

智能化系统的建筑电气设计节能技术分析

陈是泉¹ 李腾²

1. 华商国际工程有限公司, 北京 100010

2. 北京恒华伟业科技股份有限公司, 北京 100010

[摘要]随着建筑能耗占全社会总能耗的比例逐年增加, 建筑电气的设计节能已经成为了达成“双碳”目标的重要手段。文章对建筑电气设计所造成能耗的影响因子进行了全面的研究, 详细阐述了智能照明控制系统、建筑设备自动控制系统、能源监控及能耗管理系统等智能化控制节能技术的应用, 提出供电系统智能化改进、智能照明一体化设计、建筑能源管理系统集成化应用等方式以达到节能的目的, 在此基础上进行研究发现在智能化的技术基础上与建筑电气设计深度结合可以使得电气系统得到更加精准化的管理和调节, 从而大幅度提高建筑能源利用率。建筑运行能耗所占比例为 21.7%, 减少建筑耗能也是完成碳中和的一个重要方面。

[关键词]智能化系统; 建筑电气; 节能设计

DOI: 10.33142/sca.v9i2.19088

中图分类号: TU85

文献标识码: A

Analysis of Energy-saving Technology in Building Electrical Design of Intelligent Systems

CHEN Shiquan¹, LI Teng²

1. Huashang International Engineering Co., Ltd., Beijing, 100010, China

2. Beijing Forever Technology Co., Ltd., Beijing, 100010, China

Abstract: With the increasing proportion of building energy consumption in the total social energy consumption year by year, energy-saving design of building electrical has become an important means to achieve the "dual carbon" goal. The article comprehensively studies the factors affecting energy consumption caused by building electrical design, and elaborates on the application of intelligent control and energy-saving technologies such as intelligent lighting control system, building equipment automatic control system, energy monitoring and energy management system. It proposes intelligent improvement of power supply and distribution system, integrated design of intelligent lighting, and integrated application of building energy management system to achieve energy-saving goals. Based on this, the research finds that deep integration of intelligent technology with building electrical design can enable more precise management and regulation of electrical systems, thereby greatly improving building energy utilization efficiency. The proportion of building operation energy consumption is 21.7%, and reducing building energy consumption is also an important aspect of achieving carbon neutrality.

Keywords: intelligent system; building electrical; energy-saving design

引言

伴随全球能源短缺和温室效应加剧问题日益严峻, 在建筑业节能降耗方面引起各国高度重视, 据测算大概有 40% 的能量被楼宇中的商业、办公以及住宅所消耗掉。同样在国内建筑能耗也是一样巨大, 建筑运行能耗占社会总能耗的 21.7%, 传统的建筑电气设计更注重的是实现其使用目的安全性, 对于节能方面的重视程度较低。在智能化技术迅速发展的今天给建筑电气带来了巨大的机遇。智能建筑必须配置自动化装置, 例如照明、遮阳、供热、供风以及供冷等系统来保障使用者的舒适度; 而建筑能源管理系统就是负责调度并统筹各类自动化系统以及电力网还有各种可再生能源的主控系统。

1 建筑电气智能化系统节能基础

建筑电气系统是建筑的重要组成部分, 有供电系统、照明系统、动力系统以及防雷接地系统等。而智能化系统

就是在电气系统的基础上融合了传感器技术、自动控制技术、通信技术和计算机技术等来实现对电能的各种设备进行智能化的检测、控制及管理的一种方法。智能楼宇能耗管理系统就是保障整个自动化系统有条件高效工作的控制系统, 这个条件主要是由人的舒适度要求、电网电费高低、气候条件等因素决定的。智能化系统应用于建筑电气中主要有以下特征: 感知全面、控制精确、管理智能。建筑节能设计的基本原则是: 结合建筑物的功能及其使用需要, 科学选定设备功率大小、能级水平; 改善系统设置, 降低传输损失; 采取分区, 分时制的办法, 防止不必要的空转。智慧建筑可以做到服务商同建筑之间相互联络, 在市场价格以及可利用的能量等基础上执行负载转移。

2 建筑电气设计中的能耗影响因素分析

2.1 电气设备能效水平对能耗的影响

机电产品能效高低对建筑工程电气的长期使用耗电

量有重要影响。变压器损耗与线损，照明用电构成了建筑内浪费电能消耗的三大部分，电器产品的选型方案以及所采用的产品直接影响到建筑工程总体能耗大小问题。不同等级能效的电器产品同样工作状态下所消耗能量相差甚远，在进行工程设计时便已经决定了整个建筑全寿命周期内的能源利用情况。表 1 比较了几种常用电气产品在不同能效标准时的技术指标以及耗电数值，可以看出，安装高效节能电器设备虽然一次性投入成本会较高，但是在后续的运行电费节省上来看的话一般都在 2~3 年后可以补偿额外支出的成本投入，具备良好的经济与环保价值。

表 1 常见电气设备能效等级与能耗参数对比

设备类型	能效等级	效率标准	年耗电量估算	节能潜力	适用场所
配电变压器	1级能效	空载损耗降低30%	较3级节能15%~20%	高	连续运行场所
配电变压器	2级能效	符合国家标准	基准值	中	一般场所
配电变压器	3级能效	允许最低效率	较1级高15%~20%	低	临时用电
电动机	IE4效率等级	效率≥95%	较IE2节能10%~15%	高	长期运行设备
电动机	IE3效率等级	效率≥92%	基准值	中	一般动力设备
LED灯具	高效型	光效≥130lm/W	较传统节能60%~70%	高	主要照明区域
LED灯具	普通型	光效100~110lm/W	较传统节能50%~60%	中	次要区域

2.2 照明系统设计对能耗的影响

照明系统是建筑物电气能耗的一个重要构成部分，在进行照明设计方案选择的时候可以通过对选用灯具类型的选择，合理分布负荷以及改进照明控制系统等方面来达到节能的目的。目前常见的照明设计所存在的问题是：灯的照明功率过大、分区不恰当、大面积整体控制，忽略自然光的应用、调控手段过时。科学合理的照明设计需要兼顾功能性和经济性。对于灯具种类而言，LED 是最常用的灯具。而在控制方法的选择方面应该依据不同的区域特点来进行相应的调整。

2.3 供配电系统运行效率的影响因素

供配电系统是建筑电气的基础部分，其使用状况决定了整个系统的能源消耗情况好坏，主要的影响因素有：变压器负载率及运行方式、线路损耗情况、功率因数以及谐波问题等。变压器作为供配电系统的中心装置，在变压器中的能量损失分为空载损失及负载损失两个方面，如何确定变压器的容量和台数，根据负荷大小来改变运行模式都决定了供配电系统能否高效运转。线路的功率损耗与流过的电流有关，所以在设计过程中必须要进行合理的导线选择；进行无功补偿的同时也应重视对谐波的治理，因为当存在大量的谐波时会导致电力设备发热量增大，导致无法

达到理想的功率因数补偿水平。

3 基于智能化系统的建筑电气节能关键技术

3.1 智能照明控制技术

智能照明控制系统是照明节能的主要方法之一，利用传感器探测周围环境信息以及人的移动情况，对灯光进行控制使灯光输出能够达到舒适性要求下的最低电耗值，表 2 整理出了目前常用的几种智能照明控制系统的特点及应用场景，不同的控制方式各有利弊，一般情况下会采用综合控制的方式来达到最好的效果，例如在办公室就使用了“恒定亮度控制+人体检测”的混合控制系统，既实现了恒定的照度又可以防止有人不在的时候白白消耗电量。

表 2 常用智能照明控制技术特点与适用场景对比

控制技术类型	工作原理	适用场所	节能效果	优点	局限性
红外感应控制	检测人体热释红外线变化	走廊、卫生间、仓库	30%~50%	成本较低，技术成熟	受温度影响，有盲区
微波感应控制	发射微波检测移动物体	车库、大堂、展厅	40%~60%	穿透性强，灵敏度高	可能误触发，成本较高
照度传感控制	检测环境光照强度	靠窗区域、采光井	20%~30%	充分利用天然光	需合理设置照度阈值
超声波感应控制	发射超声波检测移动	开放式办公室、会议室	35%~50%	无盲区，不受遮挡	受气流影响可能误报
定时控制	按预设时间自动开关	公共走廊、景观照明	20%~40%	简单可靠	灵活性差，无法自适应
场景控制	预设多种照明模式	多功能厅、会议室	25%~35%	兼顾节能与舒适	需前期场景编程

智能家居照明控制系统的最大亮点是它的智能化程度，安装 PIR、光敏电阻实时监控人有无以及温度和湿度的变化，自动启动或者关闭制冷空调机，也可以对遥控模块来调节窗帘、新风机等家电；为室内环境质量提供自动化的检测和控制，在保证温湿度恒定的基础上，把空调电耗降到最低，智能家居照明系统还可以做到远端操作以及成组操作，对灯具进行精准化地维护。

3.2 建筑设备自动化控制技术

楼宇电气自动化控制系统是对楼宇中所有电气设施进行统一监管、操控及管理的一个整体系统其中包括了照明、空调、供配电系统、给排水系统、电梯系统等。其中暖通空调系统是最主要也是最大的耗能系统，智能化控制节能空间很大。变频调节技术以实际情况来决定所控设备的工作状态，从而防止不必要的定速运转造成不必要的电能损耗，智能化的空调系统能够做到精准地调节室内的温度以及合理的安排工作时间，大大减少耗电量，而且实验证明在智能化的控制下空调在保证舒适性的前提下，比原

来更加省电。给排水自动化系统主要包括有变频变压供水、水泵轮值运转、水位自动调控。通过对管网压力以及水箱水位进行监控,根据情况自行调整水泵工作数量与频率,尽量节省电力的前提下提供良好的供水保障。电梯节能技术主要有:使用永磁同步无齿轮式曳引机来提升传动性能;设置能量回收模块,把制动产生的能量反馈给电源;应用群控逻辑,合理调度轿厢,降低不必要的运动。智能家居必须有控制系统,例如灯光控制、遮蔽帘控制、暖通控制等设备,以便顾客追求舒适的体验。各个系统由智能化探测器和控制器配合完成对建筑物内环境的有效控制以及资源节约。

3.3 能源监测与能耗管理系统

能源检测及能源管理系统是建筑电气智能化的基础平台,在对建筑各个方面的能耗数据的收集、管理的基础上来帮助进行节电和调节控制。IES 智慧能源管理系统是基于分布式的动态系统结构,通过 API 动态负荷分配的方式来进行分布式布置,具备传输快、延迟小、准确度高以及智能化的特点。它把能源检测、地库照明、智慧停车、安全监控、火灾警报、公共服务等相关子系统集合在一起,做到统一管理,统一调控。其主要功能有:以采集数据并从多个维度上展示的方式来进行分析发现存在的能效提升空间,削减不必要的浪费,节省开支费用。系统采用分层结构设计,分别是感知层(各种类型的传感器以及智能仪器仪表、有无两种通讯网络)传输层、数据层(数据库及数据分析平台),应用层(监控展示、分析诊断、控制优化等)。目前的能源管理系统正在向智能化方向发展。利用 AIoT、数字孪生等先进科技集中管控物联网装置,大数据, app 等,能够降低成本增加效益,提高运行效率,数字孪生技术以实体建筑模型数据为基础和系统内联网,容易完成迅速部署、紧急处置,运维效率提升了 40%,管理成本降低了 30%。智慧平台像大脑一样能够产生碳排放量,实时统计光伏发电储能等关键数值。在此基础上,该平台还可以通过分析来预测能耗负荷,合理安排设备运行,提升节能水平,这样的以数据为依据的能源管理方式正在成为建筑物电气节能的主要趋势。

4 建筑电气智能化节能设计策略

4.1 供配电系统的智能化优化设计

供配电系统的智能化改进设计需从系统结构、设备配置以及运维三个方面入手。系统结构方面要科学布置变配电所并合理延长低压供电距离,减少配电层次一般不超过三层,重要负荷两路供电,普通负荷树干式供电。智能配电监控系统是供配电系统智能化的关键所在,在不同层级配电柜内设置智能仪表及通讯模块来实时检测电压、电流、功率、电能质量等相关信息并将其传输到主站集中控制系统^[1],系统可以预警相关越限指标、分析历史数据对设备运维检修作出指导。动态无功补偿和消谐技术是供电配电

系统高效率工作的关键技术手段。传统的无功补偿装置动作迟缓,补偿精度差,不能满足频繁变动的负荷情况,智能化无功补偿装置利用晶闸管投切,响应速度低于 20ms,可以做到无火花开断,极大地提升了补偿质量,另一方面为了对非线性负载造成的谐波进行了相应的处理措施,在负载上配置有源滤波器以及无源滤波器,减少谐波比例到一个合理的范围内;节能型变压器要根据实际负载状况及工作状态来确定型号。对于日夜负荷波动大的建筑物可以选择双变或双变以上并列运行,视负荷大小自行投运,使运行更加高效,对于季节性负荷可安装专门的变压器在淡季时停止运转以节约电能损耗。

4.2 智能照明系统的综合节能设计

智能化灯光控制系统整体节能设计可以从光源选取、控制方案以及系统整合三个方面入手。光源的选择是照明节能的前提条件。运用高功率的 LED 灯,加上智能供电控制器,在达到相应亮度的基础上尽可能减少电能消耗,不同类型的场所对光度的要求也有所不同,要结合其用途来挑选合适的灯具^[2]。办公室使用高显色、接近自然光色温的 LED 灯;车棚地下室仓库等地方使用发光率更高的 LED 灯;景观照明使用彩色 LED,利用不同的颜色组合形成环境气氛。控制方案是智能照明节能的关键因素。分区控制基于不同的功能板块设置控制回路,防止过多空间同时开启造成不必要的电耗。按时控制用于有一定使用规律的场合例如公共走道、室外景观灯,感应控制用于不定时出入场所例如厕所、地下室车库,恒照度控制用于靠近窗户处可根据外界环境的自然光照强度来调整室内照明强度大小。而智能化照明系统必须与建筑设备管理系统深度融合才能达到好的控制效果。通过对系统之间的相互联系,在开启前对相关设备进行预启动,从而达到照明、开窗以及空调的一体化控制。比如夏天日间光线过强的情况下,先打开百叶窗降低眩光及得热量然后再补充部分照明功率;人在外出后也一并关闭照明、空调等电器设备。这种跨系统联合的控制方式会带来更好的节电效益。

4.3 建筑能源管理系统的集成应用

建筑能源管理系统是智能节电系统的集成平台,在其基础上可以对各个子系统进行整合从而达到整体最优状态^[3]。BEMS 主要由自动控制系统、供能系统、储能系统三部分组成。自动控制系统是为了使住户达到舒适状态而设计的;供能系统就是给自动控制系统供电的电源;储能系统就是为了调节能量生产和消耗不平衡所设的蓄能装置。从系统集成角度来说,BEMS 应当具有如下功能:数据采集、监测功能,实时采集能耗信息;分析、诊断功能,寻找节能潜力;控制、优化、调度功能,优化设备运行设置;报警及事件管理,对突发事件采取措施。完善的 BEMS 要有良好的调度计划以实现可再生能源与负荷之间的供需匹配,还要有预测算法提前掌握发用电信息从而做出节

电安排,而对负荷进行调度或者随着气候条件以及电价变动调整负荷已经成为了 BEMS 的一项高端技术,在一栋高层建筑内,传感器监测楼宇环境的变化,而 AI“智慧大管家”,则通过对各项指标的即时计算得出结论并发布节能控制命令。这就是感知-处理-决策的一整套反馈控制流程,也是 BEMS 的魅力之处。

5 结语

智能化技术和建筑电气工程结合给建筑节能开辟了新的途径。文中首先分析了建筑耗能的影响因素,其次对智能照明控制系统以及建筑设备自动化控制系统、能源监控系统及能耗管理系统的相关技术进行了详细的研究并提出了具体的设计方法。研究表明:在运用 AIoT、数字孪生等相关高新技术后能够使建筑电气系统得到更加精确有效的调控,并且能够达到良好的节能效果。智能照明控制系统可以依据人流动态、周围环境亮度情况自动调整灯光强度从而节省 30%~60% 电能;而建筑设备自控系统

可以通过暖通空调、给排水、电梯等各种设备的自动化控制使得建筑物在保证舒适度的同时大幅度减少不必要的能量消耗。未来,伴随物联网、人工智能、数字孪生技术的进步发展,建筑电气智能化节能技术将有如下特点:感知全面化、控制智能化、系统集成化、能源互动化。智慧建筑和绿色建筑相结合,将是建筑电气发展方向之一。

[参考文献]

- [1]王鹏.基于智能化系统的建筑电气设计节能技术分析[J].中国建筑金属结构,2025,24(19):143-145.
- [2]杨强.建筑电气节能设计及绿色建筑电气技术分析探讨[J].陶瓷,2023(9):178-180.
- [3]张凌锦.建筑电气节能设计及绿色建筑电气技术分析探讨[J].陶瓷,2023(2):128-130.

作者简介:陈是泉(1980.2—),男,汉,华商国际工程有限公司,籍贯:天津市武清区,研究方向:物流园区、食品加工建筑电气设计。