

新型太阳能逆变控制器研制

赵志强, 穆桂霞, 赵双喜, 张 雄

(保定天威集团有限公司 技术中心, 河北 保定 071056)

摘要: 太阳能光伏发电系统由太阳能电池阵列、控制器、逆变器、蓄电池组等部件构成。提出以新型单片机 PIC16C 73 为核心的太阳能逆变控制器, 其硬件由单片机、电压采集、逆变、电压反馈、过电流保护、显示等单元组成, 并对各单元功能进行了说明。控制器软件采用模块化结构, 使用汇编语言编程, 软件包括脉冲宽度调制(PWM)、采样比较、数字滤波、软启动、显示报警等模块。控制器采用掉电保护、指令冗余、软件陷阱、数字滤波等方法, 以提高控制器的稳定性。通过搭建的实验线路测试结果表明, 所研制的控制器各项指标符合设计要求。

关键词: 光伏系统; 逆变器; 太阳能; 单片机; PIC16C 73

中图分类号: TM 761⁺.1

文献标识码: B

文章编号: 1006-6047(2006)08-0092-03

太阳能光伏发电技术^[1-2]是将太阳辐射能转换为电能的发电技术, 太阳能逆变电源具有寿命长、可靠性高、使用维护简单、安全性能好等特点。

为此, 本文研制了基于 PIC16C 73 单片机^[3]的新型太阳能逆变控制器, 通过采用高性能单片机, 使整机结构简单、重量轻、效率高、精度好, 控制灵活。

1 太阳能光伏发电系统组成

典型的太阳能光伏发电系统^[4]由太阳能电池阵列、控制器、逆变器、蓄电池组等部件构成, 见图 1。

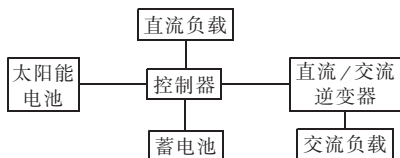


图 1 太阳能光伏发电系统
Fig.1 The solar photovoltaic system

- 太阳能电池阵列^[5]是将太阳辐射能直接转换成直流电, 供负载使用或存贮于蓄电池内备用。
- 控制器是为蓄电池提供最佳充电电流和电压, 以减少损耗、延长蓄电池使用寿命。
- 逆变器是将太阳能电池阵列和蓄电池提供的直流电逆变成交流电, 供给交流负载使用。
- 蓄电池组是将太阳能电池阵列产生的直流电贮能起来, 供负载使用。

2 总体设计

本文研制开发的太阳能逆变控制器采用高性能单片机、低损耗 MOSFET、全数字化设计, 使用电压负反馈、增量式比例积分(PI)调节^[6]、脉冲宽度调制(PWM)^[7]、数字滤波^[8-9]、软启动等控制方法, 从而保

证了整个系统的高精度、高效率和高可靠性, 其输出频率为 50 ± 0.001 Hz, 误差仅为 0.02 %。

控制器能实现软启动, 避免合闸过电流; 可通过对蓄电池输出电压的采样、比较、判断, 自动启停蓄电池的充、放电过程; 控制器还具有蓄电池的过充、过放灯光报警, 逆变输出过载报警及复位等保护功能。

3 硬件设计

根据太阳能逆变控制器总体方案, 设计的硬件电路结构框图见图 2。

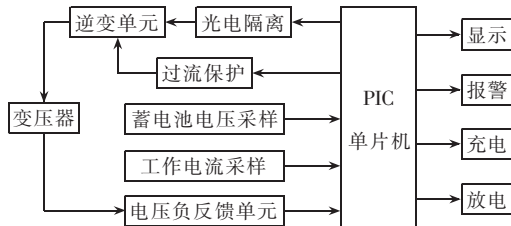


图 2 硬件结构框图
Fig.2 The hardware structure

如图 2 所示, 硬件部分主要包括 PIC 单片机、电压采集单元、逆变单元、电压负反馈单元、过流保护、显示单元等。

3.1 PIC 单片机

作为控制器的控制核心, 选择了 PIC16F73 单片机, 其主频高达 20 MHz, 有 4 KByte $\times$ 14 FLASH ROM、192 $\times$ 8 Byte RAM、3 个定时/计数器、22 个 I/O 口、1 个串行口, 具有各种寻址方式, 运算功能强、集成度高、兼容性好; 还具有布尔处理功能, 因此在开关决策、逻辑电路仿真和实时测控方面是很有效的。该单片机为简化电路, 优化控制方案提供了良好的平台。

3.2 电压采集单元

电压采集单元由精密可调电阻与单片机中高性能 AD 转换模块组成, 转换位数 8 位, 分辨率 0.39 %;

转换速度 $1.6\text{ }\mu\text{s/bit}$,把 $0\sim 5\text{ V}$ 模拟电压信号转换为 $0\sim 255$ 之间的 8 位数字信号只需 $20\text{ }\mu\text{s}$ 。

3.3 逆变单元

逆变单元由低损耗 MOSFET 和变压器组成,采用推挽式逆变升压电路,线路简单、性能稳定。

3.4 电压负反馈单元

电压负反馈环节由变压器反馈线圈、全桥整流滤波电路、电压跟随器组成。

3.5 过电流保护

过电流保护由采样电阻、电压比较器组成,能快速准确地监测系统电流,及时地发出过电流报警信号,使主机能迅速采取措施避免元器件损坏。

3.6 显示单元

显示单元有工作正常提示、蓄电池过充、蓄电池欠压、系统过流等报警功能。采用发光二极管,线路简单、成本低。

4 软件设计

软件采用模块化结构,使用汇编语言,并在单片机仿真器上进行实时仿真以优化程序设计,其主要功能模块有 PWM 信号输出、采样比较、数字滤波、软启动、显示报警等,主程序流程图见图 3(图中 t_c 为脉冲宽度)。

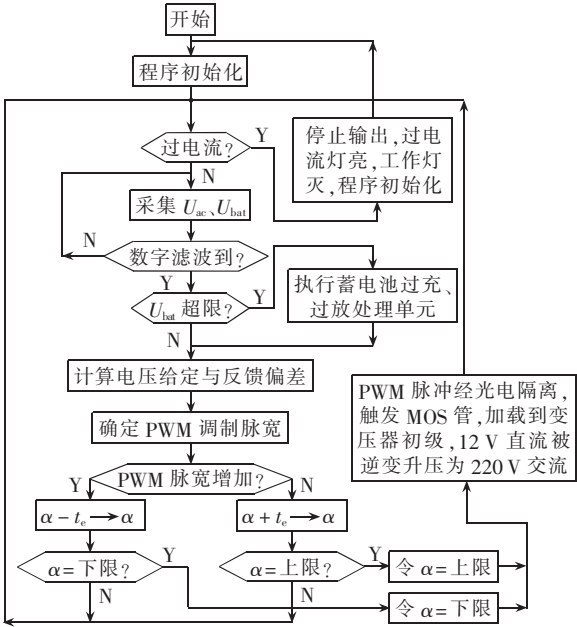


图 3 主程序流程图
Fig.3 The flowchart of main program

5 控制系统的抗干扰措施

在单片机构成的测控系统中,抗干扰是一个重要的问题。系统采用了硬件和软件的抗干扰措施^[10]。

a. 隔离技术。在高、低压回路之间使用光电耦合器和隔离变压器进行隔离,从而提高了控制系统抗干扰能力和安全性能。

b. 抗干扰电源。由于供电线路是单片机系统干扰的主要来源,因此电源采用隔离变压器接入电网,可以有效地防止电网的干扰侵入控制系统。

c. 过电压保护电路。在输入、输出通道上采用过电压保护电路,以防引入高电压,损坏单片机系统。

d. 配置去耦电容。每个集成电路芯片都安装了 $0.01\text{ }\mu\text{F}$ 的陶瓷电容器,可以消除大部分高频干扰。

e. 良好接地。本系统既有模拟电路又有数字电路,因此采用一点接地方法,即在模拟系统地和数字系统地之间采用磁珠在一点连接,然后再可靠接地,有效地减少了相互干扰,提高了系统稳定性。

f. 软件措施。主要包括人工复位、掉电保护、指令冗余、软件陷阱、数字滤波等方法。

6 实验结果

为了检验太阳能逆变控制器的主要性能指标,按图 4 所示搭建了现场实验线路。

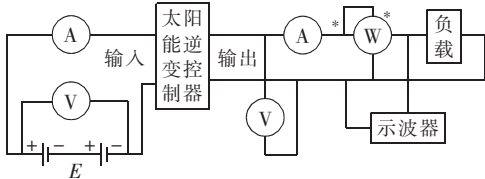


图 4 太阳能逆变控制器实验线路接线图
Fig.4 The wiring diagram of solar inversion controller experiment

实验中,示波器型号为 Tektronix_TDS1002,主要测量交流输出的频率和波形;电压表量程 600 V 、 0.2 级,电流表量程为 20 A 、 0.2 级;蓄电池 E 为阀控式铅酸蓄电池,输出电压 12 V ,容量为 $65\text{ A}\cdot\text{h}$;功率测量使用电能质量分析仪,型号为 Fluke 43B;负载为多个白炽灯和交流风扇。

通过组合白炽灯和交流风扇用几组不同性质的阻性、感性负载对太阳能逆变控制器进行了全面测试,试验结果见表 1。

通过分析实验结果可知,控制器输出电压为交流 $212\sim 228\text{ V}$ ($220\times(1\pm 0.04)\text{ V}$),输出波形为修正正弦波;输出电流为 1 A ;输出功率可达到 200 W ;频率 $(50\pm 0.001)\text{ Hz}$;效率在 86% 以上,各项指标均符合原设计要求。

实验过程中,太阳能逆变控制器在空载和负载时的输出电压波形如图 5 和图 6 所示。

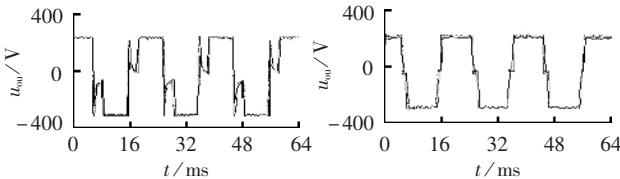


图 5 空载时的电压输出波形 图 6 负载时的电压输出波形
Fig.5 Output voltage without load Fig.6 Output voltage with load

表 1 太阳能逆变控制器实验结果
Tab.1 The experiment results of solar inversion controller

负 载		U_{in}/V	I_{in}/A	P_{in}/W	U_{ou}/V	I_{ou}/A	P_{ou}	$\rho/\%$	f_{ou}/Hz
白炽灯	60 W	12.12	5.650	68.48	219	0.27	59.13 W	86.35	50.000
	100 W	11.93	9.650	115.1	216	0.46	99.36 W	86.32	50.000
	160 W	11.70	15.57	182.2	213	0.74	157.6 W	86.50	49.999
	220 W	11.52	21.64	249.3	212	1.03	218.4 W	87.61	50.001
感性($\lambda=0.65$)	20 W 风扇	12.37	1.82	22.51	225	0.12	27.00 V·A	89.96	49.999
					225	0.09	20.25 W		
					225	0.07	15.75 var		
感性+阻性	风扇+100 W	11.81	11.48	135.6	218	0.53	115.5 W	85.18	50.001
空 载		12.44	0.183	2.280	226				50.000

注： U_{in} 、 I_{in} 、 P_{in} 分别为输入电压、电流、功率； U_{ou} 、 I_{ou} 、 P_{ou} 分别为输出电压、电流、功率； ρ 为效率； f_{ou} 为输出频率。

7 结论

采用高性能单片机、低损耗 MOSFET 全数字化控制方案的太阳能逆变控制器,不仅可靠性好、效率高,而且具有针对蓄电池过充、过放、逆变输出过载等异常情况的多种保护措施。

参考文献:

[1] 马胜红,陆虎俞. 太阳能光伏发电技术(1)——光伏发电与光伏发电系统[J]. 大众用电,2006,16(1):38-40.
MA Sheng-hong,LU Hu-yu. Solar photovoltaic technology(1)—photovoltaic electricity generation and photovoltaic generating system[J]. Popular Utilization of Electricity,2006,16(1):38-40.

[2] 张干周. 美国光伏发电现状[J]. 国际电力,2005,9(6):32-33.
ZHANG Gan-zhou. Introduction of photovoltaics in USA [J]. International Electric Power for China,2005,9(6):32-33.

[3] 何信龙,李雪银. PIC16C7X 入门与应用范例[M]. 北京:清华大学出版社,2002.

[4] 张书元,赵秀田. 太阳能光伏发电系统及其电池[J]. UPS 应用,2004,5(8):32-35.
ZHANG Shu-yuan,ZHAO Xiu-tian. Solar photovoltaic generating system and solar battery[J]. UPS Applications,2004,5(8):32-35.

[5] 杨基南. 太阳能电池产业的现状和发展[J]. 微细加工技术,2005,23(2):1-4.
YANG Ji-nan. Current status and development of solar cell industry[J]. Microfabrication Technology,2005,23(2):1-4.

[6] 王伟,张晶涛,柴天佑. PID 参数先进整定方法综述[J]. 自动化学报,2000,26(3):347-355.
WANG Wei,ZHANG Jing-tao,CHAI Tian-you. A survey of advanced PID parameter tuning methods[J]. Acta Automatica Sinica,2000,26(3):347-355.

[7] 王永,沈颂华,吕宏丽,等. 基于简单电压空间矢量三相逆变器的研究[J]. 电工技术学报,2005,20(10):25-29.
WANG Yong,SHEN Song-hua,LÜ Hong-li,et al. Study of three-phase inverters based on simplified voltage space-vector method [J]. Transactions of China Electrotechnical Society,2005,20(10):25-29.

[8] 崔加前,李长安,宋秀磊. 单片机中数字滤波算法的实现[J]. 电脑学习,2006,22(1):43-45.
CUI Jia-qian,LI Chang-an,SONG Xiu-lei. Realization of digital filtering algorithm in single chip microcomputer[J]. Computer Study,2006,22(1):43-45.

[9] 杨剑,刘光斌. 单片机系统中应用的几种数字滤波方式[J]. 微计算机应用,2006,27(1):114-116.
YANG Jian,LIU Guang-bin. Several ways of digital filtering application in MCU system [J]. Microcomputer Applications,2006,27(1):114-116.

[10] 容彩云. 单片机系统应用中的抗干扰措施[J]. 仪表技术,2005,34(4):71-72.
RONG Cai-yun. Measures of preventing disturbance in SCM system application[J]. Instrumentation Technology,2005,34(4):71-72.

(责任编辑:汪仪珍)

作者简介:

赵志强(1970-),男,河北保定人,硕士,从事电力电子研发工作(E-mail:zzqzsj800@sina.com)。

Inversion controller of solar power supply system

ZHAO Zhi-qiang, MU Gui-xia, ZHAO Shuang-xi, ZHANG Xiong

(R & D Center, Baoding Tianwei Group Co., Ltd., Baoding 071056, China)

Abstract: Solar photovoltaic system consists of solar cell array, controller, inverter and storage battery. A solar inversion controller based on singlechip PIC16C73 is proposed for solar power supply system. Its hardware consists of function units, such as singlechip, voltage sampling, inverter, voltage feedback, overcurrent protection and display, which are explained in detail. Programming with assemble language, its software consists of structured modules, such as PWM (Pulse Width Modulation) control, sampling comparison, digital filter, delayed start, display and alarm, etc.. Power failure protection, instruction redundancy, software trap and digital filter are used to improve the stability of the controller. Experiment results show that the controller meets design requirements.

Key words: photovoltaic system; inverter; solar power; singlechip; PIC16C73