

家用太阳能光伏发电系统设计

曹 莹

(南通纺织职业技术学院 机电工程系, 江苏 南通 226007)

摘要:太阳能是最普遍的自然资源,也是取之不尽的可再生能源。为解决边远的农牧地区、偏僻的山区、孤立的岛屿等地方人们日常生活、生产用电的需要,改善人们的生活水平,进行了家用太阳能光伏发电系统的设计。根据当地的气象、环境状况及具体用电情况,给出了系统的设计方法及施工要求,包括蓄电池容量的计算、控制器的选择、逆变器功率的选择、太阳能电池组件的选择和布置等。安装运行以来,系统工作稳定正常,验证了设计的正确性。

关键词:太阳能光伏发电;太阳能电池组件;系统设计

中图分类号:TM615

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2011)01-0115-03

Design of the home use photovoltaic generation system

CAO Ying

(Department of Mechanical and Electrical Engineering, Nantong Textile Vocational
Technology College, Nantong 226007, China)

Abstract: Solar energy is the most common form of natural resources, it is also the inexhaustible renewable energy. Aiming at solving the people's daily life and production electricity needs in remote farming, mountain and islands, a home use solar photovoltaic generation system was designed. According to local weather, environmental conditions and specific case with electricity, the design method and construction requirement were developed, including the calculation of the battery capacity, the selection of the controller, the choice of inverter power, the selection and layout of the solar cell modules, etc.. The results indicate that the system runs stability and normal, the accuracy of the design is verified.

Key words: solar photovoltaic generation; solar cell module; system design

0 引言

太阳能是一种重要的、可再生的清洁能源,是取之不尽、用之不竭的、无污染、人类能够自由利用的能源。太阳每秒钟到达地面的能量高达 50 万千瓦,假如把地球表面 0.1% 的太阳能转换为电能,转变率 5%,每年发电量可达 5.6×10^{12} kW·h,相当于目前世界上能耗的 40 倍。从长远来看,太阳能的利用前景最好,潜力最大。近 30 年来,太阳能利用技术在研究开发、商业化生产、市场开拓方面都获得了长足发展,成为快速、稳定发展的新兴产业之一^[1]。

本研究给出了家用太阳能光伏发电系统的设计方法及施工要求。

1 太阳能光伏发电应用现状

太阳能转换为电能的技术称为太阳能光伏发电技术(简称 PV 技术)。太阳能光伏发电不仅可以部分替代石化燃料发电,而且可以减少 CO₂ 和有害气体的排放,防止地球环境恶化,因此发展太阳能光伏产业已经成为全球各国解决能源与经济发展、环境保护之间矛盾的最佳途径之一。目前发达国家如美国、德国、日本的光伏发电应用领域从航天、国防、工业转向了民用。

德国的“百万屋顶计划”使许多家庭不仅利用太阳能光伏发电解决了自家供电,而且这些家庭还办成了一座所私人的“小型电站”,能够源源不断地向公用电网输送电能^[2]。

近几年,我国光伏行业发展也非常迅速。政府对光伏发电较为重视,国家发改委实施“送电到乡”、“光明工程”等项目,地方政府陆续启动光伏照明项目工程。与此同时,偏远地区消费者逐渐认可光伏产品,越来越多的居民开始使用家用太阳能电源等产品。光伏应用市场发展较为迅速。但目前我国的太阳能光伏发电技术与国外相比还有很大差距,主要表现为生产规模小、技术水平较低、电池效率低、成本高。因此我国还必须不断改进技术,扩大生产规模,使我国的太阳能光伏发电产业更上新台阶^[3-4]。

2 太阳能光伏发电系统结构

太阳能光伏发电系统是利用光伏组件半导体材料的“光伏”效应,将太阳光的辐射直接转换为电能的一种新型的发电系统。它的规模可大可小,在发电过程中不会排放污染物质,具有安装方便,没有噪音,整个寿命期间几乎无需维护等优点。太阳能光伏发电系统分为两大类,一类是太阳能光伏发电独立系统,另一类是太阳能光伏发电并网系统。太阳能光伏发电独立系统主要包括太阳能电池组件、控制器、蓄电池组、直流/交流逆变器等部分,其结构如图 1 所示。

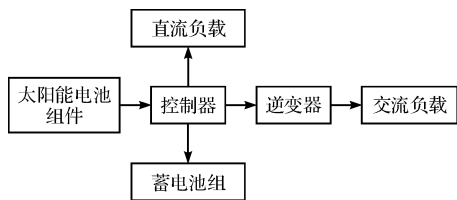


图 1 太阳能光伏发电独立系统结构图

本研究设计的家用太阳能光伏发电系统为独立发电系统,而家用太阳能光伏发电系统一般安装在比较偏远或偏僻的地区使用。因此在设计过程中应充分考虑实际情况,一般应遵循经济适用原则,可靠性高、牢固耐用、容易维护、充分考虑地理、气候环境的影响^[5-7]。

3 家用太阳能光伏发电系统设计

广西来宾市位于广西中部,地理坐标为北纬 $23^{\circ}16' \sim 26^{\circ}29'$ 、东经 $108^{\circ}24' \sim 110^{\circ}28'$ 之间,年平均日照 $1\ 760\ \text{h}$,接收太阳辐射量为 $100 \sim 110\ \text{cal}/\text{cm}^2$,该地的平均日照时间为 $6\ \text{h}$ 。系统要求:蓄能天数为 5 天,蓄电池放电深度 50% ,转换效率 85% ;线损 5% 。

3.1 客户用电需求

太阳能光伏发电系统所要带动的负载包括:

4 个 $15\ \text{W}$ 节能灯,日均工作 $6\ \text{h}$;1 个 $100\ \text{W}$ 的 21 寸彩电,日均工作 $3\ \text{h}$;1 个 $40\ \text{W}$ 交流电扇,日均工作 $4\ \text{h}$;其他小型电器、手机充电器等 $10\ \text{W}$,日均工作 $3\ \text{h}$ 。

3.2 蓄电池组的容积计算

蓄电池的容积是根据系统日用电量、蓄能的天数及蓄电池放电的深度来确定的,其计算公式为:

$$C = \frac{L \times D}{DOD \times E_1 \times (1 - E_2)} \quad (1)$$

式中: L —系统日耗电量,单位 $\text{kW} \cdot \text{h}$; D —估计最多无风无光照的天数,或要求的蓄能天数; DOD —蓄电池的最大放电深度,约 $50\% \sim 80\%$; E_1 —系统能量转换率,约 $80\% \sim 90\%$; E_2 —电力传输损失,约 5% 。

由此计算出 $C = 4\ 454.9\ \text{W} \cdot \text{h}$,若选择 $12\ \text{V}$ 的标称电压铅酸蓄电池单体,串联成 $24\ \text{V}$ 电池蓄电池组,根据电池组容量安时数等于所需瓦时除以电池组电压,得电池组的容量为:

$$C' = \frac{C}{24} = \frac{4\ 454.9}{24} = 185.6\ \text{A} \cdot \text{h} \quad (2)$$

由计算可得电池组总容量为 $185.6\ \text{A} \cdot \text{h}$,所以采用广州恒达蓄电池厂生产的 6GFM 系列阀控制式全密封铅酸蓄电池,由 4 块 $100\ \text{A} \cdot \text{h}/12\ \text{V}$ 蓄电池先两两串联再并联组成此蓄电池组。

3.3 控制器选择

由于系统日耗电 L 为 $790\ \text{W} \cdot \text{h}$,根据当地平均日照时间为 $6\ \text{h}$,可以得出太阳能电池板需要的时均总功率为:

$$P_{\text{总}} = \frac{790}{6} = 131.7\ \text{W} \quad (3)$$

根据太阳能电池对太阳光的转换效率 90% ,控制器和逆变器的转换效率为 75% ,得出太阳能电池板的功率为:

$$P_{\text{板}} = 131.7 \div 0.75 \div 0.9 = 195\ \text{W} \quad (4)$$

$$I_{\text{板}} = 195/24 = 8.12\ \text{A}$$

由于蓄电池采用串联,又依据上述计算结果,笔者选择 $24\ \text{V}/10\ \text{A}$ 的控制器,型号为 DB-200。

3.4 逆变器功率选择

根据广西来宾用户的负载实况,要求计算出负载总功率为:

$$P_{\text{负}} = 4 \times 15 + 40 + 30 + 100 = 230\ \text{W} \quad (5)$$

由于负载的总功率大于逆变器总功率的 80% 时,逆变器会发热过度,从而减少逆变器的使用寿命,所以

选择逆变器时需要考虑其损耗率,则逆变器的功率计算如下:

$$P_{\text{逆}} = \frac{230}{80\%} = 287.5 \text{ W} \quad (6)$$

根据计算得出逆变器的功率为 287.5 W,因而本研究选用 300 W 的逆变器是最为合适的,型号为 SN-180。

3.5 太阳能电池方阵的计算

太阳能电池组件是太阳能供电系统工作的基础,它的功能是将太阳能辐射转化为电能,其光电转换效率决定了供电系统的工作效率,所以光电转换效率是选择太阳能电池组件需要考虑的一个重要参数。目前,太阳能电池主要分为单晶硅、多晶硅和非晶硅 3 种。其中单晶硅电池板的光电转换率为 15% ~ 20% 以上,最高可以达到 24%,使用寿命一般为 15 年左右,最高可达到 25 年。多晶硅电池板的光电转换率为 12%,非晶硅约为 10%,综合考虑,本系统的太阳能电池组件采用单晶硅太阳能电池^[8-10]。

根据式(4)计算得到太阳能电池板的功率为 195 W,本研究可以选择总功率为 200 W 的太阳能组件,为此选择用 SRPV100-24/Ac 型单晶硅太阳能电池标准组件(125 单晶),由 2 块 100 W_p 的组件构成此太阳能方阵,单晶硅的转换效率为 16%。

3.6 太阳能电池方阵的安装角度计算

由于太阳光照射到地面的角度时时刻刻都在变化,而太阳能电池只有在日光直射的时候发电的效率是最高的,因此太阳能电池方阵布置有两种方法:一种是安装向日跟踪系统;另外一种是根据计算确定最佳安装角度安装太阳能电池方阵。前者可以提高太阳能电池的发电效率,但成本很高,后一种虽然效率没有前者高,但建设成本较低,笔者综合考虑采用第 2 种方法。

接近回归线的地区,其安装倾斜角就越小。北回归线为 23.45°,而广西来宾的纬度为 23.7°,是十分接近回归线的地区,其光照也是十分丰富。所以根据该地实际情况,笔者选择中午 12 时的太阳高度角进行计算安装。即计算如下:

$$Q_{\text{倾}} = 180^\circ - (90^\circ + 65.7^\circ) = 24.93^\circ \quad (7)$$

其中,65.7°为正午 12 时太阳高度角,依据以上计算可得太阳能电池方阵安装的倾斜角度为 24.93°。

在不影响太阳能电池方阵发电效率的基础上,本研究选择方便安装的 25°倾斜角。

3.7 太阳能电池方阵的基础稳定性分析

作为在太阳能电池方阵基础上作用的荷重,第一考虑的是风压荷重,要考虑被强风吹动、倒塌、被风刮跑等后果,因此需要根据当地实际情况对太阳能电池方阵的基础稳定性进行分析计算。

4 结束语

本项目设计的系统已经为广西来宾县的用户提供了数月的用电量,系统运行稳定,也证明了设计的正确性。随着社会各界对“低碳经济”的重视,太阳能光伏发电应用也取得了飞速发展,国家已出台多项政策鼓励新能源产业发展,因此新的太阳能光伏产品将会源源不断地出现。

参考文献(References):

- [1] 王长贵,王斯成. 太阳能光伏发电实用技术[M]. 北京:化学工业出版社,2009.
- [2] 冯焱生. 太阳能发电原理与应用[M]. 北京:人民邮电出版社,2007.
- [3] 鞠振河. 太阳能光伏产业化现状与技术分析[J]. 阳光能源,2009(3):42-43.
- [4] 潘柏英. 太阳能光伏发电系统的设计[J]. 湖南师范学院学报,2008,30(2):45-48.
- [5] 龙维绪,涂洁磊,王志刚,等. 家用太阳能光伏电源系统优化设计[J]. 太阳能,2008(8):27-31.
- [6] 都志杰. 可再生能源离网型独立发电系统技术与应用[M]. 北京:化学工业出版社,2009.
- [7] [日]太阳光发电协会. 太阳能光伏发电系统的设计与施工[M]. 刘树民,宏伟,译. 北京:科学出版社,2006.
- [8] RAMON S. A Guide to Photovoltaic (PV) System Design and Installation[EB/OL]. [2001-09-04]. [http://www.energy.ca.gov/reports/2001-09-04_500-01-020\[1\].pdf](http://www.energy.ca.gov/reports/2001-09-04_500-01-020[1].pdf).
- [9] WENHAM S R, GREEN M A, WATT M E. Applied Photovoltaics[M]. Australia, Centre for Photovoltaic Devices and System, 1994.
- [10] 王章权,陈友荣. 基于 PSIM 和 Simulink 的光伏发电系统协同仿真[J]. 机电工程,2009,26(10):58-61.

[编辑:柴福莉]