

文章编号:1671-6833(2010)01-0085-04

基于 DSP 的智能型能馈式蓄电池放电装置研制

刘顺新¹, 张建兴², 米高祥², 潘良胜², 张杰²

(1. 郑州航空工业管理学院 机电工程学院, 河南 郑州 450015; 2. 许继集团, 河南 许昌 461000)

摘要: 在电力系统中, 蓄电池是很重要的一种后备电源, 其性能很大程度上决定了直流操作电源的可靠性。为保持蓄电池的活性和响应节能减排的要求, 研制了一种具有高度自动化程度的智能型能馈式蓄电池放电装置。笔者详细介绍了该装置的电路结构、参数设计及控制方法。现场运行结果表明, 该装置放电性能良好, 放电纹波小, 工作稳定可靠, 监控便捷直观, 具有良好的工程应用推广价值。

关键词: 逆变器; IGBT; 蓄电池放电; PID; DSP

中图分类号: TM912

文献标识码: A

0 引言

在电力系统的发电厂和变电站内^[1], 当站内交流电消失时, 蓄电池组成为直流操作电源的最后一道防线, 其性能的好坏, 很大程度上决定了直流操作电源的可靠性。

在供电正常时, 直流操作电源的充电装置总是以恒定的电压对蓄电池进行“浮充充电”, 这样会造成蓄电池阳极极板钝化, 电池内阻急剧增大, 可用容量大大低于标称容量, 导致实际供电时间减少。故对于长期处于“浮充充电”工作状态的蓄电池必须定期进行放电, 以使蓄电池保持活性。随着国家“节能减排”政策日益深入人心^[2], 能馈式蓄电池放电装置已成为近年来的研究热点。

随着电力、金融、通信、交通及新能源等行业的发展, 大容量蓄电池组应用越来越广^[3]。针对这种情况, 笔者基于 DSP 设计了一种大容量智能型能馈式蓄电池放电装置。通过合理配置主回路参数, 采用合适的控制策略, 进行人性化的人机接口设计, 实现了放电装置可靠稳定的高精度放电, 方便直观地在线监测。

1 系统工作原理

图 1 为本蓄电池放电装置的系统结构图。蓄电池放电的直流电流经过三相逆变桥转换为三相交流电流回送入电网。以 TI 公司的 DSP2812 为核

心的控制环节完成采样数据计算、PWM 信号产生、锁相以及同人机接口的数据交换等工作。只要在人机接口输入放电电流值、放电时间和放电截止电压与蓄电池低压保护电压值等参数, 蓄电池放电过程即可自动控制, 放电过程中蓄电池电压数据可自动记录, 实现放电过程无人值守。

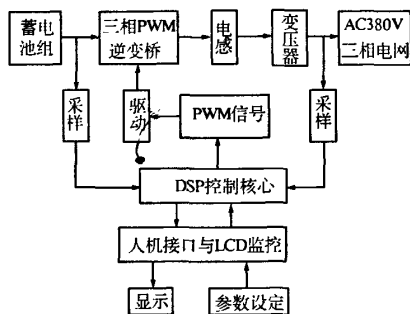


图 1 系统结构框图

Fig.1 Block diagram of system structure

2 系统组成

由图 1 结构框图可知系统主要由主回路和控制回路组成, 下面分别介绍。

2.1 主回路

本蓄电池放电装置的主电路如图 2 所示, 其中的开关器件均为绝缘栅极双极型晶体管(IGBT)器件。主电路以三相逆变桥为主干, 逆变桥输出经滤波电感后接三相升压变压器并入电网^[4-5]。

收稿日期:2009-09-30; 修订日期:2009-11-18

基金项目:郑州航院青年基金资助项目(Q09JD03)

作者简介:刘顺新(1978-), 男, 河南新乡人, 郑州航空工业管理学院讲师, 主要从事高低压电器的研究。

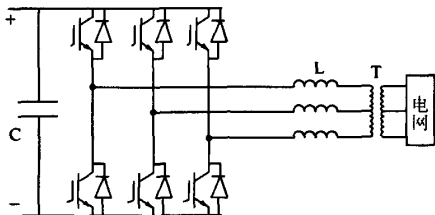


图2 主电路结构图

Fig.2 Structure diagram of main circuit

蓄电池放电电流为 250 A, 升压变压器变比为 1:4, 若蓄电池组电压为 230 V, 三相电网线电压为 380 V, 则逆变器每相输出电流为

$$I = 4 \times 230 \text{ V} \times 250 \text{ A} / (\sqrt{3} \times 380 \text{ V}) = 349.5 \text{ A} \quad (1)$$

即逆变器每相电流幅值为 494.3 A, 选择 IGBT 器件以及三相滤波电感时兼顾经济考虑与散热设计及结构设计方便, 主功率回路采用 EUPEC 的 FF400R06KE3 IGBT 模块搭建并联的双三相逆变器, 散热采用强制风冷方式。两个三相逆变器直流侧共用, 输出各接一个三相滤波电感, 并联经变压器并入电网, 构成主功率回路。

2.1.1 主电路参数设计

主电路参数设计主要包括直流侧电容参数设计和交流滤波电感参数设计。

直流侧电容参数设计一般可由下式求得^[6]

$$C_{dc} \geq \frac{\bar{p}}{2\omega \cdot U_{dc} \cdot V_{ripp}} = \frac{60\,000 \text{ W}}{2 \times 314 \times 230 \text{ V} \times 10 \text{ V}} = 41\,540 \mu\text{F} \quad (2)$$

式中: \bar{p} 为装置功率; 允许的最大电压纹波 V_{ripp} 为 10 V; 直流电压 U_{dc} 为 230 V。

在经过仿真以及反复试验后, 实际设计选取 10 只 450 V/4 700 μF 电解电容并联。

电感参数设计可由下式求得

$$L \geq \frac{U_{dc}}{8f_c \cdot \Delta I_{max}} \quad (3)$$

式中: 直流侧电压 $U_{dc} = 230 \text{ V}$; 载波频率 $f_c = 9.6 \text{ kHz}$, 纹波电流 $\Delta I_{max} = 10 \text{ A}$, 代入式(3)得 $L \geq 0.29 \text{ mH}$, 经过仿真与实验验证, 实际设计选取交流三相滤波电感为 0.4 mH。

2.2 控制技术

图3为放电装置系统控制框图。系统控制主要分为两个部分: 数字锁相环(PLL)和放电电流控制。两部分都以 abc - dq 变换为基础。

abc 三相静止坐标系为定义在空间互差 120° 的坐标轴。取相互垂直的坐标轴 d 、 q , 以 ω 的角速

度与空间合成矢量同步旋转^[7]。如图4所示。

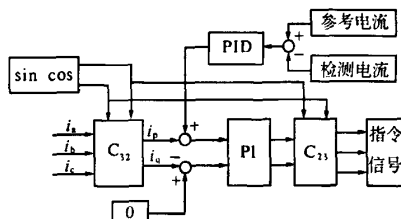
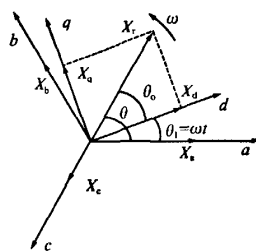


图3 系统控制框图

Fig.3 Block diagram of control structure

图4 静止 abc 坐标系与旋转 dq 坐标系变换图Fig.4 Transition diagram of abc and dq

根据空间合成矢量相等的原则可推导出三相静止 abc 坐标系和同步旋转 dq 坐标系之间的转换关系。

2.2.1 锁相控制

能量回馈式放电装置需要将能量回送给电网, 因而必须使装置输出的电流与电网保持同频同相, 本装置采用的数字锁相技术基于瞬时无功理论和系统正序电压跟踪技术, 其控制框图如图5所示。

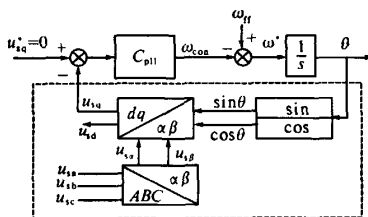


图5 锁相控制框图

Fig.5 Structure of phase-lock control

当电网电压幅值, 即电压合成矢量 \vec{u}_s 的幅值不变时, \vec{u}_s 的 q 轴分量 u_{sq} 反映了 d 轴与电网电压 \vec{u}_s 的相位关系^[8]。如需将的电网电压合成矢量 \vec{u}_s 的方向定在 dq 坐标系的 d 轴上, 则当 $u_{sq} > 0$, d 轴滞后时 \vec{u}_s , 应增大同步信号频率; 当 $u_{sq} < 0$, d 轴超前时 \vec{u}_s , 应减小同步信号频率; 当 $u_{sq} = 0$ 时, d 轴与 \vec{u}_s 同相。因此, 可通过控制 u_{sq} , 使 $u_{sq} = 0$ 来

实现两者之间的同相。

2.2.2 放电电流控制

数字 PID 控制技术成熟,不需要建立数学模型,易被人们熟悉和掌握,兼顾动态响应速度和稳态性能,因而广泛应用于各种工业控制领域中。鉴于篇幅限制,笔者不再介绍数字 PID 控制原理,仅介绍针对本装置设计时采用的分段式 PID 控制思想。

数字 PID 控制中比例环节 P 和微分环节 D 都可以加快调节,提高系统动态性能,但比例参数不合适时会导致系统稳定性下降,甚至导致系统失稳^[9];微分环节由于对噪声具有放大作用,因而过强的微分也对系统抗干扰不利,影响系统的稳态性能。鉴于此,经过长时间的实验,笔者提出了分段式 PID 控制思想:以 200 A 为放电电流门限值,当放电电流低于门限值时,仍保留原来的 PID 参数;当放电电流高于门限值时,减小比例环节参数,取消微分控制环节,提高系统稳态性能。

对于大容量放电装置而言,为避免启动瞬时 di/dt 值过大的隐患,软启动环节必不可少,本装置通过软件算法实现软启动,其原理为:系统开始放电时,给参考电流一个较小的初值(比如 5 A),然后参考电流给定值逐步增加至设定放电电流值,实现放电电流平稳上升至额定值。

3 实验结果

大容量智能型能量回馈式蓄电池放电装置已在数个大型电厂投入使用。装置运行稳定,放电电流纹波较小,可自动记录放电过程蓄电池组电压数据,实现了无人值守。现场运行情况如图 6、7 所示。软启动过程十分平稳无超调,稳态放电时放电电流纹波小于 $\pm 3\%$,效果非常满意。

放电过程中本装置每 5 min 自动记录一次蓄电池组电压数据,以实现放电过程中蓄电池组

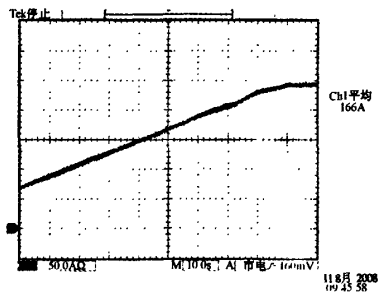


图 6 放电软启动过程

Fig. 6 Waveform of discharge starting

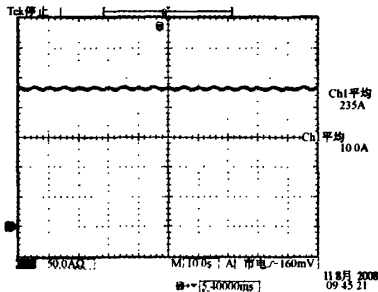


图 7 稳态放电波形

Fig. 7 Waveform of steady discharge

电压变化的监控。放电装置通过 RS232 与 PC 机完成串口数据通信。如图 8 所示,PC 端放电监控软件可方便显示“操作日期”、“累积放电时间”、“放电电流”、“放电安时数”等数据,并以报表形式显示放电过程中记录的蓄电池组电压数据。



图 8 蓄电池放电数据记录

Fig. 8 Data record of discharge

通过每 5 min 记录的蓄电池组电压数据,PC 端软件可直观地以曲线形式反映出蓄电池电压的变化过程,如图 9 所示,便于操作人员的监控与分析工作。

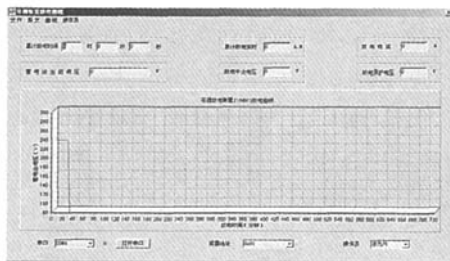


图 9 放电过程蓄电池组电压曲线

Fig. 9 Voltage waveform of battery discharge

4 结论

笔者基于 DSP 和 IGBT 设计了一种大容量智

能型能馈式蓄电池放电装置. 该装置能将放电能量反送回电网, 节约了能量, 同时改善了放电环境, 恒流放电, 能精确测量蓄电池组容量. 放电过程自动控制, 并自动记录相关放电数据, 实现了无人值守, 具有广阔的应用前景.

参考文献:

- [1] 片春媛, 刘俊峰. 蓄电池充放电控制系统[J]. 铁道机车车辆, 2005, 25(6): 46-47.
- [2] 李立伟, 邹积岩. 蓄电池放电能量并网装置[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(6): 81-83.
- [3] 岳德坤. 蓄电池智能恒流放电系统[J]. 电讯技术, 2004, (3): 166-168.

- [4] 闰之峰. 一种新颖蓄电池恒流放电装置研究[J]. 装甲兵工程学院学报 2006, 20(3) 90-92.
- [5] 姚为正. 正弦波逆变蓄电池回馈放电装置的设计[J]. 电力电子技术, 2002, 36(2): 10-12.
- [6] 蔡子亮, 马俊朋. 一种新型电力系统放电装置的设计[J]. 继电器, 2007, 7(14): 39-41.
- [7] 高志光, 蔚兰, 郭平华, 等. 三相电压型 PWM 整流器控制方法研究[J]. 机车电传动, 2006, (2): 43-45.
- [8] 孟祥萍, 高熾. 电力系统分析[M]. 高等教育出版社, 2002, 2(2): 123-142
- [9] 邹建龙. 采用变参数 PI 的蓄电池放电装置[J]. 电力电子技术, 2003, (4): 9-11.

Design of Battery Discharge Device Based on DSP

LIU Shun-xin¹, ZHANG Jian-xing², MI Gao-xiang², PAN liang-sheng², ZHANG Jie²

(1. Zhengzhou Institute of Aeronautical Industry Management, Zhengzhou 450015, China; 2. Xuji Group, Xuchang 461000, China)

Abstract: In order to keep storage battery active, a new intelligent battery discharging device that feedbacks energy is proposed in this paper. The device uses DSP to control the whole system. The major difficulty involved in this research is to control the discharge current. The device has been developed in the factory and test results in power system plants and substations are presented. The test results show the good agreement with the emulation and the developed system can satisfy the constant-current discharge of different capacity batteries.

Key words: inverter; storage battery discharge; IGBT; PID; DSP

(上接第 84 页)

- [13] GB/T 1236-2000. 通风机空气动力性能试验方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2000.
- [14] GB/T 2888-91. 风机和罗茨鼓风机噪声测量方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1991.
- [15] 商景泰. 通风机手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1996.

- [16] 陈花玲, 苏强, 张铁山, 等. 多叶片离心通风机气动噪声特性及其控制[J]. 西安交通大学学报, 1995, 29(7): 14-20.
- [17] 俞济梁, 周晓军. 轴流通风机比 A 声级噪声限值的探讨[J]. 重庆大学学报: 自然科学版, 1995, 18(1): 77-80.

Experiment on Aeroacoustic Performance in Flow Field of Low Velocity Fan

LU Ji-fu¹, WEI Xin-li¹, LI Yang²

(1. College of Chemical and Energy Engineering Zhengzhou university, zhengzhou 450001, China; 2. College of Electromechanical Engineering, Qingdao University of science and technology, Qingdao 266061, China)

Abstract: In this paper, low velocity axial fan with skewed and swept rotor blade is investigated. By aerodynamic noise experiment, the relationship between sound pressure level and flow rate at design condition are obtained. The effect of rotor blade skew direction on aeroacoustic performance is analyzed. The results show there are similar radial distributions of wake width in forward-skewed and backward-skewed rotor blade; along the spanwise direction, wake width is lower and lower. Compared with the backward-skewed rotor blade, the forward-skewed rotor blade has higher ability of noise-reduction.

Key words: low velocity axial flow fan; circumferential skewed blade; internal flow field; wake width