

# 光伏逆变器技术现状与发展

蹇芳<sup>1</sup>, 李志勇<sup>2</sup>

(1. 南车株洲电力机车研究所有限公司, 湖南 株洲 412001; 2. 中南大学 信息科学与工程学院, 湖南 长沙 410083)

**摘要:** 光伏逆变器是光伏发电系统的关键设备, 其性能好坏直接决定整个光伏发电系统能否安全、可靠、高效地并网发电。文章总结了当今流行的光伏逆变器的基本形式、发展现状、所面临的挑战和解决方案, 并展望了光伏逆变器的未来发展。

**关键词:** 光伏发电; 逆变器; 拓扑结构; 技术现状; 展望

中图分类号: TN32

文献标识码: A

文章编号: 2095-3631(2014)03-0005-05

## Technology Status and Future Development of PV Inverter

JIAN Fang<sup>1</sup>, LI Zhi-yong<sup>2</sup>

(1. CSR Zhuzhou Institute Co., Ltd., Zhuzhou, Hunan 412001, China;

2. School of Information Science and Engineering, Central South University, Changsha, Hunan 410083, China)

**Abstract:** PV inverters are the critical equipments of PV generation system, whose performance can directly determine whether the power generation system can realize safe, reliable and effective grid-connected power generation. The basic strategy, development status, facing challenges and solutions were introduced and the expectation for future development of PV inverters was given.

**Keywords:** PV power generation; inverter; topology; technology status; expectation

## 0 引言

随着能源危机和环境保护的压力急剧增加, 太阳能作为一种具有分布广、无污染特点的新能源得到大力发展。光伏逆变器作为光伏并网发电的核心部件之一, 在国外内市场规模均保持快速增长<sup>[1]</sup>。光伏逆变产品价格持续下滑的同时, 2013年国内新增装机容量达到11.3 GW。

光伏逆变技术的日益成熟和光伏并网发电普及度的迅速上升, 对光伏逆变器的标准化、稳定性、安全性提出了更高的要求<sup>[2-3]</sup>。借鉴德国、澳大利亚制定光伏标准的成功经验, 2009年北京鉴衡认证中心、中科院电工所、全国太阳光伏能源系统标准化技术委员会等单

位和部门共同编写了光伏逆变器认证技术规范。此规范包括性能指标、电磁兼容、保护功能、绝缘耐压、外壳防护等级方面的要求, 并要求大中型电站必须具备一定的低电压穿越能力以及光伏并网系统应具备一定的反孤岛能力。

市场决定了逆变器的需求, 政策引导逆变器发展方向, 而不同场合、不同需求则对应不同的逆变结构和技术。例如, 当光伏直流侧电压过低时, 需要升压后并网, 一般选用Boost拓扑结构的逆变器, 反之选用Buck拓扑结构。对用户而言, 逆变器的性能决定了所接收的电量和电能质量; 对企业而言, 准确把握逆变器发展趋势, 决定着企业获取利润的大小。由此可见, 无论是对于用户还是企业, 对光伏逆变器的准确认知都是十分必要的。

本文按光伏逆变所连接的直流侧特征进行分类, 针对其典型的逆变拓扑结构进行分析, 从整体趋势和

收稿日期: 2014-03-10

作者简介: 蹇芳(1977-), 男, 高级工程师, 长期从事轨道交通逆变器、光伏逆变器的研发工作。

新兴热点技术出发展望了发光伏逆变器未来的发展。

## 1 光伏逆变器的类型

光伏逆变系统负责将光伏板产生的直流电转变为交流电输入电网或直接供给负荷,其结构包括DC/AC主电路以及DC/DC转换电路、变压器、检测单元和控制器等外围辅助装置(图1)。为了保证光伏发电的稳定性和高效性,光伏逆变通常具备最大功率点跟踪(MPPT)、电压频率和相位调制、防孤岛和低电压穿越等功能。

光伏逆变器的分类方式多种多样<sup>[4]</sup>。根据逆变器的输出波形可分为方波逆变器、阶梯波逆变器和正弦波逆变器;根据逆变控制方式可分为调频式(PFM)逆变器和调脉宽式(PWM)逆变器;根据逆变器输出相数可

分为单相逆变器和三相逆变器等。本文根据逆变系统直流侧所连接的光伏阵列、光伏组串和光伏组件的区别,将光伏逆变器分为集中式逆变器、组串式逆变器和组件模块(表1)。表1中示出与之相应的交流侧应用环境情况以及并网发电的主要特点和要求。

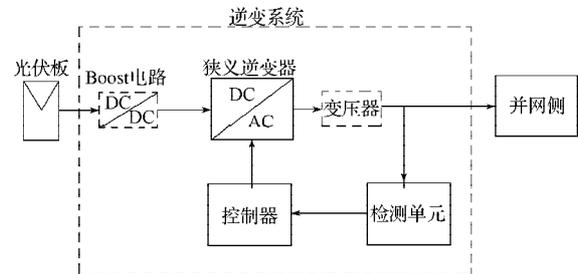


图1 光伏逆变系统

Fig. 1 System of PV inverters

表1 光伏逆变系统分类

Tab. 1 Classification of PV inverter systems

逆变形式	直流侧	交流侧	特点
(低、高压)集中式逆变(50 kW以上)	光伏阵列	大型地面光伏电站、 大型商业屋顶和工业厂房屋顶	①须考虑低电压穿越和反孤岛效应; ②在大面积日照均匀条件下的低成本解决方案
(单、多路)组串式逆变(3~50 kW)	光伏组串	住宅型屋顶和小型商业屋顶	①须考虑反孤岛效应; ②中等面积,不同区域的日照条件存在差异
(直、交流)组件模块(200 W~3 kW)	光伏组件	户用低压(220 V/380 V)	①安全、家电化; ②适宜于阴影等复杂光照条件

## 2 光伏逆变器的拓扑结构

光伏逆变产品的功率等级一般分为大功率、中功率和小功率。大功率光伏逆变器的系统功率均在50 kW以上,目前单级容量已达兆瓦级,普遍采用集中式逆变;中功率光伏逆变器的系统功率为3~50 kW,多为组串式逆变;小功率光伏逆变器的系统功率约为200 W~3 kW,往往采用组件模块的形式。在实际应用中,根据功率需求、应用场合和光照条件,选用不同类型的光伏逆变器,不仅有利于降低系统成本,而且可以提高系统可靠性,减少系统损耗。下文介绍当前主流的集中式逆变器、组串式逆变器和组件模块的拓扑结构。

### 2.1 集中式逆变器

集中式逆变器的直流侧一般连接数量众多串并联的光伏组件组成光伏阵列。这类逆变器具有成本较低、可靠性高等优点,控制技术较为成熟,效率在98%以上,谐波畸变率可限制在3%以下,输出功率因数稳定,在电磁兼容方面表现出较好的抗干扰能力,一定程度上能够有效适应电网电压波动。目前,主流的集中式逆变器产品多采用三相二电平逆变拓扑结构(图2)。

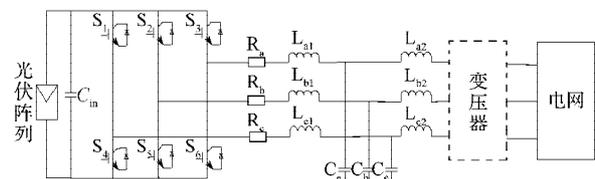


图2 三相二电平逆变电路

Fig. 2 Three-phase double-level inverter circuit

集中式三相二电平逆变器由直流侧支撑电容器、逆变主电路和交流侧滤波电路等3个部分组成。直流侧支撑电容器用于稳定光伏阵列的输出电压,薄膜电容器凭借其相对较高的介电常数和较大的能量密度正在逐渐取代电解电容器,成为现在最为流行使用的直流侧支撑电容;三相二电平逆变主电路通过控制开关管通断,将直流电逆变为交流电,同时实现MPPT以及电压频率和相位调制,并设置了防孤岛、低电压穿越等功能;交流侧滤波电路用于滤除谐波,这里采用LCL电路较有利于用较小电感降低谐波畸变率;最后通过变压器满足不同电压等级的并网要求<sup>[5]</sup>。

随着大型光伏电站规模和并网电压等级的不断提高,集中式逆变器面临着容量和电压两方面的考验,促成了集中式并联型光伏逆变器和集中式多电平光伏逆