

光伏并网逆变器辅助电源的设计

郭光伟¹, 王俊峰², 杨海柱¹

(1.河南理工大学 电气工程与自动化学院, 河南 焦作 454000; 2.河南送变电建设公司, 河南 郑州 450052)

摘要: 采用光伏并网技术的太阳能发电已成为目前发展最快、应用面最广的太阳能利用方式之一。文章介绍了光伏并网系统中逆变器辅助电源的工作原理, 这种辅助电源是由 TOPSwitch 芯片组成的高频开关电源, 它降低了辅助电源的生产成本, 简化了电路, 提高了整个电路板的电磁兼容性, 具有较高的使用价值。

关键词: 辅助电源; 逆变器; 光伏发电

中图分类号: TM615 **文献标志码:** B **文章编号:** 1671-5292(2009)04-0066-03

The design of assistant power for grid-connected photovoltaic inverter

GUO Guang-wei¹, WANG Jun-feng², YANG Hai-zhu¹

(1.School of Electrical Engineering & Automation, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454000, China; 2.Henan Electric Power Transmission Transformation Construction Corporation, Zhengzhou 450052, China)

Abstract: Solar power based on the technology of grid-connected photovoltaic power has become the fastest growing and most widely application in the view of solar energy application. In this paper, the working principle of assistant power in grid-connected photovoltaic system was presented, This assistant power consists of the TOPSwitch chips to form a high-frequency switching power, this mode not only simplify the circuit of the assistant power and reduce the production cost, but also improve the Electro Magnetic Compatibility characteristics, it is of high practical value.

Key words: assistant power; inverter device; photovoltaic energy

0 引言

光伏并网逆变器的辅助电源与常用开关电源相比有很大不同。通常, 普通开关电源用电是电网的交流电经过变压、整流后, 接到其输入端, 因此开关电源的电压是相对稳定的。在光伏并网系统中, 太阳能电池板输出的直流电直接接到辅助电源的输入端, 不再经过整流环节; 另外, 随着太阳光照强度和环境温度的变化, 光伏阵列输出电压会出现较大的波动, 因此光伏并网逆变器的辅助电源的输入端电压是不稳定的, 会出现较大的波动。本文基于光伏并网系统的这种特殊情况, 来进行辅助电源的设计。

1 辅助电源设计要求

实验使用的太阳能光伏阵列由 4 块太阳能电池板串联组成。电池板的主要参数: 最大输出功率 $P_{MPP}=175\text{ W}$; 输出功率最大时的最高输出电压 $U_{MPP}=35.4\text{ V}$; 最大开路电压 $U_{OC}=44.4\text{ V}$; 输出功率最大时的最大输出电流 $I_{MPP}=4.95\text{ A}$; 最大短路电流 $I_{SC}=5.55\text{ A}$ 。

正常工作时, 辅助电源的输入电压来自光伏阵列。由于有负载的使用, 光伏阵列电池板的输出电压降低, 光伏阵列正常工作时的输出电压为 100~170 V。

基于光伏并网系统和现有的太阳能电池板的

收稿日期: 2009-04-08。

作者简介: 郭光伟(1983-), 男, 硕士研究生, 研究方向为电力电子与新能源技术。E-mail:ggw1022@163.com

特性,对辅助电源的设计要求如下:输入电压 100~170 V; 输出 3 路直流电压分别为: +12 V/2.5 W, -12 V/2.5 W, +5 V/5 W, 输出电压波动小于 1%。

2 辅助电源电路设计

本文采用 TOPSwitch 器件进行辅助电源的设计(图 1)。

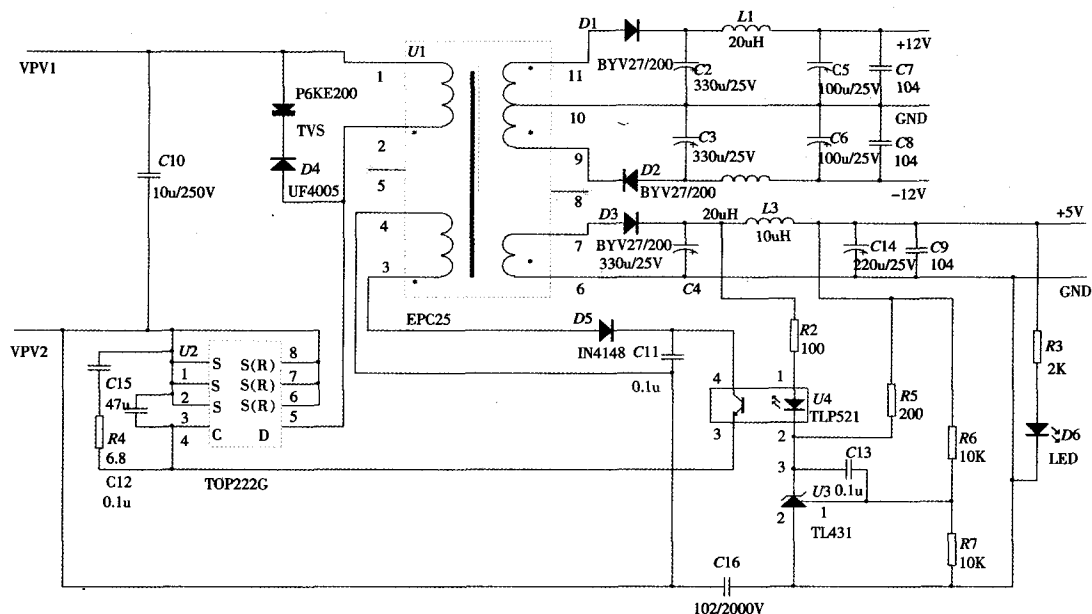


图 1 基于 TOP222G 的辅助电源系统

Fig.1 Assistant power based on TOP222G

TOPSwitch 芯片将 PWM 控制系统的全部功能集成到三端芯片中,内含脉宽调制器、MOSFET 自动偏置电路、保护电路、高压启动电路、环路补偿电路等,通过高频变压器使输出端与电网完全隔离,使用安全可靠。

辅助电源主电路采用单端反激式拓扑结构,选取 TOP222G 芯片。在输入电压固定时,最大输出功率为 15 W,在输入电压有一定波动时,最大输出功率为 10 W。

2.1 漏极保护电路

当 MOS 管由导通变为截止时,在一次绕组上就会产生尖峰电压和感应电压。尖峰电压是由于高频变压器存在漏感而形成的,它与直流电压和感应电压叠加,易损害 MOS 管,为此,必须增加漏极保护电路,对尖峰电压进行钳位和吸收。电路图中采用 TVS 和 D4 构成钳位电路,用来抑制开关尖峰,减少变压器漏感引起的漏极电压冲击。TVS 是瞬态电压抑制器,它在承受瞬态高能量电压时,能迅速反向击穿导通,由高阻态变成低阻态,并把干扰脉冲钳位于规定值,来保护 TOP222G 芯片。

2.2 光耦反馈电路

光耦反馈电路由非隔离式反馈电路和隔离式

反馈电路 2 部分组成。由反馈绕组 N_F 、高频整流滤波器构成的非隔离式反馈电路为光敏晶体管提供偏压;由取样电路、外部误差放大器、光耦构成的隔离式反馈电路,将 U_o 的变化量转换成控制电流 I_c ,不仅对输入、输出起隔离作用,而且通过控制 TOP222G 控制极电流 I_c 的大小,来控制输出脉冲宽度,达到稳压的目的。R2 限定了光耦二极管的电流并限定了控制回路的直流增益。

2.3 外部误差放大电路

外部误差放大器由 TL431 组成,TL431 型可调式并联稳压器内部集成了一个 2.5 V 的精密基准电压、运算放大器和驱动器,作为次级基准误差放大器用。该误差放大器不同于普通的误差放大器,只有一个输入控制端。当输出电压发生波动,且变化量为 ΔU_o 时,通过取样电阻 R6 和 R7 分压,与 TL431 的内部基准电压相比较。TL431 的输出电压 U_k 也发生相应的变化,控制光耦的输入电流,进而使光耦中的 LED 的工作电流 I_f 改变,最后通过控制端电流 I_c 的变化量来调节占空比 D ,使 U_o 产生相应的变化,从而抵消了 ΔU_o 的波动。R5 在电路空载时提供最小负载,以提高电路的负载调整率,稳定输出电压。

2.4 输出整流滤波电路

输出整流滤波电路由整流二极管和滤波电容构成,整流二极管的开关损耗占系统损耗的 1/6~1/5,是影响开关电源效率的主要因素,包括正向导通损耗和反向恢复损耗。以 5 V 输出为例,3 路输出电路中,D3 用作输出整流管,C4 和 C14 用作储能电容,L3 和 C9 组成 LC 滤波电路,在输出端得到一个稳定的直流电压。辅助绕组两端电压经 D5,C11 整流滤波,得到 TOP222G 所需的偏置电压。C15 用来滤掉来自光耦的噪声电流,并设定了自动重新再启动的时间。C16 为安全电容,能滤除由初、次级耦合电容产生的共模失真。

3 电路参数设计

单端反激式高频开关变压器是开关电源的关键器件,在电路中兼有储能、限流和隔离作用。由于高频变压器存在漏感,会造成以下危害:一是造成开关电源的效率降低;二是过大的漏感会引起过压与直流电压叠加,一旦超过 MOS 管的击穿电压,将损坏 MOS 管。因此,变压器设计难度比较大。此外,要设计性能优良的开关电源,往往要多次调整高频变压器的参数值。

4 实验结果分析

以+12 V 输出端为例,用 Power Quality Analyzer Fluke 仪器观察辅助电源的输出电压,来观察辅助电源在输入端电压 100 V 和 170 V 时的输出电压波形。最低电压 100 V 时的输出电压如图 2 所示。最高电压 170 V 时的输出电压如图 3 所示。输入电压在 100~170 V 波动时,辅助电源的输出电压波动都小于 1%,能够达到设计要求。用这种辅助电源作逆变器电源,逆变器正常工作时的主要测试波形输出如图 4 和图 5 所示。

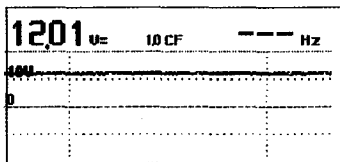


图 2 输入端电压为 100 V 时的输出电压波形
Fig.2 Output voltage waveform of input 100 V

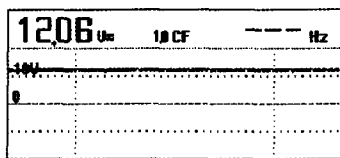


图 3 输入端电压为 170 V 时的输出电压波形
Fig.3 Output voltage waveform of input 170 V

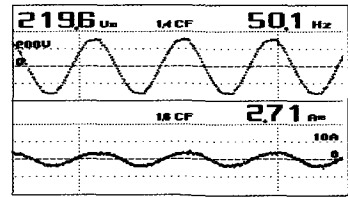


图 4 电压电流波形
Fig.4 The waveform of voltage/current

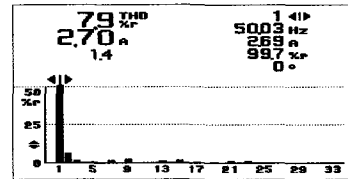


图 5 谐波含量
Fig.5 The harmonic in the waveform

从图 4、图 5 可见,逆变器输出电压为 219.6 V 的正弦波,THD 为 7.9%,频率为 50.03 Hz,能满足国家电网并网发电的要求。通过以上实验结果分析,本文设计的辅助电源完全能够满足光伏并网逆变器的要求,使并网逆变器能够输出满足电网要求的高质量的交流电。

5 结束语

随着化石资源枯竭和环境污染问题的加剧,太阳能光伏发电正逐渐得到广泛的应用。电路结构简单、高效、低成本、能满足并网逆变器要求的辅助电源是非常需要的。通过对光伏并网逆变器辅助电源的工作原理分析,设计了光伏并网逆变器辅助电源的电路结构。通过对辅助电源的电压波形以及并网逆变器工作波形的观察,验证了这种辅助电源具有很高的使用价值和应用前景。

参考文献:

- [1] 赵玉文.我国太阳能光伏产业发展形势和思考[J].世界科技研究与发展,2003,25(4):31-38.
- [2] 张占松,蔡宣三.开关电源的原理与设计[M].北京:电子工业出版社,1999.
- [3] 陈纬.TOPSwitch 单片开关电源的原理与应用[J].电子技术应用,2004(5):53-56.
- [4] 付登萌,陶生桂.基于 TOPSwitch 的反激式 DC/DC 电源设计[J].同济大学学报(自然科学版),2004,32(5):680-684.

