

绿色节能技术在建筑电气设计中的应用

李思嘉

河北建筑设计研究院有限责任公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]随着建筑业规模不断扩大以及绿色建筑理念日益普及, 建筑电气系统能耗问题越来越被重视。而绿色节能技术是实现节能减排的有效途径, 在建筑电气设计中发挥重要作用。从照明系统、供配电系统以及可再生能源应用等方面出发, 对建筑电气能耗及其节约措施进行研究, 介绍了变压器节能选型、谐波治理、绿色照明控制、光伏建筑一体化及智能监控等具体实施方法。结合实际工程案例及相关标准规定给出以全寿命周期费用为基础考虑的节电方案以及智能化发展方向。研究表明, 绿色节能技术的应用可以减少建筑电气能耗, 使建筑行业更加绿色环保。

[关键词]绿色节能技术; 建筑电气设计; 绿色照明

DOI: 10.64635/ja.2026.1229

中图分类号: TU85

文献标识码: A

Application of Green Energy-Saving Technologies in Building Electrical Design

Li Sijia

Hebei Architectural Design and Research Institute Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei 050000, China

Abstract: With the continuous expansion of the construction industry and the increasing popularization of green building concepts, the energy consumption of building electrical systems has received growing attention. Green energy-saving technologies are an effective approach to achieving energy conservation and emission reduction, and they play an important role in building electrical design. Starting from lighting systems, power supply and distribution systems, and the application of renewable energy, this paper studies energy consumption in building electrical systems and corresponding energy-saving measures. It introduces specific implementation methods, including energy-saving transformer selection, harmonic control, green lighting control, building-integrated photovoltaics, and intelligent monitoring. In combination with practical engineering cases and relevant standards, energy-saving design schemes based on life-cycle cost considerations and intelligent development directions are proposed. The study shows that the application of green energy-saving technologies can reduce energy consumption in building electrical systems and promote a greener and more environmentally friendly development of the construction industry.

Keywords: green energy-saving technology; building electrical design; green lighting

引言

随着社会经济发展以及建筑工程越来越多、越来越大, 建筑电气能耗问题越来越受到重视。为了节约能源, 在建筑电气工程中合理应用绿色建筑节能技术实现节能减排目的已经成为一种普遍现象。绿色建筑节能技术以可持续发展为目标, 在节能减排及环保上发挥重要作用。建筑电气设计包括供配电、照明、设备控制等各个方面, 不同的分系统有不同的能耗特点以及相应的节电方法, 应根据具体情况采用合适的绿色建筑节能技术。对建筑电气设计中绿色节能技术应用进行探讨, 包括照明、供配电以及变压器选择等方面内容, 以减少电能消耗与整体建筑能耗, 提升用能效率, 使建筑行业更具有绿色性和节能性。

1 建筑电气系统中的能耗分析与节能路径

建筑电气系统能耗构成较为复杂, 主要包括照明、空调通风、给排水、电梯以及各种插座等电器用能。而照明和暖通空调用能又是主要部分, 一般占到整个建筑总用电量的 60%以上。找到主要耗能环节是对后续进行节能减排工作重要前提。绿色建筑评价标准对于电气节能也提出了相应规定, 在此基础上根据绿色建筑评价标准中电气节能内容, 要有一套系统化节能方案, 结合实际案例进行分析比较, 对照相关标准要求进行方案设计、设备选择以及运行情况。节能方案设计上, 应以被动优先、主动优化为辅。被动式策略有优化建筑物朝向和窗户面积来获取更多天然光照, 合理布置变配电所以减少供电线路长度; 主动式

策略有选择高效设备,安装智能化管理系统以及接入可再生能源;基于全生命周期成本考虑节能措施是对于设备购置、运行维护直到报废整个过程中进行综合考量。例如,虽然变压器、电动机等主要设备初期投入大,但是由于它们能耗小,所以总体算下来更经济。

2 供配电系统节能设计

2.1 供电系统优化与变压器节能选型

供配电系统节能设计应该从源头抓起,在电气方面设计上要结合当地供电情况选择合适的供电电压等级,配变电所应靠近负荷中心以及大功率用电设备。配变电所处于负荷中心可以节约供电线路长度从而节省线损和电压降。低压线路供电半径一般不超过 250m,如果供电容量大于 500kW 或者供电距离超过 250m 就应设置一座变电站。变压器节电选型对整个供配电系统的节能至关重要。变压器应为节能型产品,其能效等级不得低于现行国家标准《三相配电变压器能效限定值及能效等级》GB20052 规定的节能评价价值。现有的 SCB14、SCB18 型干式变压器相比于以往型号空载损耗下降约 30%,负载损耗下降约 20%。变压器设计应使其处于经济运行状态,在满足需求情况下选择合适的容量及数量,使负载率达到最优工作点;对于季节性负荷或者有较多专用设备场所可设置专用变压器,以利于根据实际负荷数量投入不同数量变压器进行经济运行。

2.2 配电线路损耗控制与无功补偿技术

线路损耗控制主要是三个方面的工作。一是合理选取导体截面,在有较大电流并且长时间供电线路上使用的电缆应按经济电流密度进行截面选择。经济电流密度是综合考虑一次性投资及运行损耗使得整个寿命期内花费最少而确定。二是减小供电距离,除了变电所接近负荷中心之外,在各级配电中都应力求缩短线路长度。三是减小接触电阻,使用质量良好的连接件以及良好的施工工艺等都可以达到这一目的。无功补偿可以提高功率因数从而节约线路损耗。如果通过提高自然功率因数的方法还不能满足电网运行的要求,则应装设并联电力电容器来作为无功补偿装置。补偿方式按就地平衡原则,低压部分无功功率用低压电容器进行补偿,高压部分用高压电容器进行补偿。对于容量较大、负荷稳定并且使用频繁用电设备无功功率应单独就地补偿。配电系统三相负荷不平衡率不应超过 15%,单相负荷较多情况下可采用一部分分相无功自动补偿装置。

2.3 谐波治理与电能质量提升措施

大量的非线性用电设备导致谐波问题日益严重。一些大型用电设备、大型可控硅调光设备、电动机变频调速控

制装置等谐波量较大的用电设备应就近安装谐波抑制装置。如果建筑物中有许多非线性用电设备,则应留有滤波装置的位置。工业企业的配电系统中高次谐波主要是由非线性用电设备造成的,它会造成设备和线路损耗加大、电缆绝缘过早老化、继电保护误动作、通信线路受到干扰等问题,在谐波注入电网超出规定范围内时,应结合具体情况进行相应的治理措施。在低压电网中,配电变压器接线组别应采用 Dyn11,而这种接法可以将三次以及其整数倍的高次谐波电流在原边形成环流,有利于谐波抑制。同时还要做好电网电能质量监督管理工作,在适当增加一些有源滤波或者无功补偿装置的情况下,做好电容器组的投切工作以防谐振事故的发生,从根本上减少谐波带来的影响。

3 绿色照明系统设计

3.1 自然采光与人工照明的协同控制

绿色照明不只是节能,而且是人们身体健康和舒适感受。自然采光与人工照明配合使用是绿色照明设计理念。合理的窗户布置以及反射镜或者导光管等将自然光导入到建筑物内部来降低白天所需的电灯数量。照明控制系统需要能够检测到外界光线强度并且相应调整室内灯光亮度,做到 24h 最佳效果。而人体生物钟也给照明带来新挑战。有研究表明,良好的生物钟不仅使人们获得更好的休息质量还有更好的心情状态,甚至可以提升工作效率大约 18%,因此照明设备可以根据所在地区的地理位置设定每天的日出日落时间,并且根据这个时间段来改变灯光颜色以及亮度从而让人们在正确的时间得到合适的光线以便维持正常生物钟。这种以人为本照明设计思想,不只是为了节约能源一个目的,而是达到高效节能的同时也关注健康。

3.2 高效光源与智能灯具选型

高效光源选型是照明节能的基础。LED 灯具有高光效(可达 120~200lm/W)、长寿命(25000~50000h)以及良好的可调光特性,是绿色照明的主要产品。智能灯具是在普通 LED 的基础上增加传感器以及通信模块,可以做到每一盏灯都可以被感知并且被控制。而在一些照明时间较长的工作室或商场等地使用高效的 LED 灯比传统的荧光灯能节省 50%以上的电量,在一些需要长期亮灯的地方比如地下停车场或者过道等处配合其自身的感应功能可以进一步地节约电力。在照明时间较长的工业以及仓库里,采用智能化照明能够节约用电量达到 60%以上,在办公室内也一般可以达到 50%以上的节电效果。

3.3 照明控制系统

照明控制系统是实现精细化节电的重要技术途径。分

区控制针对各区域的功能及使用时间划分不同的回路,防止大范围统一开灯造成浪费。感应控制通过红外线、微波或者声音等感知人的存在与否,达到有人自动亮灯、无人自动熄灭或者延时关灯的效果。调光控制根据环境光强或者预设模式连续改变灯具亮度,满足视觉要求的同时也防止过度照明。而新一代的无线照明方案运用蓝牙 Mesh 等无线自组网技术,可实现智能控制。同时该系统还可以进行区域管理,可以对办公室区域、休闲区域、会议室等多个地方做到最理想的照明效果,场景调用可以根据个人喜好预先设定多个不同的灯光模式并且可以通过一个按钮来进行转换。设备之间用无线自组网进行连接,无需大量布线,便于安装及维护。

4 可再生能源与储能技术应用

4.1 光伏建筑一体化电气设计

光伏建筑一体化是将光伏电池板与建筑外围护结构结合,替代一部分建筑材料而具备发电能力的一种方法。光伏幕墙、光伏屋顶以及光伏遮阳板等,在不增加建筑面积的情况下利用建筑物外表皮进行发电。零碳建筑研究表明,用光伏幕墙代替普通玻璃幕墙可以带来显著经济效益^[1]。某零碳办公楼南、东、西三个外立面全部使用光伏幕墙,总面积约为 4750m²,每年可产生约 40 万 kWh 电力。光伏系统的电学设计包括光伏组件串联、并联的方式,逆变器的选择,直流侧防雷与并网连接等。一般较大的光伏电站推荐使用组串式逆变器来提升在一定程度上阴影遮挡情况下的发电量。并网接入需符合当地电网公司技术标准,具备相应的防孤岛保护以及电能质量监测等设备。

4.2 储能系统配置与能量管理策略

可再生能源发电存在随机性和不确定性,配置储能可以提升可再生能源利用率以及电力供应稳定性。储能可以在低价位时候进行充电而在高价位时候进行放电获取价差收益,也可以充当备用电源在电网出现故障时保证一些重要的负载正常工作。该零碳大厦安装梯次利用储能电站,总计有 4000kW 时左右。一般情况下储能站在低价位时候进行充电而在办公时间或者高位价格时候进行放电,

最大放电能力约为 1380kW^[2]。梯次利用电池接收来自电动车退役后电池包,减少储能系统的投资成本并且有利于资源再利用。储能能量管理需要结合电价信号、负荷预测、光伏出力预测以及电池荷电状态等进行计算得到充放电计划,在电网出现故障情况下,储能系统配合并网切换装置可以在毫秒级别完成切换,保证重要负荷不断电。

5 智能电气监控与能源管理系统

5.1 电气参数实时监测与数据采集

智能电气监控系统是实现建筑节能精细化管理的基础性设施,在建筑物中安装智能电表、多功能电力仪表以及布设传感器等,对各种电气线路进行分项计量、监测。被测参数包括电压、电流、有功功率、无功功率、功率因数、电能质量和设备工作情况等。全生命周期节能诊断是从已建成投入使用的建筑开始对其电气系统进行整体性评价^[3]。通过对节能诊断存在问题进行总结提炼,有针对性地提出解决方案并且给出三个维度智能化提升方案,可以准确找到耗能问题所在位置,有利于减少能源消耗、提高使用寿命。数据采集端需要有断点续传能力以保证所采集数据准确性和完整性。数据采集周期根据被监测对象而定,照明、插座用电一般以 15~30min 为一个周期进行采集,动力设备以及敏感负荷一般以分钟甚至秒为周期进行采集。

5.2 能耗分析与负荷预测模型

能耗分析是对收集的数据进行处理研究的过程。分析手段有同比、环比比较、能耗密度比较、分项能耗构成分析以及能效评价等。通过对数据进行分析找出高能耗时间段、高能耗设备或者不合理用电情况来作为节能改造参考依据。能源管理系统可以对企业微电网中分布式电源、市政电源、储能装置、充电桩以及其他各种交流、直流负载的工作情况进行监控,在此基础上根据天气信息和历史数据预测光伏发电量、风电发电量以及用电量并与实际情况进行对比。负荷预测是进行能源优化配置的重要工具。短期预测(未来 24h)是为日前调度服务而做的预测,超短期预测(未来数小时)是为进行实时优化而做的预测,预测的方法包括时间序列法、回归法、人工神经网络和支持向量机等。

表 1 负荷预测模型类型与性能对比

模型类型	输入特征变量	输出目标	适用场景	典型预测精度
多元线性回归	温度、湿度、历史负荷、日期类型	温度、湿度、历史负荷、日期类型	数据量较小的场景	MAPE8%~12%
时间序列 ARIMA	历史负荷序列	短期负荷预测	负荷规律性强的建筑	MAPE6%~10%
人工神经网络	温度、湿度、光照、历史负荷、日期类型	超短期/短期负荷预测	非线性关系复杂场景	MAPE3%~7%
支持向量机	温度、历史负荷、辐射强度	短期负荷预测	中小样本非线性问题	MAPE4%~8%

先进的能源管理系统采用负荷预测以及人工智能调度等方式,实现光伏、储能和楼宇等之间的协调控制,能够提高整体效率约 25%,同时可以对各种能耗进行分区部门以及用电设备分类统计并换算成标准煤耗,显示不同时间段的用能情况,便于用户掌握自己的电费支出情况及找出节能空间。

6 结语

绿色节能技术在建筑电气设计中应用是完成建筑碳减排任务重要途径,在供配电系统节能、绿色照明、可再生能源以及智能监控等方面进行综合考虑,可以有效减少建筑物电气消耗量。供配电节能需注意变压器选择、线路损失以及无功补偿;绿色照明需要考虑高效率灯具、智能化调节及健康照明等;可再生能源与储能技术结合

使用已经由试点到推广;而智能监控能够对管理工作起到辅助作用并提供信息参考。未来随着物联网、人工智能以及新型储能技术的发展,需进一步探索多技术融合的优化路径,建筑电气系统将朝着更高效率、更强鲁棒性和更好交互性发展,在建筑与电网协同降低碳排放方面起到更大的作用。

【参考文献】

- [1]杨健伟.绿色建筑节能理念与技术在建筑电气设计中应用研究[J].电气技术与经济,2024(06):135-138.
- [2]刘心路.绿色建筑评价体系下建筑电气节能设计策略研究[J].中国房地产业,2026(05):142-145.
- [3]刘佳亮.绿色节能技术在建筑电气设计中的应用分析[J].大众标准化,2024(11):134-136.