

基于电气工程自动化技术的楼宇智能照明节能系统分析

邓雅之

广西创新工程咨询有限公司, 广西 南宁 530000

[摘要]随着世界性能源短缺现象以及社会环境保护意识日益严峻的形式下,楼宇亮化用电量过大成为了电气专业的研究人员密切关注的问题,而基于电气自动化下的智能化照明节能系统则是利用先进的感应器集合自动控制策略来对灯具进行精确化的管理控制使其合理地运转进而减少能耗。本文主要从智能化照明节能系统的概念及发展等方面进行了系统的探究,分析了其传感器技术、自动控制技术以及通讯网络技术等关键技术的研究,并论述了其由硬件体系、软件体系以及人机交互界面等方面的构成部分,并着重对其光环境智能调控方式以及时间情景设定、人体感应识别以及能耗统计分析等策略方法进行了研究。

[关键词]智能照明;节能系统;电气工程自动化

DOI: 10.64635/ja.2026.1065

中图分类号: TU855.3

文献标识码: A

Analysis of Intelligent Energy-Saving Lighting Systems for Buildings Based on Electrical Automation Technology

Deng Yazhi

Guangxi Chuangxin Engineering Consulting Co., Ltd., Nanning 530000, Guangxi, China

Abstract: Against the backdrop of global energy shortages and increasing environmental awareness, the excessive electricity consumption of building lighting has become a major concern in the field of electrical engineering. Intelligent energy-saving lighting systems based on electrical automation technology use advanced sensors and automatic control strategies to achieve precise management and control of lighting equipment, thereby ensuring rational operation and reducing energy consumption. This paper systematically explores the concept and development of intelligent energy-saving lighting systems and analyzes the key technologies involved, including sensor technology, automatic control technology, and communication network technology. It also discusses the main components of such systems, including the hardware architecture, software architecture, and human-machine interface. Particular attention is given to strategies and methods such as intelligent lighting environment control, time-based scene settings, occupancy sensing, and energy consumption statistics and analysis.

Keywords: intelligent lighting; energy-saving system; electrical engineering automation

引言

伴随着世界性的能源问题日趋严重,环保理念逐渐深入人心,节约能源成为了各个行业发展必须思考的问题,在建筑行业中,照明系统是耗能大头之一,对建筑照明系统进行节能化改造对减少整个建筑的耗电量有非常大的作用,电气工程自动化技术的发展为楼宇照明系统向智能化转变提供了技术支持,智能化照明节能系统由此诞生。

1 智能照明节能系统概述

1.1 系统基本概念

智能照明节能系统是建立在电气工程自动化基础上的一个综合控制系统,它的主要目的就是针对环境因素以

及人们的行为来进行实时监控从而达到自动化的调节灯光的状态以达到节能和舒适的效果,一般它是由传感器阵列、控制器、执行器以及人机界面构成一个闭环反馈系统。功能上来说主要是根据外界光线强弱来自动调节室内灯光强度大小以及可以定时或者根据不同的人流量选择不同的场景模式,以此减少不必要的电量消耗,设计理念主要是自动化加智能化的设计思路,利用单片机芯片加上相应的程序代码对灯进行相应控制,如通过采集传感器的数据信息来对应该需要补充多少光照强度,以此驱动调光装置。另外还具有数据储存分析作用能够对用电情况进行长时间记录并且提出一些改进意见,所以不仅仅是一款产品

更是对于现代化建筑电力管理精细化的一种表现形式,体现着电气工程自动化应用到实际工程项目中的能力。

1.2 系统发展背景

智能化照明节能系统的诞生是建立在电气自动化技术和能源危机意识的提高上,传统的照明控制系统以机械手动开关和简易式时钟为主,手段比较单一且缺乏灵活性,微电子及传感技术的发展促进了九十年代由光电传感器所组成的智能调光系统的产生。二十一世纪以来,互联网和无线通讯网飞速发展的趋势给照明控制系统带来了更大的技术支持,使大范围的设备连接、复杂的方案得以实现,同时政府提倡的节能减排政策也促使了该技术更快的应用于各种楼宇。就技术层面而言,控制系统从最初的单一光感调光系统逐渐演变为集合人体感应、情景模式等各种功能于一体的综合系统,控制算法也由简单的比例控制转变为现在的模糊算法等多种智能化控制手段,这也使得控制系统的节能效率以及使用体验都有很大幅度的提高。虽然目前还存在硬件成本过高、兼容性差等一系列的问题,但是相信随着技术的成本降低和大众的认知程度加深,该系统会在未来的大楼建设中有较好的发展应用前途,整个进化史就是科技进步和社会需要相互作用的结果。

2 系统的关键技术

2.1 传感器技术

传感器技术作为系统感知层的载体,承担采集环境光照、人员在场等各类参数的任务,为系统进行判断决策给出即时信息输入,常用的有光敏传感器、红外传感器等,每种传感器的工作机制有所不同。光敏传感器基于光电效应变换光线强弱信号对环境中的自然光线明暗程度的变化进行感应;红外传感器则是基于人体自身的红外线进行探测来感知人是否处于环境中从而达到触发的目的;诸如此类的传感器以分散的方式组成一个大范围监测网,保证了对环境变动的有效反馈,发展方向在于微型化、低能耗、多功能化来增强其稳定性。在实际使用过程中,传感器测量结果精确与否及稳定性的高低直接决定了控制系统的效果,应当对其进行周期性的调试以及故障排查,在技术方面也有不足之处,即红外传感器易受到发热物体的影响而产生错误感应,光敏传感器也会因为恶劣的气候条件导致采集到的数据出现较大误差等问题都需要采取多传感器信息融合的方法加以解决增强抗干扰能力。

2.2 自动控制技术

自动控制技术是系统中心,它对传感器输入的数据经过设定好的公式进行运算并发出相应命令让执行装置调

整设备达到节电的目的,常用的方式有PID控制、模糊控制等,各有优缺点和应用场合。PID控制是在对偏差的基础上对输出进行修正的一种方式,原理简单容易实现但是遇到强非线性的场合性能不佳,模糊控制是模拟人脑判断的过程来处理模糊的数据,适合像光控这类涉及因素众多的复杂场合,可以增加系统的稳定性和反应灵敏度,自适应控制可以根据环境的不同动态地改变自身的特性使自身更适应环境的变化。自动控制技术实现需要嵌入式微控制器或者中央处理器来调用特定程序实时进行计算,从系统组成的角度来看,自动控制技术要与传感器组网络和通讯装置联合构成一个闭合回路,保证照明输出随时符合要求,比如监测到人离去后延时一段时间再熄灭灯泡以免频繁开断。自动控制技术进步带动系统由基础的自动化走向智能,对它的改进也是最直接提升系统性能的方式,展示了电气自动化技术不断解决问题的能力。

2.3 通信网络技术

通讯网络技术给系统提供了设备之间进行数据传递的通道,完成传感器、控制器及执行机构的信息交互及联动控制,常用协议有 ZigBee、Wi-Fi 等,有不同的传输速度、传输距离以及功耗特点,ZigBee 用于低能耗的近距离传输无线组网,可适合楼内分布式设备联网控制,Wi-Fi 利用原有的网络设施易于集成和远程管理,可能存在带宽不足造成的实时性问题,这些通讯网络的选择要综合考虑系统大小、经济和技术因素。通信网络技术使得该系统既可以采取集中的监控方式又能够做到分散式的控制,增加系统配置的灵活度,比如利用网关链接不同的通信协议的网络构成完整统一的整体,它自身的安全性和防干扰性能也是考虑的重要因素,在安装时通信网络必须与硬件设备紧密结合才能保证通信延时不严重,以达到控制系统反应迅速的目的,不同的拓扑结构也决定了后期维护方便与否程度,通信网络技术的发展也为系统的大范围使用奠定了基础并有助于与其他楼宇自控系统的融合。

3 系统架构与组成

3.1 硬件系统结构

硬件系统架构主要由传感器模块、控制单元、执行单元以及电源供应组成,各组成部分之间通过实体连接或者无线网关方式建立整个控制系统回路,在传感器模块方面主要是对环境信息数据进行收集。例如光敏电阻传感器及红外探测器一般布置在天花板或墙面上来达到最佳检测效果。控制器相当于整个系统的“大脑”利用的是单片机或者是 PLC 来分析数据、计算并发出指令,执行机

构包含继电器、调光器等用来控制灯的开关及明暗变化。电源供给向各个部件供电同时有可能会配备应急电源。对于硬件架构的设计既要做到可靠稳定又要兼容通用还要控制花费成本,在大型的建筑物内部可以设立多个控制单元来进行任务分配再结合骨干网互联起来。在选购硬件上要符合相关规定从而方便后续的更换升级工作,但是硬件系统架构也有它不足之处就是设备间兼容问题使其很难实现融合等缺点需要结合相关电气工程技术和自动控制领域的经验进行优化。

3.2 软件控制平台

软件管控平台为系统控制中枢。它提供了算法执行、数据存储以及用户配置等功能用于统筹安排硬件部分,平台一般建立在嵌入式的操作系统或者服务端之上,由硬件驱动、控制器逻辑、人机交互等软件组成,硬件驱动层实现与感知器件以及执行机构的信息互译,控制器逻辑层执行节能策略比如依据照明的目标强度来运算出调光量并发送控制指令,数据存储层保存能效历史以及设备状态方便检索统计,平台架构采取分层设计并且留有冗余后期可以进行拓展。实际使用时,平台可以由管理员通过图形窗口或是编程接口来进行操作以完成对参数及情景模式的设置,并支持互联网连接使得用户能够在外部通过网络查看调整整个系统的情况,它的编写必须遵守软件工程规范,保证程序稳定安全,易维护也是一个重要的方面比如使用标准协议来方便同其他楼宇子系统互联。

3.3 人机交互界面

人机界面是系统与使用者之间的交流方式,给予直接操控及监控的信息反馈便于非技术人员操作使用,典型方式有人机界面对话框、网页端以及手机移动客户端等,具有图形化的按钮和下拉式的选择项支持人为调整亮度大小、转换模式或者观察用电情况,比如在办公大楼内,相关人员可以墙面面板迅速选定会议模式或者节约用电选项;而一些职员也可以用手机端远程关掉自己办公室内的照明设备,人机界面的设计要考虑操作简便性和方便快捷,如界面排版合理、反应及时从而降低误操作的概率;同时界面也不仅仅只提供控制的功能,还实时报告系统的运行状况和报警提醒便于使用者自查问题所在,如有感应器失灵立刻出现对话框提醒检测等等,还可以添加一些说明文件帮助理解功能的作用,其开发需要与软件平台紧密结合保证信息传递正确无误,好的人机界面可以提高使用者的认同感及继续使用的可能。

3.4 能源管理模块

能源管理模块是系统的核心分析部分,专门处理能耗

数据的采集、分析以及提出节能方案来为系统管理者做决策依据,模块一般嵌入到软件平台上,模块会实时监控每个照明支路的电量消耗以此来得出能耗指标并通过与过去能耗进行比较来判断出系统是否节能。比如该模块会出每天或者每月的报表统计各区间的能耗情况以及节能空间,使得管理人员可以找到用能最多的区间并针对这些地方采取行动,模块内还可有预见性的功能,可以根据人们以往的使用习惯来预料下一段时间的发展态势来进行相关的调控,该功能的实现基于对数据库的操作与数学分析方法的应用。模块的设计注重精确性和实用性,必须保证所采集的数据真实可靠并且实时更新,还可以提供一些图形化的工具如曲线图或者仪表盘等等使信息更加直观的呈现出来,同时在实际运行时模块也可以与外界的能量系统联系起来从而达到更大的优化效果,例如,中移园区建设发展有限公司在中国移动信息港园区打造的绿色低碳示范园区,展示了智能照明作为子系统深度融入智慧楼宇管理平台的先进模式。该项目不仅部署了智能灯具、雷达感应器与网关,更关键的是通过统一的智慧园区物联网平台,将照明系统与空调、插座用电、会议室预约等系统深度集成,实现了跨系统的智能联动与数据互通。例如,照明与空调系统可基于会议室预约日程实现自动启停,避免了无人状态下的能源空耗。同时,园区建立的智慧用电监测系统,对各类终端能耗进行实时采集与可视化分析,为管理者提供了从宏观总览到微观诊断的完整数据视图,实现了从“单点节能”到“系统化综合能源管理”的跃升。

4 系统节能控制策略分析

4.1 光环境自适应调节

光环境自适应调控策略根据即时检测到的外界自然光线强度实时改变其自身人工光源的发光强度来保证室内的照度值处于指定区间内,进而可以节省不必要的过度照明消耗的电量,该策略的执行需要光敏传感器阵列以及相应的调光控制装置。设备一直收集窗户处、房间中央的照度信息,计算出应补充的人工光源强度进而对灯泡进行调节,使光从一个值过渡到另一个值时不给人眼睛造成刺激,同时根据不同的季节、时间段的变化自动作出反应,当外界是阴天的时候就加大输出来弥补自然光的缺乏,而遇到大晴天又会减小甚至完全关闭一些灯泡来节约电力等。

4.2 时间与场景控制

时间和场景调控策略设定好定时规则或者场景模型后便可自动对灯具进行调控,在满足不同时间段下楼宇的不同需求的同时也使得建筑内的照明设备更加智能化。时

间调控是依靠时钟在规定的时段内自动进行调控,比如说工作日结束之后自动熄灭公共区域的灯光,而在周末又会将时间进行调整从而达到更大的节约效果;而场景调控则是让用户自定义几种不同的场景模式,如会议室模式,打扫模式以及节能模式等等,不同的灯具组合和照度都对应着不同的场景模式,用户可以一键更换而不必逐一去进行调整,这种策略特别适合一些多用途会场或是大型商场等经常变换需求的地方。

4.3 人员存在检测控制

人体存在感应控制方法利用红外或者声控感应器监控屋内是否有人活动,并据此进行灯光的开闭操作,以此杜绝无人区域无谓耗电浪费,经常配合延时关灯使用,就是在感应到无人之后延时一定时间再进行关闭灯的操作以防反复开关。比如对于走廊或者卫生间等地,感应器感应到人来就立刻把灯打开,离开之后延迟30s再把灯灭掉。这种方法大幅缩短了不必要的照明时间且感应器可以管辖几个灯来进行分区管理提高准确性和效果,该策略实施好坏决定因素是感应器的灵敏程度和摆放的位置,过小容易造成遗漏,过大容易出现错误感应,需要合理安排并调节参数。

山东能源集团兴隆庄煤矿洗选发运中心的走廊照明改造,是人员存在检测控制在工业建筑中的成功实践。面对传统“长明灯”模式带来的能耗与维护成本问题,技术团队采用了“光随人动”的智能感应灯方案。改造核心是为每盏灯嵌入红外人体感应器和光敏元件,实现联动控制:仅在环境光线不足且检测到人员活动时才点亮,人员离开后延迟关闭。通过反复调试感应参数,系统实现了精准控制。改造后效果显著,走廊照明平均每日开启时间从超过12h缩短至约1h,用电量仅为改造前的不到10%,预计年节电超过1万度,节省电费近8000元,同时灯具故障率和维护工作量也大幅下降。

4.4 能耗监测与优化

能耗监控及优化方案是通过实时采集和深入分析系统能耗信息来查找瓶颈并予以解决实现不断的节能改进,

它需要依靠能源管理系统以及先进的算法,在此基础上对各个照明回路的功率和运行时间进行统计,在此基础上得出能耗基准值并与实际值进行比对从而检验措施的有效程度,优化的过程可能包含调节控制参数、更新定时规则或是建议更换设备等步骤,比如在发现某个区域出现晚上仍有耗电的情况时会及时通知管理员检查是否有误开灯的情况存在等。该方案注重系统的长期化、整体化,其需要足够的历史信息来进行准确的判断,所以整个系统必须有良好的储存与挖掘功能才能满足需求,并且优化策略也应当建立在合理的算法之上从而可以进一步提高精确度。

5 结束语

智能照明节能系统是对电气工程自动化技术应用于楼宇行业的一个重要体现,它综合运用众多先进技术对楼宇中的照明设施进行自动控制与优化管理,不仅提升了人们的生活体验并且还大大地节约了用电量。文章从总体上介绍系统定义、硬件架构及节电原理,研究了光感自动调节,时序模式控制等主要手段,综合分析认为可以很好地处理楼宇中照明的耗电量问题,实现电气工程自动化技术对用电管理的精确化改革,在未来发展过程中,随着物联网以及AI等先进技术的应用,系统的智能化水平也将更高并且能够更好地融入到智能楼宇之中去。

[参考文献]

- [1]姚益廖伟,吴耀耀.基于LiteOS和端侧AI技术的物联网智能照明系统[J].中国宽带,2026,22(02):174-176.
- [2]朱亚辉.智能化照明控制在建筑电气设计中的应用与发展趋势[J].光源与照明,2025,(11):45-47.
- [3]马骏.基于物联网的供电照明通风系统优化配置技术[J].中国照明电器,2025,(11):140-143.
- [4]赵春腾.既有大型公共建筑节能改造技术路径探讨[J].中国建筑装饰装修,2025,(22):106-108.

作者简介:邓雅之(1985.05—),毕业院校:广西大学,所学专业:电气工程及其自动化,当前就职单位:广西创新工程咨询有限公司,职务:消防查验项目负责人,职称级别:工程师(工业电气及其自动化专业)。