

# 光伏电站及其并网方式的探讨

谈 康

(南京供电公司, 江苏 南京 210039)

**摘 要:** 简介了光伏发电原理及光伏发电系统。结合江苏南京地区光伏电站的实际, 对中小型光伏电站的并网方式、防孤岛保护、无功补偿进行了探讨。

**关键词:** 光伏发电; 并网逆变器; 并网方式; 防孤岛; 无功补偿

太阳能资源丰富、分布广泛, 是最具发展潜力的可再生能源, 其清洁、安全、便利、高效等特点正成为国内外普遍关注和重点发展的新兴产业。江苏南京地区年日照平均 2200~3000h, 有较好的光照条件, 适合因地制宜地建设一定容量的光伏电站。

## 1 光伏发电原理及光伏发电系统

光伏发电原理是光生伏特效应。当太阳能照射到太阳能电池上时。电池吸收光能, 产生光电子——空穴对。在电池内建电场作用下, 光生电子和空穴被分离, 电池两端出现异性电荷的积累, 即产生“光生伏特效应”。若在内建电场的两侧引出电极并接上负荷, 则负载就有“光生电流”流过, 从而获得功率输出, 太阳的光能则直接变成了可以应用的电能。通过太阳能电池将太阳辐射能转变为电能的发电系统称为太阳能光伏发电系统或称作光伏电站。

光伏电站可分为离网或并网两种运行方式。离网光伏电站一般远离公用电网, 由太阳能电池阵列、离网逆变器以及独有的蓄电池自成光伏发电系统。并网光伏电站则是由太阳能电池阵列将太阳能转化为直流电能, 直流汇流装置汇流后通过并网逆变器将直流转化为电网同频率、同相位的正弦波并入公用电网。并网光伏电站示意图见图 1。



图 1 并网光伏电站示意图

并网逆变器是光伏电站的核心部件。并网逆变器不仅将光伏阵列产生的直流电能转换为标准的交流电, 而且对交流电的频率、电压、相位、同步等进行控制; 在将直流转变为交流的过程中还会产生一定量的谐波, 因此交流逆变器的品质好坏决定

了光伏发电效率及电能质量。并网光伏电站的逆变器必须满足国标的要求。

## 2 中小型光伏电站并网方式的探讨

### 2.1 光伏电站接入电网的几个原则要求

(1) 国家电网公司《光伏电站接入电网技术规定》(Q/GDW617-2011)(以下简称《规定》)第 4.2 节规定: 光伏电站接入公用电网的连接方式分为专线接入公用电网、T 接于公用电网以及通过用户内部电网接入公用电网三种方式。江苏省电力公司《光伏电站接入系统导则》(2010 年版, 以下简称《导则》)第 5.1 节规定: 光伏电站接入江苏电网的电压等级一般应符合表 1 规定。

表 1 光伏电站接入电压等级表

总装机容量 G	电压等级
$G \leq 200\text{kWp}$	400V(380V)
$200\text{kWp} < G \leq 3\text{MWp}$	10kV
$3\text{MWp} < G \leq 10\text{MWp}$	10kV 或 20kV
$10\text{MWp} < G \leq 20\text{MWp}$	20kV~110kV
$G > 20\text{MWp}$	110kV

注: 实际接入电压等级应在接入系统专题中具体论证。

(2) 江苏南京地区光伏电站的接入方式还应结合光伏发电的特点以及地区配电网的实际, 考虑以下因素:

1) 光伏电站发出的电力是随着光照强弱变化的间歇性电源, 电网对并网光伏电站的供电可靠性设有高的要求;

2) 江苏南京地区中、低压配电网的线路、线路走廊以及配电站母线出线间隔资源有限, 光伏电站的接入必须综合优化利用;

3) 光伏电站的发电时间正值电网用电峰值的白天, 为减少光伏的输电网损、优化配电网的潮流分布, 应尽量考虑采用就地平衡消化的接入方式;

4) 江苏南京地区土地资源稀缺,大部分光伏电站的建设场地是利用建筑物屋顶,分散布置在建筑物屋顶的光伏电站容量有限,而距离周边中低压配电网较近;

5) 为防止并减少光伏电站在用电低谷时向上一级电网倒送电力,接入同级电压网同一供电区域的中小型光伏电站的总容量,原则上不宜超过上一级变压器供电区域内最大负荷的 25%<sup>[1]</sup>。

## 2.2 光伏电站并网的几种方式

按照以上原则,具体的光伏电站接入系统方式可结合电站的总装机容量、周边电网的实际情况,根据以下条件来选择:

(1) 装机容量 200kWp 及以下的光伏电站,由于其容量较小,宜直接接入 380 (400) V 低压配电网,光伏电站发出的电力可直接在低压配电网用电负荷侧全部消纳利用。

(2) 装机总容量大于 200kWp、小于等于所接入电网线路最大输送容量 30% 的光伏电站,为充分利用和节省电网资源,宜考虑以 10kV 及以上电压等级、采用 T 接方式接入电网,T 接方式可有效减少光伏电能的输电网损,为光伏电站就地发电、就地平衡消纳的发用模式创造条件。

(3) 装机总容量大于拟接入的 10kV 及以上电压等级配电线路最大输送容量 30% 的光伏电站,按照《规定》4.3.2 节的要求应采用专线接入电网。

(4) 光伏电站一般应接入公用电网,当不具备接入公用电网条件时,经论证审定,可就近接入用户内部电网。<sup>[2]</sup>光伏电站采用通过用户内部电网接入公用电网的接入方式应遵守《电力法》的有关规定。

另外,为了确保电网运行和设备安全,无论光伏电站采用何种接入方式,光伏电站与电网只能有唯一一个并网点,并网点应设置易于操作、具有明显开断点的并网总断路器。

## 3 关于防孤岛措施

由于光伏电站孤岛运行可能继续向电网线路送电,会对电网运行和设备人身安全带来隐患,因此,防孤岛运行是并网光伏电站重要的安全措施之一。第 8.2 节规定,公用电网停止供电后,光伏电站必须立即断开与电网的连接,防止在孤岛状态下运行。

防止光伏电站孤岛状态下运行,可在电站内部

和电网侧二个层面上采取措施。

光伏电站内部的并网逆变器一般均具有主动式和被动式两种防孤岛保护。主动式防孤岛保护方式主要有判别频率偏差、有功功率变化、无功功率变动、电流脉冲注入引起阻抗变动等;被动防孤岛保护方式主要有电压相位跳动、3 次谐波变动、频率变化等。当电网故障、光伏电站可能形成孤岛状态的瞬间,逆变器防孤岛保护快速监测、立即动作,将光伏电站并网点并网总断路器断开。

200kWp 及以下小型光伏电站,站内一般只需一台并网逆变器,逆变器防孤岛保护可以满足光伏电站防孤岛的技术要求。因此《规定》中规定小型光伏电站电网侧可以不再设置防孤岛保护。

大中型光伏电站站内一般均配置多台并网逆变器,由于目前多台逆变器之间相关的配合控制还存在技术困难,因此,电网侧需采取防孤岛措施。《规定》第 8.2 节明确规定:大中型光伏电站,公用电网继电保护装置必须保障公用电网故障时切除光伏电站<sup>[1]</sup>。

为防止大中型光伏电站发生孤岛运行,并网光伏电站除按系统要求,需配置并网线路的继电保护、自动装置外,其并网点应设置为光伏电站的防孤岛解列点,解列点应配置防孤岛的解列保护、配置频率控制器。江苏电网并网光伏电站的系统保护、自动装置中均已在并网点配置了频率控制器,电网运行管理部门可合理整定防孤岛解列点解列保护频率控制器的频率偏差值,当电网发生故障、光伏电站有可能形成孤岛的瞬间,由于光伏电站发电功率与孤岛负荷的不平衡,瞬时将产生频率突变,解列保护快速监测、立即断开并网点并网总断路器,从电气(一次)上安全、可靠地将并网光伏电站从电网中切除。将光伏电站的并网点设置为防孤岛解列点,配置相应由频率偏差整定并控制的防孤岛解列保护,可有效地防止光伏电站孤岛运行。

## 4 关于电压调节和无功补偿

《规定》6.2.3 节规定,容量在 200kWp 及以下小型光伏电站,由于容量小对电网无功电压支持非常有限,电网一般不要求其具备无功功率和电压调节能力。因此,小型光伏电站的并网逆变器只需具备:当其输出有功功率大于其额定功率的 50% 时,功率因数应不小于 0.98 (超前或滞后),输出有功功

率在20%~50%之间时,功率因数应不小于0.95(超前或滞后)<sup>[1]</sup>的功能,接入电网时,不需要考虑无功补偿。

大中型光伏电站原则上均应配置无功电压控制系统,并应具备无功功率及电压调节控制能力。

品质优良的并网逆变器一般均具有一定的无功调节能力,并网光伏电站可利用逆变器无功调节功能,在额定功率因数1.0~±0.95(0.9)范围进行无功调节。其调节模式大致可分为按照电网调度指令、给定的电压曲线以及并网点电压变化三种。并网光伏电站可根据电网运行管理部门的要求,在无功可调节范围内,通过电站无功电压控制系统,自动跟踪调节光伏电站的无功出力,并控制并网点电压。因此,对具备无功电压调节控制能力的光伏电站原则上不需要再另行装设无功补偿装置。

由于目前江苏南京地区已并网以及正在建设准备并网的光伏电站,其并网逆变器的无功调节功能大多尚未得到全面开发和利用,其额定功率因数均设定为1.0(或0.99),不具备无功调节能力。因此,为保证光伏电站并网点的电压水平和电网的电压质量,大中型光伏电站应按照《规定》的要求,配置相应容量的无功补偿装置。

《规定》第6.2.2节规定:对于专线接入公用电网的大中型光伏电站,其配置的容性无功容量应能够补偿光伏电站满发时站内汇集系统、主变压器的全部感性无功及光伏电站送出线路一半的感性无功功率之和;其配置的感性无功容量应能够补偿光伏电站送出线路的一半充电无功功率<sup>[1]</sup>。

《规定》设有对T接于公用电网的光伏电站的无功补偿方式及容量作具体的规定。由于T接配电网的结构相对比较复杂,T接线路一般不会太长,T接的光伏电站容量相对又较小。因此,T接光伏电

站的无功补偿可以不影响线路T接前的无功电压水平和电网电压质量为原则进行补偿。在接入系统时可结合电网实际考虑以下二种方法来确定光伏电站的无功补偿装置类型及容量:①光伏电站“全额满出力”、“零出力”二种典型运行方式,光伏电站T接点的注入潮流功率因数为1.0,所对应的光伏电站的容性、感性无功出力为无功补偿容量。②光伏电站的容性补偿容量以全额补偿电站满发时站内汇集系统、主变压器及T接线路的全部感性无功之和;感性无功容量:补偿T接线路一半充电无功功率。

按照《规定》第6.2节的要求,并网光伏电站配置的无功补偿容量应是可调节的。

## 5 结束语

综上所述,光伏电站最终确定的并网方式、无功补偿类型、容量,应是综合考虑光伏电站总装机容量、周边电网实际情况,因地制宜地选择技术、经济均优的接入系统方案。

### 参考文献:

- [1] 国家电网公司.光伏电站接入电网技术规定(Q/GDW617-2011)[Z]. 2011.
- [2] 江苏省电力公司.光伏电站接入系统导则[Z]. 2010.
- [3] 赵争鸣,雷一,贺凡波,等.大容量并网光伏电站技术综述[J]. 电力系统自动化, 2011, 35(12): 101-107.

### 作者简介:

谈康(1981-),男,江苏常州人,助理工程师,从事自备电厂管理及有序用电管理工作。