

# 大规模光伏并网电站接入系统若干问题的探讨

郑志杰, 李磊, 王葵

山东电力工程咨询院有限公司

## 0 引言

太阳能是一种理想的可再生能源,是取之不尽、用之不竭、无污染的清洁能源。我国是世界上太阳能资源非常丰富的国家之一,全年辐射总量为 $917 \sim 2\,333 \text{ kW} \cdot \text{h}/\text{m}^2$ ,理论总储量为 $147 \times 10^{18} \text{ GW} \cdot \text{h}/\text{a}$ 。我国有荒漠面积 $108 \text{ 万 km}^2$ ,主要分布在光照资源丰富的西北地区,非常适合发展光伏发电产业[1-5]。

中国光伏发电产业于20世纪70年代起步,90年代中期进入稳步发展时期。太阳能电池及组件产量逐年稳步增加。经过30多年的努力,已迎来了快速发展的新阶段。随着国家对新能源产业支持力度的加大,尤其是“金太阳工程”的实施,光伏产业在政策面上将会得到更大力度的支持。根据中国2007年制定的《可再生能源中长期发展规划》2020年太阳能发电总容量将达180万kW[6],按照最近的专家预计,这一数字有望达到1000万kW。

目前太阳能光伏发电系统大致可分为3类,离网光伏蓄电系统、光伏并网发电系统及前两者混合系统。并网型光伏发电系统主要有并网型光伏屋顶和并网型光伏电站。前者优点是可以利用建筑物具有的供电电路并网,在电网末端构建分布式供电系统;而并网光伏电站可以建在空旷的场地上,与高压电网相联接,是大规模光伏发电的一个重要方向。

本文主要探讨的是通过高压线路并网的大规模光伏电站接入电力系统的相关问题。

## 1 大规模光伏并网电站的特点

随着光伏发电技术的飞速发展，光伏电池效率不断提高，光伏电站的建设规模越来越大。2009年12月30日，国内首个光伏并网发电特许权示范项目、目前国内最大的光伏并网发电项目——国投10 MWp敦煌光伏电站投产发电；一期安装容量10 MWp的国电宁夏中卫光伏发电项目也已经开工。

大规模的光伏并网电站不可能像目前已投入运行的屋顶光伏系统一样通过380 V低压配电线路

直接接入本地配电网，而要通过升压变压器，以中压或高压接入电网，其拓扑结构一

般如图1所示。虽然大规模光伏电站容量将来可能达到数万千瓦，但其相对于电网的装机来讲，比例甚小。由

于安装容量小，光伏电站一般布置在电力负荷附近，作为电网的一种补充能源。因此，大规模的光伏电站可以归入分布式电源家族。

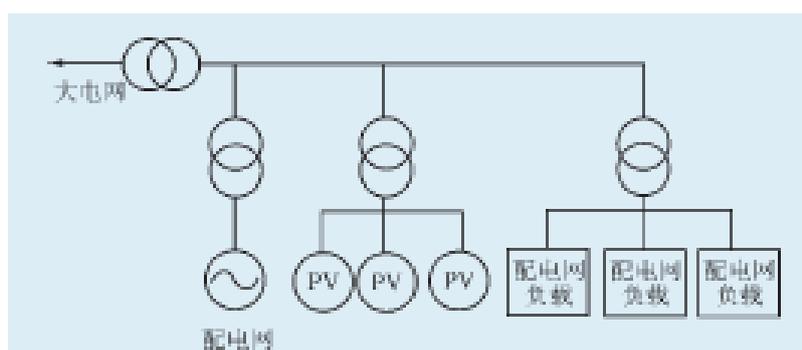


图1 大规模光伏并网系统拓扑结构图

按照国家电网公司的相关规定：大于8 MW的分布式电源应予以调度。因此，大规模光伏电站和普通电厂一样也应设有相应的二次设备[7]。

## 2 大规模光伏电站接入系统的相关问题

光伏电站与传统火电、水电，乃至新兴的风电、生物质能都有很大的不同，当其接入电力系统时，应就相关问题进行专门的研究。

### 2.1 孤岛效应

光伏电站作为分布式电源通过并网逆变器并网，必须具备防孤岛效应保护。孤岛效应是指电网失压时，光伏系统仍保持对失压电网中的某一部分线路继续供电的状态[8]。具体地讲，就是当电力公司的供电，因故障或停电检修而跳闸时（例如大电网停电），并网发电系统未能及时检测出停电状态而将自身切离供电网络，形成由并网发电系统和当地负载组成的一个电力公司无法掌握的自给供电孤岛。

孤岛效应的危害主要有[9]：

1) 对电网负载或人身安全的危害，用户或线路维修人员不一定意识到自给供电系统的存在；

2) 没有大电网的支持，自给供电系统的供电电压和频率不稳定，容易损坏用电设备；

3) 电网恢复时，光伏供电系统重新并网会因相位不同步引起大的电流冲击；

4) 孤岛状态意味着脱离了电力管理部门的监控而独立运行，具有不可控性和高隐患性。

防孤岛效应保护主要分为被动式和主动式。被动式包括电压相位跳动、3次电压谐波变动、频率变化率等，即在不改变输出特性的基础上对输出状态的检测保护。主动式主

要有频率偏离、有功功率变动、无功功率变动、电流脉冲注入引起阻抗变动等。

被动式保护的缺点是在负载和逆变器输出功率匹配时很难检测孤岛的发生。

主动式检测方式通过对逆变器输出进行主动干扰，即使发生孤岛时负载和逆变器输出功率匹

配，也会破坏系统平衡，造成系统电压、频率明显变动，从而确定孤岛产生，但在某些情况下也存在检测盲区[10-12]。

主动式和被动式保护各有优缺点，因此，光伏系统应设置至少各一种主动和被动防孤岛效应保

护，且当电网失压时，防孤岛效应保护应在2 s内动作，断开与电网的连接。

## 2.2 谐波

逆变器使用了大量的电力电子元件，在逆变器将直流转换为交流的过程中，不可避免地会产生谐波，所以并网逆变器的质量与性能对并网交流电的电能质量有着至关重要的影响，应谨慎选择。

光伏并网电站谐波电压和电流的允许水平主要取决于配电系统的特性、供电类型、所连接的负载/设备类型，以及电网的现行规定。

按照《光伏电站接入电力系统技术规定》，光伏电站并网运行时，向公共连接点注入的谐波电流应满足GB/T14549 - 1993的要求。各次谐波应限制在表1所列的百分比内。此范围内的偶次谐波应小于低的奇次谐波限值的25%。建议供电公司在工程

投产后，测试相关电网的谐波，以保证电压质量。

表 1 电流谐波限值

谐波种类	谐波次数	电流畸变限值
奇次谐波	3~9	小于 4.0%
	11~15	小于 2.0%
	17~21	小于 1.5%
偶次谐波	23~33	小于 0.6%
	2~8	小于 1.0%
	10~32	小于 0.5%

### 2.3 无功

按运行方式不同，并网逆变器都存在一定的无功消耗，大规模的光伏电站应配备一定的无功补偿装置以具备无功功率调节能力，使电站功率因数和高压侧母线电压保持在一定范围内[13]。

因目前没有规程对光伏电站的无功功率调节能力做出具体数值上的规定，建议参考风电场接入系统的技术规定[14]，采用相同的标准，即具有在0.98(滞后) - 0.98(超前)调节的能力，并能实现动态连续调节。

### 2.4 短路比

并网逆变器具有快速调节特性，对于弱电力系统，这一特性极易引起暂态电压稳定问题。

为避免分布式电源对电网电压产生大的波动，《城市电力网规划设计导则》要求分布式电源短路比(指接入点短路电流与分布式电源机组的额定电流之比)不低于10。

以容量为10 MWp的光伏电站接入35 kV等级电网为例，其35 kV侧出口额定电流约

为0.16 ~ 0.18 kA，即要求电站接入点的短路电流至少应大于1.8 kA。

## 2.5 并网电压及升压变压器的选择

《城市电力网规划设计导则》对分布式电源的并网电压作了明确的规定，见表2。

表 2 分布式电源并网的电压等级

分布式电源总容量范围	并网电压等级/kV
数千瓦至数十千瓦	0.4
数十千瓦至 7~8 MW	10
8~30 MW	35、66
30~50 MW	110、66

大规模的光伏电站受投资限制，一般不设蓄电设施，这就造成了其传输功率大小和方向昼夜变化较大，因此设计时应优先选择有载调压变压器[11]。

## 3 结论

大力推广太阳能等可再生清洁能源是解决能源短缺和环境污染两大世界难题的有效方法。光伏并网电站受技术、投资等限制较大，起步较晚，目前尚无真正大规模电站投入运行。但在最近几年内，10 MWp级的光伏电站有望走上规模应用的快车道。

大规模的光伏发电作为一类独特的新能源利用方式，当其接入电网应在防孤岛效应、谐波控制、无功功率调节能力、光伏电站接入点的短路电流、并网电压及升压变压器的选择等方面做深入的研究和明确的规定。