

光伏发电系统并网控制技术现状与发展(上)

The Present Situation and Development of Grid Connected Control for Photovoltaic Power System (1)

武汉大学电气工程学院 查晓明 刘飞

Zha Xiaoming Liu Fei

摘要: 太阳能是理想的可再生能源, 随着太阳能光伏并网发电应用越来越广泛, 光伏并网控制技术成为新的研究热点, 而不同的电路拓扑结构所采用的并网控制策略有所不同, 因此本文对光伏并网发电系统的应用前景以及并网控制技术现状进行了综述, 在介绍光伏并网发电系统的拓扑结构与并网控制技术工作原理的基础上, 按照并网滤波器的分类分别阐述了基于L型、LC型滤波器的单级式三相光伏逆变系统的数学模型与并网电流控制策略。

关键词: 光伏发电 并网控制 逆变器 电压源/电流源

Abstract: The solar power is the ideal renewable energy, and photovoltaic grid-connected control has become a new research hotspot with the widespread application of photovoltaic grid-connected generation. However, the control strategies adopted in different topologies are variable. This paper reviews the application prospects of photovoltaic generation system and present situation of the existing control methods, at the same time, on the basis of the system topology and control principles, discusses the mathematical models and grid-connected current control strategies of the single stage photovoltaic inverter system based on L and LC filter respectively.

Key words: Photovoltaic generation Grid-connected control Inverter Voltage/current source

[中图分类号] TM273

[文献标识码] B

文章编号 1561-0330(2010)02-0037-07

1 光伏并网发电的广泛前景

太阳能是理想的可持续发展绿色能源, 也是21世纪最重要的能源之一。随着全球范围内一次能源的逐渐枯竭以及经济社会发展对能源的需求, 太阳能光伏并网发电商业化已是不可避免。因此太阳能光伏并网发电已是全球新能源领域的研究热点。

太阳能发电只有进入电力系统规模应用, 才能真正对于缓解能源紧张和抑制环境污染起到积极作用, 因此

光伏并网发电的迅猛发展是必然的。全球范围内太阳能光伏电池产能显著增长的同时, 太阳能光伏并网发电的发展步伐逐年加快。据EPIA统计数据, 20世纪末期, 太阳能光伏并网发电容量开始出现逐年扩大趋向。21世纪以来, 全球太阳能光伏并网发电年度并网容量增长44.1倍, 从2000年的287MW递增至2008年的12.95GW, 年均增长率达60.99%, 同比2007年增长72.67%。全球太阳能光伏并网发电并

网累积总量增长10.5倍, 从2000年的1.435GW增长至2008年的16.4GW, 年均增长率为35.6%, 同比2007年增长60.78%; 预计2010年的全球累积并网将接近30GW。

光伏并网发电始于80年代初, 美国、日本、德国、意大利都为此作出了努力。按照当时认识, 建造的都是较大型的光伏并网电站, 规模从100kW到1MW不等, 而且都是政府投资的试验性电站。试验结果在发展相

应的技术方面是成功的，但在经济性方面却并不十分令人鼓舞，主要是由于太阳能电池成本过高，虽然具有明显的减排等环境效益，但其发电成本却很难让电力公司接受。

上个世纪90年代以来，西方发达国家从环境和能源的可持续发展的角度出发，纷纷制定政策，鼓励和支持光伏并网发电^[1-3]。一些发达国家也掀起了发展光伏并网系统的研发高潮。这次的重点并未放在建造大型并网光伏电站方面，而是侧重发展“屋顶光伏并网系统”。人们认为，屋顶光伏并网系统不单独占地，将太阳能电池安装在现成的屋顶上，非常适应太阳能能量密度较低的特点，而且其灵活性和经济性都大大优于大型并网光伏电站，有利于普及，有利于战备和能源安全，所以受到了各国的重视。

德国在1993年首先开始实施由政府补贴支持的“1000个光伏屋顶计划”，继而扩展为“2000个光伏屋顶计划”，同时制定了“可再生能源电力供应法”，规定光伏发电的上网电价为每度电0.99马克（高于常规电价0.8马克/度的电价），极大地刺激了光伏发电市场。截至2008年底，德国可再生能源占总能源供应比例已由2007年的14.1%提升至15%。2009年3月1日，新出台的《关于可再生能源用于取暖市场的措施的促进方针》正式生效，将通过促进投资扩大可再生能源技术在取暖市场中的份额，并由此降低费用及加强可再生能源的经济应用性。

日本在光伏发电与建筑相结合方面已经做出了十几年的努力，1994年1月通产省宣布“朝日七年计划”，计划到2000年推广16.2万套太阳能屋顶住房，总功率达到185MW；1997年又宣布“七万屋顶计划”，日本政府的目标是在2010年光伏屋顶系统总容量达到7600MW。日本光伏屋顶并

网发电系统的特点是：太阳能电池组件和房屋建筑材料形成一体，如“太阳能电池瓦”和“太阳能电池玻璃幕墙”等，这样太阳能电池就可以很容易地被安装在建筑物上，也很容易被建筑公司所接受。目前，日本光伏电力已经逐渐具备了不需要依靠补贴的市场竞争力，到2010年左右，太阳能光伏电力的家庭电价将由现在的47日圆/kWh减至23日圆/kWh，达到现有电价水平，届时政府投入将主要转移到研发和一些示范项目的支持上。

美国也是最早进行光伏并网发电地国家之一，80年代初就开始实施PVUSA(PV Utility Scale Application)计划，首批建立了集中型光伏电站4座，其中容量最大的为6MW(原计划为10MW)；1996年，美国能源部又开始了一项称为“光伏建筑计划(PV-BONUS)”的实施步伐，共投资20亿美元，专门用于开发新型光伏建筑集成材料、采光技术，光伏调峰电力装置及光伏组件用并网发电模块等。1997年6月26日前总统克林顿对国会所作的关于环境和发展的报告提出的“百万太阳能屋顶计划”，这是美国面向21世纪的一项由政府倡导、发展的中长期计划，光伏补贴政策成为美国光伏市场持续增长驱动力。2007年3月，作为“先进能源计划”的一部分，能源部将拨款1.68亿美元用于“13个太阳能计划”，2009年国会又延长了可再生能源发电补贴政策，使其发电上网退税政策得以延续，发电市场得到了法律的保障。

此外，欧盟可再生能源发展目标确立光伏产业发展计划。2007年初，欧盟又提出了新的发展目标，要求到2020年，可再生能源消费占到全部能源消费的20%，可再生能源发电量占到全部发电量的30%。就连发展中国家的印度也在1997年12月宣布到2020年将建成150万套太阳能屋顶并网发

电系统。

许多统计资料表明，近几年世界光伏并网发电市场发展迅速，随着全球各国太阳能屋顶计划的制定，以及各种减免税政策和补贴政策的相继出台，太阳能光伏产业发展逐渐成熟，绿色电力价格将为光伏市场的发展提供坚实的物质基础。光伏电力市场将逐步由边远地区和农村的补充能源向全社会的替代能源过渡。因此，太阳能光伏产业已经从解决边远地区用电和特殊用电逐步转向并网发电和建筑结合供电相结合的发展方向迈进。

我国并网光伏发电起步较晚，在科技部“九五”和“十五”期间把“屋顶并网光伏发电系统”列入“国家科技攻关计划”以后，在深圳和北京分别建成了100kW、17kW、7kW和5kW的光伏屋顶并网发电系统并成功地实现了并网发电。后来的“十一五”科技攻关计划关于兆瓦级大型光伏并网发电系统的技术开发和试点研究开展以后，取得了进展并发展很快。截至2007年底，全国共有大中型太阳能光伏并网发电系统已经建成十余个。无锡国家工业设计园300kW光伏并网工程，作为城市分布式小电源的300kW屋顶光伏并网电站，安装在9个屋顶上，总面积为2500平方米，实施400V并网。该示范项目主要是在2006年1月国家实施《中华人民共和国可再生能源法》之后探索在政策上和规模化建设和运营光伏并网电站的运作可行性。另外兆瓦级的光伏并网发电站目前建成运行的已有2个，一个是发电总装机容量达到1兆瓦的深圳国际园林花卉博览园光伏并网发电系统已投入使用；另一个是上海崇明兆瓦级太阳能光伏电站，该电站装机容量1.046兆瓦，年平均上网电量约107.3万千瓦时。目前正式进入商业试运行，这是目前我国迄今发电量最大、进入商业运营的太阳能光伏电站。其它处于申

报和建设中还有甘肃敦煌8MW的大型光伏并网发电系统已完成项目选址和科研报告;尚德光伏研发中心大楼1MW光伏建筑一体化(BIPV)光伏并网电站。该项目现处于大楼建设阶段,这是目前为止全国最大的光伏玻璃幕墙工程。

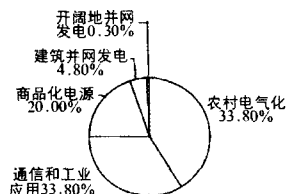


图1 2006年中国光伏发电市场份额

如图1所示,2006年中国光伏并网发电的两种形式,建筑并网发电和开荒地并网发电总共所占市场份额5.1%,还远落后于世界并网发电的发展速度以及市场规模,但是随着中国关于并网发电的政策法规相继颁布和落实,中国并网发电的市场前景还是值得乐观的。

2 光伏并网系统电路拓扑结构

如图2所示的光伏并网拓扑结构有很多形式,最普遍的有采用单级变换和两级变换拓扑结构,两级变换拓

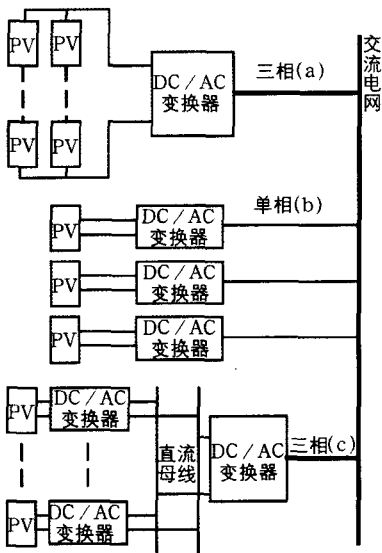


图2 光伏并网3种典型拓扑结构

扑结构一般由形式多样的DC/DC变换器和DC/AC并网逆变器组成。前端的DC/DC变换器一般是比较常见的BUCK、BOOST、BUCK-BOOST、CUK或者推挽电路等等,用来实现光伏电池输出功率的最大功率跟踪,前端DC/DC环节还需要实现蓄电池储能功能;而DC/AC一般是单相或三相的并网逆变器实现并网、有功调节、无功补偿或者是谐波补偿等功能,如果是单级变换拓扑结构就只有后端的DC/AC有源逆变部分。DC/AC逆变环节目前通用的拓扑采用单相半桥或全桥电压型逆变器以及三相全桥电压型逆变器。

如上分析,光伏并网电路结构中,DC/AC逆变环节是光伏发电系统能否实现并网的关键,因此其并网控制技术也是目前研究重点。

3 光伏系统并网控制技术概述

独立光伏发电系统容量不容易确定,储能环节充放电损耗比较大,同时调节能力有限,投资成本较高。为了优化电力结构和方便统一调度,并网发电已是大势所趋。为了不影响电网的质量,必须保证使发电系统的输出电压与电网电压在频率、相位和幅值上保持高度一致,而且发电系统和电网间功率能够双向调节。这就牵涉到功率因数校正、大功率变换以及高稳定性系统设计等技术。在这些技术中光伏逆变器的并网控制是关键。而光伏逆变器并网一般采用两种方式:电压源型并网方式^[4]与电流源型并网方式^[5-8]。

3.1 电压源型并网控制技术

逆变器控制为正弦电压源并网:基本控制原理图如图3所示, V_{out} 和 V_{ih1} 分别表示PWM电压型逆变器输出电压的基波和由于死区效应等因素造成的谐波; V_{grid} 和 V_{ih2} 则分别表示电网电压的基波和在谐波分量中占主要部

分的低次谐波; V_m 为逆变器需要主动注入的谐波分量。

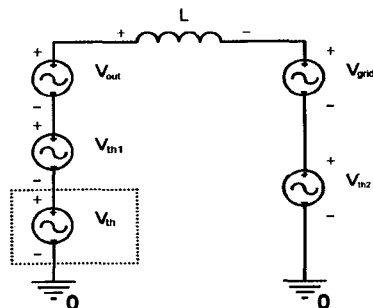


图3 电压源型并网逆变器基本等效工作原理图

当并网电抗L上流过的谐波电流为0时,根据图3的电压关系有:

$$V_{ih} + V_{ih1} = V_{ih2} \quad (1)$$

因此,逆变器需要主动补偿的谐波分量为: $V_{ih} = V_{ih2} - V_{ih1}$, 即并网电感上的谐波压差。如果能将 V_m 调制到指令信号中并确保其准确输出,就能做到通过主动的注入谐波电压使并网电感两端的谐波压差为0,实现通过对输出电压的调节间接控制并网电流的目的。

虽然并网光伏逆变器有电压源型并网和电流源型并网两种并网方式,但是电压源型并网方式并网电流间接控制,控制策略比较复杂,其次并网电流的质量取决于电网电压谐波检测,对电网电压的参数变化比较敏感,再者动态响应慢,考虑到电网许多不稳定因素例如电压幅值波动、频率波动、波形畸变等等。如果采用逆变器控制为正弦电压源并网,这些因素很有可能导致逆变器并网失败或者并网电流波形质量不高很难满足国际或国内光伏并网的相关标准。

3.2 电流源型并网控制技术

随着电压型PWM调控技术逐渐成熟,使用电压型光伏并网逆变器实现了正弦波电流跟踪控制的方案逐渐被人们采纳,电压型光伏并网逆变器控制为正弦电流源并网的关键是要求

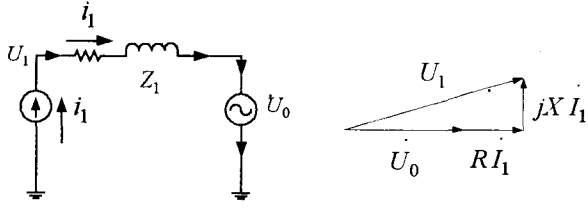


图4 电流源型并网逆变器基本等效工作原理图

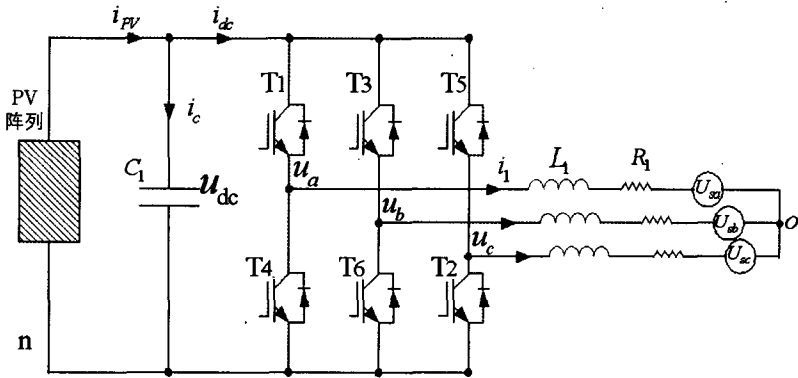


图5 L型滤波器的三相光伏并网逆变器拓扑结构图

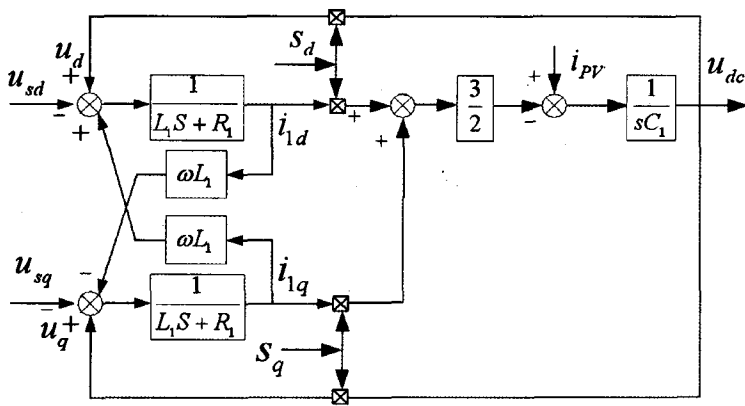


图6 两相同步旋转坐标系下并网逆变器模型

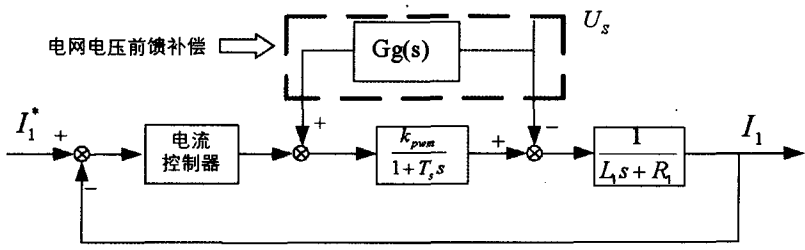


图7 L型滤波器的并网逆变器系统控制框图

输出正弦电流与电网电压同频、同相，只要采用合适的逆变器控制策略就不难实现与电网并联。如图4所示，光伏逆变器被控为电流源，在实现锁相控制后通过滤波器直接与电网

容量无穷大的电压源并联。因此采用电流源型并网方式，其一控制策略比较简单；其二并网电能的质量主要取决于电流控制器的性能；其三动态响应快，对电网电压的

参数变化能够快速调节，因此逆变器控制为正弦电流源并网控制方式被广泛采用。

随着国内外兆瓦级大型光伏电站的项目不断建成，大功率的三相光伏并网发电系统越来越被广泛采用，因此三相大功率变换技术研究也越来越深入。但是大功率设备采用PWM调制技术时，为了尽量减少损失，开关频率的选择一般低于中小功率设备。同时为了使三相光伏并网逆变器输出的并网电流满足例如IEC61727-2004、IEEE 929-2000还有IEC61000-3-2等国际电工委员会、北美或欧洲等相关标准，选择合适的并网滤波器以及并网控制策略是关键。当三相光伏逆变器控制为电流源并网时，并网滤波器一般有三种电路拓扑结构即L型、LC型、LCL型，下面对采用这三种滤波器的单级式三相光伏逆变器的模型与并网电流控制技术分别作介绍。

(1) L型滤波器的三相光伏逆变器模型及控制

如图5所示的采用L型滤波器的三相光伏并网发电系统的拓扑结构图，在图中PV阵列代表太阳能电池阵列， C_1 代表输入直流母线滤波电容、T1~T6代表三相逆变桥的6个IGBT开关管， R_1 代表滤波电感 L_1 的内阻和由每相桥臂上、下管互锁死区所引起的电压损失， L_1 代表L型并网滤波器。这里选择 L_1 电感电流 i_1 为状态变量，其两相同步旋转dq坐标系下并网逆变器模型如图6所示^[9]。 u_{dc} 表示光伏并网逆变器直流侧母线电压， i_{pv} 表示光伏并网逆变器直流侧输入电流， s_d 、 s_q 分别表示d轴和q轴开关函数， u_d 、 u_q 分别表示桥臂电压d轴和q轴控制量， u_{sd} 、 u_{sq} 分别表示电网电压d轴和q轴分量。

基于L型滤波器的三相光伏逆变器的常用的控制策略如图7所示^[10]，采用并网电流单闭环控制，其控制器

可以采用经典的控制方法例如：PI控制、滞环控制、重复控制、无差拍控制。该控制策略的优点是控制简单，控制器的选择比较灵活，且控制器设计比较容易、并网控制也容易实现；结合图7虚线框里面的电网电压前馈补偿可以消除电网电压扰动对并网电流的不利影响。其缺点是由于单电感滤波的滤波性能有限，如果做到很好的谐波抑制效果，比较依赖控制器的性能。

(2) LC型滤波器的三相光伏逆变器模型及控制

如图8所示的采用LC型滤波器的三相光伏并网发电系统的拓扑结构图，其主电路拓扑结构与L型滤波器的三相光伏并网发电系统基本一样，只是并网逆变器交流侧采用 L_1C_2 代表的LC型并网滤波器。

这里选择 L_1 电感电流 i_1 ，电容 C_2 电压 u_c ，为状态变量，同理其两相同步旋转dq坐标系下并网逆变器模型如图9所示^[11]。

在并网情况下忽略电容电流的影响，LC型滤波器的三相光伏逆变器的工作状态与L型滤波器的三相光伏逆变器相同。所以其并网控制器完全可以参照图7设计。当然光伏逆变器采用LC型滤波器一般考虑独立、并网双模运行。因此外环并网电流控制器一般与独立电压源工作模式下的电压外环控制器共用一个控制器以及控制参数，所以外环控制器需要同时满足电流调节和电压调节的性能要求。内环控制变量一般采用滤波电感电流，其经典控制策略如图10所示，其优点是可实现独立与并网两种工作模式运行，实现光伏发电功能多样化，缺点是由于工作模式有切换过程，系统设计相对比较复杂，同时在设计并网模式下控制器时需要考虑抑制滤波电容电流的影响。因为当输出功率低时且进网电流给定为 i_{ref} 为零时，由图8和图

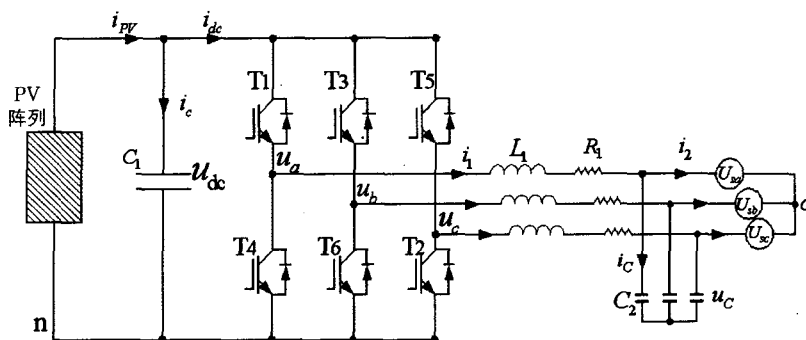


图8 LC型滤波器的三相光伏并网逆变器拓扑结构图

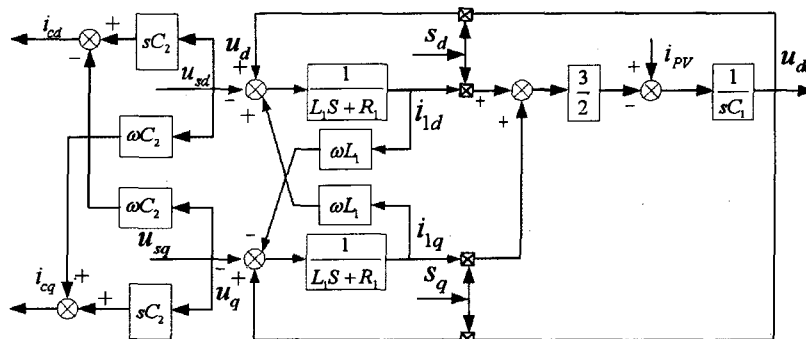


图9 两相同步旋转坐标系下并网逆变器模型

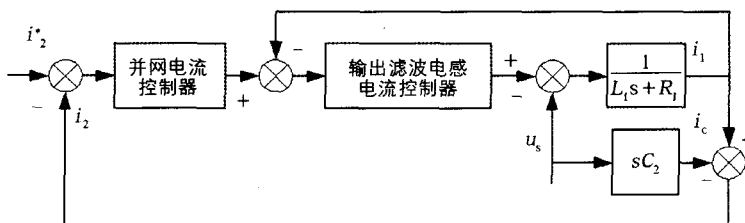


图10 LC型滤波器的并网逆变器系统控制框图

10可知，进网电流 i_{grid} 跟踪零变化，但是不等于零， i_1 也不等于零，输出滤波器电容电流 i_c 将由逆变器和电网共同提供。 i_{grid} 相位超前电网电压，与电网电压不同相，会对电网造成污染，且污染程度随输出滤波电容值的增加而增加，另一方面，要将独立运行时输出电压的 η_{THD} 控制在一定范围内，输出滤波电容值不可能很小。当电网电压 η_{THD} 较大时， i_c 的失真度也较大，如果不对电容电流 i_c 进行谐波补偿，则 i_2 就不可能为纯正弦，从而就会增大进网电流 η_{THD} ，减小输出功率因数，且输出功率越小，影响越大。由于太阳能作为并网逆变器的输入能

源，当太阳光照不足时，此时太阳能电池的输出功率很低，如果采用如图10所示的控制策略就不能很好的实现高功率因数和低的进网电流 η_{THD} 。

作者简介

查晓明(1967-) 男 教授，主要研究方向为电力电子装置及其电能质量、高压电动机驱动、新能源及微电网技术。

刘飞(1977-) 男 博士后，主要研究方向为电力电子装置及其电能质量、光伏并网发电系统综合控制技术。

参考文献

- [1] 李俊峰,王斯成,张敏吉等.2007年中国光伏发展报告,中国环境科学出版社,2007.
- [2] 赵争鸣,刘建政,孙晓英,袁立强.太阳能光伏发电及其应用[M]北京:北京科学出版社,2006.
- [3] 中国可再生能源发展项目办公室中国光伏产业发展研究报告—(2006—2007).北京,2008.
- [4] 吴浩伟,段善旭,刘邦银等.一种新颖的电压控制型逆变器并网控制方案[J].台达电力电子新技术研讨会,2006.
- [5] 赵为.太阳能光伏并网发电系统的研究[D].合肥:合肥工业大学图书馆[博士学位论文],2003.
- [6] 汪海宁.光伏并网功率调节系统及其控制的研究[D].合肥:合肥工业大学图书馆[博士学位论文],2005.
- [7] 郑诗程.光伏发电系统及其控制的研究[D].合肥:合肥工业大学图书馆[博士学位论文],2004.
- [8] 吴理博.光伏并网逆变系统综合控制策略研究及实现[D].北京:清华大学图书馆[博士学位论文],2006.
- [9] 张兴,张崇巍,孙本新.采用电流寻优的MPPT光伏阵列并网逆变器的研究[J].太阳能学报,2001,22(3):306~310.
- [10] 王飞,余世杰,苏建徽等.光伏并网发电系统的研究及实现[J].太阳能学报,2006,26(5):605~608.
- [11] 王赞,肖岚,姚志全等.并网独立双模式控制高性能逆变器设计与实现[J].中国电机工程学报,2007,27(1):54~59.
- [12] Liserre, M., Blaabjerg, F., Teodorescu, R. Grid Impedance Estimation via Excitation of LCL-Filter Resonance [J]. Industry Applications, IEEE Transactions on Volume 43, Issue 5, Sept.-oct. 2007 Page(s): 1401-1407.
- [13] Routimo, M., Tuusa, H. LCL Type Supply Filter for Active Power Filter Comparison of an Active and a Passive Method for Resonance Damping. Power Electronics Specialists Conference, 2007. PESC 2007. IEEE 17-21 June 2007 Page(s):2939-2945.
- [14] Serpa, L.A., Ponnaluri, S., Barbosa, P.M., et al. A Modified Direct Power Control Strategy Allowing the Connection of Three-Phase Inverters to the Grid through LCL Filters. Industry Applications, IEEE Transactions on Volume 43, Issue 5, Sept.-oct. 2007 Page(s):1388-1400.
- [15] Cobreces Santiago, Bueno Emilio, Rodriguez Francisco J, et al. Influence analysis of the effects of an inductive-resistive weak grid over L and LCL filter current hysteresis controllers. Power Electronics and Applications, 2007 European Conference on 2-5 Sept. 2007 Page(s):1-10.
- [16] Valdivia, V., Pleite, J., Gonzalez, C., et al. New approach to integrate an LCL filter and a transformer for grid connected converters following a simple design procedure. Industrial Electronics Society, 2007. IECON 2007. 33rd Annual Conference of the IEEE 5-8 Nov. 2007 Page(s):1299-1303.
- [17] Papavasiliou, A., Papathanassiou, S. A., Manias, S.N., et al. Current Control of a Voltage Source Inverter Connected to the Grid via LCL Filter. Power Electronics Specialists Conference, 2007. PESC 2007. IEEE 17-21 June 2007 Page(s):2379-2384.
- [18] Chen Chien-Liang, Park Sung-Yeul, Lai Jih-Sheng, et al. Admittance Compensation in Current Loop Control for a Grid-Tie LCL Fuel Cell Inverter. Power Electronics Specialists Conference, 2007. PESC 2007. IEEE 17-21 June 2007 Page(s):520-526.
- [19] Figueres, E., Garcera, G., Sandia, J., et al. Modelling and control of a 100kW photovoltaic inverter with an LCL grid filter for distributed power systems. Power Electronics and Applications, 2007 European Conference on 2-5 Sept. 2007 Page(s):1-10.
- [20] Dannehl, J., Fuchs, F.W., Hansen, S. PWM rectifier with LCL-filter using different current control structures. Power Electronics and Applications, 2007 European Conference on 2-5 Sept. 2007 Page(s):1-10.
- [21] Wei Lixiang, Lukaszewski Richard A. Optimization of the Main Inductor in a LCL Filter for Three Phase Active Rectifier. Industry Applications Conference, 2007. 42nd IAS Annual Meeting. Conference Record of the 2007 IEEE 23-27 Sept. 2007 Page(s):1816-1822.
- [22] Sangmin Jung, Youngsang Bae, Sewan Choi, et al. A Low Cost Utility Interactive Inverter for Residential Fuel Cell Generation. Power Electronics, IEEE Transactions on Volume 22, Issue 6, Nov. 2007 Page(s):2293-2298.
- [23] Gabe Ivan Jorge, Massing Jorge Rodrigo, Montagner Vinicius F, et al. Stability analysis of grid-connected voltage source inverters with LCL-filters using partial state feedback[C]. Power Electronics and Applications, 2007 European Conference on 2-5 Sept. 2007 Page(s): 1-10.
- [24] Teodorescu, R., Blaabjerg, F., Borup, U. et al. A New Control Structure for Grid-Connected LCL PV Inverters with Zero Steady-State Error and Selective Harmonic Compensation. Applied Power Electronics Conference and Exposition. 2004. APEC' 04. Nineteenth Annual IEEE Vol. 1, 2004 Page(s):580-581.

(下转第82页)

速,这一阶段风机转速从待机状态加速达到额定转速的80%-100%。对于厚度为5.8-4.0mm的汽车玻璃,这一转速范围此设备即可达到其需要的淬冷风量和风压要求。

(3) 玻璃淬冷钢化阶段

受热完成后的高温玻璃快速输送到吹风淬冷区后,风闸迅速拉开,强大流量的气流经风管进入风栅,均匀地吹在玻璃上下表面,使玻璃极速淬冷,达到钢化的目的。

淬冷阶段根据玻璃厚薄不一,所需风量不同,即风机转速不同。除部分厚度为4.3mm以下的玻璃外,一般风机运行在额定频率的85%以下,此设备即可满足大部分玻璃淬冷工艺要求。由于风机的转速在额定转速85%时,其输出轴功率为额定功率的61%,淬冷过程中,采用变频调速与

使用百叶阀门来调节风量比较,节电效果明显。

附表是一台功率为250kW的钢化炉离心风机采用ATV61变频器的参数设定。

这里需要特别注意的是:

- 对变频器自整定操作前,必须正确设置所有电机参数。
- 加速时间和减速时间的设定最为关键。加速时间过短,风机的加速电流将很大;加速时间过长,将导致玻璃到达吹风淬冷区时还未完成加速过程,影响玻璃钢化效果;减速时间不宜过短。
- 用户应根据实际情况进行参数设定和调试。

5 结束语

对风机进行变频节能改造后,风

机的用电量大幅度下降,节能效果非常显著,同时风机转速下降,降低了机械磨损,减少了风机的故障率和提高了风机的使用寿命,经济效益巨大。

作者简介

帅建忠(1978.3-) 男,工程师,自动化系统集成方向。

参考文献

- [1] 蔡增基,龙天渝.流体力学泵与风机(第四版)[M].北京:中国建筑工业出版社,1999.
- [2] ATV61 同步与异步电机变频器安装手册.施耐德电气,2006.
- [3] ATV61 同步与异步电机变频器编程手册(软件V1.5).施耐德电气,2006.

(上接第42页)

[25]Qiang Zhang, Lei Qian, Chongwei Zhang et al. Study on grid connected inverter used in high power wind generation system. Forty-first IAS Annual meeting Conference Record of the 2006 IEEE, 2006, 2:1053-1058.

[26]Shen Guoqiao, Xu Dehong, Xi Danji et al. An improved control strategy for grid-connected voltage source inverters with a LCL filter. IEEE 21th Annual, 2006:1067-1073.

[27]Taesik Yu, Sewan Choi, Hyosung Kim. Indirect current control algorithm for utility interactive inverters for seamless transfer. Power Electronics Specialists Conference, 2006. PESC 2006. IEEE 18-22 June 2006 Page(s):1-6

[28]E. Twining, D.G. Holmes. Grid current regulation of a three-phase voltage source inverter with an LCL input filter. IEEE 33rd Annual Volume,

2002,3:1189-1194.

[29]刘飞,查晓明,周彦等.基于极点配置与重复控制相结合的三相光伏发电系统的并网策略[J].电工技术学报,2008,23(12):130-136.

[30]汪海宁,苏建徽,张国荣等.光伏并网发电及无功补偿的统一控制[J].电工技术学报,2005,20(9):114-11.

[31]汪海宁,苏建徽,张国荣等.具有无功功率补偿和谐波抑制的光伏并网功率调节器控制研究[J].太阳能学报,2006,27(6):540-544.

[32]张国荣,张铁良,丁明等.光伏并网发电与有源电力滤波器的统一控制[J].太阳能学报,200,31(8):61-66.

[33]Pogaku N., Prodanovic M., Green T. C. Modeling, Analysis and Testing of Autonomous Operation of an Inverter-Based Microgrid[J]. Power Electronics, IEEE Transactions on, 2007, 22(2):613-625.

[34]Tsikalakis A. G., Hatziaegyriou N. D. Centralized Control for Optimizing Microgrids Operation[J]. Energy conversion, IEEE Transaction on, 2008, 23(1):241-248.

[35]Dimeas A. L., Hatziaegyriou N. D. Operation of a Multiagent System for Microgrid Control[J]. Power Systems, IEEE Transactions on, 2005, 20(3):1447-1455.

[36]Sao C. K., Lehn P. W. Control and Power Management of Converter Fed Microgrids[J]. Power Systems, IEEE Transactions on, 2008, 23(3):1088-1098

Yunwei Li, Vilathgamuwa D.M., Poh Chiang Loh. Microgrid power quality enhancement using a three-phase four-wire grid-interfacing compensator[J]. Industry Applications, IEEE Transactions on, 2005, 41(6):1707-1719.

(未完待续)