

变电站照明智能控制系统节能优化设计

王波波

石家庄市轨道交通集团有限责任公司

[摘要]经济飞速发展背景下,工业用电量与生活用电量激增,变电站的工作压力随之攀升。根据历年数据可知,截止到2016年年底,全社会用电量比上一年度增加了5%左右,已经突破了59000亿千瓦时。可见经济繁荣的背后,能源消耗总量正在不断攀升,影响着国家的长远发展。

[关键词]变电站照明;智能控制系统;节能优化设计

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6261.2021.10.1419

一、变电站照明智能控制系统硬件设计

(一) 替换DC-DC变换器

现有照明系统中的DC-DC变换器采用单向工作模式。变换器中的能量受功率传输二极管的影响只能单向流动,限制了能量的反向流通,因此也限制了其在能量双向流动场合的使用。如果节能照明系统保留原有系统中的单向DC-DC变换器,通过反并联的方式搭建单向DC-DC变换器A和变换器B,那么过多的器件会加重照明系统电路的复杂程度。其中,变换器A用于处理端口之间的能量流动,变换器B用于处理能量反向流动。因此,本次研究采用双向DC-DC变换器替代2个单向的DC-DC变换器,实现能量的双向流动。

(二) 设计串口通信模块

为了保证双向DC-DC变换器的工作流畅性,重新设计照明系统的串口通信模块。该模块是无线传感网络中,计算机、协调器网关节点以及LED照明之间的通信桥梁。计算机通过串口发送照明控制命令,并发送给协调器网关节点,同时读取变电站照明系统的光照度、温度、变换目标以及LED状态等数据。

二、变电站照明智能控制系统软件设计

(一) 变电站照明用电效用计算

变电站照明用电一般分为室内照明用电与室外照明用电2个部分。因此,本文从静态温度效用与静态时间效用函数入手,分析某个时间断面上,变电站的找平温度是否与电器工作状态匹配。静态温度效用函数根据期望温度与实际温度之间的关系,量化变电站照明设备的工作温度。当 $T_t \in [T_1, T_2]$ 时,效用值为1;当 $T_t < T_1$ 或者 $T_t > T_2$ 时,在参数 k 的作用下,温度效用值下降。此时 $k \in (0, 1)$ 。参数 k 越小,则说明温度效用值下降速度越快。利用构建的节能照明模型,控制变电站照明系统的工作状态,可实现节约照明用电。

(二) 构建变电站节能照明模型

根据上述计算结果,构建变电站节能照明模型。选定一个变电站设备 b 作为研究对象,用 s 表示设备的影响区域, X 表示影响区域内的所有节点集合, x_i 表示其中的某一用电节点 $x_i \in X, i=1, 2, \dots, n$ 。在任意时刻下,每个节点的活动状态可以记为 $a(x_i, t)$,该活动集合用 $B_s(t)$ 表示,则存在 $B_s(t) = [a(x_1, t), a(x_2, t), \dots, a(x_n, t)]$ 。将设备 b 的集合记为 $D_b = \{D_{1b}, D_{2b}, \dots, D_b\}$ 。其中,实时运行状态记作 $d_b(t)$ 、实时功率记作 $p_b(t)$ 。

则在时间段 $(0, t_a)$ 内,电站设备 b 的运行状态集合为 $D_b(0, t_a)$ 。而时刻 t 影响区域 s 的同时,也影响电器设备 b 的用电效用场景。因此,将该状态下的场景参数集合记作 C_b, s ,则在时间段 $(0, t_a)$ 、区域 s 内,所有影响电器 b 用电效用的场景参数状态集合,用 $C_b, s(0, t_a)$ 表示。结合上述计算求得的用电效用,以节能为主要目标,动态优化电器运行状态,在规定的时段内,将设备的电能消耗控制在最低值内,同时还能保证电器运行状态。

(三) 基于智能控制的照明管控操作

基于智能控制技术,管控操作变电站照明模型。假设模型的管理公钥为 I ,每个测控器的公钥为 K ,照明设备的公钥

为 G ,模型的智能控制策略为 Φ 。

三、仿真试验

仿真测试不能完全验证所设计系统的可行性和合理性,因此搭建一个小功率试验平台,进行一次仿真试验。受基本测试条件限制,完全按照220kV变电站直流照明系统参数搭建试验环境是较为困难的。因此,以合理的方式缩小电容量和负载功率,通过小功率试验验证此次设计系统的节能效果。

(一) 试验准备

选择SPS公司生产的电容模组。该硬件额定电压为220V。电容模组选择完毕后,选择照明负载。此次研究的照明系统以实验室灯箱为负载,要求该灯箱可以接入220V的额定电压,同时还可以接入不同功率的灯泡。通过改变灯泡接入情况,调节负载大小。结合此次研究目的,选择稳压电容和电感,要求稳压电容的电容量为2200 μ F、最高工作电压为450V。电感则选择5mH的绕线电感,最大工作电流为5A。

然后,综合考虑额定电压、额定电流、开关频率以及驱动电压等因素,选择绝缘栅双极型晶体管(insulated gate bipolar transistor, IGBT) SKM200GB124D作为开关元件。该开关可承受的最大电压为1200V,最大电流为100A,工作温度范围为40~115 $^{\circ}$ C,具有低损耗和高耐压值的特点。最后,选择IGBT驱动板,利用该板放大数字信号处理器(digital signal processor, DSP)脉冲输出功率,实现驱动IGBT的目的。

(二) 占空比测试

当电容两端电压与设定的参考电压近似时,系统输出-9~+15V的低占空比波形。当电容两端电压与设定的参考电压之间的差值增大时,输出的波形占空比也会随之增大,从而实现升压这一控制目的。

(三) 负载电压测试

为了进一步验证此次研究系统的节能效果,通过改变灯箱接入电灯的方式来改变负载功率。因此,在系统中分别接入了50W、100W和150W的灯泡作为负载。在仿真测试平台模拟照明供电试验中,分析电容两端电压波形、负载两端电压波形,验证智能控制下的节能效果。

四、结束语

综上所述,变电站照明系统的工作状态直接影响整体变电站工作效率,但传统设计的照明系统控制能力不佳,导致系统出现过度浪费的现象,因此,基于智能控制技术,以节能为目标,优化设计变电站照明系统。在硬件设计上,用双向DC-DC变换器替换传统系统中的单向DC-DC变换器,同时优化设计串口通信模块。

参考文献

- [1]戴洁. 110千伏智能变电站二次系统设计及应用[D]. 东南大学, 2019.
- [2]陈丽芳. 智能小区建筑电气优化设计与研究[D]. 兰州理工大学, 2018.
- [3]熊锐. 220kV变电站站用电源系统改进设计与运维[D]. 广东工业大学, 2017.