

# 智能高效光伏发电系统的技术与产业化研究

## Research on the Technology and Industrialization of Intelligent and Efficient Photovoltaic Power Generation System

程建彬<sup>1</sup> 陆海君<sup>1</sup> 罗丽<sup>1</sup> 叶荣生<sup>2</sup> 曾燕平<sup>3</sup>

Jianbin Cheng<sup>1</sup> Haijun Lu<sup>1</sup> Li Luo<sup>1</sup> Rongsheng Ye<sup>2</sup> Yanping Zeng<sup>3</sup>

1.衢州骄阳新能源科技有限公司 中国·浙江 衢州 324000

2.衢州金源宏泰制冷剂有限公司 中国·浙江 衢州 324000

3.浙江象睿机电设备有限公司 中国·浙江 衢州 324000

1.Quzhou Jiaoyang New Energy Technology Co., Ltd., Quzhou, Zhejiang, 324000, China

2.Quzhou Jinyuan Hongtai Refrigerant Co., Ltd., Quzhou, Zhejiang, 324000, China

3.Zhejiang Xiangrui Electromechanical Equipment Co., Ltd., Quzhou, Zhejiang, 324000, China

**摘要:** 能源是经济社会发展的重要物质基础。工业革命以来,世界能源消费激增,煤炭、石油、天然气等化石能源资源消耗迅速,生态环境不断恶化。特别是温室气体排放导致日益严峻的全球气候变暖,人类社会的可持续发展受到严重威胁。

**Abstract:** Energy is an important material basis for economic and social development. Since the industrial revolution, the world's energy consumption has surged, coal, oil, natural gas and other fossil energy resources have been consumed rapidly, and the ecological environment has been deteriorating. In particular, greenhouse gas emissions lead to increasingly severe global warming, and the sustainable development of human society is seriously threatened.

**关键词:** 智能高效光伏发电系统; 先进技术; 产业化发展

**Keywords:** intelligent and efficient photovoltaic power generation system; advanced technology; industrialization development

**DOI:** 10.12346/peti.v3i4.6420

## 1 引言

可再生能源开发利用日益受到国际社会的重视,许多国家提出了明确的发展目标,制定了支持可再生能源发展的法规和政策,一些新能源和可再生能源被不断地开发,在整个能源构成中的比例也将越来越大。

## 2 智能光伏组件电性能测试技术概述

目前,在测试传统光伏发电系统适用的独立逆变器时,为了能够精确仿真太阳能电池板在特定环境条件下的输出,通常采用专用的太阳能方阵模拟器,用于模拟各种环境下太阳能电池板的输出特性,精确地复现出不同环境条件下的I-V输出特性曲线,以此实现对逆变器的测试。但是,智能组件集光伏组件和逆变器等部件于一体,尽管可以采用太阳

能方阵模拟器来测试除光伏组件以外电子部分的性能,然而更需要测试的是智能组件的整体性能,因此,需要研究设计一种前端使用太阳模拟器的测试方法。

该测试方法的前端光源将采用稳态太阳模拟器和脉冲式太阳模拟器相结合。稳态太阳模拟器是在工作时输出辐照度稳定不变的太阳模拟器,它的优点是能提供连续照射的标准太阳光,使测量工作能从容不迫地进行。缺点是为了获得较大的辐照面积,它的光学系统,以及光源的供电系统非常庞大。因此,比较适合于制造小面积太阳模拟器。脉冲太阳模拟器在工件时并不连续发光,只在很短的时间内(通常是毫秒量级以下)以脉冲形式发光。其优点是瞬间功率可以很大,而平均功率却很小。其缺点是由于测试工作在极短的时间内进行,所以数据采集系统相当复杂,在大面积太阳电池组件

**【作者简介】**程建彬(1987-),男,中国浙江衢州人,光伏材料技术员,从事新能源技术的研发、光伏电站项目开发、运行维护等研究。

测量时,一般都采用脉冲式太阳模拟器,用计算机进行数据采集和处理。

目前,中国一般的太阳能电池生产企业采用较多的是脉冲式闪光太阳模拟器,因为能上生产线的都是相对比较成熟的太阳能电池,响应速度相对较快。但是测试逆变器等部门一体化的智能组件的话,由于存在整体响应速度、稳定性等问题,因此需要配合连续稳态太阳模拟器<sup>[1]</sup>。而两种太阳模拟器光辐射在光谱匹配度、空间均匀性、时间稳定性等方面的配合还需要进一步研究。

### 3 智能高效光伏发电系统的关键技术分析

#### 3.1 逆变电路的高效率变换技术

为了减小包括逆变器在内的电子部分的整体体积,要求提高逆变器的开关频率,而开关频率的提高必然导致开关损耗升高、变换效率下降,因此小体积与高效率两者之间是矛盾的。高频软开关技术是解决两者矛盾的有效方法,软开关技术可以在不增加开关损耗的前提下提高开关频率。研究和开发简单有效的软开关技术并将软开关技术与具体的逆变电路拓扑相结合是智能光伏组件开发需要解决的关键问题之一。

#### 3.2 并网电流控制技术

传统的集中式并网逆变器中一般采用电流闭环控制技术保证进网电流与电网电压同频同相,实现高质量的并网电流控制,如采用PI控制、重复控制、预测电流控制、滞环控制、单周期控制、比例谐振控制等控制方法,上述方法都需要采用电流霍尔等元件采样进网电流,进而实现并网电流的控制。由于智能光伏组件的小功率特色,为了降低单位发电功率的成本,且考虑到体积要求,开发新型的高可靠性、低成本小功率并网电流控制技术是智能光伏组件开发需要解决的另一个关键性问题。

#### 3.3 高效率、低成本最大功率点跟踪技术

光伏发电系统的效率为电池板的光电转换效率、最大功率点跟踪效率和逆变器效率三部分乘积,高效率最大功率点跟踪技术对光伏发电系统的效率提高和成本降低有十分重要的意义。常见的最大功率点跟踪算法包括开路电压法、短路电流法、爬山法、扰动观察法、增量电导法以及基于模糊和神经网络理论的智能跟踪算法等,上述方法中一般需要同时检测光伏输出侧电压和电流,进而计算出并网功率。微逆变器的光伏侧输入电压低,因此光伏侧的电流较大,如果采用电阻检测输入侧电流,对微逆变器的整机效率影响较大,而采用霍尔元件采样光伏侧电流则会增加系统成本及逆变器体积,因此需要开发新型的无需电流检测的高效率最大功率点跟踪技术<sup>[2]</sup>。

#### 3.4 孤岛检测技术

孤岛检测是光伏并网发电系统必备的功能,是人员和设

备安全的重要保证。针对智能光伏组件的特殊应用需求,开发简单、有效、零检测盲区、不影响进网电流质量的孤岛检测技术是智能光伏组件开发需要解决的一个重要课题。

#### 3.5 无电解电容功率变换技术

光伏组件的寿命一般为20~25年,因此要求智能光伏组件中除太阳能电池板以外的电子部分的寿命必须接近光伏组件,而功率变化功能中使用的电解电容是电子部分寿命的瓶颈,要使智能光伏组件整体寿命达到20~25年,必须减少或避免电解电容的使用。因此,研究和开发无电解电容功率变换技术是智能光伏组件开发需要解决的关键问题。

#### 3.6 信息通信技术

为了实现在太阳能发电系统中对光伏组件单体进行直接控制,以实施有效的监测与管理,因此需要低成本、高效、高可靠性信息通信技术作为保证,本项目可以利用ARM和DSP芯片都带有完善的通信接口,采用有线或者无线以太网技术解决该问题。

### 4 智能高效光伏发电系统技术应用和产业化前景

《太阳能光伏产业十二五发展规划》指出,从中国未来社会经济发展战略路径看,发展太阳能光伏产业是中国保障能源供应、建设低碳社会、推动经济结构调整、培育战略性新兴产业的重要方向。“十二五”期间,中国光伏产业将继续处于快速发展阶段,同时面临着大好机遇和严峻挑战。太阳能光伏市场应用将呈现宽领域、多样化的趋势,适应各种需求的光伏产品将不断问世,除了大型并网光伏电站外,与建筑相结合的光伏发电系统、小型光伏系统、离网光伏系统等也将快速兴起。太阳能电池及光伏系统的成本持续下降并逼近常规发电成本,仍将是光伏产业发展的主题,从硅料到组件以及配套部件等均将面临快速降价的市场压力,太阳能电池将不断向高效率、低成本方向发展。

“十二五”期间,光伏产业保持平稳较快增长,多晶硅、太阳能电池等产品适应国家可再生能源发展规划确定的装机容量要求,同时积极满足国际市场发展需要。支持骨干企业做优做强,到2015年形成:多晶硅领先企业达到5万吨级,骨干企业达到万吨级水平;太阳能电池领先企业达到5GW级,骨干企业达到GW级水平;1家年销售收入过千亿元的光伏企业,3~5家年销售收入过500亿元的光伏企业;3~4家年销售收入过10亿元的光伏专用设备企业<sup>[3]</sup>。

由于传统的光伏组件封装技术和设备相对简单,是光伏产业链中相对劳动密集型环节,一般有太阳电池生产线的大型企业一般也都配有组件封装生产线。中国有组件封装生产线的企业超过200余家。由于中国劳动力成本较低,组件封装作为劳动密集型产业,在中国比较有竞争优势,部分其他国家的电池也进入中国进行封装。目前组件封装产能已经开

始过剩,新一代的智能化组件的生产恰逢其时,具有广阔的产业化前景。

## 5 结语

综上所述,目前中国和其他国家在这方面的研究基本上都集中在分布式逆变器(亦称微逆变器)领域,而将包括逆变器在内的光伏发电必需的大部分部件全部集成于组件中,形成智能化的光伏组件,还没有产品面市。鉴于此,研究上述智能化光伏组件,并尽快将其产业化,在光伏发电日趋繁

荣的当下,具有较强的现实意义。

## 参考文献

- [1] 于冬,李瑶.储能技术在光伏并网发电系统中的应用研究[J].中国设备工程,2021(24):196-197.
- [2] 李梁.分布式光伏发电系统的并网技术应用[J].电力设备管理,2021(7):102-103.
- [3] 孙珮然.光伏发电系统调频技术及运行成本分析[D].吉林:东北电力大学,2020.