

[文章编号] 1671-802X(2011)02-0012-03

# 含有光伏电源的微网综述

王锡琳

(安徽蚌埠供电公司, 安徽 蚌埠 233000)

[摘要] 伴随世界范围内的环境、能源问题凸显,光伏发电越来越体现出其优越性。但是光伏具有随机性、波动性以及不可控性,其大量直接接入电网会对电力系统产生不利影响。文中在介绍光伏发电的基础上,提出了将光伏通过微网接入,利用微网的自我控制能力来调度微网中的多种分布式电源补偿光伏的功率波动。为光伏的大量接入提出了参考性意见。

[关键词] 光伏发电;最大功率追踪(MPPT);微网

[中图分类号] TM914

[文献标识码] A

## 引言

进入21世纪随着全球经济的发展,能源需求越来越大,传统化石能源逐渐枯竭,环境问题日益严重。清洁无污染的可再生能源的发展和越来越受到世界各国的广泛关注<sup>[1-2]</sup>。不排放有害气体、不排放温室气体、可靠、寿命长、无噪音的光伏发电成为当今各国发展的重点<sup>[3-6]</sup>。但由于光伏电站自身不同于常规电源的发电特点,使得并网光伏电站及其接入系统的安全、稳定、可靠运行成为了电网及光伏电站都需要面临的新挑战。

微网是针对中低压层面上分布式电源的接入问题而提出的,可以使得分布式电源灵活、高效的运行。它是分布式电源发电发展的高级形式<sup>[7]</sup>。微网从系统观点看问题,将发电机、负荷、储能装置及控制装置等结合,形成一个单一可控的单元,同时向用户供给电能和热能。微网能够尽可能的维持功率的局部优化和平衡,有效的减小分布式电源的波动对电网的影响,降低输电线路的负荷,减小网损。另外,微网可以在外部电网故障时保持独立运行,继续向重要负荷供电,提高了用电的安全性和可靠性。

微网适用于分布式电源的接入,具有一定的能量管理能力,在城市中通过微网接入光伏电源成为理想的选择。

## 1 光伏发电

光伏(PV Photovoltaic)是利用太阳能电池半导体材料的光伏效应,将太阳光辐射能直接转换为电能的一种

新型发电模式。近二十年,在世界范围内光伏发电产业迅速发展,光伏发电量的平均年增长率为30%。其中德国的光伏发展最为迅速,至2010年第一季度,德国光伏的累积装机容量已达10GW,占世界光伏累计装机容量的42%。紧跟国际步伐,我国也开始积极发展光伏发电,光伏电池年产量位居世界第一,而光伏发电市场发展相对迟缓。预计2010年底,我国光伏系统累计安装量只有1GW,与全球装机容量相比所占份额非常小。

### 1.1 国内外的研究工作

鉴于光伏发电的巨大潜力,国内外在这一领域展开了广泛的研究工作。

杭州电子科技大学在2008年建立了国内第1个光伏发电微网试验研究系统,光伏发电比例达50%,包含120kW的柴油发电机和蓄电池组,光伏预期年发电量为120kWh,每年可节约48t标准煤,现已成功向2座教学楼供电,实现了微网在实验研究阶段的转化<sup>[8]</sup>。

2003年,日本Ohta城开展了一项针对包含多个光伏系统的电压控制的研究。在这项研究中,电力系统大约连接了500个装有光伏系统房屋,电能质量被详细的记录下来,并且测试了电压控制器和孤岛探测器的性能。这一研究为配电网中大量接入光伏电源提供了参考依据。

另外,欧美等国家也在光伏电池的转换效率研究,光伏发电的广泛应用及相关的促进政策等方面取得了显著的成果。

### 1.2 PV发电系统的运行特性

\*[收稿日期] 2011-02-12

[作者简介] 王锡琳(1982-)男,安徽蚌埠人,助理工程师,研究方向:电力系统及其自动化。

典型的并网发电逆变系统如图 1 所示。图中,代表本地负载的 RLC 并联电路通过节点 a 与逆变后的光伏发电系统连接,同时通过变压器、断路器与大电网并网运行。

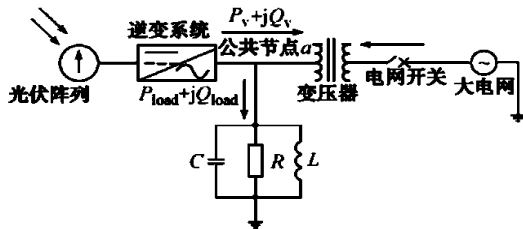


图 1

光伏电池的功率输出模型可表示为<sup>[9]</sup>:

$$P_{PV} = P_{STC} \frac{G_{ING}}{G_{STC}} [1 + k(T_c - T_r)]$$

其中  $P_{PV}$  为实际输出功率,  $P_{STC}$  为标准测试条件下的最大输出功率,  $G_{ING}$  为实际光照强度,  $G_{STC}$  为标准测试条件下的光照强度;  $k$  为功率的温度系数,  $T_c$  为电池温度,  $T_r$  为参考温度。

光伏电池的出力特性由光伏电池的种类,环境温度和光照强度共同决定。其中环境温度和光照强度是不可控因数,使得光伏电源的出力难以维持稳定;当光伏电池通过电力电子设备并入电网中时,其动态特性还包括了电力电子设备及其控制系统的特性。从数学上讲,光伏发电系统是一个由上述各环节相互耦合的强非线性系统,其动态特性是各元件在各个时间尺度上动态特性的叠加,这为光伏发电系统的特性分析带来了较大困难,但详细了解光伏发电的动态特性对系统运行人员而言却又是十分重要的。

### 1.3 光伏发电系统的相关技术问题

**最大功率追踪。**考虑到经济性,光伏电池的投资成本高,运行成本低,因此要保证光伏电池始终工作在最大功率状态,也就是最大功率追踪(MPPT)问题。由于光伏电池的输出电压和输出电流随着日照强度和电池结温的变化具有强烈的非线性,因此在特定的工作环境下存在着一个唯一的最大功率输出点,也就存在着一个最大功率输出点跟踪的问题。

**电能质量。**环境温度、太阳辐射强度受天气的影响很大,尤其是在多云天气表现出较强的随机性,难以预测,导致了光伏出力的随机性。为了减小光伏电池大量并入对电能质量的影响,需对其进行相应的功率补偿,保证整体功率输出稳定。常用的补偿单位有储能单元、微型燃气轮机、燃料电池等。

**继电保护设计。**引入光伏发电电源后,配电网将成为一个多电源系统,这要求继电保护设备具有方向性,因此

需重新考虑继电保护装置的设计和应用思路。其他的还有孤岛检测、低电压穿越、通信技术等。上述问题都可以在微网的框架内得以解决。

## 2 微网

微网是一个能够实现自我控制、保护和管理的配电系统,是由分布式电源、储能单元、能量转换装置、负荷和相关监控、保护装置汇集而成的自治系统。小型发电系统既可以与外部电网并网运行,也可以孤立运行,可同时向用户供给电能和热能。从微观上看,微网具备完整的发输配电功能,可以实现局部的功率平衡与能量优化,是个小型的电力系统。从宏观看,微网又可以看成是一个等效的电源或符合。微网与带有负荷的分布式发电系统的本质区别在于同时具有并网和独立运行能力。在接入问题上,微电网的入网标准只针对微电网与大电网的公共连接点(PPC),而不针对各个具体的微电源<sup>[10]</sup>。这样就可以利用微网技术可整合多种形式的分布式电源及负荷,并考虑当地配电网的特点,在一个局部区域内直接将分布式电源、电力网络和本地用户有机地组合在一起,减小大电网调度的负担,提高了电能的安全性和稳定性。

当前微网的研究受到世界各国的关注。各国对微网的研究主要包括以下问题:微网的运行特性及其与外部电网相互作用的机理;微网的能量管理与优化运行(经济与环境);微网电源的配置与协调控制。微网的运行状态及其相互转换如图 2 所示:

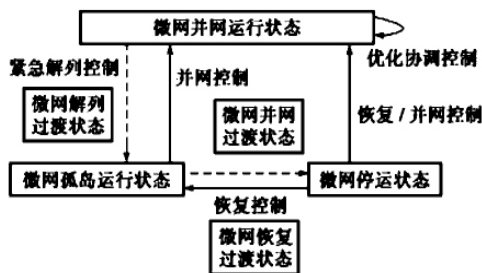


图 2

已有的研究和实践表明,将分布式电源通过微网的形式接入到电网中运行,是最有效的利用分布式电源的形式,具有显著的社会效益和经济效益。具体的优势如下:①方便分布式电源的接入,提高分布式能源的利用率;②减小光伏之类的分布式能源功率波动对电能质量的影响;③电网发生故障时可维持对重要负荷的供电;④减小输电线路的负担,降低网损等。

## 3 包含光伏发电的微网

城市光伏发电前景广阔。以上海为例,共有两亿平米的建筑屋顶,现有光伏电池在标准条件下的功率都高于  $100\text{W}/\text{m}^2$ 。若这些面积全部利用起来,其装机容量要大于一个三峡。但光伏发电系统等分布式电源的输出功率具

有波动性、随机性、间歇性的特点。微网采用微燃机、燃料电池、储能装置等实现微网中的功率平衡调节,大大降低间歇式分布式电源对电网的影响,增强功率调节的可控性。微网的自我控制能力可对微网的运行状态进行跟踪,并通过专门的通信网络向各个微电源发出控制信号,各个微电源都服从统一调度、集中分配。

由于 MPPT 技术,光伏出力是一定温度和光照下的最大值,随温度和光照的变化而波动,为了使得功率补偿设备能够及时响应光伏的功率波动,就要求微网中互补发电的功率能够快速变化,以适应光照强度和温度的变化。另外在选用功率补偿装置时还要考虑成本因素和环境因素,尽可能的少选用超级电容等储能装置,寻求一功率补偿装置的最优配置。

在微网中通过具有快速起停有快速负荷调节特性的燃气轮机、燃料电池来补偿光伏出力的波动,使得整个系统的出力在一段时间内有稳定的输出,克服仅仅由光伏电池的出力波动对电网造成的不利影响,解决光伏电池对电网稳定性所引起的技术问题,同时通过调节燃气轮机和燃料电池的输出,使得整个发电系统具有良好的可调度性。这一技术方案在现有的技术条件下,对于在城市中光伏的大规模开发具有十分重要的意义。

#### [参考文献]

[1] 刘杨华,吴政球,涂有庆,黄庆云,罗华伟.分布式发电及其并网技术综述[J].电网技术,2008,32(15).

[2] Rob A.Steeman,Photovoltaics:from Alternative Energy to Mature Industry,IEEE,2010.

[3] 蔡宣三.太阳能光伏发电发展现状与趋势[J].电力电子,2007,(2).

[4] Noridzuan Idris, Ahmad Malik Omar. "Stand-Alone Photovoltaic Power System Applications in Malaysia" in Power Engineering and Optimization Conference (PEOCO), 2010 4th International.

[5] Benjamin Kroposki, Gregory. "Hybrid Renewable Energy and Microgrid Research Work at NREL" in Power and Energy Society General Meeting, 2010 IEEE.

[6] Toshihisa Funabashi, Ryuichi Yokoyama. "Microgrid Field Test Experiences in Japan", in Power Engineering Society General Meeting, 2006. IEEE.

[7] Ming Ding, Yusheng Xue, Meiqin Mao, Liuchen Chang. "Research and Development of Distributed Generation in China", Power & Energy Society General Meeting, 2009. PES '09. IEEE

[8] 李振杰,袁越.智能微网未来智能配电网新的组织形式[J].电力系统自动化,2009,33(17).

[9] 丁明,张颖媛,茆美琴,杨为,刘小平.集中控制式微网系统的稳态建模与运行优化[J].电力系统自动化,2009,33(24).

[10] 鲁宗相,王彩霞,阎勇,周双喜,吕金祥,王云波.微电网研究综述[J].电力系统自动化,2007,31(19).

(上接第 98 页)

#### 3.鼓励开发核心技术,提升出口产业档次

导致我国出口产业缺少核心技术、出口产品技术水平落后的原因主要有两点:(1)对研发投入的不足,严重制约了新技术的开发,今后我国应在财政上对此予以倾斜,并逐步引导企业加大对技术研发的投入;(2)我国长期实行奖出限入的出口退税政策,提倡出口创汇,这在很大程度上使出口企业只重视出口产品的数量而非质量的增长,因此我国应摒弃不惜代价追求出口数量的外贸发展策略,修正或取消对出口的过份鼓励政策,使企业能进行科技创新,依靠科技的进步实现外贸的健康成长。

#### 4.改便经济增长模式,提高能源利用率

虽然出口贸易的发展消耗很多资源,但为了保护有限的资源而减少出口贸易的做法亦是不现实的,最可行的方法就是提高资源的利用率,改变过去那种“高投入、低产出”的粗放型发展模式。我国主要矿产资源的总回收率约为 30%,与世界先进水平相比低了近 20 个百分点,

这表明我国在降低能耗方面还有很大的空间,我国可以借鉴西方国家的某些做法,如加强对资源消耗大户的监管,提高环境成本在产品总成本中的比重,使出口企业感受到资源过度消耗的压力,促使其采用新技术、新工艺,最大限度的降低能源消耗,使出口贸易的增长不会带来资源消耗的大幅提升。

#### [参考文献]

[1] 王子先,王雪坤.如何看待我国外贸依存度提高问题[J].对外经贸统计,2004,(3):12-15.

[2] 傅钧文.外贸依存度国际比较与中国外贸的结构型风险分析[J].世界经济研究,2004,(4):24-29.

[3] 陈晓芳.中国对外贸易依存度分析[J].科技情报开发与经济,2006,(19):113-114.

[4] 杨帆.透视汇率—兼论非均衡市场与中国涉外经济、股票和房地产[M].北京:中国经济出版社,2005.