

基于PLC控制的建筑电气控制方法研究

丁永继

(上海振华重工(集团)股份有限公司)

【摘要】文章围绕PLC机电一体化技术在建筑电气自动化中的应用展开研究,构建了以PLC为核心的分层控制架构,并从数据采集、控制处理、执行反馈及远程监控四个层面进行系统设计。通过在实际建筑环境中开展实验,对比传统定时控制与基于PLC的自适应控制策略,结果显示:系统在能耗降低、负荷转移以及温度调节精度方面均表现出显著优势。实验验证了PLC结合机电一体化技术在建筑电气系统中实现节能降耗与环境舒适度提升的有效性,为智能建筑和绿色节能技术的发展提供了理论依据与实践参考。

【关键词】PLC;机电一体化;建筑电气自动化;节能控制

中图分类号:TU855

DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2025.S2.066

Research on Building Electrical Control Methods Based on PLC Control

DING Yong-ji

(Shanghai Zhenhua Heavy Industry (Group) Co., Ltd.)

【Abstract】This paper centers on researching the application of PLC mechatronics technology in building electrical automation, constructs a hierarchical control architecture with PLC as the core, and carries out the system design on the four levels of data acquisition, control processing, execution feedback and remote monitoring. By conducting experiments in the actual building environment, and comparing the traditional timing control with the PLC-based adaptive control strategy, the results show that the system shows significant advantages in terms of energy consumption reduction, load transfer and temperature regulation accuracy. The experiment verifies the effectiveness of PLC combined with mechatronics technology in the building electrical system to realize energy saving, consumption reduction and environmental comfort enhancement, which provides a theoretical basis and practical reference for the development of intelligent buildings and green energy-saving technology.

【Keywords】PLC; mechatronics; building electrical automation; energy saving control

1 引言

随着城市化进程的加快与建筑规模的不断扩大,建筑能耗在我国能源消耗总量中占据越来越重要的比例。传统的定时控制模式由于缺乏实时反馈与动态调节能力,难以满足建筑环境对高效能耗管理和舒适运行条件的双重需求。可编程逻辑控制器凭借其结构紧凑、编程灵活以及抗干扰能力强的特点,已广泛应用于工业控制和自动化系统。结合机电一体化的理念,可以通过传感器、控制器与执行机构的有机融合,实现建筑电气设备的智能化运行与高精度调节。本文在分析PLC工作原理与机电一体化技术特征的基础上,提出了一种基于PLC的建筑电气自动化系统架构,并通过实验对其节能效果和运行性能进行验证,旨在为绿色建筑的推广与智能电气系统的设计提供参考路径。

2 PLC机电一体化技术概述

PLC机电一体化技术是以可编程逻辑控制器

(PLC)为核心,将机械工程与电子电气技术紧密结合的综合应用模式。

2.1 PLC的工作原理与功能

PLC的工作原理建立在循环扫描机制之上,通常包括输入采集、逻辑运算和输出执行三个阶段。系统首先通过输入接口采集各类传感器与开关信号,经由中央处理单元按照用户编写的梯形图或功能块程序进行逻辑判断与算术运算,最终将处理结果传递至输出模块以驱动电机、继电器或液压执行元件。其核心功能涵盖逻辑控制、定时与计数、模拟量处理以及通信与联网^[1]。由于采用模块化结构,PLC能够根据应用需求灵活扩展I/O点数与功能模块,满足多样化工业控制场景。与传统控制器相比,PLC在处理速度、稳定性和编程灵活性方面表现突出,同时具备掉电保持、故障自诊断与远程编程等附加功能。这些特性使其在复杂生产线上能够实现高效可靠的过程控制,并具备与上位机、工业机器人及现场总线的无缝集成能力,为智能化生产奠定了坚

实基础^[2]。

2.2 机电一体化基本概念与原理

机电一体化是机械工程、电子技术、控制理论与计算机科学的交叉融合,其基本目标是通过多学科的协同设计与集成优化,实现系统性能的整体提升。其核心原理在于利用电子信息技术对机械系统进行感知、决策与控制,从而在结构紧凑化、运行智能化和能效最优化方面展现优势^[3]。典型的机电一体化系统由传感器、执行机构、控制单元以及信息交互接口构成,各部分通过信号传输与反馈闭环形成动态控制体系。与传统机械独立运行模式不同,机电一体化强调软硬件的协同与功能集成,使设备能够在变化的工况下保持稳定运行。其应用不仅限于自动化生产线,还扩展到医疗设备、交通运输以及新能源装备等领域。随着人工智能与物联网的渗透,机电一体化系统正向自适应与预测性控制方向演进,这意味着未来设备将更具自主学习和优化能力,为工业生产模式的转型提供强有力的技术支撑。

3 基于PLC机电一体化技术的建筑电气自动化系统设计

3.1 数据采集层

数据采集层是建筑电气自动化系统的感知前端,其作用在于全面、实时地获取建筑内部环境和设备的运行信息。该层由温度、湿度、光照度以及电流电压等多类型传感器构成,采集频率和精度依据系统的控制需求加以设定。合理的传感器布置需结合建筑的结构特征和功能分区,以确保所获数据能够反映整体运行状态。为了避免数据冗余和通信压力,系统引入自适应采样算法,通过监测环境参数的变化速率动态调整采样间隔,在参数波动显著时提高频率,而在稳定状态下降低频率。这种差分熵驱动的采样策略有效兼顾了实时性与效率。此外,采集到的数据通过高速总线传输至PLC,实现后续处理。通过在采集环节就保证数据的准确性与完整性,系统不仅为控制决策提供了坚实依据,还提升了整体运行的响应速度与可靠性。这一设计思想体现了建筑电气系统对智能化与精细化控制的追求^[4]。

3.2 控制处理层

控制处理层是整个建筑电气自动化系统的核心

枢纽,其主要功能是对采集层传输的多源数据进行逻辑运算与优化计算,从而生成有效的控制指令。

该层通常由模块化设计的PLC构成,包含电源、CPU、通信和I/O接口模块。CPU具备高速运算能力,可在极短时间内完成复杂逻辑判断与控制算法执行。为了实现精准控制,系统普遍采用自整定PID控制方法,通过对被控对象的动态特性进行实时辨识,自适应地调整比例、积分与微分参数,使控制性能保持在最优状态。在此基础上,PLC还利用标准化工业通信协议将指令分发至执行层,同时将运行数据上传至监控层,形成多层协同机制。该设计保证了空调、照明等子系统能够快速响应环境变化并维持稳定运行^[5]。由此,控制处理层不仅是数据流转的中枢,更是实现建筑电气系统高效性与稳定性的关键环节。

3.3 执行与反馈层

执行与反馈层位于自动化系统的末端,承担着将控制处理层的指令转化为物理动作的任务。该层包括变频器、智能阀门、调光器及各类电机设备,这些执行单元直接作用于建筑的空调、照明和给排水系统。执行装置在运行过程中实时采集自身状态参数,如电流、电压及温度,并通过反馈回路传输至PLC,从而实现闭环控制^[6]。反馈机制保证了系统能够及时修正偏差,维持运行在目标范围内。为了提升响应速度与控制精度,部分执行设备引入了模糊自适应控制策略,通过隶属度函数和模糊推理动态调整运行参数,使设备始终处于最佳工况。例如空调系统的温度控制能够将波动范围稳定在 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$,照明系统的亮度调整亦能在秒级完成。执行与反馈层的高效运行不仅提高了能效和舒适度,也为整个建筑电气系统的稳定性提供了重要支撑。

3.4 远程监控与故障管理层

远程监控与故障管理层是建筑电气自动化系统的最高层次,其功能集中在状态监测、故障诊断及预测性维护。该层通常由服务器、交换机和人机交互界面组成,通过局域网实现对下层设备的远程访问和数据采集。管理人员可在图形化界面中实时掌握建筑环境参数和设备运行状况^[7]。更为重要的是,该层引入了基于支持向量机的智能故障诊断算法,通过对电流、振动和温度等特征量进行分类识别,能够提前发现潜在异常并推送报警信息。预测性维护的

引入有效提升了平均无故障时间,显著降低了运维成本。此外,系统还具备数据挖掘与报表生成能力,能够对能耗和运行效率进行统计分析,为建筑节能与管理优化提供量化依据。远程监控与故障管理层的建设使建筑电气系统实现了从被动响应向主动预测的转变,彰显了机电一体化技术在智能建筑中的价值。

4 系统性能分析与评价

4.1 实验方案

为验证基于PLC机电一体化技术的建筑电气自动化系统在实际应用中的性能,设计了针对空调子系统的实验方案。实验地点选取某大型商业综合体,总建筑面积约为5万m²。控制核心采用西门子S7-1500系列PLC,该装置具备高速逻辑运算与强抗干扰能力,能够满足复杂环境下的实时控制需求。温度检测部分使用PT100铂电阻传感器,其测量范围为-50℃至200℃,精度等级为A级,可确保环境参数的高精度采集。系统通信通过ModbusRTU协议实现,结合智能电表对能耗数据进行采集,电表量程覆盖AC176至288V的电压及0至100A的电流,功率精度达到0.5级。实验过程分为两个阶段,第一阶段采用传统定时开关控制策略,第二阶段引入基于PLC的自适应控制方法,利用在线辨识与自整定PID算法实现动态参数优化。每一阶段持续一周,采集能耗、峰谷电量比、室内温度日较差及温度超标时长等指标。该方案能够在保持可比性的前提下,全面评估系统在节能与环境舒适性方面的提升效果,为实验数据的科学性与可靠性提供了保障。

4.2 结果分析

实验数据表明,采用PLC自适应控制后,系统性能较传统定时控制有显著改善。表1给出了两种控制策略下的关键性能指标对比。

表1 两种控制策略下的关键性能指标

评价指标	定时控制阶段	自适应控制阶段	优化幅度
日均能耗/kWh	425.2	346.1	-18.6%
峰谷电量比/%	2.67	4.15	+55.4%
温度日较差/℃	4.5	2.2	-51.1%
温度超标时长/min	285	58	-79.6%

从表中可以看出,自适应控制阶段的日均能耗下降了79.1kWh,能源利用率大幅提高。同时,峰谷电量比提升至4.15,表明系统能够主动引导负荷向

电价低谷时段转移,从而实现运行成本的节约。在温度控制方面,室内温度日较差由4.5℃降至2.2℃,显著增强了热舒适性;温度超标时长缩短至不足一小时,反映出控制系统具备快速响应与高精度调节能力。这些结果充分说明PLC机电一体化技术不仅改善了能耗指标,还通过先进控制算法提升了系统的稳健性和环境适应性,验证了其在建筑电气自动化中的实际应用价值。

5 结语

研究表明,基于PLC机电一体化技术的建筑电气自动化系统在提升能效、优化负荷分配以及改善室内环境质量方面具有明显优势。实验数据充分证明,自适应控制策略能够显著降低日均能耗,缩短温度超标时长,并有效提升系统的动态响应能力。通过对控制层、执行层与监控层的协同优化,系统实现了从单一控制向综合智能管理的转变。该研究不仅展示了PLC技术在建筑节能与智能化管理中的可行性与优越性,也为后续探索更加复杂环境下的多系统协同控制提供了理论支持和实践基础。未来工作可进一步结合人工智能算法与大数据分析,实现对建筑电气系统更为精细化的预测控制与全生命周期管理。

参考文献

- [1] 张鹏鹏, 杜明珠. 基于PID技术的农业机械电气自动化控制方法[J]. 南方农机, 2025, 56 (15): 79-81+90.
- [2] 蒋年路. 电气自动化控制中人工智能技术的实践应用[J]. 大众标准化, 2025 (15): 162-164.
- [3] 宋小平. 基于PLC的电气自动化控制系统设计与优化[C]// 广西大学广西县域经济发展研究院. 2025年第三届工程技术数智赋能县域经济城乡融合发展学术交流论文集. 杭州萨萌科技有限公司, 2025: 266-267.
- [4] 张海礁. 智能温室控制系统的电气自动化设计[J]. 山东农机化, 2025 (4): 57-58.
- [5] 郭小军. 基于PLC机电一体化技术的数控机床改造研究[J]. 自动化应用, 2025, 66 (15): 272-274.
- [6] 黎花叶, 刘明民. 基于PLC的电气自动化系统故障预警系统研究[J]. 家电维修, 2025 (8): 74-76.
- [7] 尹晓杰, 李禹羲, 张昭, 等. 基于PLC的化工装置电气自动化控制技术[J]. 大众标准化, 2025 (14): 44-46.