[光伏发电]

光伏发电并网关键技术及对策研究

文/王宇
吉林中油电能售电有限公司

对光伏发电分布式和集中型并网系统进行了解读，展开分析低电压穿越等核心技术，针对光伏并网影响公共性电网稳定运行等问题提出相应的解决方案，并通过防雷接地系统安装、供配电系统的规划、分析并网影响控制及其变压方法的优化等提出切实可行的对策。

伴随着独立光伏发电设备在家庭、企业和农业及区域电网的搭建，尤其是在光伏发电量产能过剩前提下，并入公共性电网就需要对供应用电量开展成本计算，而并网技术无法充分达到公共性电网对其运作可靠性和稳定性的需要，存在无法计算成本的问题。改善并网技术和改进光伏发电设备是本文分析与研究的目标。

光伏发电与并网技术

1. 光伏发电

光伏发电的实质是利用阳光照射光伏发电部件，在光伏效应的影响下，感应电动势通过电荷积累产生，然后转化为电能。以分布式系统光伏发电设备为例，整个系统由太阳能电池阵列、直流配电柜、控制板、逆变器电源和交流配电柜组成，如图1所示。每个部件的工作方式不同，逆变器和太阳能电池阵列是最重要的。设计中太阳能电池阵列必须连接起来，并对每一个电池组件进行合理结合以获得更多的电压，确保充分满足输出要求。

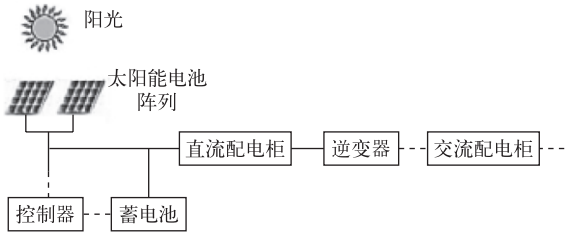

图1　光伏发电系统的结构示意图

因受光照和温度的主导，外界条件的变化显著影响光伏发电效率，安全过程控制性小，随意性大。此外，光伏发电所产生的直流电要变换成交流电才能正常使用。光伏发电技术有着变化迅速、功率较低的特点，如果要在生产和生活中加以运用，必须有一些应对的措施。

2. 光伏发电并网技术

现有光伏发电设备按规模分为集中型和分散型。根据系统架构、系统特点和实际需求，对网络连接技术进行分析和确定。

（1）集中型并网技术

集中型并网就是把光伏发电的电量直接传送到公共性电网中，在公共电网中统一分配后再发放给客户。全过程保持与大电网的单边电力工程互换，额定电压超过10 kV。集中型发电系统一般由数千个太阳能组件和光伏发电开关站所组成。灵活运用众多农田、荒漠地域丰富又很稳定的太阳能资源，建设规模性光伏发电站并与高压输电系统软件连接，获取远距离负荷，完成集中式光伏发电并网。

集中式发电场规模特别大。以一个40万kW的农业光伏发电（用于农作物）工程项目为例，该工程规划用地占地面积1 090亩（1亩=666.6m^2），共有40台发电机组，每台柴油发电机配置太阳能组件4 532个，并设定35 kV开闭所1座，预计项目建成后年平均上网电量将超出5 200亿kW·h。一般集中式光伏发电需借助远距离输电线路送出电力网，因用

电量大，是电网中影响大的源头，发生电压坠落、输配电线路损耗和无功补偿。大空间光伏发电站是多个转换设备共同作用，各机器设备协调工作，信息管理系统和远程控制处理还不完善。为了保证电网安全，大空间集中型并网要求具有低电压穿越（LVRT）功能。LVRT是指在连接点电压下降后，光伏电站保持并网运行，为电力系统给予部分无功功率支撑电网修复，直到电网电压回到正常情况，达到“穿越”该低压时间段（地域）的效果，保证公共性电网稳定运行。

（2）分布式系统并网技术

分布式系统并网就是把光伏发电的电量直接分发送给用电量负荷上，假如用电量产能过剩或不足就连接大电网进行调节。全过程和大电网保持双重互换。

分布式光伏发电主要由太阳能电池组件、保护设备、电源电路、逆变器和电源插座几部分组成。太阳能组件作为光伏发电系统的关键部件，具有将太阳能转换为电能的功能。逆变器是将直流电源转换为交流电源的装置。因为太阳能组件产生的能量被归类为直流电源，在具体运行中绝大部分负荷为交流负荷，要求此设备把直流电源转换成交流电流供负荷运作，且能够并网使用。

存在的问题和解决方案

1. 电网运行效率

考虑到光伏发电系统本身的特性，并网必然会给大电网的运行效率造成一定程度的影响。在并网过程中，两种发电方式的相互影响具有很高的复杂度，且作用方式及规律还没有充分把握。如果光伏发电系统中接入点是大范围集中式并网，那么光伏电站仍然采用被动保护式解列方式，将造成有功出力太小，加大了系统整体恢复的困难程度，甚至会加重故障并由于其他机组解列而造成大范围停电事故。本方案中低电压穿越能力是一个必要条件。随着并网光伏在电网中的比例不断提高，穿透功率应相应提高，公式为

$$\text{光伏穿透功率}=\frac{\text{光伏站峰值出力}}{\text{系统最大负荷}}\times 100\% \quad (1)$$

综上所述，为了提高并网光伏发电穿透功率，要求光伏逆变器须具备LVRT，提高并网光伏发电所需穿透功率对传统并网技术标准提出了挑战，有必要进行再研究和开发。

2. 雷击灾害的影响

光伏发电在一定程度上受环境条件的限制，若温度与阳光照射发生变化，将反映在最终的电能质量中。当发生雷击时，室外光伏发电可能引起雷击灾害，因为云层表层的负电荷在电网电缆之间产生高压。如果雷电在该空间传播，电磁作用产生的电动势对光伏发电设备造成更大的危害，严重影响整个输电系统的安全运行。雷电灾害发生后，电流瞬时增大，引起大规模停电，损害居民的正常生活，给企业带来巨大的经济损失。

针对户外光伏发电设备而言，为减少雷击灾害给操作系统产生的冲击，在设计时就必须做好防雷接地线，以防给电力系统产生危害。

3. 电网运行方式的扰动

光伏发电系统是以日光照射为主，随外界条件改变，不确定性强等。并网之后，很难对大电网运行时的光伏发电电量进行精确的观测，导致交换输出功率设备不好设计，增加了电网负荷预测难度。电网运行管理的难度增加，产生安全事故的概率越大。

光伏并网发电对配电网产生较大的影响，导致电压偏差、电压波动和闪变，制约电网的运行质量。为了消除这种影响，必须在并网前对光伏发电和配电系统进行有效规划，深入分析电压波动和谐波污染对电网运行的影响。根据实际需要，制定合理的电源配置方案（如电源容量、位置等）展开分析，挑选科学控制方法和接入位置及其并网技术。

结束语

光伏发电建设周期短，环境适应能力好，使用成本低，便于规范化管理，受区域限定偏少，可真正实现大范围应用。在规避了光伏发电的多变性和其他风险性前提下，可以大幅提升电网的使用效率，同时保证公共性电网的稳定安全运转，为我国经济建设的飞速发展给予能源保障。

（收稿日期：2022-10-12）