界面让调度人员实时监控设备状态并进行远程控制。EMS软件则在SCADA基础上，进一步实现自动发电控制、经济调度和安全分析等高级功能，确保电网频率和电压稳定，降低发电成本，提高经济效益，并通过实时监测和分析设备状态，为调度人员提供预警和决策支持^[1]。

2 电厂调度自动化系统的功能特点

2.1 实时数据采集与处理

电厂调度自动化系统作为电力行业的关键组成部分，其核心功能在于实时数据采集与处理，这一功能直接关乎电厂运行的安全性、高效性和灵活性。系统能够全面、准确地捕获电厂内各类设备的运行数据，包括电

气量和非电气量等关键指标,为确保数据的准确性和实时性,系统配备了高精度的数据采集装置和可靠的通信链路,无论是有线还是无线方式,都能确保数据在传输过程中的稳定性和完整性。采集到的数据经过精细处理,包括数据滤波以去除噪声干扰,确保数据纯净;合理性校验以检查数据是否在合理范围内波动,一旦发现异常数据,系统会立即触发报警机制,通知调度人员处理;以及数据转换,将原始数据转换为标准的工程数据格式,提高数据的可读性和后续分析应用的便利性。实时数据采集与处理功能还具备强大的可扩展性和灵活性,能够随着电厂规模的扩大和设备的更新升级,轻松扩展数据采集的范围和精度,并根据实际需求定制和优化数据处理算法,以适应不同场景下的应用需求,从而紧跟电力行业的发展步伐,不断满足电厂运行管理的新要求。

2.2 自动发电控制(AGC)

自动发电控制(AGC)作为电厂调度自动化系统中的核心功能,对维持电力系统稳定运行与高效管理至关重要,它依据电力系统负荷的实时变化,自动调节电厂发电机组的有功功率输出,确保系统频率稳定及联络线功率处于规定范围,这一功能的实现不仅仰仗精确的负荷预测与实时系统监测,还离不开高效的控制算法与灵活的调节策略。AGC接收上级调度中心的指令,结合电厂内各机组的运行状态与调节潜能,合理分配调节任务,实现发电机组的自动控制。在此过程中,AGC需综合考虑机组热效率、启停成本及环保性能等,旨在满足电力系统需求的同时,提升电厂运行的经济性和环保性,AGC通常采用定频率调节、定联络线功率调节及频率与联络线功率偏差调节三种策略。定频率调节旨在维持系统频率稳定,根据频率实时变化动态调整机组功率输出;定联络线功率调节则关注联络线功率的偏差,确保其在规定范围内,促进不同电力系统区域间的功率平衡,提升电网互联互通能力与运行效率;频率与联络线功率偏差调节则综合考量两者变化,灵活调整机组功率输出,实现更精细化的控制,以应对电力系统复杂多变的情况。在实际应用中,AGC还要关注机组的响应速度、调节精度及稳定性,采用预测控制、模糊控制、神经网络控制等先进算法与策略,提升机组响应速度与调节精度,同时确保系统具备强大的稳定性和鲁棒性,以应对电力系统中的不确定性和干扰因素。AGC还需要与电厂内的其他自动化系统如电网调度自动化系统、电厂监控系统等协同工作,实现信息交换与共享,从而更准确地了解电力系统需求与变化,更精确地控制发电机组

功率输出,实现电厂运行经济性、安全性和环保性的综合优化^[2]。

2.3 安全分析

安全分析在电厂调度自动化系统中扮演着至关重要的角色,它是确保电力系统稳定运行和高效管理的基础,这一分析过程主要分为静态安全分析和动态安全分析两大方面,两者相互补充,共同为电力系统的安全保驾护航。静态安全分析专注于电力系统在正常运行及预想故障后的稳态情况,通过潮流计算全面审视各元件的潮流分布、电压水平等关键参数,及时发现并预警过负荷、电压越限等安全隐患,一旦发现这些问题,系统会迅速发出警报,并智能生成调整建议,以保障系统稳态运行的安全稳定。而动态安全分析则侧重于电力系统在遭受大扰动后的暂态稳定性,通过建立动态模型进行暂态稳定计算,深入分析系统的功率稳定性、电压稳定性等关键指标,预测系统失稳风险,并为调度人员提供紧急控制策略的科学依据,确保系统动态安全。在实际的操作中,静态与动态安全分析需紧密结合,全面评估电力系统的安全性,静态分析为调度人员提供系统基本运行状况和潜在隐患的稳态信息,动态分析则在大扰动时提供及时的暂态稳定性分析,两者相辅相成,使调度人员能更全面地掌握系统安全性,精准制定调度计划和控制策略,保障电力系统的稳定运行和高效管理。

3 电厂调度自动化系统的关键技术

3.1 数据通信技术

电厂调度自动化系统,作为现代电力工业的中枢,其关键技术对电力系统的智能化、高效化和安全化运行起着决定性作用。在这一系统中,数据通信技术作为连接各个子系统、设备和人员的纽带,显得尤为重要,现场总线技术、工业以太网技术和无线通信技术共同构成了系统高效、可靠的数据传输网络。现场总线技术专为工业现场设备间通信设计,以其高可靠性、强实时性和优异的抗干扰能力,将电厂各处的设备连接成一个整体,使调度人员能实时掌握设备状态,及时作出调度决策,同时该技术还具有灵活性和可扩展性,能随电厂规模扩大和设备增加方便地扩展通信网络。而工业以太网技术,则是基于以太网优化而来,针对工业环境特点设计,满足工业自动化对通信实时性、可靠性和安全性的高要求,在电厂内,它广泛应用于连接计算机系统、服务器、智能设备等,构建高速、可靠的内部网络,实现数据快速传输和共享,提高系统整体性能和稳定性。而且随着4G、5G等移动通信技术的普及,无线通信技术也在电厂调度自动化系统中逐渐得到应用,它为移动设备

提供强大通信支持,使巡检终端、移动操作终端等能实时获取设备运行数据、下达操作指令,并将现场情况及时反馈给调度中心,这不仅提高了工作效率和灵活性,还降低了布线成本和复杂度,使系统更易于部署和维护。

3.2 计算机网络技术

电厂调度自动化系统的稳定运行和高效管理,离不开计算机网络技术的坚实支撑,在网络拓扑结构的选择上,系统通常会根据实际应用场景和需求,灵活采用星型、环形或混合型结构。星型结构以中心节点为核心,各节点通过独立链路与中心节点紧密相连,这种结构不仅便于新增节点的接入,扩展性强,而且在故障诊断与隔离方面极具优势,一旦某个节点出现故障,可以迅速定位并隔离,确保系统其余部分的正常运行。环形结构则是将各节点依次连接成闭合环路,数据在环路上单向传输,这种设计减少了数据传输延迟,提高了系统传输速率,并且闭合环路特性使得系统在节点或链路故障时能自动绕行,保证数据连续传输,增强了系统的可靠性。混合型结构则融合了星型和环形结构的优点,既具备星型结构的扩展性和故障诊断便利性,又拥有环形结构的高可靠性和快速传输特性,使系统能够根据实际需求灵活配置,实现最优性能。在网络安全方面,随着电力系统与外部网络互联互通的加深,网络安全问题日益凸显,为了保障系统的安全稳定运行,防止外部攻击和数据泄露,电厂调度自动化系统采用了一系列先进的网络安全技术。防火墙技术作为首要防线,通过设置严格的访问控制策略,有效阻挡了外部非法网络访问,为内部网络提供了坚实的安全保护,同时防火墙还能监控和过滤网络流量,及时发现并阻止潜在的恶意攻击和病毒传播。入侵检测系统则作为第二层防护,通过实时监测网络流量,分析数据包特征和行为,能够及时发现并报警网络中的异常行为,为系统管理员提供及时的安全预警和响应机制,而且加密技术作为保护数据安全的重要手段,通过对传输数据进行加密处理,确保了数据在传输过程中的机密性和完整性,即使数据在传输过程中被截获,也无法被未经授权的人员解读或篡改,从而有效降低了数据泄露和篡改的风险^[3]。

3.3 分布式计算技术

电厂调度自动化系统核心竞争力的提升,显著依赖于分布式计算技术的深度应用及其数据管理领域的延伸——分布式数据库技术。分布式计算技术通过将庞大复杂的计算任务分解为多个相对独立且易于管理的子任务,并分配到网络中的不同计算机节点上并行执行,极大地提高了计算资源的利用率,加速了计算过程,使得大规模数据处理和复杂电力系统分析计算等任务得以高效完成。而分布式数据库技术,作为分布式计算技术在数据管理上的拓展,通过将数据分散存储在多个物理节点上,实现了数据的分布式存储和访问,不仅提高了数据存储效率和访问速度,还显著增强了系统的容错能力和扩展性,即使某个节点失效,其他节点仍能继续提供数据服务,确保系统连续稳定运行,随着电厂规模扩大和数据量激增,分布式数据库技术的动态扩展能力,使系统能够轻松添加新存储节点,满足数据存储需求,提升数据处理并发性能,有效应对高峰时段访问压力,为电厂调度自动化系统的稳定运行和高效管理提供了坚实的技术支撑。

结语

综上所述,电厂调度自动化系统在现代电力工业中发挥着举足轻重的作用。通过对其组成结构、功能特点及关键技术的深入探讨,我们更加清晰地认识到该系统在确保电力系统稳定运行、提高经济效益和保障能源安全方面的重要作用。随着技术的不断进步和电力系统的持续发展,电厂调度自动化系统将迎来更多的挑战和机遇。我们将继续致力于该系统的研究与创新,为电力系统的智能化、高效化和安全化运行贡献更多力量。

参考文献

- [1]郭明生.发电厂调度自动化系统二次防护探讨[J].数字化用户,2022,28(42):76-78.
- [2]赵辉.电气自动化在电厂系统中的实际应用[J].石河子科技,2023(5):43-44.
- [3]楚登攀.电厂自动化调度系统优化研究[J].科技创新导报,2022,19(4):47-49.