

太阳能光伏照明系统技术分析与应用

沈阳工程学院新能源研究中心 辽宁太阳能研究应用有限公司 鞠振河*

摘要 本文通过深入调查研究辽宁省太阳能光伏发电技术的应用情况和全省的地理、气象参数,总结多年来国内外太阳能光伏发电应用推广和工程实践经验,参考国内外相关标准及其他技术文献,并结合工程建设需求情况,对太阳能光伏发电系统设计、生产、检测、施工及工程验收做了科学规范的技术分析。

关键词 太阳能 光伏照明 技术应用

Analysis and applications of solar PV lighting system technology

By Ju Zhenhe*

Abstract Through deeply investigating and studying about the technology application in Liaoning Province solar photovoltaic and the meteorological parameters of province's geography with summarize of promotion and engineering experience of solar photovoltaic applications over a few years in both domestic and abroad, reference to domestic and international relevant standards and other technical literature, it shows the scientific technical analysis of design, production, testing, construction, engineering acceptance according to engineering construction demand.

Key words Solar, Photovoltaic lighting, Technology applications

0 引言

目前,鉴于国家对光伏产业的扶持政策和发展规划,光伏产业有很大的发展空间,因此在全面实施可再生能源及推行节能减排的世界潮流中,光伏照明技术应用无论对我国还是世界均有重要的现实意义。

1 太阳能光伏照明技术

1.1 太阳能光伏照明系统主要原理

太阳能光伏照明系统以太阳能为能源,离网、独立使用,由一个或多个灯具组成的照明系统。能实现直流照明、交流照明应用及直流交流照明同时工作的功能,可

根据不同要求选择不同方案。太阳能光伏发电照明系统构成如图1所示。

1.2 太阳能光伏发电照明系统组成部件

太阳能光伏照明系统由太阳能电池组件、蓄电池、照明部件、控制器及机械结构等部件组成。

2 光伏照明规程的部件选择与系统配置优化计算

2.1 重要部件选择与应用规范

2.1.1 太阳能电池的选择与应用规程

太阳能电池可以选择单晶硅、多晶硅、非晶硅及微晶硅。主要选择效率高(6%以上)、稳定性好且效率衰减小的电池类型(使用10年以上,输出功率峰值衰减 $\leq 5\%$)。实际使用中,必须考虑光伏组件连

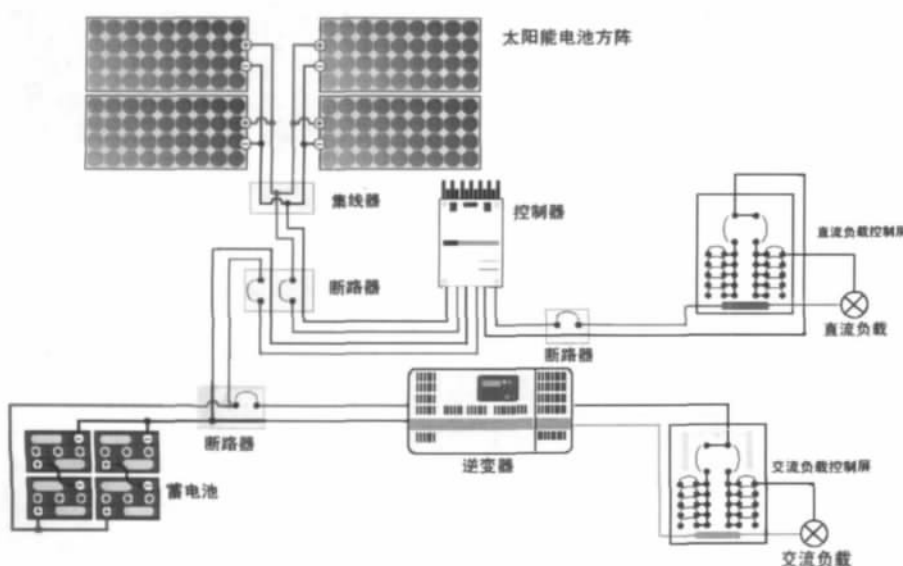


图1 太阳能光伏发电照明系统原理图



* 鞠振河,1962年生,教授,工程师
地址:辽宁省沈阳市道义开发区正良三路18号

接线(缆)的电压降对组件输出的影响,因为它会间接影响光伏组件发电效率,这是工程设计施工中要特别注意的一点。具体研究结果如图2所示。

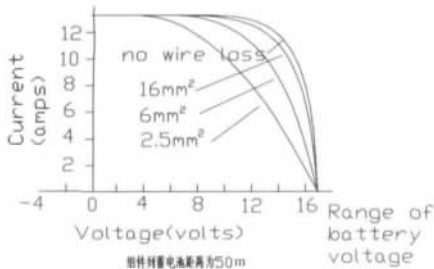


图2 电器连接线(缆)影响组件发电出力曲线

2.1.2 蓄电池的应用

蓄电池可以从铅酸、胶体、镍氢/镍镉、锂离子电池、卷绕式蓄电池、氢燃料电池及超级电容蓄电池中选择应用。

光伏照明系统所用蓄电池主要特点的研究结果如下：

1. 晚上或阴雨天蓄电池放电。白天由太阳能电池给蓄电池充电,充电方式属于循环、浮冲混合工作方式。

2. 充电率非常低。平均充电电流一般为C/50~C/100,很少达到C/5~C/10(其中C表示电池充放电时电流大小的比率)。

3. 放电电流小。放电率通常为C/20~C/240,时间长、频率高,蓄电池通常处于放电状态,有时甚至形成过放电。

4. 一次充电时间短。充电最长时间仅仅在白天的10个小时左右,太阳能光伏系统很少能够做到完全、快速地充满电,蓄电池往往会在某些时间处于欠充电状态。

5. 除了大型太阳能电站有专门放置蓄电池的房间,对蓄电池能做到比较好的维护,其他小型太阳能光伏系统如太阳能路灯、太阳能草坪灯等的蓄电池工作环境比较恶劣,通常是夏季高温和冬季低温。光伏应用系统常用蓄电池技术对比的研究结果,如表1所示。

2.1.3 光源的选择与应用规程

根据不同场所,光源的选择要高光效、长寿命、光污染和电磁辐射符合国家标准的绿色光源,光源主要特性如表2所示。

从表2可知,太阳能光伏照明市场中光源的主要选择标准是高光效、长寿命、高显色指数且无频闪的绿色光源。如LED、纳米陶瓷荧光灯、无极灯等。从可持续发展角度看,大力开发和利用光伏LED照明系统也是规程研制光源执行标准的重要内容。

2.1.4 光伏照明系统电器连接线(缆)选取原则

电缆(线)尺径选取,基于以下几个因素：

电流强度;电路电压损失;线损=电流×电路总线长×线缆电压因子;蓄电池与负载间电路电压损失不得超过5%;PV方阵与蓄电池间电路电压损失不得超过5%。

2.1.5 安装现场与系统检查

预安装位置检查;可能遮蔽方阵的物体(无阴影时方阵空间示意图如图3所示,距离=高度×空间因子);将来可能出现的遮拦物,最近的负载位和方位位,运输设备的困难性,推荐使用的工具。

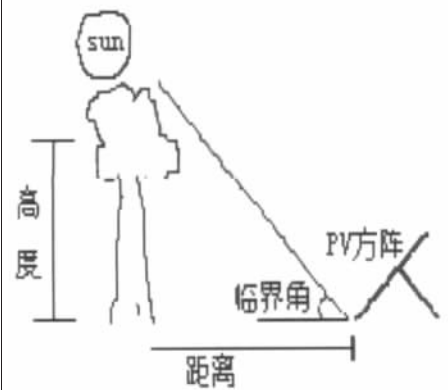


图3 无阴影时方阵空间示意图

表1 光伏照明系统常用的蓄电池对比结果

蓄电池种类	Vdc/V	Wh/kg	价格/(元/Wh)	自放电/(%/月)	容量效率	循环寿命/次数	备注
镍镉蓄电池	1.2	50	1.4~1.8	15%~30%	67%~75%	500	有记忆效应,充放电控制电路简单
镍氢蓄电池	1.2	60	2.4~2.6	25%~35%	55%~65%	700	充放电控制电路简单
锂离子电池	3.6	100	4.0~4.5	2%~5%	95%	1 000	防止过充电,过放电
小型阀控密封铅酸蓄电池	2.0	30	0.6~0.8	5%	90%	400	防止过充电,过放电

表2 光源主要特性

光源名称	主要特性					
	光效/(lm/W)	平均寿命/h	一般显色指数	启动时间	功率因数	频闪效应
无极灯	64	60 000	>80	瞬时	0.99	无
白炽灯	6.5~19	1 000	95~99	瞬时	1	不明显
卤钨灯	21	1 500	95~99	瞬时	1	不明显
荧光灯	50~93	5 000~10 000	70~80	1~3s	0.33~0.7	明显
高压钠灯	72~107	14 000	<40	≤5s	0.44	明显
高压汞灯	31.5~52.5	3 500~6 000	30~40	<8s	0.44~0.67	明显
金属卤化物灯	64~80	10 000	65	4~8min	0.4~0.6	无
LED	38~200	20 000~100 000	80	瞬时	1	无

2.1.6 支架安装

1. 容易安装。
2. 强度高:标准支架可抵御 200km/h 的强风。
3. 重量轻:主梁和支撑梁是 6061-T6 铝合金型材,地脚由表面镀锌材料制成。
4. 可抵御各种恶劣的气候条件,包括风、雨、雪、冰、沙暴和太阳辐射等。
5. 抗腐蚀:主梁和支撑梁表面阳极化,符合建筑标准。
6. 灵活性:标准支架的旋转角度为 15°~65°,按 5°/级差灵活地调节。

7. 典型安装规格:支架安装在预先做好的地基上,附带详细安装细则和所需硬件。

2.2 系统配置优化设计

2.2.1 独立光伏照明系统设计基本原则

1. 太阳能方阵是根据平均天气条件下每天的基本负载设计的,太阳能方阵与蓄电池必须一起工作。

2. 太阳能方阵的设计不是看其在低于平均天气条件的几天后,能以多快速度给蓄电池充满电。如果这样,那么将会导致设计一个很大的方阵,而在一年中的绝大多数时间里,并不需要这么大的方阵。

3. 蓄电池工作是当太阳辐射低于平均辐射水平时,给负载供电,而方阵则在随后高于平均辐射水平的几天中给蓄电池充满电。

4. 如果要使蓄电池从暴风雪或低于平均天气条件的延长期快速恢复过来,那么设计者要考虑使用混合系统。备用发电机在冬天或者坏天气的延长期里,每隔几天给蓄电池充到临满状态;备用发电机在夏天不必使用。

5. 独立系统方阵大小是根据一年中气候条件最差的那个季节所需来计算,这样全年蓄电池都能达到全满状态,可延长系统的使用寿命,减少维护费用。

6. 蓄电池大小是根据其自给容量计算。

7. 并联蓄电池组数不能超过 4 个,据此选用蓄电池容量。

2.2.2 太阳能光伏照明系统最佳倾角的选定

在设计太阳能光伏照明系统时,宜

采用四季均衡、弱季最大的太阳能辐射量接收原则来设计太阳能光伏照明系统的最佳倾角。

3 光伏照明技术研究应用

3.1 控制系统试验研究应用

3.1.1 控制器基本要求

不发热阶段式充电管理;温度补偿调节电压;全程可调设置;雷电保护;过载保护;反极性保护;符合密封标准;LED 或液晶显示工作状态。

3.1.2 控制器充电的基本要求

对于独立光伏系统来说,蓄电池使用寿命与光伏控制器对充电管理模式及控制点采样精确程度有直接的关系。控制器充电的基本要求是能够根据蓄电池的荷电状态限制充电电流大小,特别是在蓄电池充到 90% 容量关键点,控制器应迅速降低充电电流。充电过程分为预充电、快速充电、

补充充电和涓流维护充电。其充电速率分别为 0.05C、1C、0.03C、0.02C 为佳(PWM 脉冲充电控制器的充电速率为平均值),如图 4 所示。

3.1.3 控制器充电控制原理实验结果

经过大量的实验检测,恒压与 PWM 控制模式是充电控制器优先选择的方案,充电控制模式如图 5 所示。两种控制比较:

1. 简单的开关充电控制刚到充电控制设置点,控制器就切断充电电流。
2. 这种控制使蓄电池只能达到 55%~60% 的平均荷电状态,容易造成蓄电池电解质的分层和极板上沉淀活性物质,从而增加内阻,进一步降低充电效率。
3. 脉冲宽度调制(PWM)控制
4. PWM 控制是通过在 PV 方阵与蓄电池间串联场效应开关,在必要时调制信号脉冲宽度,以减少充电电流,使蓄电池电

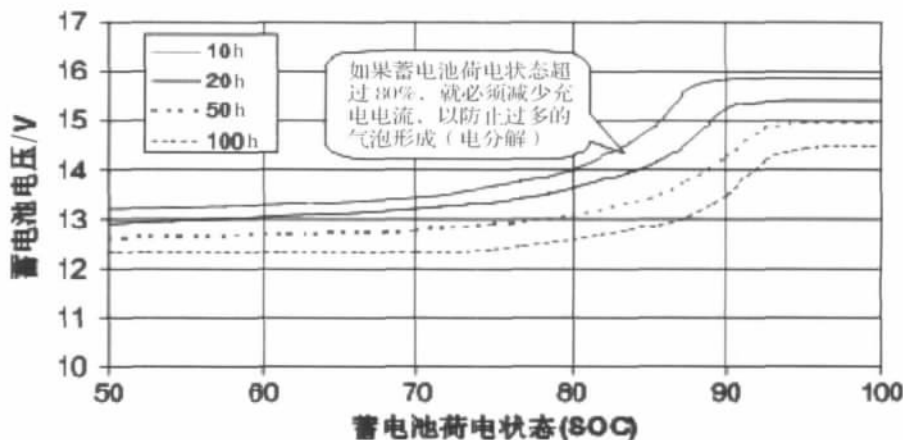
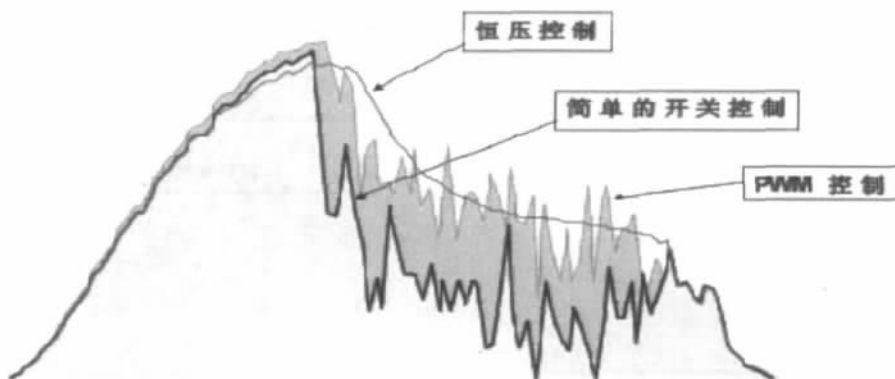


图 4 控制器充电过程的实验研究结论



恒压控制与 PWM 控制要比简单的开关控制每天给蓄电池多充 30% 的电

图 5 充电控制方式选定实验结果

压维持在一个恒定范围内。

5. PWM 控制器可使蓄电池平均荷电状态达到 90%~95% 的水平,这样可提高蓄电池的充电效率,避免老化,提高蓄电池容量并延长蓄电池使用寿命。

6. PWM 控制器较高的脉冲电压能够穿透网板和活性物质间的电阻层,以减少气泡的形成;进一步改善蓄电池充电效率并减少释气。

7. PWM 控制技术能够充分利用太阳能,缩短充电时间,延长蓄电池使用寿命,是提高充电效率的最佳技术方案。通过大量实验,探明蓄电池充电时间、充电电流、温度变化、切换频率及脉冲周期等对控制系统充电效率的影响,为规范提供一种可行的控制技术,亦为提高光伏照明系统整体技术水平提供科学的技术方案。

3.1.4 充电控制器设置点

为确保蓄电池安全使用,延长其使用寿命,光伏照明控制器必须设置准确的过充、过放控制点及相应的再接入回差控制范围,如图 6 所示。

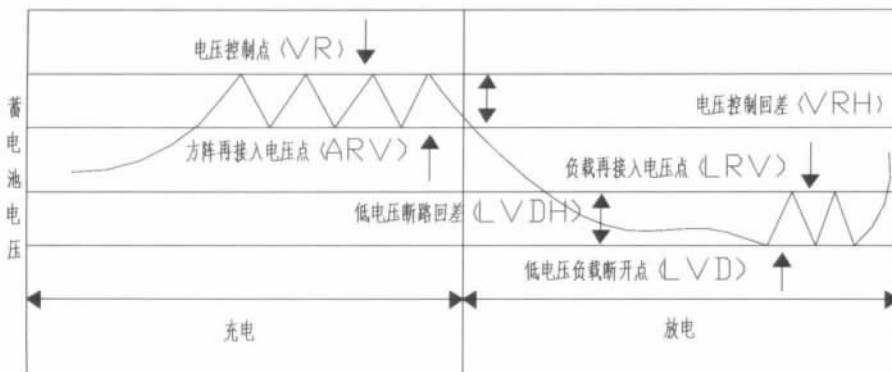


图 6 控制器充放电控制点及回差控制范围

3.1.5 控制器最佳控制过程的技术研究

1. 蓄电池电压变化实验曲线,如图 7 所示。

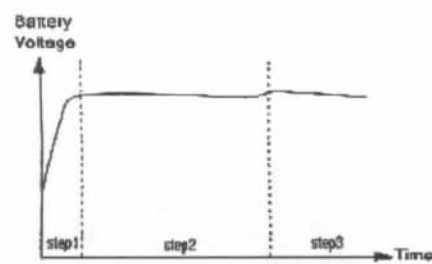


图 7 蓄电池电压充电过程实验曲线

2. 控制器充电过程研究

1) 此阶段若以大电流对电池充电,将造成电池电压急速上升,电池无法完全吸收电流,其能量将会损失于电池内阻中,造成电池温度上升。为避免由此造成的低充电效率,本阶段宜采用小电流充电。

2) 此阶段适合用大电流充电,采用直充电或带最大功率点跟踪功能的快速充电方式。

3) 此阶段由于电池已接近过充点,为避免电池因大电流充电造成损伤,宜采用定电压或小电流充电,为蓄电池补足充电。持续时间应参考蓄电池厂家的技术要求,一般为 10 分钟到 3 小时。

4) 补足充电完成后,控制系统进入断线检测。蓄电池电压恢复到终止电压附近,控制方式进入涓流充电过程,电池电压将保持饱和状态。此阶段需较长的充电时间,图 7 没有示出。

3. 充电过程实验研究曲线

针对光伏照明系统蓄电池薄弱环节,我们对控制系统进行控制过程的优化研

究,使规程体现这一先进的研究成果。通过大量的实验,得出一种最佳的蓄电池充电控制方案,其特色在于每一个充电脉冲之后紧跟着一个放电脉冲,此过程可以使电池内部的电解液获得缓冲时间,去除电极气泡并延长电池寿命。现实的开关电路原理图(如图 8 所示),与目前控制器惟一不同的地方是增加了一个放电的开关管,图 9 为设计的理论波形。

简而言之,充电过程采用脉冲充电与负脉冲充电相结合的充电法则,完成对蓄

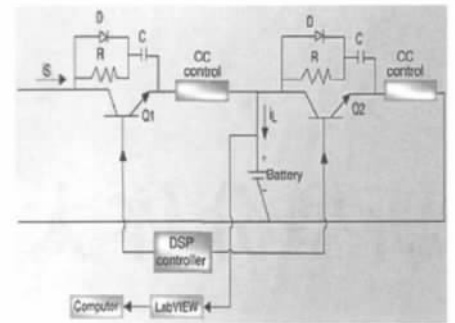


图 8 脉冲实现电路原理图

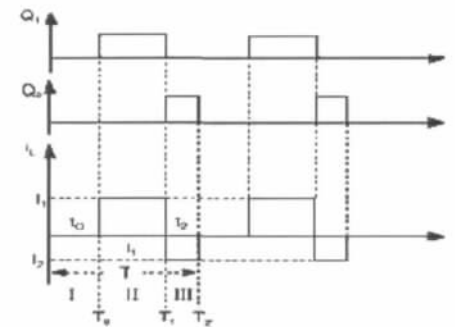


图 9 脉冲充电电流波形图

电池快速充电。通过大量实验,与其他充电法则(传统的 PWM 或开关式)比较,该方法的充电时间大幅度减少,充电过程中电池温度无明显上升。换言之,有提高电池寿命之效果,充电效率可高达 80% 以上。

4 结论

本文基础资料翔实,依据充分准确,计算方法科学合理,结合工程做了大量的试验研究,并在系统配置优化设计、控制系统高效、长寿命充电以及室内外光伏照明系统专用蓄电池的实验方法上等均有创新。这为规范和指导太阳能光伏室内外照明应用系统的设计、装置的生产、检测、组装、工程施工及验收提供了可靠的技术保证。同时,此技术内容适用、结构合理、指标严谨,规程具有科学性、先进性和可操作性,填补了国内太阳能光伏室内外照明应用技术标准的空白,达到了国内领先水平。 (责编:李梓森)

参考文献

- 1 鞠振河.太阳能光伏照明应用技术规程.辽宁省建设厅,2008
- 2 Deo Prasad. Designing With Solar Power. Images Publishing Dist A/C, 2006