

电厂电气综合自动化系统研究

王治兴 许婉欣

内蒙古电力（集团）有限责任公司阿拉善供电公司

DOI:10.12238/etd.v6i8.17120

[摘要] 本文聚焦电厂电气综合自动化系统展开研究。阐述了其基本理论,剖析通信、数据采集与处理、智能控制等关键技术;分析系统功能特点,指出其具备监控、控制等多重功能及集成化、智能化等特点;随后探讨系统兼容性、数据安全等现存问题并提出改进策略;最后展望系统向智能化、绿色化等方向的发展趋势,为现代电厂高效运营提供参考。

[关键词] 电厂；综合自动化；信息集成

中图分类号：TM76 文献标识码：A

Research on Integrated Electrical Automation System for Power Plants

Zhixing Wang Wanxin Xu

Inner Mongolia Electric Power (Group) Co., Ltd., Alxa Power Supply Branch

[Abstract] This paper focuses on the integrated electrical automation system of power plants. It elaborates on the basic theory and analyzes key technologies such as communication, data acquisition and processing, and intelligent control. The system's functional characteristics are examined, highlighting its multiple capabilities including monitoring and control, as well as its integrated and intelligent features. Existing issues such as system compatibility and data security are discussed, and improvement strategies are proposed. Finally, the development trends of the system towards intelligence and sustainability are outlined, providing references for the efficient operation of modern power plants.

[Key words] Power Plant; Integrated Automation; Information Integration

引言

在电力工业自动化、智能化转型背景下,电厂电气综合自动化系统成为关键支撑。该系统整合电气各环节,实现数据共享与协同运作,对保障电厂安全稳定运行、提升能源利用效率意义重大。然而,系统在实际应用中面临兼容性、数据安全等问题。本文深入剖析系统理论、技术、功能特点,针对问题提出改进策略,并展望发展趋势,助力电厂综合自动化系统发展。

1 电厂电气综合自动化系统的基本理论

1. 1 系统的概念

电厂电气综合自动化系统是基于现代控制理论与信息技术,对电厂电气设备运行、电力生产流程及能源管理实现全面监控、协调与优化的集成化系统。该系统以电厂生产工艺为核心,通过整合电气一次设备、二次控制装置及信息处理单元,构建起覆盖发电、输电、配电等全环节的自动化管控体系。其核心内涵在于打破传统电气系统各环节分散控制的壁垒,实现数据资源共享、设备协同运作及生产过程闭环管理^[1]。系统通过实时采集设备运行参数、分析运行状态、执行控制指令等流程,保障电厂电气系统安全稳定运行,同时提升能源利用效率与生产管理水平。

平,是现代电厂实现高效、智能运营的核心支撑体系,也是电力工业向自动化、智能化转型的关键载体。

1. 2 关键技术剖析

1. 2. 1 通信技术

通信技术是电厂电气综合自动化系统数据传输与信息交互的核心,决定系统运行效率与协同能力。当前,电厂主要采用工业以太网和现场总线等通信方式。工业以太网带宽高、可靠性高,能满足大量实时数据传输需求,实现设备间信息互联互通。现场总线技术成本低、抗干扰强,适用于现场设备与控制单元的短距离数据交互,如PROFIBUS、MODBUS等协议应用广泛。为保障通信稳定,系统采用冗余通信架构,主链路故障时备用链路可快速切换。通过通信协议标准化,实现不同厂商设备兼容通信,确保数据高效传输,为系统协同控制提供可靠通信保障。

1. 2. 2 数据采集与处理技术

数据采集与处理技术是电厂电气综合自动化系统的基础,贯穿电力生产全流程。数据采集时,通过部署各类传感设备,实时采集发电机组输出功率、变压器温度等关键参数,采集频率依参数重要性设为毫秒级至秒级。采集数据经信号调理模块滤波、

放大后,通过A/D转换成数字信号传至处理单元。该单元采用分布式架构,用数据清洗等算法筛选有效数据,再用大数据分析挖掘数据关联,如预测设备潜在故障。处理后的数据,一方面存入数据库供查询分析,另一方面实时反馈至控制模块,为生成控制指令提供支撑,保障系统精准运行。

1.2.3 智能控制技术

智能控制技术是提升电厂电气综合自动化系统控制精度与自适应能力的关键,融合多种先进算法与智能决策机制。系统采用模糊控制、神经网络控制等智能算法,针对电厂电气系统特性,实现对发电机组出力等过程的精准控制。如发电机组控制中,神经网络算法学习不同工况的最优参数,自动调整策略保障稳定运行。该技术还集成故障诊断与自愈控制功能,实时分析数据,结合专家系统快速识别故障并触发自愈措施。系统通过智能优化算法优化电力生产能耗,在满足电网调度要求下,合理分配机组负荷,降低发电能耗,提升电厂经济运行水平。

2 电厂电气综合自动化系统的功能及特点

2.1 系统的主要功能

电厂电气综合自动化系统有监控、控制、保护、管理多重核心功能,保障电力高效生产。监控功能借助集中监控平台,实时呈现发电机组、变压器等设备运行状态,动态显示电流、电压等关键参数,还支持运行曲线与历史数据查询,异常参数会及时报警,让操作人员全面掌握系统情况。控制功能可对电力生产各环节自动化控制,涵盖发电机组启停、负荷调节、电压无功综合控制、开关设备远程操作等^[2]。能依据电网调度指令和系统状态,自动生成并执行控制指令,减少人工干预。保护功能针对电气设备故障设置多重保护机制,像变压器差动保护等。设备出现故障时,能快速切断故障回路,防止故障扩大,保障设备安全。管理功能包括设备台账管理、运行日志记录等,通过数据统计与分析,为设备检修、生产调度、成本核算提供数据支撑,提升电厂管理精细化程度。

2.2 系统的特点

电厂电气综合自动化系统具备集成化、智能化、可靠性和经济性等特点,契合现代电厂运营需求。集成化方面,系统打破传统电气系统各子系统分散布局的局限,把监控、控制、保护、管理等功能集成于统一平台,实现数据资源共享与各环节协同运作,减少设备重复配置,简化系统结构。智能化上,采用智能控制算法与故障诊断技术,能自动适应运行工况变化,精准调节设备参数,快速识别并处理故障,降低对人工操作的依赖,提升系统自主性与精准性。可靠性通过多重保障实现,采用冗余设计,关键设备和通信链路有备用装置,主设备或链路故障时可快速切换;还具备强抗干扰能力,通过电磁屏蔽等技术,抵御电厂复杂电磁环境影响。

3 电厂电气综合自动化系统存在的问题及改进策略

3.1 存在的问题分析

3.1.1 系统兼容性问题

电厂电气综合自动化系统兼容性问题突出体现在不同厂商

设备与系统间的协同运行障碍,给系统集成与扩展带来较大困扰。部分电厂因建设周期长,不同阶段引入不同厂商的设备与控制系统,如发电机组控制模块、变压器监控装置、继电保护系统等,各厂商采用自定义通信协议与数据格式,缺乏统一标准,导致设备间数据交互困难。同时,系统软件升级后易出现兼容性问题,部分老旧设备因硬件配置不足,无法适配新版本软件功能,导致新功能无法正常启用,而更换老旧设备则需投入大量资金。另外,不同子系统接口不统一,如能耗管理子系统与设备监控子系统数据无法互通,影响电厂整体数据整合分析。

3.1.2 数据安全与隐私保护问题

电厂电气综合自动化系统数据安全与隐私保护面临多重风险,威胁电力生产安全与数据安全。随着系统信息化程度提升,网络攻击风险显著增加,黑客可能通过网络入侵系统,篡改设备运行参数、窃取生产数据或发起勒索攻击,导致发电机组异常停机、电网调度混乱等严重后果^[3]。部分电厂未建立完善的数据访问控制机制,不同岗位人员数据访问权限划分不清晰,存在普通操作人员违规访问敏感数据的风险,如发电成本、设备核心参数等数据可能被泄露。数据传输过程中安全防护不足,部分通信链路未采用加密传输技术,数据易被拦截篡改。数据存储环节存在安全隐患,部分电厂数据备份机制不完善。

3.1.3 运维管理难度大

电厂电气综合自动化系统运维管理难度大主要源于系统复杂度高、技术要求高及运维体系不完善等因素。系统集成大量电气设备、控制模块、通信设备及软件系统,各部分关联紧密,某一环节故障可能引发连锁反应,给故障定位带来极大挑战。运维人员技术能力难以适配系统需求,系统融合电气、控制、计算机、通信等多领域技术,要求运维人员具备复合型知识结构,但现有运维团队中部分人员仅掌握单一领域技术,无法快速解决复杂故障。运维管理体系不完善,缺乏标准化运维流程,设备巡检、故障处理、软件升级等工作无统一规范,导致运维工作混乱。运维数据管理薄弱,未对设备故障记录、维修历史、运行数据等进行有效整合分析,无法为设备预防性维护提供数据支撑,导致故障反复出现。

3.2 改进策略与建议

3.2.1 加强系统兼容性设计

加强电厂电气综合自动化系统兼容性设计需从标准统一、架构优化、设备选型等多方面入手,提升系统协同运行能力。首先,建立统一的技术标准体系,在系统规划阶段明确通信协议、数据格式、接口规范等标准,优先采用IEC61850等国际通用标准,确保不同厂商设备遵循统一标准进行研发与生产,从源头解决兼容性问题。对于已建成的系统,通过部署协议转换网关、数据整合平台等设备,实现不同协议与数据格式的转换,打通各子系统间的数据壁垒,如将老旧设备的自定义协议转换为标准以太网协议,实现与新监控平台的数据交互。其次,采用模块化、开放式系统架构设计,预留标准化扩展接口,当需要新增设备或子系统时,可直接通过扩展接口接入,无需对原有系统进行大规模

改造。在设备选型时,优先选择支持标准协议、具备良好兼容性的设备,同时与设备厂商签订兼容性保障协议,确保后续设备升级与系统扩展的兼容性,降低系统集成与维护成本。

3.2.2 强化数据安全防护措施

强化电厂电气综合自动化系统数据安全防护需构建多层次、全方位的安全防护体系,保障数据采集、传输、存储及使用全过程安全。构建网络安全防护体系,部署防火墙、入侵检测系统、防病毒软件等安全设备,划分网络安全区域,对不同区域间的数据访问进行严格控制,阻止非法访问。采用加密技术保障数据传输安全,对关键数据采用SSL/TLS等加密协议进行传输,防止数据被拦截篡改。建立完善的数据访问控制机制,基于岗位职责划分数据访问权限,采用双因素认证等强认证方式,确保只有授权人员才能访问相应数据,对敏感数据访问进行日志记录,便于追溯。在数据存储环节,采用加密存储技术对敏感数据进行加密处理,建立多副本数据备份机制,定期将数据备份至本地及异地备份服务器,并定期开展数据恢复测试,确保数据丢失后可快速恢复。建立实时安全监测与应急响应机制,通过安全监测平台实时监控系统运行状态,及时发现并处置网络攻击、数据异常访问等安全事件,定期开展安全演练,提升运维团队应急处置能力。

3.2.3 优化运维管理模式

优化电厂电气综合自动化系统运维管理模式需从流程规范、技术升级、人员培养等方面发力,提升运维管理效率与质量。首先,建立标准化运维管理流程,制定设备巡检、故障处理、软件升级、定期维护等工作的标准化操作规范,明确各环节工作内容、责任人员及时间节点,实现运维工作的规范化、流程化管理。例如,制定详细的设备巡检清单,明确巡检项目、巡检周期及判断标准,确保巡检工作全面到位。其次,引入智能化运维技术,部署设备状态在线监测系统,通过传感设备实时采集设备运行参数,利用大数据分析技术预测设备潜在故障,实现从“事后维修”向“预防性维护”的转变,减少设备故障停机时间。搭建运维管理信息平台,整合设备台账、故障记录、维修历史、巡检数据等信息,实现运维数据的集中管理与分析,为运维决策提供数据支撑。同时,加强运维人员队伍建设,制定系统的培训计划,

定期开展电气、控制、计算机等多领域技术培训,组织技能考核与技术交流活动,提升运维人员的复合型技术能力,打造专业的运维团队。

4 电厂电气综合自动化系统的发展趋势

电厂电气综合自动化系统正朝着智能化、数字化、绿色化、协同化加速迈进,新技术融合促其性能飞跃。智能化上,人工智能、大数据分析技术与系统深度融合,系统能学习海量运行数据,自主优化控制策略,如基于深度学习算法精准预测发电机组出力并提前调整参数,实现精准负荷调节。数字孪生技术广泛应用,构建的数字孪生体可实时映射设备状态,模拟故障与工况变化,为故障诊断和运维优化提供虚拟测试环境,降低风险与成本^[4]。绿色化聚焦节能降耗,系统借助智能优化算法实现新能源与传统能源协同调度,合理分配新能源与火电出力比例,提升清洁能源消纳率,同时优化设备参数,降低整体能耗与碳排放。协同化表现为跨系统融合加深,与电网调度、能源管理系统深度联动,实现电力全链条协同优化,提升电力系统运行效率与稳定性,助力构建新型电力系统。

5 结束语

电厂电气综合自动化系统是现代电厂高效运营的核心。通过对基本理论、关键技术、功能特点的研究,明确了系统优势与价值。针对现存问题提出的改进策略,有助于提升系统性能与稳定性。展望未来,智能化、绿色化等发展趋势将推动系统持续升级。电厂应紧跟技术潮流,不断优化系统,以适应电力工业发展需求,实现可持续发展。

参考文献

- [1]高彬.燃煤电厂电气系统中电气综合自动化系统的应用研究[J].中国设备工程,2021(16):82–83.
- [2]赵贵秋.电气自动化在瓦斯发电厂运行效率提升中的应用研究[J].电气技术与经济,2025(7):92–94.
- [3]焦阳.电厂电子自动化监控系统研究[J].信息系统工程,2024(1):117–120.
- [4]王琦.电厂电气自动化控制设备的可靠性运用研究[J].电力系统装备,2019(17):62–63.