

文章编号: 1004-4353(2017)01-0071-03

基于照明能耗的分级节能控制策略的研究

金华¹, 张江南¹, 孙先利²

(1. 延边大学工学院 计算机科学与技术专业, 吉林 延吉 133002;

2. 吉林巨龙信息技术股份有限公司, 吉林 延吉 133002)

摘要:目前的智能照明系统的控制策略主要是根据人为经验进行设定,而不是根据灯具的实际用电情况进行合理规划,因此智能照明系统需进一步提高其效能.针对上述问题,本文对已有智能照明系统,通过采集照明回路信息,计算照明回路能耗并进行能耗预测,以此为节能控制提供可靠的数据依据,并在此基础上,提出了一种根据实际照明回路使用情况可灵活设置的分级节能控制策略.实验结果表明,本文方法能够提高 10% 的节能效果,具有一定的实际应用价值.

关键词: 照明能耗计算; 分级节能控制策略; 照明系统

中图分类号: TP319

文献标识码: A

Research on energy saving control strategy based on lighting energy consumption

JIN Hua¹, ZHANG Jiangnan¹, SUN Xianli²

(1. *Department of Computer Science and Technology, College of Engineering, Yanbian University, Yanji 133002, China;* 2. *Co., Ltd., IT, Julong, Jilin, Yanji 133002, China*)

Abstract: Currently, the control strategy of intelligent lighting system is mainly based on artificial experience rather than actual situation of electricity for reasonable planning. In view of the above problems, this paper based on existing intelligent lighting control system calculates the energy consumption of the lighting circuit by collecting the information of the lighting circuit and predicts the energy consumption which provides a reliable for energy-saving control strategy. The paper also presents a hierarchical energy-saving control strategy which can be flexibly set according to the actual lighting loop usage. The experimental results shows that this method can improve the energy-saving effect of 10% and has practical value.

Keywords: lighting energy consumption calculation; graded energy-saving control strategy; lighting system

据统计,我国建筑能耗约占全国能源消费总量的 1/4,其中照明系统占 20%^[1],因此研究照明节能对于节能减排具有重要意义.目前,国际照明界的主流控制策略有时间表控制、昼光(自然光)控制、维持光通量控制、明暗适应补偿、局部光环境控制(按个人要求调整光照)和平衡照明日负荷曲线控制等^[2],这些控制策略大都是考虑外界因素,比如时间、外界照度等,而无法根据系统内灯具的使用情况进行合理的节能规划.

近年来,能耗模拟计算被广泛应用于建筑领域,照明能耗模拟计算作为建筑能耗模拟计算的一部分,其主要考虑的是照明系统的照度、色温等因素对建筑能耗的影响^[3].目前,照明能耗模拟计算的研究主要分为两大类:一类是根据人的行为规律进行照明能耗建模,这种方法与外界照度基本无关,而与人员是否在室紧密相关,使用者的行为习惯是影响照明能耗的重要因素;另一类是对照明区域进行分区能耗建模,该计算方法

收稿日期: 2016-12-29

作者简介: 金华(1970—),女,副教授,研究方向为嵌入式系统.

将室内分为天然采光区域和人工照明区域,照明能耗等于两者消耗的电能和全部控制系统可能消耗的电能.上述两类计算方法由于加入了外界环境、人的行为等多种因素,所以存在计算结果和实际用电量相差较大的问题^[4-5].本文在已具有时间表等控制功能的智能照明系统上,结合嵌入式技术,使用开关驱动器和互感器采集照明回路的信息,并进行能耗预测.在此基础上,提出了一种根据实际照明回路使用情况可灵活设置的分级节能控制策略,并通过实验验证了本文方法的节能效果.

1 系统架构设计

本文提出的智能照明系统主要由远程控制器、本地控制器、互感器和驱动器等组成,如图 1 所示.远程控制器由 ARM9 处理器和触摸屏组成,可以控制多个本地控制器. ARM9 处理器内的能耗计算模型根据采集的数据进行计算并可以对照明能耗进行预测.本地控制器由 STM32F103V8T6 单片机组成,主要负责数据的传输和控制器的控制命令的执行,即将各照明回路的开关次数、使用时间和实测电流数据发送到远程控制器,并由远程控制器判断是否进入节能模式.驱动器包括 2、4、6、8 路开关驱动器和 0~10 V 调光驱动器,开关驱动器采集照明回路的开关状态并可以控制灯具的启停,调光驱动器通过调整输出电压改变灯具的亮度.互感器用来采集照明回路的实时电流.

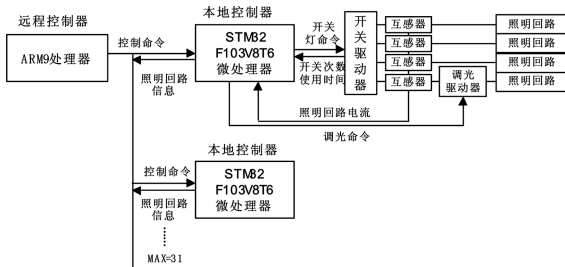


图 1 系统架构图

2 照明能耗计算

针对目前的照明能耗计算方法因外界环境、人的行为等因素存在着误差较大的问题,本文在照明回路上加入互感器设备,实时采集照明回路的电流值;使用开关驱动器实时采集照明回路的使用时间,以此计算照明回路能耗.照明回路的用电量标记为 W_L ,由于采集的电流 I 为照明回

路的瞬时电流,因此 W_L 的计算公式为

$$W_L = \int UI(t) dt. \quad (1)$$

定义照明回路的开关状态变量 $X_i \in \{0,1\}$,其中 i 为回路编号.照明系统的总能耗为所有照明回路能耗的累加和,标记为 W_T ,其计算公式为:

$$W_T = \sum_{i=1}^n W_{Li} X_i, \quad (2)$$

其中 n 为照明回路的个数.由式(1)和(2)可得:

$$W_T = \sum_{i=1}^n \int_0^{t_i} X_i UI_i(t) dt, \quad (3)$$

其中 t_i 和 X_i 通过开关驱动器获取.根据公式(1)和(3)分别计算照明回路的能耗和整个照明系统的总能耗.能耗计算流程如图 2 所示.

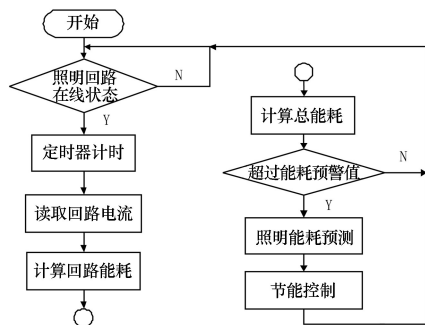


图 2 能耗计算流程图

当总能耗达到预警值后,控制器根据当日的实际用电情况进行能耗预测计算.将时间表内计划使用的时间与已使用的时间差值,即当日剩余使用时间设为 t_R .回路预测用电量标记为 W_R ,其计算公式为

$$W_R = \frac{W_L}{t} t_R. \quad (4)$$

总能耗预测用电量 W_{TR} 是控制策略的能耗依据,同时也是贪婪遗传算法的输入数据.总能耗预测用电量 W_{TR} 的计算公式为

$$W_{TR} = \sum_{i=1}^n W_{LiR} = \sum_{i=1}^n \frac{W_{Li}}{t_i} t_{Ri}. \quad (5)$$

3 节能控制策略

本文根据国家采取的阶梯电价的收费政策,提出了计划用电的照明理念,即以日为单位进行计划用电.在控制策略中,根据格局建筑的实际情况,将照明系统内的回路按功能进行划分,设定如下照明回路优先级表(表 1).优先级 1 表示优先级最低,4 表示优先级最高.

表 1 照明回路优先级表

优先级	功能模式	照明回路
1	场景模式照明	场景照明回路
2	工作模式照明	功能照明回路和辅助型照明回路
3	公共区域照明	包括可调光和不可调光的照明回路
4	景观照明	景观照明回路

用户可以根据实际情况设定照明系统用电量的预警值,当能耗检测值达到用电量预警值并且处于节能模式时,系统会根据节能控制策略依次按 4、3、2 优先级的照明设备进行调低照度或关灯操作,最低优先级的场景模式照明回路则不作节能处理,以保证其正常工作. 节能控制策略流程如图 3 所示,图中的各级处理定义如下:

1 级处理:关闭优先级为 4 的景观照明回路,对优先级为 3 的公共区域照明设备内的可调光照明回路进行降低照度处理.

2 级处理:关闭优先级为 3 的公共区域内的所有照明设备.

3 级处理:关闭优先级为 2 的工作照明区域的辅助型照明回路,根据能耗预测的结果采用贪婪遗传算法求达到能耗要求所需关掉的最少回路,并根据计算结果关闭优先级为 2 的工作照明区域内的部分功能型的照明回路.

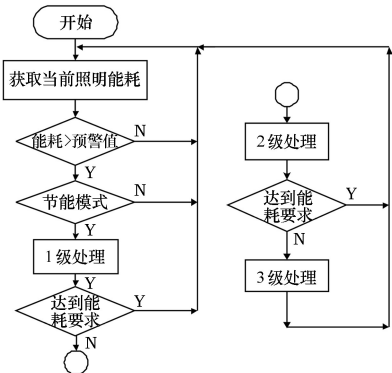


图 3 节能控制策略流程图

4 实验结果

本文采用某办公楼一层内的部分灯具作为实验节能对象,实验所用照明回路信息如表 2 所示. 当能耗检测值达到预警值,而且系统处于节能模式时,控制器根据分级节能控制策略对照明灯具进行关灯或降低照度处理. 图 4 是本次实验所得各回路信息以及节能情况,总能耗为 13.66 kW·h(模拟计算结果是 13.28 kW·h),共节能 1.47 kW·h,即节约了 10.76% 的用电量.

表 2 照明回路信息表

回路名称	灯具信息	场景	优先级
场景照明回路	可调光调色 LED 灯	会议室	1
工作照明回路 1	节能灯	办公区	2
工作照明回路 2	节能灯	办公区	2
工作照明回路 3	节能灯	办公区	2
公共照明回路 1	不可调光 LED 灯	厕所	3
公共照明回路 2	可调光 LED 灯	走廊	3
景观照明回路	各色的金卤灯	门口	4

单个列表				分机No.	01	选择
No.	名称	回路设置	状态	时间 (h)	用电量(kWh)	节能 (kWh)
01	场景照明回路	设置	ON	3.10	0.15	0.00
02	工作照明回路1	设置	ON	39.50	2.75	0.00
03	工作照明回路2	设置	OFF	34.70	2.67	0.00
04	工作照明回路3	设置	OFF	33.50	2.34	0.12
05	公共照明回路1	设置	ON	25.60	1.93	0.23
06	公共照明回路2	设置	ON	23.20	1.86	0.65
07	景观照明回路	设置	OFF	15.20	1.96	0.47
				计算电量	13.28	1.47
				实测电量	13.66	
系统正常						

图 4 照明能耗计算结果

5 结语

本文以计划用电的理念改进了现有的智能照明控制系统,各照明回路中加入互感器实时监测能耗使用情况,并对照明回路进行分级节能控制,弥补了现有智能照明系统的控制策略只根据人为经验设定的不足. 实验结果显示,用户可以通过交互界面直观地查看实时用电情况和节能效果,且系统的实验节能对象的节能效率超过 10%,由此表明本系统具有一定的应用价值. 本文提出的系统没有考虑外界因素对照明系统的影响,这在一定程度上会影响本文系统的精度,因此在今后的研究中将考虑外界因素对本系统的影响,以进一步提高本系统的精度.

参考文献:

[1] 中国建筑节能年度发展研究报告 2012[R]. 北京:清华大学建筑节能研究中心,2013.

[2] 董珀. 智能照明控制系统及其新技术的研究[D]. 上海:东华大学,2010:12-13.

[3] 路宾,孙德宇,王国华,等. 我国建筑能耗模拟计算专业能力评价模式研究[J]. 建筑科学,2013,29(2):42-45.

[4] Yun G Y, Kong H J, Kim Hetal. A field survey of visualcomfort and lighting energy consumption in open plan offices[J]. Energy and Buildings, 2012, 5:146-151.

[5] 王飞翔,赵建平,林若慈. 我国办公建筑的照明节能评价方法的探索[J]. 照明工程学报,2014,25(3):52-53.