

电力操作电源系统的设计

杨 帆^{1,2}, 黄 露², 陈向诗瑶²

1. 武汉工程大学电气信息学院, 湖北 武汉 430205;

2. 智能机器人湖北省重点实验室(武汉工程大学), 湖北 武汉 430205

摘 要: 为了进一步提高操作电源的稳定性, 设计了一种基于 AT89S51 单片机控制的 UPS-220V/3A 电力操作电源系统. 该系统主要由整流、直流变换、智能控制三大部分组成. 首先整流部分利用该电路特有的两个控制环相互作用提高输入侧功率因数; 然后直流变换部分采用高频逆变电路、高频变压器以及全波整流相组合以实现稳定的直流输出; 通过输入模块和显示模块, 调整充电电流等级和控制充电模式并进行显示; 最后控制部分利用 AT89S51 单片机采集信号并进行处理, 通过控制高频逆变模块来控制系统的稳定以及实现输出电压的可调. 该操作电源系统在市电输入时能稳定电压; 当市电断开或输入异常时, 可对负载进行零时间切换供电. 结果显示输出电压偏差在 $\pm 0.5\%$ 以内, 输出纹波系数在 0.1% 以内, 供电稳定, 负载正常运行.

关键词: 操作电源; 智能控制; 高频逆变

中图分类号: TP202⁺.1

文献标识码: A

doi: 10.3969/j.issn.1674-2869.2014.08.013

0 引 言

电力行业中为二次设备供电的电源, 称为操作电源^[1]. 操作电源供电十分可靠, 能保证正常和故障情况下都不断电^[2]. 操作电源的组成单元一般包括交配电单元、充电模块单元、降压硅链单元、直流馈电单元、配电监控单元、监控模块单元、绝缘监测单元等^[3-5]. 以往的直流操作电源功能简单, 控制、精度、可靠性、体积等诸多方面均存在不足, 笔者设计的 UPS-220 V/3A 电力操作电源, 是一种以单片机为控制核心, 具有智能化、精度高和控制方便等特点, 适用于电力系统小型终端变电站、厢式变电站中的直流操作机构正常分合闸及事故跳闸、保护和控制用的直流电源. 在一定程度上有效地改善了传统操作电源的缺点, 具有较高的使用价值.

1 系统结构及硬件模块设计

当操作电源系统检测到存在市电输入时, 220 V 交流市电首先需要经过低通滤波器(Electromagnetic

Interference, 以下简称: EMI) 有效地滤除电网上各种高频杂波的影响, 再通过整流电路及滤波环节得到较为平直的直流电, 经过高频逆变器将直流电变为高频交流电, 通过高频变压器隔离、整流器整流和滤波将其转化为稳恒的直流输出, 并为蓄电池充电. 当系统检测到市电中断时, 电池处于放电状态, 通过逆变模块能继续为负载提供 220 V 交流电, 以保证负载正常运行, 防止负载的软、硬件损坏. 笔者设计的系统整体结构框图如图 1 所示.

设计系统满足如下性能指标:

交流输入: 220 V $\pm 20\%$, 50 ± 10 Hz;

直流输出: 0 ~ 220 V $\pm 0.5\%$,

最大输出电流: 3 A $\pm 0.5\%$,

纹波系数: $\leq \pm 0.1\%$;

浮充直流电压: 243 V;

均充直流电压: 254 V;

电池最大充电电流: 2.5 A;

报警条件:

输入异常: 交流输出电压 ≤ 175 V 或 ≥ 265 V;

输出异常: 直流输出电压 ≥ 222 V.

收稿日期: 2014-06-18

基金项目: 湖北省自然科学基金(2010CDB11101); 武汉工程大学研究生教育创新基金(CX2013036)

作者简介: 杨 帆(1966-), 女, 湖北公安人, 教授, 硕士. 研究方向: 智能仪器与测控技术.

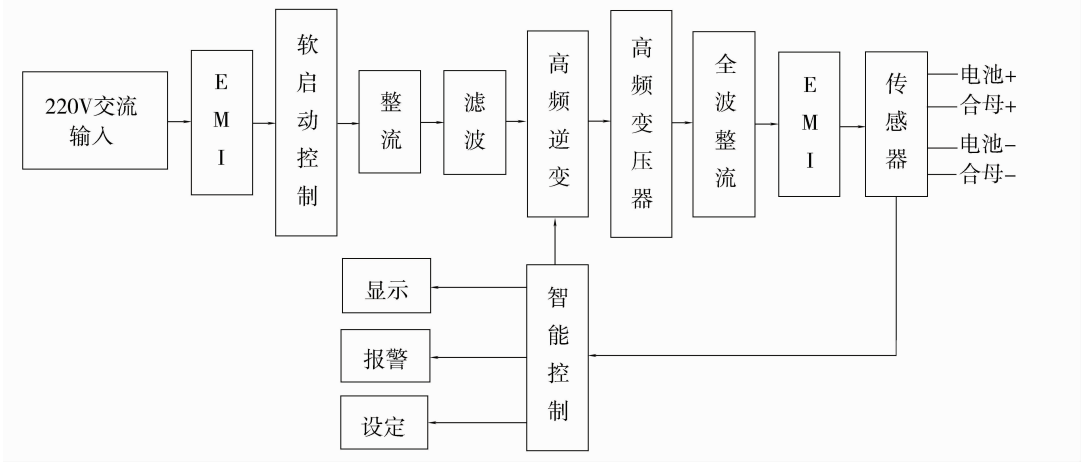


图 1 操作电源系统整体结构框图

Fig. 1 The overall structure of operation power system

1.1 系统各模块设计

系统主要由 AT89S51 控制模块、键盘输入模块、显示模块、保护电路及报警电路等多个模块构成. 其中最为核心的是以 AT89S51 单片机作为系统中枢的控制模块, 不仅能完成单片机中各子程序的运行, 还能结合外接键盘进行多个不同程序的调用, 并且通过控制各个电路模块的功能, 实现整个系统安全稳定的运行. 其中系统的键盘接口电路设计如图 2 所示.

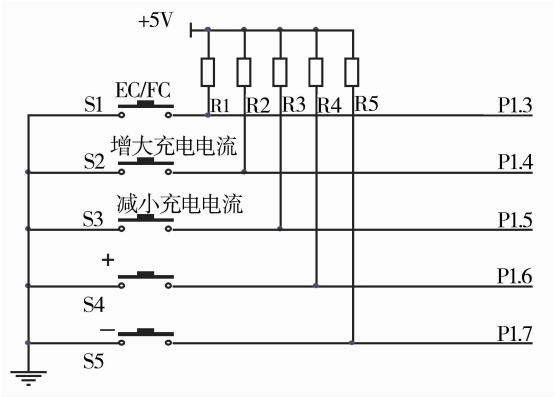


图 2 键盘接口电路

Fig. 2 Keyboard interface circuit

通过“EC/FC”、“▶”、“◀”、“+”、“-”5个按键分别控制充电模式、消音, 增大充电电流, 减小充电电流, 增加输出电压, 减小输出电压, 并通过显示器显示. 5个按键分别与单片机的 P1. 3、P1. 4、P1. 5、P1. 6、P1. 7 口相连.

为保证输入侧的功率因数较高, 整流模块电路选用升压型有源功率因数校正器(Active Power Factor Correction, 以下简称: APFC)高频整流电路, 该整流电路的不同之处在于电路中存在一个外部电压控制环和内部电流控制环以及一个乘法器, 通过三者的相互作用, 保证了升压型 APFC 电路的输入侧电流电压连续且为同频率同相位的正弦波, 故其功率因数几乎为 1. 虽然该电路存在较高的谐波频率, 但通过简单的滤波电路便能滤除^[6], 升压型 APFC 电路如图 3 所示.

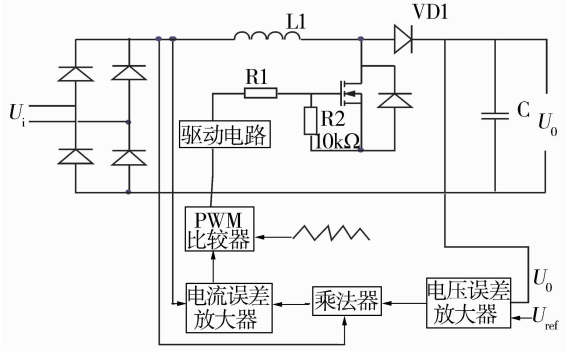


图 3 升压型 APFC 高频整流电路图

Fig. 3 Boost type APFC rectifier circuit

由于上述的整流模块的输出有较大的纹波分量, 故系统的后级逆变及整流模块选用单相全桥型 DC/AC-AC/DC 电路以保证对纹波系数设计的需要, 其 DC/DC 模块电路图如图 4 所示.

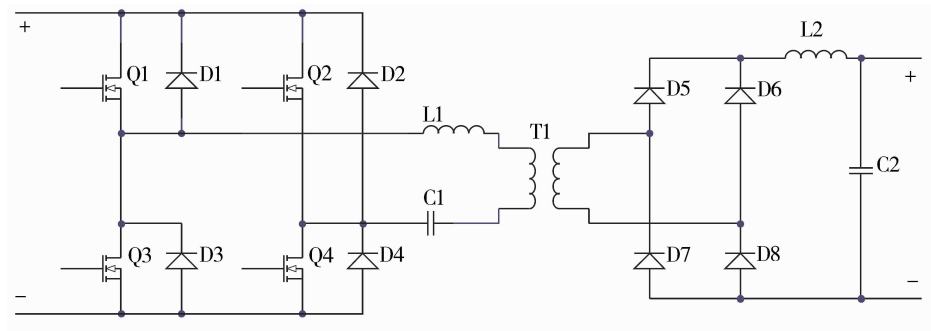


图 4 DC/DC 模块电路图

Fig. 4 DC/DC module circuit

图 4 中 C1 为隔直电容, T1 为隔离变压器. 在器件的选择上, 为了保证满足设计参数并能使系统安全稳定的运行, 选用了 IRF730A(400 V, 5.5 A) TO-220 型 MOS 管作为导通器件.

通过上述前级高频逆变后得到的方波信号存在较多的高次谐波影响, 所以经过后级整流需要再次通过 EMI 滤波得到稳定输出, 同时经过逆变出来的高频方波信号通过高频隔离变压器将输入侧与输出侧隔离, 提高了模块的安全可靠性.

1.2 电池管理

本系统不仅具备电池欠压自动均充功能, 还能通过按键选择 0.7 A、1.0 A、1.5 A、2.0 A、2.5 A 五种不同电流等级的均充电模式和充电电压为 245 ± 5 V 的浮充电模式. 当存在市电输入时, 电池处于充电状态, 且分为均充、浮充两种不同的充电方式. 开机启动时, 系统自动以均充方式进行充电, 若系统检测到充电电流小于 0.15 A, 经过 30 min 后, 通过智能控制模块, 能自动将充电模式切换为浮充电状态, 同时会伴有蜂鸣器报警提示音. 在长期运行中, 若系统检测到电池电压不足 189 V 时, 该模块能将浮充转为均充状态, 同时也伴有报警提示.

在有市电输入时, 由于输入端电压 U_i 大于电池端电压 U_d , 使得输入端与电池之间的二极管 VDd 受到反向截止电压, 当市电断开时, VDd 导通, 电池端电压经过逆变向负载供电. 放电过程如图 5 所示.

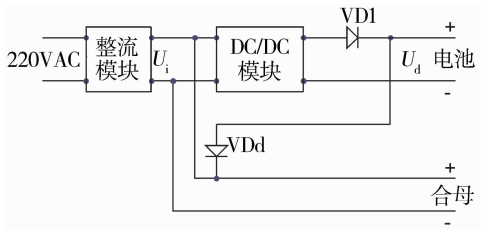


图 5 放电过程图

Fig. 5 Discharge process map

2 系统的软件设计

电力操作电源的软件设计由 6 大模块组成, 如图 6 所示.

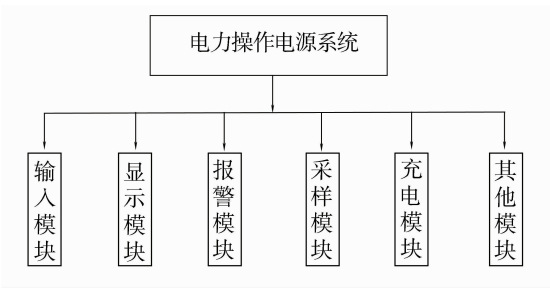


图 6 系统软件结构框图

Fig. 6 Block diagram of system software

整个软件以 AT89S51 单片机为核心的控制器件, 能具体实现如下功能:

- (1) 实现电池的智能均浮转换充电, 能通过按键改变两种充电方式的充电电压大小;
- (2) 当输入、输出电压异常时, 能进行相应的保护措施来进行电压、电流的限制, 并报警;
- (3) 能通过相应按键开关, 人工调节电压输出大小, 并显示.

其中电源充电模块程序流程图如图 7 所示.

3 试验结果及分析

为了检验系统输出电压的纹波系数及稳压精度是否满足设计需要, 分别进行了输出电压纹波系数实验和稳压精度实验. 在给定直流输出时, 分别在不同交流输入下使用 TDS1012B 示波器测量不同输出电流时的直流纹波电压和直流输出电压, 通过计算分别将相应数据记录于表 1、表 2 中.

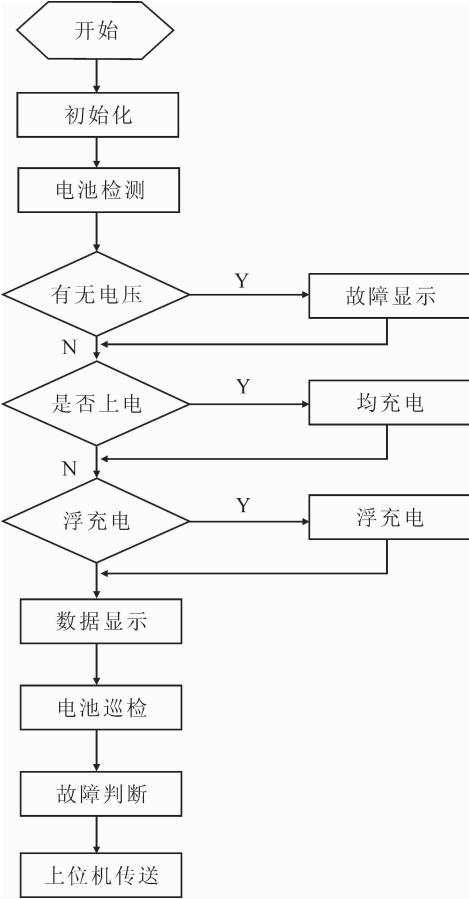


图 7 电源充电模块程序流程图

Fig. 7 The power charging module program flow chart

表 1 直流输出电压的纹波系数

Table1 DC output voltage ripple coefficient

交流电压 输入/V	直流输出 给定值/V	直流输出电压波纹值/V			纹波系数 最大值/%
		1 A	2 A	3 A	
190		0.148	0.157	0.153	0.073
210	215	0.150	0.158	0.166	0.077
235		0.161	0.185	0.167	0.086

表 2 直流输出电压的稳压精度

Table2 DC output voltage of the voltage regulation accuracy

交流电压 输入/V	直流输出 给定值/V	直流输出电压/V			稳压精度 最大值/%
		1.0 A	1.5 A	3.0 A	
195		211.7	211.7	211.6	0.36
220	211	211.8	211.7	211.7	0.38
255		211.9	211.8	211.7	0.41

该实验不仅验证了系统直流输出电压的纹波系数能保证在 0.1%以内,当给定输入或者输入侧电压波动幅度不超过系统的承受范围时,系统能实现电压偏差在 0.5%以内的稳定输出,同时通过相应按键开关,能实现电压的连续可调输出;当输

入侧电压存在异常时,系统能快速反应并报警.

4 结 语

笔者以整流模块、直流变换模块和单片机控制模块为核心设计的直流操作电源,不仅继承了传统操作电源的优点,还有效的提高了工作效率,并且获得了更高的稳压精度.当设定该操作电源输出为 215 V 直流电压时,能检测到输出端口纹波电压为 0.148~0.157 V,纹波系数控制在 0.1%以内,保证了输出电压的稳定,能有效的保护负载.同时只需要外加输入、输出开关,蓄电池装入机柜或直接安装于高压开关柜便可组成一套功能完备的直流系统,此外输入电压通过键盘控制,输出电压采用数字显示,操作简便,显示直观,能广泛应用在小型终端变电站、厢式变电站等多种场所.

致 谢

湖北省科学技术厅和武汉工程大学为本研究提供了经费资助,武汉工程大学电气信息学院李国平教授给予了技术支持,在此一并致于衷心的感谢!

参考文献:

[1] 史小波. 直流操作电源智能监控系统的设计[J]. 工程与试验, 2012,52(3):66-69.
SHI Xiao-bo. Design of intelligent monitoring system for DC operation power[J]. Engineering and Test, 2012,52(3):66-69. (in Chinese)

[2] 赵应春,廖立平. 直流降压回路开路保护器在直流操作电源中的应用[J]. 电工技术,2011(3):31-32.
ZHAO Ying-chun, LIAO Li-ping. Application of DC step-down circuit open circuit protective device in the DC operation power supply[J]. Electric Engineering,2011(3):31-32. (in Chinese)

[3] 林笑玫. 变电站直流监控系统的实现[J]. 科技资讯, 2009(1):178-180.
LIN Xiao-mei. DC monitoring system for substation test [J]. Science and Technology Information, 2009 (1):178-180. (in Chinese)

[4] WEI Bei, WANG Xiuhe, ZHONG Hui. Performance analysis and experimental research of permanent magnetic DC motor with pulsating direct current source[C]//2010 International Conference on Electrical Machines and Systems(ICEMS2010), 2010 October 10-13, Incheon, Ko-

rea. 2010; 996-997.

[5] 杨帆,肖贝,廖知,等. 大“S”速度控制方法在数控雕刻系统中的应用研究[J]. 华中科技大学学报,2012, 40(2):14-17.

YANG Fan, XIAO Bei,LIAO Zhi,et al. Application of bell-shaped rate control to numerical control engraving systems [J]. Journal of Huazhong University of Science and Technology, 2012, 40 (2):14-17. (in Chinese)

[6] 谢超,毛行奎. 一种宽范围输出的直流电力操作电源[J]. 低压电器,2013(23):54-57.

XIE Chao,MAO Xing-kui. Wide-range output's DC operating power supply[J]. Low Voltage Apparatus, 2013 (23): 54-57. (in Chinese)

Design of electric operation power supply system

YANG Fan^{1,2},HUANG Lu²,CHENG Xiang-shi-yao²

- 1. College of Electronic and Information Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430205, China;
- 2. Hubei Key Laboratory of Intelligent Robot (Wuhan Institute of Technology), Wuhan 430205, China

Abstract: To further improve the stability operation power, a UPS-220V/3A power system based on AT89S51 single chip was designed, which was mainly composed of rectifier, direct current converter and intelligent control. Firstly, the input power factor was increased by the interaction of two unique control loop of circuit in the part of rectifier. Secondly, the stable direct current output was realized by the combining high frequency inverter circuit, high frequency transformer with full wave rectifier in the part of direct converter. The charging current level was adjusted and the charging mode was controlled and displayed by input module and display module. Finally, AT89S51 single chip was used to collect and process the signals in the part of control; the stability of system was controlled and the tunable output voltage was realized by the control of high frequency inverter module. The voltage is stable in the operation power supply system when commercial power inputs. The electricity is switched to supply the load at the zero time when commercial power is off or inputs abnormally. The results show that the power supply stability and the normal operation of load output are realized at voltage error within 0.5% and output ripple coefficient below 0.1%.

Key words: operation power; intelligent control; high frequency inverter

本文编辑:苗 变