

太阳能光伏发电设计介绍

钟史明¹ 高亮²

(1. 东南大学 210096

2. 东南大学建筑设计研究院热电工程设计研究所 210096)

摘 要:据太阳能光伏发电负载不同,有独立直流、交流、并网交流之分。本文以最复杂的独立交流光伏电站为例阐述设计中的主要问题。

关键词:太阳能、光伏发电、转换效率、成本

前言

太阳能是可再生能源的一种,它不消耗化石资源和水资源,清洁无污染,是 21 世纪最有发展前途的“绿色能源”。当今世界经济高速发展,人们生活水平日益提高,对能源的需求越来越大,常规能源难以满足要求。为了保证能源供应的安全,世界各国都从各自的长远目标出发,相继制订了促进可再生能源开发利用规划计划,并投入了巨大的人力财力用于研发可再生能源,特别是太阳能发电的利用。光伏发电是太阳能发电主要形式之一。由于近年来其转换效率的进一步提高(18%~20%),成本下降,发展较快。专家预测,再过 20 年,其发电成本会与常规电站相竞争。我国已引进几座大型(100KW~1000KW)光伏并网电站,同时已能独立自主设计 100KW 及以上独立光伏电站。目前我国在敦煌市七里镇西南砂砾戈壁滩正在设计建设世界最大的容量达 8000KW 的并网光伏电站。本文将综述其设计中的主要问题,以推进我国光伏电站的发展。

一、太阳能光伏发电的组成

太阳能光伏发电系统一般由太阳能电池方阵、蓄电池组、太阳能控制器、直流—交流逆变器和交流配电设备等组成,它们是光伏独立发电系统主要组成部分。

光伏并网发电系统:有阳光时,由光伏发电系统供电,无阳光时由电网供电,它是当今城镇屋顶光伏发电系统主要形式。此时太阳能发电系统与交流电网并联运行,光伏发电系统可省去蓄电池组部分,太阳能控制器与直流—交流逆变器合二为一。发电系统设备简化,可降低成本,而且还可减少由于使用蓄电池对环境造成的影响,是当今光伏发电系统的主要形式。

光伏直流发电系统:当负载为直流时,如通讯设备电源系统、石油管道、天然气管道、地埋管道等阴极保护电源等,则光伏发电系统可省去直流—交流逆变器和交流配电设备,系统最简单,成本也最低。

二、太阳能独立光伏发电系统的几个主要设备的选型与确定

1. 太阳能蓄电池的选择

因为太阳能光伏发电系统的输入能量随太阳辐射强度变化而变化,白天有太阳时辐射量大,夜间或雨天无太阳时辐射就没有。所以一般需要配置蓄电池储能系统才能工作。蓄电池一般有铅酸电池、Ni - Cd 蓄电池、Ni - H 蓄电池等。它们的容量的选择直接影响系统的可靠性以及系统的价格。其容量的选择应遵循如下的原则:首先在能够满足晚间使用电能的前提下,把白天太阳能电池组件的能量尽量存储下来,同时还要能够满足连续阴雨天需要的电能。蓄电池容量不宜选用过大,过大时使蓄电池始终处在亏电状态,影响蓄电池寿命,同时造成投资浪费。反之容量过小,造成过深的放电深度,同样会缩短蓄电池的寿命。

根据蓄电池组长期处于循环充放电状态,最好选择铅锑合金板栅的阀控式蓄电池组,因为这种合金板栅与活性物质有较好的结合力,循环充放电时不易变形,有较长的循环寿命。

蓄电池组的设计容量不一定是正好与生产厂家的标准规格,同时应考虑施工运输的局限,蓄电池组往往采用并联方式,根据技术规范要求,并联数量不超过 6 组。同时还规定了蓄电池设计日放电深度不超过 30%,最大放电深度不超过 80%。

2. 太阳能电池封装形式的选择

目前太阳能电池封装形式主要有两种,层压式和滴胶式。层压式工艺寿命长可保证太阳能电池工作 25 年以上,滴胶式虽然当时美观,但其工作寿命仅仅 1—2 年。因此,1W 以下的小功率太阳能产品在没有过高要求的情况下,可以用滴胶封装。对于使用年限有规定的太阳能光伏发电系统应使用层压的封装形式。

在使用中,太阳能电他开路或者短路都不会造成损坏,实际上人们也正是利用它的这个特性对系统蓄电池充放电进行控制的。

3. 太阳能电池方阵

设计太阳能电池方阵需要当地气象资料,特别是当地最近 10—20 年太阳能年均辐射量,最好有逐月的太阳能总辐射量作为设计依据。蓄电池组的容量确定后,就可选择电池板容量大小。

(1) 太阳能电池板方阵倾角 β 斜面上的辐射能 R^β

$$R^\beta = S \times \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\sin\alpha} + D \quad (1)$$

式中 R^β : 倾角为 β 斜面上的辐射;

S: 水平面垂直辐射;

D: 水平面散射辐射;

α : 太阳光与水平面夹角,春分、秋分为(90°—纬度);

β : 太阳能电池方阵倾角。

冬季固定太阳能电池方阵的最佳倾角为其所在地纬度加 5 ~ 10 度。如太阳能辐射量最小月出现在夏季(夏季多雨地区),则固定太阳能电池板方阵的最佳倾角是纬度减 5 ~ 10 度。

对季度性负荷,应考虑使负载用电期的方阵辐射量为最大值时的倾角为最佳。如太阳能水泵灌溉系统,就应考虑夏季为最大用电量,方阵将倾角应小于当地的纬度。所以,

为了充分利用太阳能,最好将方阵设计成倾角可以调节的方式。

(2) 太阳能电池板方阵总功率

1) 方阵串联数确定

根据蓄电池组的电压决定太阳能电池组的串联的数量。如串联数量太少,太阳能电池方阵输出电压太低,不能满足蓄电池正常充电的需要,电池组具有输出电压而没有输出电流。增加串联数使方阵 I—V 曲线的最佳工作点与蓄电池组的浮充电压相近,此时方阵能得到最大的功率输出。考虑太阳能电池组输出电压随温度升高具有负的特性,通常设计组件串联数时留有一定的余量。温度升高 1℃ 时硅太阳能电池的开路电压将下降 0.4%,填充因子也将随温度升高而减少,输出功率也将减少 0.4%~0.5%。此外还要考虑防反充二极管和连接导线的引起的电压降问题。

2) 方阵并联数的确定

方阵并联数主要取决于负载每天的总耗电量、当时年平均峰值日照时数、蓄电池组充电效率、方阵表面尘土遮蔽或组件老化引起的修正数和方阵组合损失等因素。

方阵并联数等于所计算的方阵最佳电流(蓄电池充电电流除以每个串联于方阵的最佳工作电流),但还应考虑每年中最小月的太阳能总辐射量低年均太阳辐射量的因素,因此通常采用进位法取整数值。

3) 太阳能方阵板总功率

将串联数,并联数和每个组件功率相乘就得太阳能板方阵总功率。

4. 太阳能板方阵之间距离的确定

即将实施的独立光伏系统技术规范规定:为确保在日出后或日落前 3 小时在冬至日后排方阵不被前排方阵遮挡,即保证全年每天中当地时间上午 9 时至下午 3 时之间光伏组件无阴影遮挡的距离。以某地纬度 35° 为例,前后排之间距离是前排高度的 1.8 倍,这是考虑一年中冬至日的极端情况,实际应用时应考虑方阵场地的限制及光伏电站的投资成本可适当放松。可按下式计得:

$$D_{\min}/H = \cos(45 \pm \gamma) / \tan[\arcsin(0.648 \cos \psi - 0.399 \sin \psi)] \quad (2)$$

式中 D_{\min} : 方阵间最小间距

H: 前排太阳能方阵高度

γ : 太阳能方阵方位角,东偏为正,西偏为负

ψ : 当地纬度

5. 太阳能充放电控制器

(1) 太阳能控制器的选择

额定电压:根据蓄电池组的额定电压确定。常用有 24V、48V、110V、380V 等;

额定电流:根据太阳能方阵每路输入电流确定,额定电流必须大于各路输入的总电流。

基本功能:防反充保护,过充和过放电保护,过流和短路保护和各种参数的显示功能。

(2) 控制器参数设定:

根据蓄电池厂家提供的参数,对控制器原有的出厂设定必须进行修改调整,以便满

足不同厂家生产的蓄电池的性能要求,使蓄电池运行达到最佳状态。主要设定参数有充满控制点、充满恢复点、欠压报警点和欠压恢复点。

太阳能控制器是太阳能光伏电系统控制的核心,其可靠性直接影响到整个太阳能发电系统的可靠性。实际应用中除了逆变器外它是故障率最高的设备。

6. 逆变器的选择

额定容量:用电容量的 1.1~1.15 倍

额定电压:为蓄电池组额定电压,波动范围 $\pm 30\%$;

根据 GB3859.2 要求,在海拔高于 1000m 的地方使用,每升高 1000m,电源降压额定 5% 使用。

基本功能:输入接反保护、输入欠压保护、输入过压保护、输出过流保护、和输出短路保护等。

光伏发电系统用逆变器按输出波形主要分为方波,阶梯波和正弦波三种,按输出相数分单相和三相逆变器两种。独立或并网电站主要并用单相和三相正弦波逆变器。实践证明,它是光伏电站故障率最高的设备,所以在偏远独立电站设计为一用一备,以缩短维修时间,可靠发电。

7. 交流配电设备

交流配电设备主要用作对光伏发电进行合理分配,对输出配电路进行控制保护、记录系统供电量,同时指示负载电流、电压、功率因数等电气参数;当蓄电池组电量不足时,确保充点负载供电;和便于供电线路检修等。

结语

由于世界经济飞速发展和人们生活水平不断提高,导致能源需求持续增长。各国对能源的争夺,造成了世界动荡不安。然而可再生能源的大规模推广应用可以彻底改变人们对传统能源的依赖。太阳能光伏发电将成为极重要的再生替代能源之一。目前制约太阳能发电的主要因素是转换效率低、投资大、成本高、单位面积功率小、间断性发电等。但随着科学技术的进步,这些问题都会逐步得到解决。80 年代至今,晶体硅太阳能电池效率已由 18% 提高到了 25%。根据诺贝尔奖获得者马丁格林教授预言,太阳能电池效率可以达到 80% 以上。这就是说,50 年后人类所需电力将主要来源于太阳能电池是可能的。

我国的光伏发电现在正处于起步阶段,光伏发电产业已有了一定的规模。今后在《可再生能源法》的实施中,在引进国外先进技术的光伏并网电站的基础上,自己独立自主设计光伏电站的春天相信会不太远了。

参考文献:

1. 吴红清 太阳能光伏工程应用
《能源研究与利用》2004 增刊 P41 - P43