

[电气节能]

智能建筑电气节能控制技术及其优化

文/刘纯
中检集团公信安全科技有限公司

为提高智能建筑电气节能效率，以ZF智能建筑工程为例，介绍该工程电气节能控制系统主要构成，进而挖掘出其中存在的问题，以此为基础制定出针对性的优化意见。应用传统节能控制系统时的日耗电量约为1 200 kW·h，应用优化后的节能控制系统时的日耗电量约为1 050 kW·h，比优化前降低了12.5%左右，达到了智能建筑电气节能控制优化的目的，可将该优化方法大规模推广。

智能建筑是应对当前能源紧张的重要手段之一，通过智能建筑的应用，可显著降低建筑的能耗水平，减少建筑能源消耗量，对能源与环境保护具有重要意义。然而需要注意的是，随着社会发展步伐的不断加快，人们对智能建筑电气节能水平提出更高的要求，导致传统智能建筑电气节能控制技术逐渐体现出越来越多的滞后性，不符合现代社会发展要求，因而需要进一步对智能建筑电气节能控制技术进行优化。基于此，以智能建筑电气节能控制技术及其优化为课题进行研究，对提升智能建筑节能效果具有重要意义。

ZF智能建筑概况

该建筑为ZF大学教学楼，总占地面积约为5 800 m²，总建筑面积约为13 300 m²，包括理论学习教室、实训中心、机房、实验室、资料室及卫生间等配套建筑。为了达到节能环保的目的，ZF工

程建设时建立了电气节能控制系统，如图1所示。其主要结构包括：①自动化管理系统，用于自动对建筑内部电气设备的综合管理，在提高电气设备运行效率的同时，防止能源过度消耗，以达到电气节能的目的；②冷热电联产系统，该系统一方面进行发热，并将系统排出的废热传输给余热锅炉，以此驱动空调冷（热）水机组的运行，保证建筑制冷或制热的同时，减少传统能源的消耗量，以此达到节能的目的；③LED照明系统，即利用LED灯代替了传统照明灯具，LED灯不仅发光光谱范围广，而且能源利用率高，寿命较长，因而也会在一定程度上达到节能的目的；④电气输配电系统，主要针对智能建筑具体情况，选取最佳的电压，布置合理的供配电线路，计算并选择合理的电力设备等，在确保输配电系统符合工程需求的同时，降低能源的消耗量；⑤新能源应用系统，ZF系统还在宿舍楼、实验楼等建筑上安装太阳能板，利用太阳能制热，降低



图1 ZF工程电气节能控制系统基本结构图

实验用热、学生生活用热对电能的消耗。

ZF工程电气节能控制系统存在的问题

通过对ZF工程的深入研究可以发现,原有电气节能控制系统依然存在一些问题,具体体现在以下3个方面:

1) 变压器节能问题。变压器是整个电气系统中的核心组成部分,一方面用于电能的分配;另一方面还用于供电网与供电系统之间电能的转换。由于变压器工作负荷较大,损耗量较高,加之缺乏对变压器的管理,使变压器发生明显的老化问题,变压器能耗处于较高水平,导致变压器难以在整个电气系统中发挥出最大的作用,从而提高电气系统能耗量。另外,随着科学技术的快速发展,变压器也在不断更新换代,导致ZF工程很多变压器也将淘汰。

2) 供配电线路节能问题。由于ZF工程规模庞大,电气系统较为复杂,使得整个工程内部敷设了大量配电线路。加之配电线路使用时间较长,部分布线不科学,部分导线截面积不合理等因素的影响,导致ZF工程电气系统供配电线路能耗量较高,不仅增加整个建筑的运行成本,而且还不符合现代节能环保的要求。

3) 照明系统问题。ZF工程虽然已经应用了LED照明系统,在保证教学、生活照明需求的同时,在一定程度上减少了能源消耗量。但现有LED照明系统依然存在一些问题,如灯具不合理、光源不恰当和匹配性较低等,导致现有LED照明系统的电能消耗量依然较高,不符合建筑节能的要求。

智能建筑电气节能控制系统的优化

1. 变压器节能优化

(1) 优化变压器运行方式

ZF工程变压器采用的是两台变压器并联运行模式,其总功率损耗与两台变压器的负载容量、实际功率损耗有关,表达式为

$$\Delta P_{ZAB} = P_{0ZA} + P_{0ZB} + \left(\frac{S_1}{S_{NA} + S_{NB}} \right)^2 (P_{KZA} + P_{KZB}) \quad (1)$$

式中, ΔP_{ZAB} 为两台变压器的综合功率损耗; P_{0ZA} 为A变压器的标准功率; P_{0ZB} 为B变压器的标准功率; S_1 表示标准负载容量; S_{NA} 为A变压器的负载容量; S_{NB} 为B变压器的负载容量; P_{ZKA} 为A变压器在

负载情况下的功率损耗; P_{ZKB} 为B变压器在负载情况下的功率损耗。

由于ZF工程中A、B两台变压器型号相同,即能耗水平完全一致,可对上述公式简化成最优工况负载功率的临界值,以A变压器为例,表达式为

$$S_{1LZ}^{A-AB} = \sqrt{\frac{P_{0ZB}}{\frac{P_{KZB}}{S_{NA}^2} - \frac{P_{KZA} + P_{KZB}}{(S_{NA} + S_{NB})^2}}} \quad (2)$$

以此为基础,通过实际容量 S_{KA} 与 S_{1LZ}^{A-AB} 的对比,以此判断最优的运行模式,若 $S_{KA} < S_{1LZ}^{A-AB}$,表示A变压器独自运行的能耗最低;若 $S_{KA} > S_{1LZ}^{A-AB}$,则表示A、B两台变压器并行的能耗最低。

(2) 采更换节能变压器

目前市场存在多种类型的变压器,每种类型变压器具有不同特点,能耗水平存在明显差异。为了达到建筑节能的目的,ZF工程还应将现有变压器更换成节能变压器。针对ZF工程具体情况,拟将传统SCB9-RL变压器更换成SCB,11系列变压器,其空载损耗比SCB9-RL变压器降低20%,负载损耗比SCB9-RL变压器降低5%,可达到节能降耗的目的。

2. 供配电线路节能优化

为了进一步提高ZF工程的电气节能效果,应对供配电线路节能优化。

1) 选择合理的导线。导线选择时,应考虑三个方面,分别为:电压损耗,通常与导线的截面积有关,截面积越大,导线的电压损耗越低;机械强度,电气系统运行过程中,导线很容易受到弯曲、挤压等因素的影响而出现损伤,影响导线运行稳定性,并增加导线能耗率,因而智能建筑电气系统设计时,应选择机械强度较高的导线;总体布线情况,在保证建筑电气系统负荷要求的同时,综合考虑经济性、可操作性等多个方面。

2) 控制供配电线路长度。导线布线时,若无必要,应以直线布线模式为主,尽量不将导线弯曲;尽量避免低压回头布线;针对整个电气系统的具体情况,合理确定变压器位置,一般选择靠近负荷中心处布置;科学选取低压配电室的位置,通常选择靠近竖井的位置,防止电气系统出现倒送电的现象,以免加剧电能损耗。

3) 提高导线截面积。由相关物理知识可知:

导线的横截面积与其电耗率具有紧密联系，横截面积越小，电耗率越高，反之导线电耗率则越低。因而ZF工程电气节能控制系统优化时，应根据导线长度、周边环境情况等因素，应选择最佳截面积的导线，如导线超过100 m时，为了保证电气系统符合建筑要求的同时，降低电气系统能耗量，应选择截面积为70 cm²左右的导线。

4) 增加无功补偿方案。若建筑需要较高的无功功率，则应在配电线路适当位置处安装无功补偿器，一方面，提升电压质量与电气设备运行效率；另一方面，可提高配电线路的功率因素，从而降低线路中的有功功率损耗。

3. 照明系统节能优化

(1) 照明系统性能指标优化

照明系统是整个建筑电气系统中的重要组成部分，对建筑使用与建筑能耗水平具有紧密联系，有效对照明系统性能进行优化，可显著提高整个电气系统的节能效率。由相关物理知识可知，照明系统的耗电量通常与自身耗电系数 T 、相匹配电照明装置的能耗 P_r 、线路损耗 P_l 和开关损耗 P_s 有关。同时，照明灯具的损耗还与光通量、发光效率有关，表达式为

$$P = \frac{F}{N} \tag{3}$$

式中， N 为灯具的发光效率； F 为灯具的光通量，表达式为

$$F = \frac{EKSZ}{PN} \tag{4}$$

式中， E 为最低照明要求值； S 为房间内部空间总面积； K 为减光补偿系数； P 为光通量系数； Z 为建筑中全部灯具的数量。

所以，在照明系统性能指标优化时，可根据照明系统的 P_r 、 P_l 、 P_s 及最低照明要求、室内空间总面积以及光通量系数等指标进行设计，在满足建筑照明需求的基础上，降低照明系统能耗量。

(2) 选择最佳的灯具

市场中主要有4种类型照明灯具，每种灯具具有不同特点，适用于不同场所，见表1，需要根据具体情况选择最佳的照明灯具。由表1可知，除白炽灯与荧光汞灯之外，其他灯具均具有较高的效率，为了达到降低照明系统的电能消耗量的目标，可将原灯具更换成高压钠灯与荧光汞灯等。但需要注意

的是，效率越高的灯具造价成本也会越高，且色温、光通量和显色指数也略有差异，因而需要综合房间照明需求、成本等因素来选择。另外，选择出照明灯具后，还应在灯具上安装节能型镇流器，一方面用于限流，降低灯具中的电流水平，从而达到节能的目的；另一方面，还可以为灯具提供瞬时电压过载保护，防止灯具烧坏。

表1 4种常见照明灯具特点

灯具类型	光通量 /lm	色温/K	显色指数	效率 (%)
白炽灯与荧光汞灯	37	3 700	60	38
高压钠灯与荧光汞灯	46	3 050	42	72
高压钠灯与金属卤化物灯	55	3 100	54	98
高压钠灯与稀土金属卤化物灯	37	3 200	61	115

优化效果分析

按照上述内容对ZF工程电气节能系统进行改造，并对改造前后耗电量情况进行对比分析，以此判断上述优化方案的实际应用效果。通过对比分析得到的结果见表2。由表2可知，应用传统节能控制系统时，日耗电量约为1 200 kW·h，应用优化后的节能控制系统时的日耗电量约为1 050 kW·h，比优化前降低12.5%左右，达到智能建筑电气节能控制优化的目的，可将该优化方法大规模推广。

表2 优化效果分析结果

序号	实验时间	优化前/ (kW·h)	优化后/ (kW·h)	节能率 (%)
1	第1天	1 206.5	1 051.6	12.85
2	第2天	1 202.4	1 050.7	12.62
3	第3天	1 195.3	1 048.6	12.27
4	第4天	1 191.0	1 049.5	11.88
5	第5天	1 204.8	1 049.6	12.88
平均		1 200	1 050	12.50

结束语

综上所述，现代智能建筑建设与改造过程中，应根据工程具体情况，采取科学、合理的方式对电气节能系统的变压器系统、供配电线路及照明系统进行优化，确保系统功能符合需求的同时，降低电气系统的能耗量，不仅有利于降低智能建筑使用时的成本，而且对环境保护具有重要意义。EA

(收稿日期：2024-12-10)