

PLC技术在水电自动化控制系统中的实践与创新

韩泽俊

贵州北源电力股份有限公司 贵州 遵义 563509

摘要：本文聚焦PLC技术在水电自动化控制系统的应用，阐述其基本原理、系统组成及发展趋势。实践上，PLC在水轮机调速、闸门控制等多系统中实现精准自动化调控；创新方面，融合人工智能、物联网技术，构建智能监控诊断系统与优化运行策略。同时提出统一标准、强化网络安全及培养人才等应对策略，为提升水电系统运行效率与安全性提供参考。

关键词：PLC技术；水电自动化控制系统；实践；创新

1 PLC 技术概述

1.1 PLC技术的基本原理与特点

PLC（可编程逻辑控制器）融合计算机、自动控制及通信技术，以存储程序为核心，借CPU执行预设程序，对输入信号经逻辑、顺序等运算后输出，达成工业生产自动控制。其工作基于循环扫描，涵盖输入采样、程序执行与输出刷新三阶段：采样时读取输入端子状态存于映像寄存器；执行阶段依指令运算数据并暂存结果；刷新阶段将结果输出驱动负载^[1]。PLC技术优势显著。可靠性上，凭借冗余、光电隔离等设计，可在恶劣环境稳定运行，平均无故障时间超数万小时。灵活性强，修改程序即可适配多样控制需求。编程采用梯形图等直观语言，易于工程人员掌握。通信能力突出，支持多种协议，能与各类设备及网络交互，实现分布式与远程控制，在工业自动化中占据关键地位。

1.2 PLC系统的组成与结构

PLC系统由硬件与软件协同构成。硬件是运行基础，包含CPU、存储器、I/O模块、电源及通信模块。CPU为核心，决定运算与处理速度；存储器分系统程序区（厂家固化）与用户程序区（依需求编写）。I/O模块作为信息交互枢纽，输入模块转换外部信号供CPU处理，输出模块驱动外部设备，可按需选配不同规格。电源模块采用开关电源，保障供电稳定；通信模块支持RS-232等协议，实现设备联网通信。软件系统含系统软件与用户软件，系统软件由厂家开发，管理硬件、执行诊断与编译程序；用户软件则由用户依控制目标编写，经编程软件下载至PLC，二者配合使PLC实现对工业过程的精准控制。

1.3 PLC技术的发展趋势

伴随工业自动化进步，PLC技术加速迭代。功能层面，运算能力与处理速度跃升，能承载复杂算法与大数据处理，集成运动、过程控制等多元功能，向高性能发

展。通信方面，协议与标准不断更新，无缝对接工业以太网、物联网，强化设备互联与数据共享能力。智能化进程中，融入人工智能与机器学习，实现智能诊断、预测性维护及自适应控制，优化设备管理。开放性与标准化成为主流，厂商打破封闭架构，采用开放接口提升系统兼容性。同时国际标准持续完善，推动技术规范统一。另外，顺应绿色制造趋势，PLC在设计制造中注重节能降耗，采用低功耗元件与优化电路，降低能耗与环境影响。

2 PLC 技术在水电自动化控制系统中的实践应用

2.1 水轮机调速系统中的PLC应用

水轮机调速系统是水电站的关键控制设备，其主要作用是调节水轮机的转速，保证发电机输出频率的稳定，同时实现机组的启动、停机、增减负荷等操作。在水轮机调速系统中应用PLC技术，能够显著提高系统的控制精度和响应速度。PLC通过采集水轮机的转速、接力器行程、电网频率等信号，经过内部的PID（比例-积分-微分）控制算法进行运算，输出控制信号调节调速器的接力器，改变水轮机的导叶开度，从而实现对水轮机转速的精确控制。与传统的机械液压调速器相比，基于PLC的水轮机调速系统具有控制灵活、精度高、可靠性强、便于维护等优点。例如，在一些大型水电站中，采用PLC控制的水轮机调速系统能够快速响应电网频率的变化，在负荷突变时，迅速调节水轮机的导叶开度，使机组转速和电网频率快速恢复稳定，有效提高了水电站的电能质量和运行稳定性。同时，PLC还可以与上位机进行通信，实现调速系统的远程监控和参数调整，方便运行人员对系统进行管理和维护。

2.2 闸门控制系统中的PLC应用

水电站的闸门控制系统主要用于控制拦河坝、溢洪道、泄洪洞等水工建筑物的闸门启闭，以调节水位、控

制流量,保障水电站的安全运行。PLC在闸门控制系统中的应用,实现了闸门控制的自动化和智能化。PLC通过采集闸门的位置、开度、水位、流量等信号,结合预设的控制策略,输出控制信号驱动液压启闭机或卷扬机,实现闸门的启闭操作^[2]。在闸门启闭过程中,PLC能够实时监测闸门的运行状态,对异常情况进行报警和保护,如闸门卡滞、过载、超行程等。例如,在洪水来临前,PLC根据水位和流量信号,自动计算并控制闸门的开启高度,确保洪水能够安全下泄,同时避免水资源的过度浪费。PLC还可以与视频监控系統、水位监测系統等进行集成,实现闸门运行状态的可视化监控和远程控制,提高闸门控制系统的管理效率和安全性。

2.3 发电机励磁系统中的PLC应用

发电机励磁系统的主要功能是为发电机的转子提供直流励磁电流,通过调节励磁电流的大小,控制发电机的端电压和无功功率输出,保证发电机的稳定运行和电能质量。将PLC应用于发电机励磁系统,能够实现励磁控制的精确化和自动化。PLC通过采集发电机的端电压、电流、频率、功率因数等信号,经过内部的控制算法进行运算,输出控制信号调节励磁调节器的触发角,改变励磁电流的大小。基于PLC的励磁控制系统具有响应速度快、控制精度高、调节范围宽等优点,能够快速适应电网负荷的变化,保持发电机端电压的稳定。例如,在电网发生短路故障时,基于PLC的励磁系统能够迅速增加励磁电流,提高发电机的暂态稳定性,使发电机在故障排除后能够快速恢复正常运行。PLC还可以实现励磁系统的故障诊断和保护功能,对励磁变过热、整流桥故障等异常情况进行及时报警和处理,保障励磁系统的安全可靠运行。

2.4 辅助设备控制系统中的PLC应用

水电站的辅助设备包括油压系统、压缩空气系统、供水系统、排水系统等,这些设备的正常运行是保证水电站安全稳定发电的重要基础。PLC在辅助设备控制系统中的应用,实现了辅助设备的自动化运行和集中管理。在油压系统中,PLC通过采集压力、油位等信号,控制油泵的启停和压力调节,保证系统压力稳定在设定范围内;在压缩空气系统中,PLC根据储气罐压力和用气设备的需求,控制空压机的启停和加载卸载,实现压缩空气的稳定供应;在供水系统中,PLC通过监测水位、水压等信号,控制水泵的启停和流量调节,满足机组冷却、润滑等用水需求;在排水系统中,PLC根据集水井水位,自动控制排水泵的启停,及时排除积水,防止水淹事故的发生。PLC还可以将各辅助设备的运行状态和参数上传至

上位机监控系统,运行人员通过监控画面可以实时了解辅助设备的运行情况,对设备进行远程控制和管理,提高了辅助设备控制系统的自动化水平和运行效率。

3 PLC技术在水电自动化控制系统中的创新实践

3.1 基于PLC的智能监控与故障诊断系统创新

随着人工智能和大数据技术的发展,将其与PLC技术相结合,构建基于PLC的智能监控与故障诊断系统,成为水电自动化控制系统的创新方向之一。该系统通过PLC采集水电站各设备的运行数据,如温度、振动、压力、电流、电压等,利用大数据分析技术对这些数据进行处理和分析,提取设备运行特征和故障信息。同时,引入机器学习算法,建立设备故障诊断模型,实现对设备故障的智能诊断和预测。例如,通过对水轮机轴承温度、振动数据的实时监测和分析,当数据出现异常变化时,智能诊断系统能够及时判断出轴承可能存在的故障类型和严重程度,并发出报警信号,提醒运行人员采取相应的措施进行处理^[3]。另外,该系统还可以对设备的运行数据进行长期积累和分析,预测设备的剩余使用寿命,为设备的维护和检修提供科学依据,实现设备的状态检修,降低设备的维护成本和停机时间。

3.2 PLC与物联网技术的融合创新应用

物联网技术的快速发展为PLC在水电自动化控制系统中的应用带来了新的机遇。将PLC与物联网技术相融合,实现水电站设备的互联互通和智能化管理。通过在水电站各设备上安装传感器和通信模块,将设备的运行数据实时采集并上传至物联网平台。PLC作为现场控制核心,与物联网平台进行通信,接收平台下发的控制指令,实现对设备的远程控制和优化运行。同时物联网平台可以对采集到的设备数据进行集中管理和分析,为水电站的运行管理提供决策支持。例如,运行人员可以通过手机APP或电脑终端,随时随地查看水电站各设备的运行状态和参数,对设备进行远程控制和调节。物联网平台还可以将不同水电站的数据进行汇总和分析,实现区域内水电站的协同运行和优化调度,提高水资源的利用效率和水电站的经济效益。

3.3 PLC在水电站优化运行中的创新控制策略

为了提高水电站的运行效率和经济效益,基于PLC的水电站优化运行控制策略不断创新和发展。通过建立水电站的数学模型,结合实时的水文、气象、电网负荷等数据,利用优化算法求解出水电站的最优运行方案,然后通过PLC实现对水电站设备的精确控制。例如,采用动态规划、遗传算法等优化算法,以发电量最大、耗水率最小或经济效益最大等为目标函数,对水电站的机组组

合、负荷分配、闸门调度等进行优化计算。PLC根据优化计算结果,实时调节水轮机的导叶开度、发电机的有功和无功功率,实现水电站的优化运行。同时还可以考虑环境因素和生态需求,在满足发电要求的前提下,合理调节下泄流量,保护河流生态环境。

4 PLC技术在水电自动化控制系统中的应对策略

4.1 加强技术标准制定与统一

目前,PLC技术在水电自动化控制系统中的应用存在技术标准不统一的问题,不同厂家的PLC产品在通信协议、编程规范、接口标准等方面存在差异,给系统的集成和维护带来了困难。因此加强技术标准的制定与统一至关重要。行业主管部门和相关标准化组织应组织专家学者和企业技术人员,开展PLC技术在水电自动化控制系统中的应用标准研究,制定统一的通信协议、编程规范、接口标准等,提高PLC产品的兼容性和互操作性。同时,鼓励企业积极参与标准的制定和实施,推动PLC技术在水电自动化控制系统中的规范化和标准化发展。

4.2 强化网络安全防护

随着PLC与工业互联网、物联网的深度融合,其网络攻击面不断扩大,面临的网络安全威胁呈现出日益复杂和多样化的态势。恶意攻击者可能利用PLC系统存在的通信协议漏洞、软件编程缺陷等,发动诸如DDoS攻击、恶意代码注入、中间人攻击等,病毒、木马也可通过网络渗透至PLC控制系统。一旦发生网络安全事件,轻则导致设备误动作、生产效率下降,重则造成水电站控制系统瘫痪,引发大面积停电事故,甚至威胁大坝安全,给人民生命财产和社会稳定带来严重危害。因此构建全方位、多层次的PLC系统网络安全防护体系刻不容缓。在硬件层面,部署物理隔离装置阻断非授权网络连接,利用防火墙对网络流量进行严格筛选过滤,结合入侵检测系统实时监测异常行为,有效抵御外部网络攻击和非法访问;在软件层面,及时更新系统补丁修复漏洞,采用先进的加密算法保障通信数据安全,通过严格的用户认证和访问控制机制限制操作权限,确保数据的安全性和完整性。建立完善的网络安全应急响应机制,制定详细的

应急预案,定期开展实战化网络安全演练,提升快速发现、分析和处置安全事件的能力,为水电站的安全稳定运行筑牢网络安全防线。

4.3 加大人才培养力度

PLC技术在水电自动化控制系统中的应用涉及计算机、自动控制、通信等多学科知识,对技术人员的专业素质要求较高^[4]。目前,行业内既懂PLC技术又熟悉水电工程的复合型人才相对匮乏,制约了PLC技术在水电自动化控制系统中的应用和发展。因此需要加大人才培养力度。高校和职业院校应加强相关专业的学科建设,优化课程设置,增加PLC技术、水电自动化控制等方面的教学内容,培养适应行业发展需求的专业人才。企业应加强与高校和科研机构的合作,开展产学研联合培养,为员工提供培训和进修机会,提高员工的技术水平和创新能力。同时,建立完善的人才激励机制,吸引和留住优秀人才,为PLC技术在水电自动化控制系统中的应用和发展提供人才保障。

结束语

PLC技术的应用与创新,推动水电自动化控制系统迈向智能化、高效化,在保障水电安全稳定运行、提升资源利用效率等方面意义重大。然而技术标准差异、网络安全威胁及人才短缺等问题仍需解决。未来,随着技术持续发展与应对策略落实,PLC技术将在水电领域发挥更大作用,助力行业向绿色、智能方向迈进,为能源产业发展注入新动力。

参考文献

- [1]马慧,李卫星,岳远东.现代化水厂自动化控制系统的应用[J].能源与环境,2021(05):106-107.
- [2]翟志盛.水厂扩建工程中自控系统升级改造研究[J].轻工科技,2021,37(08):62-63.
- [3]陆明.奉贤第一水厂自动化控制系统的设计与应用[J].自动化应用,2020(11):155-158.
- [4]王晶,王沛.PLC技术在自动化控制系统中的应用[J].电子技术,2022,51(11):180-181.