

太阳能光伏水泵和照明综合应用系统

热孜望·坎吉¹, 陈昆仑², 刘云峰², 赵争鸣²

(1. 新疆新能源研究所, 乌鲁木齐 830011; 2. 清华大学电机系, 北京 100084)

摘要: 本文介绍光伏水泵和照明综合应用系统, 以及光伏水泵系统的发展情况。利用太阳能光伏水泵系统解决无电地区农牧民人蓄饮水、农田灌溉问题是一条经济可行的途径。光伏水泵系统具有广阔的推广应用前景。

关键词: 光伏水泵; 照明发电; 太阳能

中图分类号: TK513

文献标识码: A

文章编号: 1004-3950(2000)06-0016-03

Solar PV Pumping and Lighting Combined Application System

RIZWAN Kan-ji¹, CHENG Kun-lun², LIU Yun-feng², ZHAO Zheng-ming²

(1. Xinjiang New Energy Research institute, Urumqi Xinjiang 830011, China;

2. Department of Electrical Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: The current situation and development of PV pumping system are described in this paper. Application of solar PV pumping system in rural areas is an economical and feasible way to supply the drinking and irrigation water in nonelectrified areas. PV pump system has a prominent prospect.

Keywords: PV pumping; lighting system; solar energy

1 概述

光伏水泵技术是利用太阳能电池将太阳能直接转换成电能, 然后通过控制器驱动电机带动水泵从井抽水。它具有无噪音、无污染、不消耗常规能源、全自动、高可靠性等优点。近几年来, 光伏水泵系统的数量在世界范围内迅速增长, 特别是非洲、南美、澳洲及亚洲各国, 其增长幅度相当大。世界银行和联合国共同推荐光伏水泵作为解决边远地区人蓄饮水、农田灌溉的首选技术。我国经过几年的科技攻关, 光伏水泵技术日趋成熟, 目前已经达到了可以批量生产的程度, 其技术水平已经可以和国外发达国家的水平相媲美, 从经济角度看, 光伏水泵系统的运行成本已被证明大大低于柴油机水泵。随着近代微电子技术的迅速发展及微电子器件的大幅度降价, 将更加有利于光伏水泵系统的经济性提高。

光伏水泵和照明综合应用系统是将传统的分别独立的光伏水泵系统和光伏照明系统有机地结

合, 使得太阳能光伏阵列输出的电能得以最优应用。由于光伏阵列的输出随日照而变化, 光伏水泵系统的输出也随太阳光的强度而变化。当光照强度较强时, 光伏水泵系统可以正常抽水, 而光照强度较弱时, 即光伏阵列输出功率小于某一值时, 系统将无法继续驱动水泵抽水。但光伏阵列仍将输出一定功率的电能。利用光伏水泵和照明综合系统可以有效地利用光照较弱时的电能为蓄电池组充电, 一方面解决了照明问题, 另一方面节约了能源。

2 系统的基本构成

光伏水泵及照明综合应用系统构成原理框图如图1。系统由光伏阵列、MPPT控制器、DC/AC逆变器、电机、水泵、充/放电控制器和蓄电池组组成。当光照较强时, 系统可以自动地利用光伏阵列的输出电能带动电机和水泵进行抽水。当阳光较弱时, 系统将自动地转变为蓄电池组充电, 供照明系统使用。

收稿日期: 2000-07-15

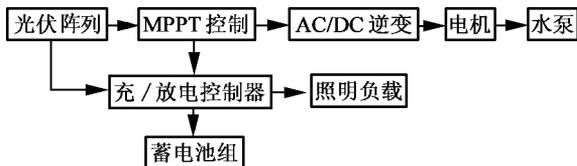


图1 光伏水泵和照明系统构成原理示意

2.1 光伏阵列

光伏阵列由众多的太阳能电池串、并联构成。太阳电池有时也常被称作太阳能电池,通常是由半导体材料制成。其作用是直接把太阳能转换为直流形式的电能。目前用于光伏水泵系统的太阳电池多为硅太阳电池,其中包括单晶硅、多晶硅太阳电池,用于光伏水泵系统的非晶硅太阳电池尚处于研制阶段。光伏阵列的输出伏—安特性曲线具有和单体太阳电池同样的非线性,而且和日照强度、环境温度等气象条件有关。

2.2 MPPT控制器

光伏阵列的输出伏—安特性曲线具有强烈的非线性,而且和太阳能辐射强度、环境温度、阴雨、雾等气象条件有密切关系。其输出为随日照而变化的直流电量,而作为光伏阵列负载的光伏水泵,它的驱动电机有时是直流电机,有时是交流电机,甚至还有其它新型电机。它们同样具有非线性性质。要使光伏水泵系统工作有比较理想的工况,而且对任何日照,都要发挥在当前日照下光伏阵列输出功率的最大潜力,这就要有一个适配器,使电源和负载之间能达到和谐、高效、稳定的工作状态。适配器的主要工作内容是:检测主回路直流侧电流电压,计算出太阳电池阵列的输出功率,同时发出控制信号完成在变频调速过程中对阵列输出最大功率的跟踪;实现一些特殊保护功能,如过电压、过负荷、过低负荷、欠电压、井水打干及停机后在各种条件下的自启动等。MPPT通常有两种形式,即恒电压最大功率点跟踪器(CIV式MPPT)和真正MPPT。

2.3 DC/AC逆变器

光伏阵列通过最大功率点跟踪以后的输出是直流电压,如果水泵用的驱动电机是直流电机,就可以在二者电压值相适配的情况下直接连接。近年来,由于新型调频调速控制理论及功率电子器件技术的进步,使交流调速技术有了长足的发展,其效率已逐渐跟上了直流电机,其使用的方便性和牢固性远远超过直流电机,因此有刷直流电动机的驱

动方式渐呈被淘汰之势,取而代之的主要是高效的三相异步电动机及直流无刷电动机。因此,DC/AC逆变器在光伏系统中是必不可少的组件。

2.4 电机和水泵

光伏水泵系统的一切措施都是为了能稳定可靠地多出水,或者说最后都要落实在电机和水泵上,它们往往构成一个总成件,这个总成件要求有最大限度的可靠性和高效率。对于光伏水泵而言,电机和水泵的搭配并不像常见的电机和水泵搭配那样“随便”,由于电机的功率等级、电压等级在很大程度上受到太阳电池阵列电压等级和功率等级的制约,因此水泵的扬程、流量要求被反应到对电机的要求上后,往往必须在兼顾阵列结构的条件下专门设计,再进行电机设计时要充分考虑到光伏水泵的具体运行。主要是:变频运行,负载早晚变化较大,在这种情况下要力争使电动机全日、全年的总平均率最高,它不像普通电动机一直处于具有恒定电压的电源带动下工作。

2.5 储能系统

储能系统是由充/放电控制器和蓄电池组构成。当太阳能光照强度减少到一定强度时,光伏阵列的最大输出功率已经无法继续驱动水泵抽水,主控制器将检测到的控制信号输给充/放电控制器,从而对蓄电池组进行充电。

3 应用实例

1999年10月和11月,由清华大学电力系统国家重点实验室研制的2.5kW太阳能光伏水泵及照明综合应用系统,分别安装在清华大学校园和新疆石河子市北泉镇。目前一直处于良好的运行之中,实际运行表明,晴天条件下,全年平均日出水量为 60m^3 以上。在夏季日照强烈时,全天的出水量随日照时间的延长而增加,日出水量为 80m^3 以上。如图2和图3为1999年10月7日清华大学示范现场实测日照功率分布曲线和水泵流量曲线。北京地区由于其自然地理条件,以及大气污染的限制,日照强度即使在夏季中午也不超过标准日射强度的75%。在我国的西部地区日射强烈,太阳电池阵列的输出功率可接近额定输出功率,在20m左右扬程,每天可以提水 100m^3 以上。该系统在新疆石河子地区安装运行,平均每小时出水 10m^3 以上,运行情况良好,不仅解决了农田的灌溉问题,而且也产生了很好的示范作用,充分

证明利用太阳能光伏水泵系统解决无电地区农牧民饮水及灌溉问题是一条既经济又可行的途径。

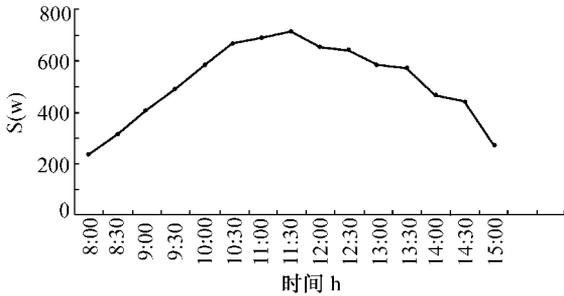


图2 实测日照功率分布曲线

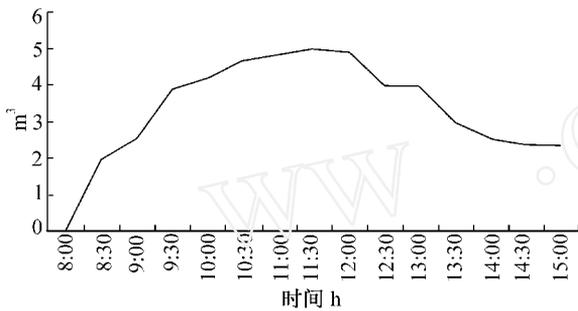


图3 实测水泵流量曲线

4 推广应用前景

目前,我国仍有 17 个无电县,7600 多万无电人口。多分散居住在边远落后贫困地区。由于能源短缺,至今连饮水以及灌溉问题都还没有彻底解决,特别是西北地区,由于气候干旱,少雨,年

平均降水量约 145mm,可视为极端干旱和半干旱地区,土地荒漠化,草原退化情况越来越严重,生态环境日益恶化,严重阻碍着农村经济和社会的发展。然而,西北地区地下水资源并不贫乏,目前这些地区地下水资源利用率并不高,其原因之一是缺乏电力供应,若靠架设输电线,投资巨大(新疆地区架设输电线平均每公里需投资 8 万元),但效益甚微,得不偿失。而西北地区的太阳能辐射强,日照时间长,太阳能资源非常丰富,因此,只有利用太阳能光伏水泵系统才能开发地下水资源,解决这些贫困地区的饮水和农牧业用水。

太阳能光伏水泵的应用领域非常广泛,国内潜在市场需求巨大,大规模发展和应用太阳能光伏水泵系统具有经济、社会、生态环境等多方面的重大意义,也将大大促进我国太阳能工业的发展。

参考文献:

- [1] 余世杰,何慧若,苏建徽. 光伏水泵系统[J]. 太阳能,2000,(3):22-24.
- [2] 余世杰,何慧若,曹仁贤. 光伏水泵系统中 CVT 及 MPPT 的控制比较[J]. 太阳能学报,1998,19(4).
- [3] 余世杰等. 光伏水泵系统的最大功率点跟踪器[J]. 太阳能学报,1991,12(3):225.
- [4] 赵富鑫,魏彦章. 太阳电池及其应用[M]. 北京:北京国防工业出版社,1985.
- [5] 战福忠. 光伏供电的最大功率跟踪[J]. 新能源,1992,1.

报道

美国能源部总部办公大楼建起太阳能墙

2000 年 10 月,美国能源部为了推广普及太阳能的日常应用,组织了一次太阳能设备设计比赛。结果,来自芝加哥的 4 名建筑师为美国能源部总部办公大楼设计的太阳能墙脱颖而出,击败了其他 114 个竞争对手赢得了头奖。美国能源部计划把这一设计方案付诸实施,将这堵太阳能墙竖起在每天都遭受阳光直射的总部南墙之前。

据太阳能墙设计者之一的马丁·沃尔夫介绍,这堵太阳能墙的面积达 2700m²,它将倾斜倚靠在能源部总部南墙之上,顶部和南墙的顶端相连,完全遮盖住整面南墙,并和南墙及地面形成一个等边三角形。太阳能墙收集到的太阳能可维持 60 个家庭的日常生活,这些能量将通过地下电缆传输到能源部总部大楼中,预计该设计每年可以为能源部节约 3 万至 5 万美元。沃尔夫说:“长期以来,太阳能一直被认为是一种静态的被动接受的能源,其实只要设计中能够稍加创意,人们就可以动态地控制和使用太阳能。”

竖立太阳能墙只是能源部推广太阳能使用计划的一部分。从今年 10 月开始,能源部已介入房地产市场,他们和不少房产商达成协议,在今后 20 年修建的写字楼和家庭住宅中,传统的电力空调和燃油取暖设备大部分被太阳能设备所取代,太阳能设备将占到新建建筑所有能源设备的 50% 以上。

——本刊