

Analysis on Energy Consumption of Building Electricity and Energy Saving Measures

Chenxi Guo¹, Ronglan Zhang²

¹School of Automation, Northwestern Polytechnical University, Xi'an Shaanxi

²School of Civil Engineering, Yancheng Institute of Technology, Yancheng Jiangsu

Email: z71rl@126.com

Received: Jul. 26th, 2017; accepted: Aug. 9th, 2017; published: Aug. 21st, 2017

Abstract

China's building energy consumption is large, and the proportion of building energy-saving is small. Building energy efficiency cannot be ignored. Civil use of energy consumption, building electrical energy consumption accounted for a large proportion of building energy. Building energy-saving mainly rely on electrical energy saving. Electrical energy consumption mainly includes power supply and distribution system, power cable, lighting, motor system. The article introduces the principles of building energy saving. On the basis of energy consumption analysis, realistic and practical energy saving measures are put forward.

Keywords

Building Electrica, Energy Consumption Analysis, Energy Saving Measures

浅析建筑电气能耗分析及其节能措施

郭晨希¹, 张荣兰²

¹西北工业大学自动化学院, 陕西 西安

²盐城工学院土木工程学院, 江苏 盐城

Email: z71rl@126.com

收稿日期: 2017年7月26日; 录用日期: 2017年8月9日; 发布日期: 2017年8月21日

摘要

我国建筑能耗大, 节能建筑比例小, 建筑节能不能忽视。民用建筑使用能耗中, 建筑电气能耗所占比例大, 建筑节能主要在于电气节能。电气能耗主要包括供电系统、电力电缆、照明、电机系统中。文章

文章引用: 郭晨希, 张荣兰. 浅析建筑电气能耗分析及其节能措施[J]. 电力与能源进展, 2017, 5(4): 78-84.

DOI: 10.12677/aepe.2017.54013

介绍了建筑电气节能原则, 进行能耗分析, 在此基础上提出了现实切实可行的电气节能措施。

关键词

建筑电气, 能耗分析, 节能措施

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

我国有将近 500 亿平米的建筑, 节能建筑仅占 1%。建筑能耗约占社会总能耗的 33%, 可折算成 11 亿吨标准煤。位居世界能耗首位, 因此建筑节能刻不容缓。民用建筑包括居住建筑和公共建筑, 其能耗包括采暖、空调、热水供应、通风、照明、家用电器、炊事和电梯等方面的能耗; 其中, 以采暖和空调能耗为主, 占 65% 的比例, 热水供应、电气设备、炊事所占比例依次为 15%、14%、6%。各种能耗包含在供配电系统、电气照明、建筑设备、电力电缆等中。建筑节能的关键在于电气节能, 尽可能减少能源消耗, 提高能源利用率。

2. 建筑电气节能设计原则[1]

充分满足、完善建筑物功能要求前提, 减少能源消耗, 提高能源利用率。综合考虑建筑物供配电系统、电气照明和建筑设备的电气节能; 计量与管理的措施; 可再生能源的利用等。合理选择负荷计算参数, 选用节能设备, 采用合理的照度标准, 减少设备及线路损耗, 提高供配电系统的功率因素, 抑制谐波电流。

3. 各种建筑电气能耗分析

建筑供配电系统作为电力系统的最终用户端。供电系统包括电气设备有: 铜母线、电力变压器、电力电缆、电气元件(电压互感器、断路器、电流互感器等)、配电箱柜(控制箱、照明配电箱、动力配电箱柜等)、用电设备(风机、水泵、灯具等)、测量仪表、应急电源(发电机、蓄电池组等)。电气设备的功率损耗是来自于导体的电阻和磁性材料中的损耗, 并且主要发生在电力变压器、所敷设的电力电缆、电动机、灯具等中, 因此研究其能耗情况。

3.1. 变压器能耗分析

变压器能耗的产生主要是由自身工作原理所决定的, 变压器的构成主要由一次绕组、二次绕组、铁芯共同构成。变压器损耗主要包括铁损和铜损, 由于涡流使得变压器铁芯温度升高, 进而引起铁芯发热, 由此产生的变压器损耗称为铁损即空载损耗; 而铜损即负载损耗主要是指两次绕组之间因电阻损耗之和所产生的变压器损耗。电力变压器的损耗主要分为三个方面: 空载损耗、负载损耗和杂散损耗。数据分析表明, 铁损和铜损是变压器损耗的主要原因, 变压器产生损耗 70% 以上是由这两种原因引起的。降低铁损可以选用优质硅钢片, 设计先进铁心结构而减小磁阻; 降低铜损可选无氧铜和电工铝导线而增大绕组的电导率。

要根据变压器运行负荷范围选择合适容量的变压器及运行台数, 通常情况下, 当变压器的有功损耗

最小时, 其负荷范围一般接近 50%, 此时变压器不仅运行效率最高, 而且能耗最小, 是最佳的运行状态。

3.2. 电动机损耗分析

建筑领域的电气设计采用大量的中小型电动机。电动机在总用电量和总能耗都很大。当电动机将输入的电能转换为输出轴上的机械能时, 总要伴随一些能量的损耗。电动机能量损耗分为恒定损耗——铁心损耗和机械损耗、负载损耗——铜损, 以及杂散损耗。

减小电动机损耗应下降主要损耗分量。小功率点击铜损占主要比例, 应从适当增加有效材料使用, 增加导线截面来降低绕组电阻达到降低损耗, 提高效率。较大功率的电动机, 主要损耗在机械损耗及杂散损耗上, 应该通过各种措施减少通风系统损失和杂散损耗。

3.3. 电线电缆能效分析

电力电缆的作用是使电能能够最有效地从电源输送到用电点。沿电缆全部能量损耗的费用是 C_j , 详公式(1)。 I 为电流, R 导线电阻, N_p 载流导体芯数、 L 电缆传输距离, 每个月有 T 小时损耗, 电能耗电付出费用每月 P 元。

$$C_j = I^2 R N_p L T P / 1000 (\text{元/月}) \quad (1)$$

在给定工程中, 电缆导体材质是选定的, 传输距离也随用电设备而确定为固定的数值, 导线截面的选取则是设计中影响电能损耗的一个主要因素。

采用经济电流密度[2]确定电缆截面。所谓经济电流密度, 是指导线截面影响线路投资和电能损耗, 当减少线芯截面时, 初始投资减少, 但线路损耗费用增大; 反之增大线芯截面时, 线路损耗减少, 但初始投资增加, 在某一截面区间内, 两者之和最少, 即总费用最少。负荷已知, 选择最佳的导线截面; 或导体截面已知, 确定经济的负荷范围, 以寻求投资的最优方案, 取得最理想经济效益。

3.4. 照明系统能耗分析

建筑照明能耗[3]主要包括光源能耗、器件能耗、技术能耗、设计能耗, 以及线路损耗和变压损耗等。光源能耗指光源发光、电能转化为光能的同时也产生了热能, 造成了能源的浪费。器件能耗主要指照明辅助器件的能耗, 包括补偿电容、镇流器、启辉环节的能耗。技术能耗指常规的照明技术在管理维护、电压功率调整等方面缺乏智能和自动调整, 在降低有功功率消耗和无功功率方面还不理想。设计能耗指主要体现在线路、控制开关设计和自然光的利用、照明方式、照度值的选择等方面不理想产生的能耗浪费。其他能耗主要指线路损耗及变压损耗等产生的能耗。

4. 各系统节能措施

4.1. 配电系统的节能措施

变压器选用遵循两条原则

A、应选用低损耗、低噪声节能变压器。节能变压器是空载、负载损耗相对小的变压器。

B、合理地计算、选择变压器容量。

a) 变压器额定容量应满足全部用电负荷需要, 变压器不应长期处于过负载状态下运行。变压器的经常性负载以变压器额定容量的 60% 为宜。

b) 变电所具有两台以上变压器时, 应考虑其中任一变压器故障时, 剩余变压器容量应能满足重要负荷级以上的全部负荷的需要。

c) 变压器容量不宜过大, 否则供电线路过长而增加线路的损耗。

d) 多台变压器容量等级应当适当搭配, 一并考虑维修方便、减少备品和备件的数量。

配电系统的节能措施

A、配电系统电压等级的确定[4]: 选用较高的配电电压深入负荷中心。用电设备的设备容量在 100 kW 及以下或变压器容量在 50 kV·A 及以下者, 可采用 380/220 V 供电; 特殊情况也可采用 10 kV 供电; 对于大容量用电设备(如制冷机组)宜采用 10 kV 供电。

B、合理选定供电中心: 将变压器(变电所)设置在负荷中心, 可减少低压侧线路长度, 降低线路损耗。

C、合理选择变压器: 选用高效低耗变压器。选择变压器、在线式静止逆变应急电源时应注意: 选择自身功耗低的变配电设备; 选择国家认证机构确认的节能型设备; 选择符合国家节能标准的配电设备。力求使变压器的实际负荷接近设计的最佳负荷, 提高变压器的技术经济效益, 减少变压器能耗。

通常经济效益能够达到最高, 需要运行功率保持在 85%~95%之间。负荷效率在经济范围内运行, 可选方法有: 要根据负荷范围来选择适当的变压器数量及容量; 要适量增加小容量变压器, 可对负荷较大的变压器进行适当调整, 从而为低负荷运行时提供便利; 若变压器负荷常处于 30%以下, 那就需要使用小容量变压器; 通过调整负荷确保变压器运行在经济区内。在运用多台变压器时, 根据具体情况合理调整变压器, 就可最大限度地降低损耗。

D、优化变压器的经济运行方式: 即最小损耗的运行方式。尤其是季节性负荷(如空调机组)或专用设备(如体育建筑的场地照明负荷), 可考虑设专用变压器, 以降低变压器损耗。

E、合理选择线路路径: 负荷线路尽量短, 以降低线路损耗。

F、采用新型节能型变压器[5]。S11 系列变压器在节能降耗方面比市场目前流通的 S9 型变压器在空载情况下能够降耗 30%, 承载能力强, 空载电流能够下降 40%, 具有较好的节能降耗效果。长期实践证明, 采用最新变压器虽然在成本上投入较大, 但如果常年累积使用, 能够抵得上普通变压器二年损耗所花费的费用。如果长期使用, 就会起到更大的节能降耗作用。再加上普通变压器维修、损坏所带来的损失, 就更能显示出最新变压器的经济效益。

G、有效控制外界谐波的影响也是提高变压器节能减损的有效途径。减少谐波的主要措施是在变压器上安装消除谐波的消波装置—滤波器, 其运行原理是滤波器会根据信号处理器产生相应的电流补偿进而对谐波进行负载补偿, 可以有效地消除谐波对变压器的影响, 一般情况下, 通过滤波器能够减少 10% 以上的损耗, 进而提高变压器的节能降耗。

4.2. 电动机的节能措施

电动机选择遵循原则

综合考虑电机技术及电压等级; 尽量选择标准的电动机, 以便互换; 结构上适合电动机所处环境条件; 使设备需求容量与被选电动机容量差值最小, 充分利用电动机功率; 应满足生产的各种要求, 选择与场所环境相适应的防护方式和冷却方式的电动机; 选择可靠性高、便于维护的电动机。

电动机节能措施

减少电动机的功率损耗主要是通过提高电动机的效率和改善功率因数来考虑。提高电动机的效率就要减少电动机的空载和轻载运行, 此时电动机的效率极低, 通过变频器来控制电动机使其在负载率变化的时候自动调节转速来提高电动机的轻载效率从而达到节能的目的。改善功率因数可以通过增加就地补偿电容器来减少线路损耗。

选择正确的起动方式

根据负载情况对电动机采取就地补偿; 电动机重载、轻载的三角-星自动切换; 应用节能型电动机能; 根据负荷特性合理地选择电动机; 选用电动机轻载节电器; 改进控制方式, 提高运行效率。

4.3. 电力电缆节能措施

一般采取的措施

- a) 变压器靠近负荷中心, 可缩短线缆、母线的长度。
- b) 有条件时, 降低线路的运行电流, 通过就地进行电容器补偿提高设备运行功率因数。
- c) 采用单芯电缆组成配电回路时, 电缆呈品字形敷设以降低线路阻抗。
- d) 抑制谐波电流和线路中的含量, 从而降低线路损耗。
- e) 采用新技术和新工艺电缆。

稀土高铁铝合金电力电缆[6], 电缆行业实现“以铝合金代铜”的重大突破。此技术保证导电性能的前提下大大节约电缆成本。

多类采用新工艺的电缆如钢芯软铝型线绞 100282G0355N、铜芯硅橡胶绝缘新型环保耐火电线 100282G0575N、太阳能光伏电缆[7]100282G0364N。橡套电缆新技术[8]和交联聚乙烯绝缘铜丝屏蔽综合护套电力电缆[9]。

目前民用建筑中一般有两种低压电缆, 以 VV 开头的聚氯乙烯绝缘及护套电力电缆, 以 YJV 开头的交联聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套电力电缆, 两种电缆的绝缘层不同, 但查电缆的载流表可以看出, 同样截面的 YJV 电缆比 VV 电缆载流量高 15~20%, 所以在设计中要尽量选用 YJV 型号的电缆。YJV 电缆成本比 VV 电缆高些, 电缆截面减小表面上看来投资成本并没有减少, 但生产电缆环节中铜的消耗量减少了, 这样在铜的冶炼过程中就降低了能量的损耗并减少了环境污染, 同样有节能降耗的作用。

4.4. 照明节能设计措施[4]

照明系统节能是在保证合理有效的照度、亮度、色温和显色指数的前提下, 设法降低照明用电负荷, 以尽可能提高电能利用率。

a) 应根据国家现行标准、规范要求, 满足不同场所的照度、照明功率密度、视觉要求等规定。应根据不同使用场合选择合适照明光源, 满足照明质量前提下, 尽可能选高光效光源。

c) 在满足眩光限制的条件下, 应优先选用灯具效率高的灯具以及开启式直接照明灯具, 一般室内的灯具效率不宜低于 70%, 并要求灯具的反射罩具有较高的反射比。

d) 尽可能降低灯具安装高度, 以达到电能。前提满足灯具最低允许安装高度和美观要求。

e) 合理设置局部照明。对高大空间区域, 高处采用一般照明方式, 而对有高照度要求的地方, 宜设置局部照明。

f) 应选择电子镇流器或节能型高功率因数电感镇流器, 公共建筑内的荧光灯单灯功率因数不应小于 0.9, 气体放电灯的单灯功率因数不应小于 0.85, 并应采用能效等级高的产品。选用高效电光源和灯具。保证照明质量, 降低照明用电量根本措施就在于提高照明设备的效率, 选用高效电光源和灯具。如荧光灯、节能荧光灯、细管径荧光灯(如 T8、T5 荧光灯等)、三基色荧光粉等。

g) 照明配电系统设计应减少配电线路中电能损耗, 具体措施: 采用适当加大线缆的截面积, 以降低线路阻抗; 采用电阻率较小的线缆; 尽量减少线缆长度。

h) 主照明电源线路尽可能采用三相供电, 可减少电压损失, 并应尽量使三相照明负荷平衡, 可避免影响光源的发光效率。

i) 设置智能照明控制装置: 具有光控、人体感应、时控等功能, 需照明时将灯打开, 不需要照明时将灯关闭。

j) 充分利用自然光, 根据建筑物所在自然光照度变化, 设计照明种类和数量。设计时适当增加照明开关点, 即每个开关控制的灯具数量不要太多, 可达到方便管理和节能的目的。选择插座时尽量选用设

有翘板开关控制的插座面板, 当不使用用电设备时, 可切断插座电源, 消除设备空载损耗, 以达到节能节电的目的。

k) 合理利用周边照明环境。在装修上建筑物照明环境应当注重浅色、光泽的墙面, 可利用光的反射原理, 增强室内照明, 减少电气消耗等。

4.5. 空调节能的措施

A、空调节能设计[10]

居住建筑采暖、空调方式及其设备的选择应根据当地资源条件, 经技术经济分析及用户对设备运行费用的承担能力综合考虑确定。居住建筑当采用集中空调时, 应设计分室(户)温度控制及分户热(冷)量计量设施。居住建筑采用分散式空气调节器进行空调时, 其能耗比、性能系数应符合国家现行有关标准中的规定值。

未设置集中空调的居住建筑, 在设计统一的分体空调器室外机安放搁板时, 应充分考虑其位置有利于空调器夏季排放热量、冬季吸收热量, 并应防止对室内产生热污染及噪声污染。居住建筑通风设计应处理好室内空气流组织, 以有效地提高通风效率。

空调节能的基本途径为: 抑制在室内产生热; 促进室内的热吸收; 抑制热进入室内; 促进热向室外散失。

B、暖通空调系统的设计[11]

公共建筑暖通空调系统的能源消耗占建筑总能源消耗的 50%左右, 暖通空调的电气节能具有非常大的空间。应当先从系统的接口处进行设计施工, 系统工程师应当和暖通空调系统以及强电系统设计师进行紧密合作, 以达到优化系统的接口, 做到电气节能。系统接口处的设计主要包括参数的检测、正确选择传感器; 合理计算出风阀门、水阀门以及蒸汽阀门管径; 选择合适的电动调节阀流量; 以及对独立运行控制系统的通信口进行设计等。其节能设计方案应当把节约能源与提高控制水平等同对待。具体可考虑下列措施: 对机电设备实施启停方案; 对变风量以及变流量系统进行最优的控制; 对水泵进行分季节的控制; 对低温送风系统的优化设计控制等。

4.5.1. 建筑自身角度的空调节能措施

从建筑自身的角度来探讨如何减小空调能耗, 而发挥空调的节能。太阳能量通过辐射的方式投射到围护结构的外表面, 将辐射能转化成热能。

a) 空调节能的一个有效途径是采用浅色及表面光滑材料。

b) 围护结构外表面的这部分辐射能也可能用其他能源转化的方式来减少空调的负荷。例如可用遮阳方法, 使太阳辐射能不能投射在外围护结构上; 用攀藤植物或屋顶花园可将太阳能通过光合作用转化成生物能。也可在屋顶上用喷水雾的方法或设水池将太阳能转化成汽化热散发掉。窗户利用双层(或三层)玻璃作为围护结构。

c) 影响空调的节能效果还表现在围护结构保温的好坏。保温材料设置在围护结构的内侧, 很短的时间内, 使空调开启后, 就使室内达到所需的温度。保温材料的铺设位置及厚度都将影响空调节能。

d) 空调节能的另一途径是加强自然通风有助于室内热量带走, 合理组织自然通风和适时开启空调。

4.5.2. 空调自身的节能措施

a) 注意细心调节室温。制冷时室温调高 1°, 制热时室温调低 2°, 均可省电 10%左右;

b) 定期清扫滤清器。灰尘会堵塞滤清器网眼、降低冷暖器效果, 清扫频率为 15 天一次;

c) 使用空调的睡眠功能, 可以达到 20%的节电效果;

d) 选择适宜的出风角度: 冷气流比空气重, 易下沉; 暖气流则相反, 所以制冷时出风口向上, 制热时则向下。

e) 空调开启时配合电扇使用, 可以使室内冷空气加速循环, 冷气分布均匀, 可以不需要降低设定温度, 而达到较佳的冷气效果;

f) 不使用空调时, 应养成随手关掉电源的习惯。空调开启时, 尽量少开门窗, 减少房内外冷热交换, 有利于省电;

g) 应用节能空调[11]。现从空调的自身节能技术出发来提出其节能效果。热泵空调分为空气源热泵和地源热泵两大类。空气源热泵不适用于寒冷地区, 而可应用在冬季气候较温和的地区。地源热泵系统一机多用, 不但对建筑物供热和制冷, 还可供生活热水。冰蓄冷空调技术是一项节能技术。冰蓄冷空调系统为建筑物提供一个舒适的环境, 并且达到能源最佳使用效率, 节省运转电费, 为用户提供一个安全可靠的冰蓄冷空调系统。

5. 对建筑电气系统运行加以强化管理

加强对建筑电气系统运行的管理, 同样可达到节能的效果。主要管理措施有:

A、设备管理

设备的运行状况很大程度决定电气节能。如果使各种设备安全、有效、稳定地运行, 出现故障能快速排除, 则可以节约能量。

B、控制管理

功能强大、界面友好控制软件的开发并利用是电气系统节能运行的有效措施。

C、人员技术培训管理

提高管理人员素质, 加强对电工的培训, 以保证电气设备的正常运行和设备的使用效率, 才能在电气节能中有所作为。

6. 结语

建筑电气工程能耗主要发生在电力变压器、所有敷设的电力电缆、电动机、灯具、空调等电气设备中。充分分析各种能耗基础上, 遵循电气设计基本原则, 采取电气节能措施, 对建筑电气系统运行加以节能强化管理, 就可以有效地提高能源利用率, 实现建筑电气节能。

参考文献 (References)

- [1] 建设部工程质量安全监督与行业发展司. 全国民用建筑工程设计技术措施——节能专篇(电气)[M]. 北京: 中国建筑标准设计研究院出版社, 2009: 1-4
- [2] 郑维山. 关于经济电流密度的探讨[J]. 榆林学院学报, 2006, 16(4): 29-31.
- [3] 叶飞. 照明系统能效分析及评价技术[J]. 上照明设计, 2016(2): 63-64.
- [4] 中国建筑科学研究院. 公共建筑节能设计标准 GB 50189-2015[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2015: 40-41.
- [5] 李关定, 等. 配电变压器节能浅析[J]. 上海节能, 2012, 3(11): 66-68.
- [6] 杜毅威. 铝合金电缆在建筑工程中的应用[J]. 建筑电气, 2010, 29(5): 42-45.
- [7] Sarchi, D., Herold, E., Martinelli, P., *et al.* (2013) Electric Cables for Solar Plants Generating Electrical and Thermal Energy, and Plants Comprising the Electrical Cables. US Patent No. 14/071210.
- [8] 郑建强, 等. 橡胶套电缆微波硫化新工艺[J]. 电线电缆, 2009(1): 34-35.
- [9] 王伟. 交联聚乙烯绝缘电力电缆技术基础[M]. 西安: 西北工业大学出版社, 1998.
- [10] 沈锡寒. 游泳馆空调节能设计分析[J]. 民营科技, 2011, 28(12): 118-119.
- [11] 汪爱平, 等. 试论温和地区暖通空调节能设计[J]. 暖通空调, 2012, 31(5): 57-58.

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：aepe@hanspub.org