

光伏发电并网系统工程设计技术探讨

袁昌祺^①

(中工武大设计集团有限公司, 湖北 武汉 430070)

摘要: 能源是人类生存和发展的基础, 对各个行业都有较大的作用。但由于能源利用的增加, 加剧地球资源的枯竭和环境的恶化。因此, 各个国家开始重视清洁能源的开发与使用, 目前最普遍的形式即利用太阳能资源进行光伏转换, 获得电能进行使用。在开发过程中, 关于影响光伏发电的转换效率的因素有很多, 因此需要对光伏发电系统各个环节进行细致的研究, 以达到电能的合理运用。基于此, 本文讨论太阳能光伏发电并网系统工程的设计, 以此提升太阳能光伏发电的水平。

关键词: 太阳能; 光伏发电并网系统; 工程设计; 要点

中图分类号: TM615 **文献标志码:** A



太阳能光伏系统的最大特征就是利用并网逆变器, 将光伏阵列生成的直流电转化为符合电网需求的交流电, 再直接接入电网^[1]。光伏电池阵列在接入电力系统时, 不仅能提供交流负载, 还可以将剩余的电力及时反馈给电力系统。此外, 我国地域广阔、光照充足, 具有良好的发展前景。为此, 笔者根据自身的工作体会, 对有关太阳能光伏发电的设计要求进行深入分析。

1 太阳能光伏发电并网系统概述

太阳能光伏发电并网系统, 主要是把由太阳能电池组件生成的直流电, 经过并网逆变器, 转换成符合电网需求的交流电, 再将其直接接入公共电网。利用太阳能并联系统发电具有显著的优点: (1) 除向交流负载供电外, 多余的电力会回馈到电力网中。(2) 在多云天气条件下, 夜间光伏发电无法达到负荷需求的情况下, 仍然可以利用城市电力网提供电力。为确保输出的电能满足电压、频率等电气性能指标, 必须配置专用的并网逆变器。因为逆变器中存在损耗, 所以这种系统一般可以并联使用电荷太阳能电池模块阵列作为局部交流负载的电源, 这样就可以减小整个系统的负载缺电率。(3) 光伏发电的调峰功能, 在电网负荷变化时, 可以填补电力缺口。

2 光伏发电并网系统工作原理及组成

光电转化技术即利用太阳能资源进行光伏转换实现电能的使用。太阳能转换过程中, 产生的电流类型属于直流电, 再经过逆变器的转换流程, 然后经过有关的输电线, 最终送入电网或直接被居民使用, 形成完整的光伏发电系统。光伏发电系统的主要作用是产生电力, 同时将产生的电能进行转换, 所以, 它主要包括两个组成部分: 一个是电力产生装置, 另一个是电力变换装置。此发电装置由一组光电电池并联且排列组合而成, 就像一台“发电机”。其中, 电能转换单元起到电能转换及传输、分配的功能, 发电装置产生的电能被适时地分发和配送出去^[2]。

将太阳能面板按串并联方式连接在一起, 将它的组串电压调整为满足系统所需的输出电压, 由多个串联在一起的部件产生的电能, 经过汇流箱的汇集, 然后输送到逆变器中, 将其转换成可利用的交流电压, 然后把它送到输电线上, 向负荷提供电力。如果把它送到高压电线, 就需要在它的基座上加设变压器, 将它提高到正常的电压, 达到与电网相连的条件。对光伏电站来说, 它的总装机容量是指整个系统中所有接入光伏电池的名义额定功率的总和。比如, 光伏电池发出的电在汇流、逆变、升压、传输等过程中都

会消耗一定电能，为最大限度地减小这种损失，在设计时就要尽量减小这种损失。用于支撑、监控和火灾扑救的太阳能面板被集成到一个系统中。该支架主要是用来将太阳能电池固定并安装在一个适当的工作角度，监控系统能对整个光伏电站的温度、湿度、辐照度、风速等对发电量有影响的因素进行远程监控，同时可以将这些数据及时反馈到系统信息处理中心。火力发电厂的防火设计可以确保火力发电厂的安全，能确保各系统连杆的安全以及平稳运转。在一些光伏电站中，为确保在夜晚和光线不强时，系统有电能输出，还安装蓄电池组^[3]。

3 光伏并网发电系统的关键技术

3.1 并网逆变器控制技术

并网逆变控制器是光伏电网并网系统工程中的关键设备，必须加以重视并利用。目前，并网逆变控制器多采用PID控制方式，即采用电流控制方式，实现光伏发电与电网的同步，以及对光伏发电系统的一体化控制。采用PID控制技术，可以确保光伏并网系统的动态运行，同时可以确保系统内的电流继续输送。此外，PID控制技术使系统电压保持稳定，实现光伏并网发电系统功率最优化。

3.2 最大功率点跟踪技术

最大功率点跟踪技术作为调节技术，将对光伏并网系统的正常运行造成直接影响。此项技术是针对当地的环境特征，同时与当地的气象情况相结合，实现电网的调整。以此为基础，跟踪光伏并网发电系统的功率现状。

3.3 并网技术

并网技术的侧重点在于对电力系统的运行需求，它可以是10 kV的高压并网，还可以是380 V的低压并网，并网点的数量和分布要以接入点之间的距离为依据。依据发电项目的投资收益率，确定是否选用固定角度或自动跟踪角度的功率跟踪设备，对每个时间周期的配电方案进行分析，得出负荷的峰、平谷电价，确定该储能器的设计方案。

4 现阶段太阳能光伏并网系统的设计重点分析

4.1 设备配置及选型

在光伏并网工程中，除光伏阵列的选择、控制器的选择和并网逆变器的选择外，还应进行防雷接地的设计。

4.1.1 太阳能电池组件选型

太阳能电池是影响太阳能发电的关键因素，因此太阳能电池的性能对整个电网的效率有很大影响。现在市面上的光伏模块有单晶硅、多晶硅及非晶硅三种。对比三种不同的太阳能电池模块，我们可以得出以下结论：（1）由于晶硅电池是最早被使用的，因此它的制作工艺和技术相对于非晶硅电池来说更为先进，因此制作出来的产品具有更好的品质和更长的使用寿命。（2）针对当前市场中的光伏电池类型多种多样，按照太阳能转换效率大小排列，单晶硅>多晶硅>非晶硅。当装配空间受限时，将对装配组件的总体装配能力造成一定的影响。（3）晶硅电池部件的故障概率很小，操作和维修很容易，非晶硅电池的维修很困难。（4）晶硅电池在应对高温气候时，其性能表现不佳，同时其散热能力也不高，与之相比，非硅基电池具有很强的散热能力，且不太容易受到温度的影响。比较以上三种太阳能电池的一些主要参数，并结合具体的条件，对发电并网系统设计而言，将优先选择具有高性能价格比的多晶硅电池组件。

在同样的发电功率下，选择不同规格的光伏模块时，其相应的模块数目是有区别的。采用单个大功率太阳能电池组件时，与单个组件的低功率光伏组件相比，能降低部件之间的连接点、接触电阻和电缆的数量，加快施工进度，减小出现故障的概率，在某种程度上还能减小系统的总体损耗。当然，高功率意味着它的价格会比较高，所以，不能一味地追求高功率的光伏板，应与目前的市场状况相联系，对组件效率、价格以及技术成熟度等多个方面进行考虑^[4]。

4.1.2 逆变器选型

当前，由于大功率逆变器的效率较高，因此，在大型光伏电站中，其装机容量较大，与其对应的逆变器总功率较大。所以，要想减少逆变器的个数，应优先选用功率较大的逆变器，减小逆变器至变电站的接线的复杂度，减小在运行时产生的电能损耗，提高发电效率。目前，在大型电厂中广泛使用的逆变器主要有630 kW、500 kW、330 kW等。因为高功率逆变器的损耗比较少，所以630 kW的逆变器的效率比500 kW的逆变器高，并且每台的成本比500 kW的逆变器要低。以总容量为40 MW的光伏发电并网系统为例，选用500 kW的并网逆变器，1 MW的机组需要40台，选用630 kW的并网逆变器，1.25 MW的机组只

需32台,有效减少集电线的数量,使系统的接线更加简单。

4.2 设计光伏组件

在光伏模块设计阶段,应重点关注太阳能电池模块的总功率,准确选择电池模块的串联数量 $[N \leq V_{\text{dcmax}}/V_{\text{oc}} \times (1 + (t-25) \times kV)]$,其计算公式如下:

$$\text{INT} (V_{\text{dcmin}}/V_{\text{mp}}) \leq N \leq \text{INT}$$

式中: V_{dcmax} 为逆变器输入端最大电压(V); V_{dcmin} 为逆变器输入直流的最小电压(V); V_{oc} 为电压-电池模块的开路电压(V); V_{mp} 为电池模块的最优操作电压(V); N 为单元组合的串行数目(N 的整数)。

4.3 设计汇流箱

一般情况下,在光伏发电系统中,汇流箱属于光伏阵列的输出部分。光伏组串的数目很大,但是逆变器的输入端较少,所以需要一种电能聚集设备聚集这些电能,直流汇流箱就是其中一种电能聚集设备。在进行设计时,要考虑许多因素,具体包括输入组串数,最大可接入组串的开路电压(最大直流电压),每个输入组串的最大电流,还有其自身的防雷、防反接、过流保护等^[5-8]。

4.4 设计光伏子阵

光伏发电系统的重要目的就是实现功率最大化,因为太阳能电池阵列庞大,所以在一般情况下,都会采用前后排布的方式,但是在某些情况下,由于光伏电站周围有高大建筑物的阻挡,会限制太阳光的照射效率。所以,在设计中,需要对前、后两个阵列之间的最小间距进行严格计算,减小由于面板或其他部位的遮挡引起的能量损耗,达到最大限度地提高太阳能利用率的目的。随着地域的变化,日出的高度和方向会发生变化,但是并没有确定的数字。通常情况下,为便于参照,在进行计算时,一般选择以冬至日光伏阵列有效发电时间(9时至15时)内不发生遮挡为准,利用与光伏发电并网系统工程项目的纬度、冬至日的太阳赤纬角和9时至15时的时角相结合,就能得到遮挡物经过太阳光照射形成的投影长度 L ,以此准确地计算出电池方阵间距 D 。

4.5 设计储能子系统

在能量存储系统中,最重要的是蓄电池和调节器的设计。对蓄电池的设计来说,首先要确保蓄电池的品质是合格的,同时要有质检部门出具的有关报告,并且要确保蓄电池的工作环境在5~30℃之间,还要对

蓄电池的外观进行严密的观察,防止变形、开裂、渗漏等现象发生。然后,应对蓄电池的总容量进行详细的计算,其公式如下:

$$C=1 \times [K_1 I_1 + K_2 (I_2 - I_1) \cdots \cdots K_N (I_N - I_{N-1})] / L$$

式中: C 为250C的额定放电率换算容量(AH),UXL蓄电池是10 HR的容量; L 为由于维护系数、使用年限以及使用情况的变化,所使用的校正系数(一般说来, L 的取值应该是0.8); K 为由放电时间 T 、电池的最低使用温度、允许的最低电压而决定的容量换算时间; I 为放电电流;下标1、2…… N 为按放电电流变化顺序依次加给 T 、 K 、 I 。

5 结束语

综上所述,积极推动太阳能产业的发展,不仅可以对能源结构的调整产生积极影响,还可以满足社会的生态环保需要。所以,在实际应用中,应加大对太阳能光伏发电并网系统的研究力度。因为光伏发电并网系统的特殊性,会对电网资源的供应造成一定影响,所以,有关的设计人员一定要对光伏并网发电系统的技术进行充分理解,对出现的各种现象进行深刻剖析,同时给出一些关键的对策,为太阳能光伏发电并网系统的有效利用提供基本保障,提升其发电效率和整体质量,促进电力事业实现长久发展。

参考文献

- [1] 郭朋杰.光伏发电并网系统工程设计技术探讨[J].低碳世界,2017(33):93-94.
- [2] 涂俊夫.探讨太阳能光伏发电并网技术的应用[J].魅力中国,2016(30):276.
- [3] 李姝珊.太阳能光伏发电并网系统工程设计[J].建筑技术与设计,2017(13):4971.
- [4] 屈子琦.某光伏并网发电系统工程设计[D].株洲:湖南工业大学,2018.
- [5] 张磊,赵明冬.光伏并网发电实训平台研制与应用[J].实验技术与管理,2017,34(1):109-113.
- [6] 郭朋杰.光伏发电并网系统工程设计技术探讨[J].低碳世界,2017(33):93-94.
- [7] 涂俊夫.探讨太阳能光伏发电并网技术的应用[J].魅力中国,2016(30):276.
- [8] 张立琴.光伏发电并网后对电网的影响[J].技术与市场,2015(9):185.