

基于 PLC 的工业供电系统自动化控制方案设计与实现

韩梓峰

大连交通大学

DOI:10.32629/pe.v4i1.19005

[摘要] 工业供电系统在复杂工况下保持稳定运行,离不开高效可靠的自动化控制体系。以PLC为核心构建监测与故障诊断、负荷调度与节能优化、冗余切换与物联网集成等功能模块,使供电状态能够被准确识别、能源分配更加合理、电源切换更加安全,系统整体运行的连续性与智能化水平也随之提升。该方案在多类型工业环境中均展现出良好适应性与技术优势。

[关键词] PLC; 工业供电系统; 自动化控制; 控制方案设计; 系统实现

中图分类号: TD612 **文献标识码:** A

Design and Implementation of Automation Control Scheme for Industrial Power Supply System Based on PLC

Zifeng Han

Dalian Jiaotong University

[Abstract] Stable operation of industrial power systems under complex conditions requires an efficient and reliable automation framework. A PLC-based design integrating monitoring and fault diagnosis, load scheduling and energy optimization, redundancy switching, and IoT connectivity enables accurate state assessment, safer power switching, and more balanced energy use, improving overall continuity and intelligence of the system. The scheme shows strong adaptability and technical advantages across various industrial settings.

[Key words] PLC; Industrial power supply system; Automated control; Control scheme design; system implementation

引言

工业领域正加速向数字化与自动化迈进,供电系统因负载波动频繁、运行节奏紧凑、环境干扰多样而呈现出更高的控制难度,人工巡检滞后、电气切换不够灵动、状态监测缺乏连续性问题便愈发凸显。基于PLC的自动化控制因结构紧凑、响应敏捷、抗干扰能力强而逐步被用于弥补传统方式的不足,使监测链路更稳定、控制逻辑更凝练、能效调节更具实时性。而在生产设备密集、供电等级多样的场景中,此类控制方式的可靠性与适应性尤显关键。

1 工业供电系统自动化控制需求分析

工业供电系统在高密度负载、多类型设备并行运行与外部环境扰动叠加的条件下,其运行状态往往呈现强波动性与高敏感度,而电压、电流在工序切换间不断变化,使供电链路长时间保持动态平衡,使监测的精细化与故障诊断的前瞻性显得愈加关键^[1]。设备对电力参数微弱偏移的放大效应,使隐性风险更易沿链路扩散,而主干负载、冲击负载与备用电源介入方式相互交织,使供电模式更加复杂,也促使系统对实时感知、状态识别与异常评估能力提出更高要求。环境温度升、粉尘与振动等

因素亦会使电气元件稳定性下降,使运行状态预测难度进一步增加。

在此背景下,自动化控制功能需具备更高密度的数据采集能力,使得电压、电流、谐波、温升等参数呈现连续信息,使潜在异常在早期即能被识别。负荷调度需求则由节能目标驱动,使优先级分配、动态调节与能耗评估成为控制体系的重要逻辑,使得供电结构向更经济、更均衡的方向重塑。冗余切换的响应速度、互锁条件与保护逻辑亦需强化,使系统在异常发生时仍保持供电连续性。而随着物联网技术的深入应用,系统对远程协同、数据互通与状态可视化能力的依赖不断增强,使PLC在整体控制框架中承担更具智能化与扩展性的角色,使工业供电系统在可靠性、经济性与智能化水平上进一步提升^[2]。

2 基于PLC的工业供电系统自动化控制方案设计

2.1 控制系统总体架构与硬件配置设计

工业供电系统在高负荷与动态工况交织的环境中,其自动化控制架构若要稳定运行,往往需要更为紧凑而分层的结构,而以PLC为核心的控制框架正是在这种需求下更显优势,监测、诊断、调度与切换功能在统一逻辑下被融为一体,使系统在扰动增

强或负荷急剧变化时仍能维持协调状态。架构设计若将数据采集层、逻辑运算层、电气执行层以及物联网通讯层纳入完整体系，则数据链路的连续性更强，状态识别更敏锐，远程协同能力也会显著提升，而PLC的输入输出能力、抗干扰水平与模块化扩展特性便成为系统适应不同工况变化的重要基础。为了使未来的智能化升级具备可塑性，控制架构多采用可组合式模块布局，使传感器增减、采样密度调整、边缘计算节点接入都能在较小结构变动下完成，使系统在长期运行中保持灵活、稳定且具备学习能力的特征^[3]。

在硬件配置之中，监测端、执行端与通讯端之间的协同显得尤为关键，尤其在大量节点同时运行的场景下，PLC与物联网网关、远程I/O站和执行机构形成的链路若保持信号清晰、互锁严密，则故障诊断的准确性和负荷调度的响应速度都会显著提升。为便于理解典型架构中各硬件单元的功能分布，下表展示工业供电系统中PLC控制组件的关键配置。

表1 PLC控制系统主要硬件配置与功能分布

组件名称	关键功能	应用范围
PLC 主机	逻辑运算、状态诊断、调度控制	供电调控核心单元
模拟量输入模块	电压、电流、温升监测	运行状态识别与故障预警
数字量输出模块	切换执行、隔离动作	冗余供电切换与保护控制
通讯模块(含 IoT 网关)	数据交互、远程管理接入	物联网平台联动与上位系统通信
冗余电源模块	持续供电、防止意外掉电	关键控制单元高可靠运行保障

为了使结构设计意义更具实证性，可举某企业在扩建智能化生产线时的实践经验，其在提升监测密度、增加备份电源途径并引入IoT网关后，运行数据得以实时上传至能源管理平台，供电扰动事件的识别效率大幅提升，冗余切换延时明显缩短，系统的可靠性与智能化水平均获得显著增强。

2.2 PLC控制逻辑与自动化功能模块设计

在工业供电系统的自动化运行中，控制逻辑的结构与触发关系往往决定系统能否在持续波动环境下保持稳态，而PLC的可编程特性使监测、诊断、调度与切换动作在逻辑上形成紧密链路，使系统具备快速识别、精准判断与柔性调节的能力。监测模块以短周期高精度采样方式运行，使电压、电流、频率以及谐波成分的变化被连续捕捉，状态趋势因而更加清晰；故障诊断模块依据多阈值组合策略与事件逻辑进行判断，使故障分类、等级鉴别与响应路径在毫秒级完成，而潜在风险在放大前便可得到控制。负荷调度模块承担能效优化与经济运行的重要任务，在动态负载条件下，其优先级策略、分级启停策略以及削峰填谷逻辑能够显著降低供电冲击，使负荷曲线更平滑，使设备运行更稳定，也使能源利用更趋合理。冗余切换模块面向供电连续性要求，其互锁逻辑、相序校验与延时保护共同构成切换链路，使备用电源介入过程顺畅、安全而可控^[4]。

为了进一步体现控制逻辑的重要性，可结合某装备生产企

业的案例，该企业在高启动电流设备密集上线后，原系统在冲击瞬间多次触发保护动作，而在重构PLC逻辑并加入动态负荷管理机制后，设备启动节奏被智能调整，参数波动显著降低，供电稳定性明显提升，系统的经济性与可靠性均得到增强。

2.3 节能优化、稳定性保障与系统适配性协同设计

在供电系统的自动化控制中，稳定性、经济性与适配性三者若能在逻辑层面形成协同关系，则系统在复杂工况下的运行质量便能获得显著提升。稳定性的构建不仅依赖硬件隔离、冗余电源与多层防护结构，更依赖控制策略的稳健性，使控制动作不受干扰脉冲影响，使系统在外界条件突变时仍能保持一致的响应节奏。节能优化策略则围绕负荷特性、工艺节奏与电能曲线进行构建，动态调节负荷比例、调整启停策略、分配无功功率，使整个供电系统在满足生产需求的同时尽可能降低不必要的能耗，运行成本因而得到有效压缩。适配性设计强调控制体系面对设备更新、工艺变化或负荷分布重构时，仍能以较低成本完成参数再配置，使逻辑结构具有可演化能力，使系统在未来可持续优化的框架中运行。

某矿业企业的实践为此提供了较具代表性的例证，该企业在部署PLC控制方案后，将负荷调节策略与能源管理平台建立联动，使调节路径更加灵活，使负荷在季节性波动与突发事件条件下仍能自动回归稳定区间，系统在面对新型设备上线时也能迅速完成参数适配，使可靠性与经济性同步提升。

2.4 物联网集成带来的智能化提升与系统扩展能力增强

随着工业物联网的发展趋势愈加明显，供电系统在未来运行模式中对数据融合、云接入及远程诊断的需求不断上升，而PLC若能够与IoT平台形成协同结构，则供电控制体系的智能化水平将呈现新的跃升^[5]。物联网集成使数据上云、远程运维、在线诊断与历史趋势分析成为可能，运行状态的异常可以被提前识别，预测性维护机制得以建立，使故障从“被动发现”向“主动预警”转变。PLC作为现场层的核心，其边缘计算能力若与云侧分析模型相结合，则对负荷特性、能效变化与故障模式的认知将更为深刻，使调度策略具备更强前瞻性，使切换路径更具弹性，使节能机制更具精准性。

系统扩展能力的增强，也源于物联网架构的加入，使PLC控制系统从传统闭环结构延展为开放式网络结构，使新设备、新场景、新数据源能够以更低成本接入，使系统在未来的技术迭代中保持长期活力。工业供电系统因此形成监测、诊断、调度、切换与协同管理的一体化格局，使可靠性提升、经济性改善与智能化增强三者形成统一方向，使供电体系在现代化工业场景中更具竞争力。

3 PLC自动化控制系统的实现与运行效果评估

3.1 系统部署、调试流程与关键实现步骤

工业供电系统在部署PLC自动化方案时，设备布局、电气连接与逻辑结构需形成足够紧密的协同，使监测链路、执行链路、冗余切换链路在统一框架内保持稳定。安装阶段依据主供电回路和关键负荷节点进行规划，使PLC主机、采集模块与执行装置

的配置更具层次感;信号隔离、防护接地与线路标识的严谨性则为后续的可靠运行奠定基础。程序写入后,监测数据逐步形成连续流,供电状态的细微波动因此更易呈现,故障诊断条件的触发也随之更敏锐。

调试过程在整个系统生命周期中具有决定性意义,各项阈值、保护参数与调节策略在多层测试中不断趋于协调,使控制动作的节奏更加平稳,使负荷调度更具经济性。在故障模拟试验中,系统对过载、相序异常与短时冲击的处理能力得到验证,使控制链条在复杂工况下表现出更高韧性。随着物联网集成模块的投入运行,PLC数据开始进入远程平台,使状态评估、趋势分析与在线诊断能力同步提升,为系统的智能化演进奠定基础。

3.2 运行效果评估与优化方向分析

在长期运行中,PLC控制体系的监测精度、故障识别速度与负荷调节效率逐步得到验证。连续采集的电气参数使系统对扰动的感知更及时,而逻辑结构的严密性使切换动作保持干净利落,关键负荷因此获得更高运行稳定性。动态负荷分配策略在不同生产节奏下展现协调能力,使能耗结构逐渐趋向合理,使运行成本呈现下降趋势。冗余切换机制的稳定表现,使主回路波动未能影响重要设备的连续运行,系统安全性随之增强。

物联网集成带来的数据扩展能力,使能源优化模型、设备健康模型与负荷预测模型逐步形成,使控制策略从静态调节迈向更主动的智能调节,使系统在高复杂度工况下仍能保持持续可靠的运行能力。整体来看,PLC自动化控制体系的成熟度随着运行时间不断提高,其在监测、调度、诊断与节能方面的综合优势,使工业供电系统在可靠性、经济性与智能化水平上均呈现显著提升。

4 结语

工业供电系统在高强度与高动态的生产环境中愈显其基础地位,而当PLC的控制能力被精细嵌入供电链路后,系统的韧性、灵敏度与协调性便得以不断增强,使电力调控在复杂工况下仍保持稳定,亦使生产活动能够在更少干扰中持续展开。控制逻辑日趋成熟,监测手段愈加细密,调度策略随之具备更强适应力,使供电系统由被动应对迈向主动调节,而工业自动化的深度也因这些技术积累而不断延展。随着更高维度的数据融入控制体系,供电系统在未来的运行模式中 will 呈现更强自主性与预测性,使能源利用更高效,运行风险更可控,亦使工业电力管理迈向更稳健的技术高度,为产业发展注入持续而可靠的动力。

[参考文献]

- [1]张婧靓.基于PLC技术的机械自动化控制系统设计[J].无线互联科技,2025,22(12):66-69.
- [2]田怀青.供电系统的自动化控制技术分析[J].集成电路应用,2022,39(03):93-95.
- [3]袁苏楠,袁华,刘保军.PLC技术在电气工程自动化控制中的应用分析[J].现代制造技术与装备,2020,56(09):191-193.
- [4]万豪.供电系统电气工程与自动化控制技术[J].电声技术,2019,43(10):72-74.
- [5]魏立明,姜悦.PLC技术在电力系统自动化中的应用[J].吉林建筑大学学报,2017,34(02):83-85.

作者简介:

韩梓峰(2005--),男,汉族,北京人,大学本科,研究方向:电气工程及其自动化供电系统、电气自动化控制。