

电气自动化控制中电气自动化制约技术探讨

盛 坤 谭明军 孙 钊
中铝山东有限公司 山东 淄博 255000

摘 要: 随着电气自动化在工业等领域广泛应用, 制约技术愈发关键。本文聚焦电气自动化控制中的电气自动化制约技术展开探讨。首先阐述电气自动化制约技术的内涵与发展历程, 剖析其从诞生到逐步演进的过程。接着分析制约该技术发展的因素, 涵盖环境、设备、人为及技术层面。随后介绍关键技术, 包括数据采集与处理、控制算法、故障诊断与预测以及通信技术。最后展望其发展趋势, 指出智能化、网络化、集成化与绿色化是未来方向。旨在为电气自动化领域相关人员提供全面参考, 助力该技术更好地发展与应用。

关键词: 电气自动化; 制约技术; 发展历程; 关键技术; 发展趋势

引言: 在当今科技飞速发展的时代, 电气自动化控制技术已成为推动各行业进步的关键力量。电气自动化制约技术作为电气自动化控制体系中的重要组成部分, 对保障系统稳定运行、提升生产效率与质量起着至关重要的作用。它不仅涉及到复杂的电气原理与控制逻辑, 还与多种因素相互关联。深入探讨电气自动化制约技术, 有助于我们更好地理解其内在机制, 应对实际应用中面临的挑战, 把握未来发展方向, 从而为电气自动化领域的创新发展提供有力支撑, 推动工业生产迈向更高水平。

1 电气自动化制约技术的内涵与发展历程

1.1 电气自动化制约技术的内涵

电气自动化制约技术是融合计算机、电子、通信与控制理论等多学科知识的综合性技术体系, 其核心在于通过智能化手段对工业生产、能源传输等系统进行动态监测与精准调控。该技术以传感器为数据采集前端, 实时捕获物理量信号; 依托控制器(如PLC、单片机)执行算法逻辑, 生成控制指令; 最终通过执行器(如电机、阀门)调节系统参数, 形成闭环反馈机制。其内涵包含三层递进: 基础层为硬件设备间的协同运行, 确保信号传输与指令执行的可靠性; 技术层为控制算法与通信协议的融合, 实现复杂系统的自适应优化; 应用层则聚焦于通过技术集成解决实际工程问题, 例如提升能源利用效率、保障生产安全稳定。该技术突破了传统人工控制的局限性, 通过数字化、网络化手段构建起高效、精准的工业生态系统。

1.2 电气自动化制约技术的发展历程

电气自动化制约技术的发展历程可划分为四个阶段。萌芽期(19世纪末-20世纪初)以发电机、电动机的发明为标志, 电力工程兴起推动基础控制需求, 运动控

制器(如继电器、计数器)开始应用于简单流程控制。发展期(20世纪30-70年代)受二战需求驱动, 自动化技术向远程控制转型, PID调节器与遥测遥控系统普及, 计算机技术初步渗透提升控制精度。变革期(20世纪80年代-21世纪初)PLC取代传统电路控制成为主流, 机械化向智能化、网络化跃迁, 工业互联网兴起重构生产模式。成熟期(21世纪至今)以物联网、人工智能、大数据技术深度融合为特征, 智能电网、数字孪生等技术推动系统全生命周期管理, 电气自动化从单一设备控制升级为覆盖能源、制造、交通等领域的综合性解决方案, 成为工业4.0的核心支撑技术^[1]。

2 电气自动化制约技术的制约因素

2.1 环境因素

环境因素对电气自动化制约技术影响显著。温度方面, 过高或过低的温度会改变电子元件的物理特性, 影响其性能和稳定性, 导致控制精度下降甚至设备故障。湿度过高易使设备受潮, 引发短路、腐蚀等问题, 降低设备使用寿命。电磁干扰也不容忽视, 周围环境中强大的电磁场会干扰信号传输, 使控制系统接收错误指令, 出现误动作。此外, 粉尘、腐蚀性气体等恶劣环境, 会附着在设备表面或侵入内部, 损坏元件, 破坏电气自动化制约系统的正常运行, 影响其可靠性和稳定性。

2.2 设备因素

设备因素是制约电气自动化制约技术的重要方面。设备质量参差不齐, 部分设备在制造过程中存在工艺缺陷, 元件性能不稳定, 易出现故障, 影响整个系统的可靠运行。设备老化问题也不可忽视, 随着使用时间增长, 设备性能逐渐衰退, 如传感器精度降低、控制器运算能力下降等, 导致控制效果变差。设备兼容性同样关键, 不同厂家生产的设备在接口标准、通信协议等方面

存在差异,集成使用时可能无法正常通信,影响数据传输和系统协同工作,限制了电气自动化制约技术的充分发挥。

2.3 人为因素

人为因素在电气自动化制约技术中影响深远。操作人员专业水平不足,对系统原理和操作流程不熟悉,易出现误操作,引发设备故障或系统紊乱。维护人员技能欠缺,不能及时准确地诊断和排除故障,导致问题扩大,影响系统正常运行。管理方面,若缺乏科学合理的维护计划和规范的操作管理制度,设备得不到定期维护保养,潜在问题得不到及时解决。此外,人员安全意识淡薄,违规操作,不仅可能损坏设备,还可能引发安全事故,对电气自动化制约技术的稳定应用和人员安全造成严重威胁。

2.4 技术因素

技术因素对电气自动化制约技术发展存在诸多制约。控制算法的复杂性和精度直接影响系统控制效果,若算法不够优化,难以应对复杂多变的工况,导致控制精度不高、响应速度慢。通信技术方面,通信协议不统一、数据传输速率低、抗干扰能力弱等问题,会造成信息传输延迟或丢失,影响系统实时性和协同性。软件技术上,系统软件的稳定性和兼容性不足,易出现死机、崩溃等情况,且与其他软件集成困难。同时,技术更新换代快,若不能及时跟进新技术,现有系统将逐渐落后,无法满足日益增长的生产需求^[2]。

3 电气自动化制约技术的关键技术

3.1 数据采集与处理技术

数据采集与处理技术是电气自动化制约技术的基石,其核心在于通过传感器、智能终端及通信网络实现多维度数据的实时获取与高效处理。传感器作为数据采集前端,可精准捕获电压、电流、温度、压力等物理量,并通过信号调理模块将其转换为符合系统输入要求的电信号。智能终端如馈线终端(FTU)、配电终端(DTU)及智能电表,则通过分布式部署实现区域数据集中采集,结合光纤、5G等通信技术构建低延迟、高可靠的数据传输通道。数据处理环节涵盖数据清洗、状态估计与模式识别:数据清洗通过剔除异常值、填补缺失值提升数据质量;状态估计利用加权最小二乘法等算法修正测量误差,还原真实系统状态;模式识别则依托机器学习模型,从海量历史数据中挖掘故障特征或负荷趋势,为决策提供支撑。

3.2 控制算法技术

控制算法技术是电气自动化制约技术的核心驱动

力,其发展经历了从经典控制到智能控制的范式跃迁。经典控制理论以PID控制为代表,通过比例、积分、微分环节的线性组合实现单变量系统的稳定控制,广泛应用于电机调速、温度调节等场景。现代控制理论则引入状态空间模型,通过最优控制、自适应控制等策略解决多变量、非线性系统的控制难题,例如在电力系统负荷频率控制中实现动态响应优化。智能控制算法的兴起标志着技术进入新阶段,模糊控制通过隶属度函数与规则库处理不确定性问题,神经网络控制利用深度学习模型自动提取系统特征,强化学习则通过环境交互实现控制策略的自主优化。这些算法在风电并网、智能电网调度等复杂场景中展现出显著优势,例如通过模糊PID复合控制提升新能源发电的并网稳定性,或利用神经网络预测控制优化工业过程能耗。算法的融合创新成为趋势,如模糊神经网络结合两者优势,实现更鲁棒的控制性能。

3.3 故障诊断与预测技术

故障诊断与预测技术是保障电气自动化系统可靠运行的关键环节,其核心在于通过数据驱动与模型驱动的综合实现故障的早期识别与精准定位。故障诊断技术依托信号处理与模式识别方法,从振动、电流、温度等信号中提取故障特征:基于傅里叶变换的频谱分析可识别机械故障的周期性冲击,小波变换则擅长捕捉非平稳信号的瞬态特征,支持向量机、决策树等机器学习模型则通过训练历史故障数据实现分类诊断。预测技术则进一步延伸至设备剩余寿命评估,通过时间序列分析、回归模型或深度学习预测故障发生概率。基于物理模型的数字孪生技术则通过虚拟仿真模拟设备退化过程,提升预测精度。技术融合成为主流,如将振动分析与油色谱分析结合,实现变压器故障的多维度诊断;或通过边缘计算部署轻量级预测模型,实现现场设备的实时健康管理。

3.4 通信技术

通信技术是电气自动化制约技术的神经中枢,其作用在于构建设备间、系统间的高速数据通道,支撑实时监测与协同控制。工业通信网络架构呈现分层分布特征:现场层采用现场总线技术(如PROFIBUS、Modbus),通过串行通信实现传感器、执行器的低速数据交互;车间层依托工业以太网(如EtherNet/IP、PROFINET),以百兆/千兆速率支持PLC、HMI等设备的互联;企业层则通过5G、TSN(时间敏感网络)等技术构建低延迟、高可靠的广域通信网络,实现跨车间、跨企业的数据共享。无线通信技术的普及进一步提升了系统灵活性,Wi-Fi6、蓝牙5.0等短距通信技术适用于移动设备接入,LoRa、NB-IoT等低功耗广域网(LPWAN)技

术则支持大规模分布式设备的数据回传。通信协议的标准化是关键, IEC61850、OPCUA等协议的推广实现了不同厂商设备的互操作, 而MQTT、CoAP等轻量级协议则优化了物联网场景下的数据传输效率^[3]。

4 电气自动化制约技术的发展趋势

4.1 智能化

智能化是电气自动化制约技术发展的核心趋势。随着人工智能技术的深入渗透, 控制系统将具备更强的自主学习与决策能力。通过机器学习算法, 系统能对海量运行数据进行分析, 自动优化控制参数, 实现动态自适应调节, 提升控制精度与响应速度。智能传感器可实时感知环境变化与设备状态, 精准捕捉异常信号, 提前预警潜在故障。同时, 智能控制算法能模拟人类思维, 处理复杂工况下的控制问题, 减少人工干预。此外, 智能化还体现在人机交互的升级, 借助自然语言处理与虚拟现实技术, 操作人员能以更直观、便捷的方式与系统交互, 实现对电气自动化制约系统的高效管理与精准操控, 推动工业生产向智能化、柔性化方向迈进。

4.2 网络化

网络化是电气自动化制约技术发展的重要方向。借助工业互联网、5G等通信技术, 设备之间、设备与控制系统之间实现高速、稳定的互联互通。通过构建覆盖全生产流程的网络架构, 数据能够在不同层级和环节间实时共享与传输, 打破信息孤岛, 实现协同控制。远程监控与诊断成为现实, 技术人员可在异地实时获取设备运行数据, 及时发现并解决问题, 降低维护成本。同时, 网络化促进了生产管理的数字化与智能化, 企业能基于网络平台整合生产资源, 优化生产计划与调度, 实现供应链的协同运作。

4.3 集成化

集成化是电气自动化制约技术发展的必然趋势。它强调将多种功能、技术及系统进行有机整合, 实现一体化运行。在硬件层面, 集成化体现为多功能模块化设计, 将传感器、控制器、执行器等集成在一个紧凑的装置中, 减少设备占地面积, 提高系统可靠性与可维护性。在软件层面, 通过统一的开发平台与标准接口, 将不同功能的软件模块集成, 实现数据共享与协同工作。同时, 集成化还涵盖不同自动化系统的融合, 如将生产

过程控制系统与企业资源计划系统集成, 实现生产与管理的无缝对接。集成化的发展使电气自动化制约系统更加简洁高效, 降低系统复杂度与成本, 提升企业整体运营效率与竞争力, 推动工业生产向高度集成化、自动化方向发展。

4.4 绿色化

绿色化是电气自动化制约技术适应可持续发展要求的重要趋势。在能源利用方面, 通过优化控制算法与系统设计, 提高能源转换与利用效率, 降低能源消耗。在设备选型上, 优先选用低能耗、高效率的电气元件与设备, 减少能源损耗。同时, 注重环保材料的应用, 降低设备生产与运行过程中的环境污染。此外, 绿色化还体现在对废弃物的处理与回收利用上, 通过自动化技术实现废弃物的分类、回收与再利用, 减少对环境的负面影响。电气自动化制约技术的绿色化发展, 不仅有助于企业降低运营成本, 还能推动整个行业向环保、低碳方向转型, 实现经济效益与环境效益的双赢^[4]。

结束语

电气自动化制约技术作为电气自动化控制领域的核心支撑, 其发展深刻影响着工业生产的效率、质量与安全性。从数据采集的精准感知到控制算法的智能决策, 从故障诊断的提前预警到通信网络的高效协同, 每一项关键技术的突破都在推动系统向更智能、更可靠、更绿色的方向演进。未来, 随着人工智能、5G、数字孪生等技术的深度融合, 电气自动化制约技术将进一步突破传统边界, 实现全生命周期的自主优化与自适应调控。这不仅是技术升级的必然趋势, 更是推动工业4.0与“双碳”目标实现的关键力量, 其应用前景与战略价值将持续拓展。

参考文献

- [1]李伟.智能化技术在泵站电气自动化控制中的应用[J].现代工业经济和信息化,2023,13(07):132-134.
- [2]顾雄,张婷.浅谈人工智能技术在化工装置电气自动化控制中的应用[J].天津化工,2023,37(04):149-152.
- [3]黎楚越,周韵,查云龙.人工智能技术在电气自动化控制中的应用研究[J].大众标准化,2023(14):178-180.
- [4]金丽娜.电气自动化控制中人工智能技术的实践应用研究[J].科技资讯,2023,21(13):51-54.