

·光电系统与·设计·

太阳能路灯系统的优化配置

李永杰

(常州轻工职业技术学院, 江苏 常州 213164)

摘要:以太阳能路灯系统为例,提出优化方法.主要从能耗的降低、性能的稳定以及系统成本的减少入手,计算太阳能光伏组件和蓄电池容量,确定太阳能路灯系统优化配置的方法.同时系统实行智能控制,在保护蓄电池使用寿命的前提下,保证最大正常工作时间,从而提高太阳能路灯的节能性和经济性.

关键词:路灯;太阳能;控制器

中图分类号: TU113.8

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2010)01-0019-03

Optimization of Solar Energy Street Lighting System

LI Yong-jie

(Changzhou Institute of Light Industry Technology, Changzhou 213164, China)

Abstract: The optimization method is proposed by the solar street lamp system as example. The capacity of the solar photovoltaic modules and batteries are calculated through the reduction of energy consumption, the stability of function and the reduction of cost, in which determining the optimal allocation of solar street lamps system. To implement the system with intelligent control, the system can work the normal working hours under the protection of battery service life, so the solar lights energy-saving and economic performance are improved.

Key words: street lamps; solar energy; controller

在能源日益短缺、环境污染和环境保护越来越受关注的情况下,充分开发利用太阳能已成为当前社会各界所关注的焦点之一.太阳能路灯作为新能源的一个典型应用,在国内不少地区都有相应的应用实例,它的一次性投资安装,无需日后电费开支,无需架设输电线路或铺设电缆,清洁环保,维护费用低等优点,受到人们的欢迎.在很多城市和乡村都能看见以试验或示范形式出现的太阳能路灯.

但在这样的前景下,也存在不少可靠性问题.随着实际应用的增多,接到用户投诉和报修的问题也越来越多.

1 太阳能路灯系统组成及使用中存在的问题

太阳能照明系统可以分成三大类型,包括独立

系统、并网系统和混合系统.独立系统常见于居民区路灯、停车场标志灯和电网公共照明系统,它们通常需要电池,有较高的存储修复损耗和维护费用.

太阳能独立路灯系统根据负载可分成交流型和直流型 2 种,如图 1、图 2 所示.目前由于主流灯具都是采用交流灯具,因此第一类太阳能照明系统应用较多(如太阳能低压节能灯).第二类太阳能照明系统由于目前光效、成本等因素影响,使用量还不是太大,但随着今后技术的革新,其使用也会越来越多.图 3 是太阳能路灯的系统组成.

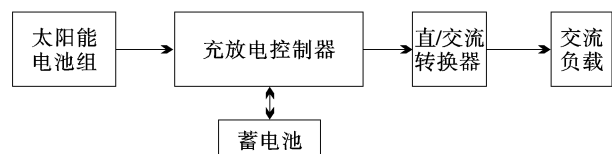


图 1 交流型太阳能路灯框图

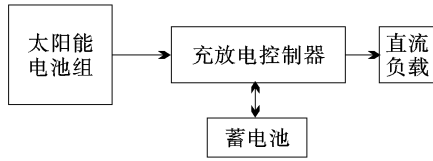


图 2 直流型太阳能路灯框图
在保证灯具在规定工作条件下,系统配置的好

坏主要看太阳能组件、路灯控制器、蓄电池之间的匹配与否.而根据目前太阳能路灯出现的问题和当前的技术水平,主要有 2 点:①.路灯在使用一段时间后,经常几天不工作;②设计蓄电池使用寿命在 2~5 年左右,实际蓄电池使用往往低于设计寿命,甚至不足 1 年等.

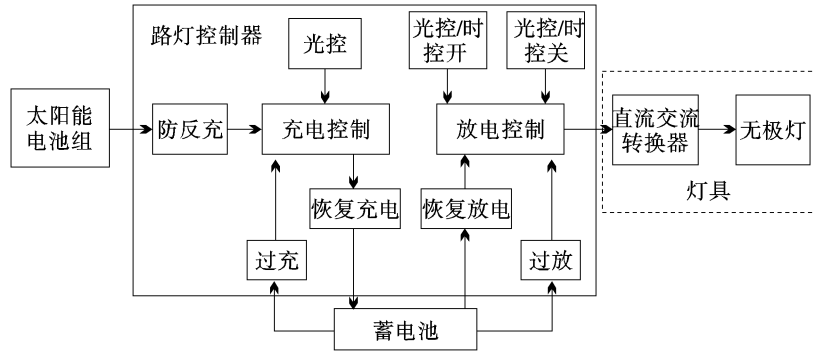


图 3 太阳能路灯系统组成框图

其使用寿命.因此在控制器恢复放电的电压设置上需要合理选择.

2 问题分析

不少厂家在路灯配置时不关注各个地区日照的具体不同,只是经验性地选配光伏组件,有时候为了满足客户低成本的要求,低配了太阳能组件,或者只考虑单日发电量与耗电的匹配,而没有考虑蓄电池充电问题.

(1)路灯在使用一段时间后,经常几天不工作.

出现该问题的主要原因在于组件配置过低造成,也会有蓄电池配置过高,主要还是前者.当路灯系统连续几天阴雨,蓄电池会过放,控制器会出现过放保护,此时如果太阳能发电量偏少,蓄电池电压达不到控制器的恢复放电电压,控制器与负载间一直断电,组件容量过小或阴雨天过长必然导致长时间不放电.因此在组件容量计算时需要考虑蓄电池充电时间问题,尽可能 2~3 天充满.

(2)设计蓄电池使用寿命在 2~5 年左右,实际蓄电池使用往往低于设计寿命,甚至不足 1 年等.

出现该问题的主要原因在于蓄电池配置或工作不当造成的.比如蓄电池容量相对与连续阴雨的天数偏小,或蓄电池工作时一直处于深度循环.其中第二种是主要原因.

有些厂家,为了减少出现上面一个问题,往往把控制器恢复放电电压设置过小,导致蓄电池充电很少就处于放电状态,没有很好利用蓄电池,减少了

3 系统优化配置步骤

以下就配置及以上问题提出相应应对和优化方法.以 24 V 的 40 W 无极灯为例,按每天使用小时数在 8 h,连续阴雨天 4 天要求,在镇江应用时结合当地光照如表 1.具体配置步骤如下:

(1)先确定蓄电池容量

配置蓄电池时考虑放电深度 0.75、充放电效率 0.85 及安全系数 1.1 等,根据负载估算蓄电池容量. $1.1 \times 40 \times 8 \times 4 \div 0.85 \div 0.75 \div 24 \text{ V} = 92.1 \text{ Ah}$,此时实际选用 2 个 12 V/100 Ah 蓄电池串联即可.

(2)初步配置太阳能组件

在配置组件时参照当地日照辐射量,选取合适的倾斜角,和并网发电不同,太阳能路灯应保证最低日照月份辐射尽可能大.如表 1 所示.此时倾斜角在 30°,最低辐射在 10 月份,只有 4.13 kWh/m²/d,折算到标准日照强度 1 kW/m² 时为 4.13 h/d.

考虑发电量会受方位角、灰尘、局部阳光遮挡、组件的光电转换效率和系统其他效率损失等,系统设计寿命期内平均发电效率按 78% 取值.同时考虑蓄电池系统效率问题.

光伏组件容量 = $40 \times 8 \times 1.1 \div 0.85 \div 4.13 \div$

表 1 当地峰值日照时间表

| | 当月太阳日均辐射量/(kWh/m ² /d) | |
|-----|-----------------------------------|--------|
| | 水平面 | 30°倾斜面 |
| 1月 | 2.91 | 4.39 |
| 2月 | 3.57 | 4.67 |
| 3月 | 3.93 | 4.37 |
| 4月 | 4.88 | 4.86 |
| 5月 | 5.35 | 4.90 |
| 6月 | 5.00 | 4.44 |
| 7月 | 4.74 | 4.28 |
| 8月 | 4.57 | 4.38 |
| 9月 | 4.13 | 4.38 |
| 10月 | 3.41 | 4.13 |
| 11月 | 3.03 | 4.38 |
| 12月 | 2.73 | 4.32 |
| 年平均 | 4.02 | 4.45 |

0.78 = 128.6 W_p. 此时如果认为组件容量 130 W_p 够了,很可能出现上面连续几天路灯不工作现象.

(3) 优化组件配置

考虑到路灯连续工作要求在 4 天,为了保证在连续 4 天放电后,能尽快恢复工作,组件容量需增大,缩短充满电时间,如果当地连续 4 天阴雨的天数较多,则充电时间要控制在 2 天以内.

以选用 160 W_p 组件为例,估算充电时间. 充电效率在 0.9~0.95 取 0.9.

平均蓄电池充电时间 = $2 \times 100 \times 12 \times 0.75 / (0.9 \times 0.78 \times 160 \times 4.45) = 3.6$ 天,时间过长. 选取 190 W_p,此时充电时间在 3 天左右. 而 240 W_p 组件也需充电 2.4 天. 考虑成本等因素实际选择 190 W_p 组件.

从中可以看出在配置组件时不能只看单日耗电量,还要结合蓄电池容量来优化配置.

(4) 路灯控制器选择及优化

因为路灯工作电压是 24 V, 蓄电池串联输出额定电压也在 24 V, 所以控制器也应该选择 24 V 额定工作电压. 其光伏组件的额定输出电压在 34 V. 现在市场上大部分控制器最大输入电压在额定工作电压的 2 倍. 因此对总容量为 190 W_p 系统, 可以用 2 块 ZXM095W18V-12502 组件串联构成, 参数见表 2. 如果单块 190 W_p 组件最大功率工作电压在 30~34 V 亦可选用.

此时串联工作电压 = 34.4 V, 最大输出开路电压 = 42.4 V, 短路电流 = 5.99 A. 因此控制器额定充电电流选用 10 A.

表 2 太阳能组件参数表

| 指标 | 单位 | 数据 |
|------------------------------|----------------|------|
| 峰值功率 | W _p | 95 |
| 开路电压 (V _{oc}) | V | 21.2 |
| 短路电流 (I _{sc}) | A | 5.99 |
| 最大功率工作电压 (V _{max}) | V | 17.2 |
| 最大功率工作电流 (I _{max}) | A | 5.52 |

在控制器选择时, 还需要关注过充保护、恢复充电、过放保护、恢复放电电压, 如图 3 所示. 特别是针对恢复放电电压, 目前市场上 24 V 控制器主要设置在 25 V 以上, 有些甚至是 26 V. 就如前面分析的第一个问题, 此时很可能出现太阳能路灯连续几天不亮. 如果系统配置不合理, 很可能会长时间不工作, 用户很可能就以为路灯坏了, 企业声誉必然受到影响. 因此对恢复放电电压不能设置过高.

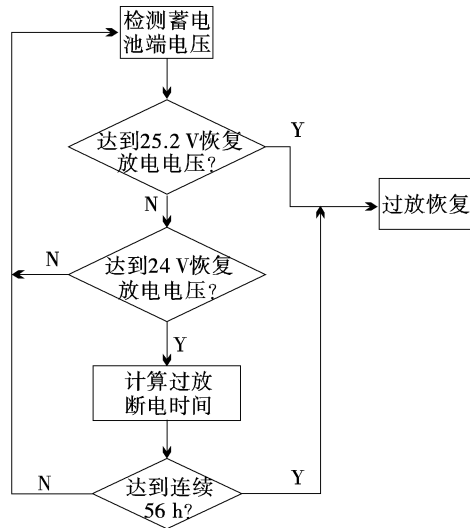


图 4 控制优化流程图

但同样的, 如果为了减少出现这种问题的机会, 把恢复放电电压设置过低, 甚至低于 23 V, 就如前面分析的第二个问题, 很可能出现使用寿命缩短的问题, 特别对蓄电池更是如此.

针对控制器的这 2 个问题, 为了兼顾平衡, 可以设置多项恢复条件, 而不再是固定的值. 控制器的具体恢复电压设置可以参考如图 4 所示.

4 结 束 语

太阳能路灯是当前国内太阳能发电应用的一个主要领域, 特别在一些地区是作为太阳能利用的示范工程在做. 其实际应用的好坏将很大程度上影响

(下转第 44 页)

111、103.75 nm. 运行后的图形如图 6, 计算其加权平均反射率分别为 7.26% 和 11.63%, 可见 $\text{MgF}_2/\text{SiO}_2/\text{ITO}$ 的组合要优于 $\text{SiO}_2/\text{MgF}_2/\text{ITO}$.

可得如下结论, 如果要设计单层透明导电膜加两层减反射膜的结构, 两种减反射膜的位置关系最好是上面一层的折射率低一些而下面一层的高一些, 这样能取得更好的减反射效果.

3 结 束 语

就如何设计非晶硅太阳能电池减反射膜的最优参数问题进行计算机仿真, 并讨论了几种应用广泛的减反射膜材料的优化设计. 在整个非晶硅的光谱响应范围内, 对于单层透明导电膜, 折射率小的材料如 ITO 的反射效果更好, 对于两层膜的情况, 在可见光谱范围内, 在透明导电膜上加上一层比其折射率低的减反射膜, 这样的组合会比低折射率的透明导电膜上加上一层高折射率的减反射膜的效果好, 并且在

(上接第 21 页)

今后光伏系统在国内的推广使用. 因此作为光伏产业中的一员, 需要加强对实际应用系统的经验积累, 综合考量用户的成本和系统的稳定.

随着产业技术的革新, 新材料、太阳能电池的转化效率、蓄电池的性价、中间控制转换环节的改善, 成本必然会大大降低. 相信太阳能照明系统在很多场合完全可以取代传统照明系统, 逐渐走进寻常百姓家. 同时也会在很大程度上改善能源结构和减轻环保压力, 增强我国的能源安全.

参考文献

[1] S R Wenham. 应用光伏学[M]. 狄大卫. 上海: 上海交

(上接第 40 页)

- [5] M Campbell, D N Sharp, et al. Fabrication of photonic crystals for the visible spectrum by holographic lithography [J]. *Nature*, 2000, 404(6773): 53 - 56.
- [6] Satoru Shoji, Satoshi Kawata. Photofabrication of three-dimensional photonic crystals by multibeam laser interference into a photo-polymerizable resin [J]. *Applied Phys. Let.*, 2000, 76(19): 2668 - 2670.
- [7] Toshiaki Kondo, Shigeki Matsuo, Saulius Juodkazis, et al. Femtosecond laser interference technique with diffractive beam splitter for fabrication of three-dimensional photonic crystals [J]. *Applied Phys. Let.*, 2001, 79:

一定范围内, 膜层越多效果越好.

参考文献

- [1] 马丁·格林. 太阳能电池工作原理、工艺和系统的应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 1987.
- [2] <http://club.elanw.com/dispbbs.asp?boardID=56&ID=4041>.
- [3] 林永昌, 卢维强. 光学薄膜原理[M]. 北京: 国防工业出版社, 1990.
- [4] 唐晋发, 顾培夫. 薄膜光学与技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 1989.
- [5] 张亚萍, 殷海荣, 李启甲, 等. 透明导电薄膜的研究进展[J]. *光机电信息*, 2006, 49(2): 56 - 67.
- [6] 徐颖, 高劲松, 王彤彤, 等. ITO 材料在减反射膜设计中的应用[J]. *光子学报*, 2005, 34(8): 1187 - 1189.
- [7] 杨文华, 吴鼎祥, 李红波. 空间高效硅太阳能电池减反射膜设计与数值分析[J]. *半导体学报*, 2004, 25(9): 1118 - 1122.
- [8] 杨文华, 李红波, 吴鼎祥. 太阳能电池减反射膜设计与分析[J]. *上海大学学报(自然科学版)*, 2004, 10(1): 39 - 42.
- [9] 通大学出版社, 2008: 78 - 85, 205 - 211.
- [2] 太阳光发电协会[日]. 太阳能光伏发电系统的设计与施工[M]. 刘树民, 宏伟. 北京: 科学出版社, 2004: 1 - 8, 62 - 70, 78 - 79.
- [3] 鞠振河. 太阳能路灯系统的优化设计[J]. *可再生能源*, 2007(5): 79 - 84.
- [4] 孙利英, 闫文红. 智能型太阳能灯具控制系统[J]. *阳光能源*, 2009(1): 12 - 13.
- [5] 侯现伟, 房建国. 控制器在太阳能路灯中的应用[J]. *阳光能源*, 2009(1): 26 - 27.
- [6] RETScreenInternational, www.etscreen.net.
- [7] 725 - 727.
- [8] Shu Yang, Mischa Megens, Joanna Aizenberg, et al. Creating Periodic Three-Dimensional Structures by Multibeam Interference of Visible Laser [J]. *Chem. Mater.*, 2002, 14(7): 2831 - 2833.
- [9] Wandg Hui, LI Yongping. An Eigen matrix method for obtaining the band structure of photonic crystals[J]. *Acta physica sinica*, 2001, 50(11): 2172 - 2178 (in Chinese).
- [10] He Xiu-jun, XIE Kang, XIANG An-ping, et al. Research of band gap of 1D photonic crystals [J]. *Laser technology*, 2008, 32(5): 508 - 509, 512 (in Chinese).