

光伏发电系统优化分析

汤叶华, 谢建, 刘祖明, 廖华, 陈庭金

云南师范大学 太阳能研究所, 云南 昆明 650092)

摘要: 大力开发太阳能光伏发电技术是解决电力缺口的一个重要方向。文章提出了一个以多种方式对负载供电的复合型的供电系统, 对其中的主要元件作了简要的介绍, 并以昆明地区的一个光伏发电系统的实例进行了分析。

关键词: 光伏电池; 电源控制系统; 蓄电池; 远程控制系统

中图分类号: TM615 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-5292 (2006)03-0016-03

Optimization and analysis of PV power system

TANG Ye-hua, XIE Jian, LIU Zu-ming, LIAO Hua, CHEN Ting-jin

Solar Energy Institute of Yunnan Normal University, Kunming 650092, China)

Abstract: Energy requirement is increasing sharply along with the development of the society. PV technology is an important way to solve the energy problem and it has various patterns to supply the user. A new power supply mode has been designed. It can supply power in many ways, not only stand-alone or grid-connected system, and an example is followed.

Key words: solar cells; power supply system; accumulator; remote controlling system

1 光伏系统供电方式

光伏供电系统主要分为独立光伏系统和并网光伏发电系统。

独立光伏系统是光伏应用的重要领域之一, 它包括边远地区的村庄供电系统、太阳能户用电源系统、通信信号电源、阴极保护、太阳能路灯等各种带有蓄电池可以独立运行的光伏发电系统。目前, 独立光伏系统主要是偏远的无电网区的中小功率用户供电。

并网发电系统是与电网相连并向电网馈送电力的光伏发电系统。目前从技术上可以实现的光伏并网发电系统有屋顶并网发电系统和沙漠电站系统。光伏并网发电系统省去了蓄电池, 保证了系统的可靠性、降低了系统成本, 还可以季节性调节电网的负荷。

2 复合式供电系统设计

(1) 设计原理图及功能

图1所示的复合式供电系统设计, 可以根据各地的资源和环境的具体情况, 将柴油发电、风力

发电、水力发电、生物质能发电等各种形式的电能作为互补能源, 也可以和太阳电池发电相结合作为复合式能源系统, 确保系统能全天向负载供应电能。太阳能、风能是清洁、无污染的绿色环保能源。本文主要对太阳能光伏发电技术的供电模式进行设计。

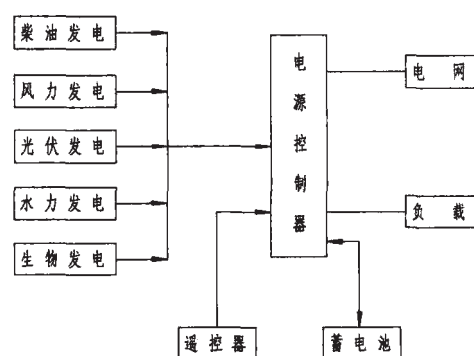


图1 复合式供电模式示意图

本系统的供电方式如下: 逆变器输出的交流电可和电网并联向负载共同供电; 当光伏方阵产生的电量有余时, 可以向并联的电网输送电量;

收稿日期: 2005-12-19

作者简介: 汤叶华 (1982-), 女, 云南建水人, 硕士研究生, 研究方向为太阳能光伏发电技术。

当光伏方阵产生的电量不够时, 并联的电网可补充供电。

1) 系统设计

① 太阳电池板

光伏方阵由若干太阳电池板串联和并联构成。光伏方阵输出的直流 $I-U$ 特性具有很强的非线性, 光伏电池的输随着日射强度和太阳电池本身的工作温度变化。每个太阳电池板又是由若干太阳电池串联和并联构成的, 所以设计光伏方阵时, 应根据负载所需的耗电量和当地自然条件、气象及地理条件来确定光伏方阵的容量^[2]。

② 电源控制器

此电源控制系统包括逆变器和控制器。该控制系统能实现太阳电池板与太阳电池的电压自动识别和自动匹配、充电过程的自动调节及放电过程的自动控制和保护。

电源控制器的主电路采用 PWM 整流器拓扑结构, 它的动态响应速度非常快, 具有功率因素可控、网侧电流正弦化、能量双向流动和控制功能优良等特点, 可将光伏方阵产生的直流电转换成交流电, 并使光伏方阵能达到最大限度地功率输出。

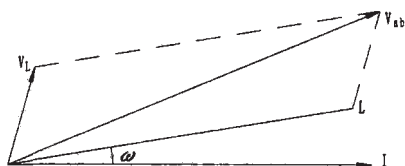


图 2 并网时各物理量的向量关系

图 2 为并联电流 I 、电网电压 U 、电感电压 U_L 和逆变器输出电压 U_{ab} 的矢量图^[3]。图中 ϕ 为所要求的并网电流滞后于电网电压的相位角。

③ 蓄电池

由于昼夜的交替、四季的更换和气候的变化等影响, 仅靠光伏发电不能全天连续地供电, 所以需要采用较大容量的蓄电池储能系统来平衡供电。

与太阳电池方阵配用的蓄电池在浮充状态下工作, 其电压随方阵发电量和负载用电量的变化而变化, 它的蓄电量比负载所需电量大得多。蓄电池的充放电还受环境温度的影响, 因此太阳电池方阵和蓄电池系统之间优化设计应考虑气候和环境条件^{[4]-[6]}。

④ 监控器

监控器既能对近距离光伏电站进行监控, 还能进行远程监控 既能积累历史数据, 还能进行实时性测量; 监控器还可以检测该电站所处位置的气候状况和辐照度, 收集各反馈数据 (如发电量和负载状况), 检测光伏电站的运转情况。

有线远程监控可以电信公网为媒介, 以定期和不定期的方式传输系统运行的数据, 具有远程监控的功能^[7]。系统的监控器还可利用宽带网运算和其传输快捷的特点进行监控。

有条件的情况下, 建立一条专线, 将分散的能源系统集中调度管理, 实现电网的调峰、分配、计量和有效使用。对光伏系统进行状态监控、故障检测、能源调度与分配、计量等, 既减少了人为干扰, 也减少了开支, 为系统的改造、优化设计以及科学研究提供了有用的数据。

⑤ 系统的安全性能

在光伏阵列附近设立独立的避雷塔, 能有效地保障电源设备系统和人身安全, 保证电源系统的正常运行。本设计还考虑了电源自身的干扰 (如交流导线和直流导线之间的互感干扰) 和光伏电源外部的干扰 (如环境改变导致元件参数变化所带来的干扰), 在一定程度上有效地抑制了太阳能光伏电源的电磁干扰, 提高了光伏电源产品的质量, 增强了系统的电磁兼容性。

3 实例分析

(1) 设计计算公式

电池组件串联数 N_s

$$N_s = (U_f + U_d + U_c) / U_m$$

组件并联数 N_p

$$N_p = (B_{cb} + N_w \times Q_i) / (Q_p \times N_w)$$

电池方阵功率

$$P = P_o \times N_s \times N_p$$

蓄电池容量 B_c

$$B_c = A \times Q_i \times T_d / C_c$$

以上各式中 U_f ——浮充电压;

U_d ——二极管压降, 一般取 $U_d = 0.7 \text{ V}$;

U_c ——其它因素引起的压降;

U_m ——太阳能电池组件的最佳工作电压;

B_{cb} ——需补充的蓄电池容量, $B_{cb} = A Q_i N_L$;

N_L ——最长连续阴雨天数;

N_w ——两组连续阴雨天数之间的最短间隔天数;

Q_L ——负载日平均耗电量；
 Q_p ——电池组件日平均发电量， $Q_p = I_{oc} \cdot H \cdot K_{op} \cdot C_z$ ；
 I_{oc} ——工作电流；
 H ——年平均日辐射量；
 K_{op} ——斜面修正系数；
 C_z ——组合、衰减、灰尘、充电效率等损失的修正系数，一般取 0.8；
 A ——安全系数；
 T_o ——温度修正系数；
 C_e ——蓄电池放电深度；
 N_s 和 N_p ——太阳电池的串联数和并联数。

1) 设计实例

用户的用电负载：1 台电视机 (2 V, 25 W)，每天工作 10 h 4 个节能灯 (2 V, 10 W)，每天工作 5 h。

根据《我国主要城市的辐射参数表》等资料，该地区水平面太阳辐射的年平均日辐射量为 14 194 (kJ/m²)， K_{op} 值为 0.921 6，太阳电池阵列的最佳倾角为 17.02°。该地区最长连续阴雨天为 4 d，2 个最长连续阴雨天的间隔为 4 个月。

本设计采用云南半导体厂生产的太阳电池组件，组件标准功率为 38 W，工作电压为 17.1 V，工作电流为 2.22 A。所采用的铅酸免维护蓄电池的浮充电压为 (4±1) V。

太阳电池组件设计如下。

方阵日平均耗电量 Q_L ：

$$Q_L = [45/12] \times 10 + [(0/12) \times 5] = 25 \text{ Ah}$$

蓄电池容量 B_c ：

$$B_c = 1.2 \times [45/12] \times 10 + [(0/12) \times 5] \times 1/0.75 = 200 \text{ Ah}$$

太阳能电池方阵功率 P 的计算：

$$N_s = (4 + 0.7 + 1) / 17.1 = 0.92 \approx 1$$

$$Q_p = 2.22 \times 14\ 194 \times 2.778 / 1\ 000 \times 0.9216 \times 0.8 = 6.5 \text{ Ah}$$

$$B_c = 1.2 \times [45/12] \times 10 + [(0/12) \times 5] \times 4 = 120 \text{ Ah}$$

$$N_p = (20 + 25 \times 120) / (6.5 \times 120) = 4$$

$$P = 38 \times 1 \times 4 = 150 \text{ W}$$

所以每户需太阳能方阵功率为 150 W，蓄电池容量为 200 Ah。

上面介绍的计算方法，可用于较简单的太

阳电池方阵的设计，对于那些要求精确的设计，还要经过严格而精确的计算机模拟和计算来进行。

从上面的计算可以看出，仅靠太阳电池方阵供应负载的用电，还缺少 12.5 Ah 电能。我们通过风力发电来补充。图 3 为光伏复合型供电系统模式示意图。

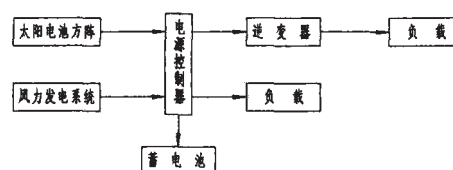


图 3 实例设计图

4 结语

能源问题促使发达国家大规模地应用光伏发电技术，经济水平的提升也支持了光伏发电技术在我国推广。然而，人们对光伏技术普遍重视的真正原因，在于它的绿色性和环保性。本文介绍的光伏发电系统的传输数据量大，系统可靠性好，投入的人力、物力和财力少，具有较大的利用前景。

参考文献：

- [1] 王斯成, 马胜红. 我国光伏发电的重要地位和展望[A]. 中国深圳-香港第八届光伏会议论文集[C]. 2002 1-10.
- [2] 谈蓓月, 杨金焕, 葛亮. 太阳能光伏并网系统的设计和通信[A]. 第八届光伏会议论文集[C]. 2002 546-549.
- [3] 王飞, 余世杰, 沈玉梁, 等. 基于 DSP 的单项光伏并网逆变器的研究[A]. 中国深圳-香港第八届光伏会议论文集[C]. 2002 506-509.
- [4] SIVAKUMAR, S. PARSONS T., SIVAKUMAR S.C. Modeling, analysis and connected inventor systems[A]. Power Convention Conference, 2002. PCC Osaka 2002, 2002, 3 4) 2-5.
- [5] 张为民, 张海波, 张光海, 等. 数字控制型 PWM 光伏控制器 [A]. 中国深圳-香港第八届光伏会议论文集[C]. 2002 530-533.
- [6] 李杰慧, 刘祖明, 李景天. 固定式独立光伏系统中光伏方阵设计[A]. 二十一世纪太阳能新技术[C]. 2002 326-328.
- [7] 刘宏, 范海龙. 独立光伏电站远程监控系统的开发研究 [A]. 中国深圳-香港第八届光伏会议论文集[C]. 2002 539-541.
- [8] 陈庭金, 涂洁磊. 地面用光伏电源系统设计[J]. 太阳能, 2000, (1) 20-22.