

一种新型电力系统蓄电池放电装置的设计

蔡子亮, 马俊朋

(许昌学院, 河南 许昌 461000)

摘要: 在电力系统发电厂和变电所内, 蓄电池组性能好坏, 很大程度决定了直流操作电源的可靠性, 合理使用和维护蓄电池, 使之保持在良好的运行状态, 这是延长蓄电池寿命和提高直流操作电源可靠性的关键。在分析了电力系统蓄电池放电重要性和当前蓄电池放电装置现状的基础上, 结合蓄电池放电的基本要求, 设计出了一种新型的正弦波逆变蓄电池回馈放电装置, 该装置包括 DC/DC 变换电路、PWM 整流逆变电路、控制电路、保护电路等, 同时也对放电装置的工作原理进行了详细的阐述。

关键词: 蓄电池放电; PWM; 逆变; IGBT

A new type discharge device designed for storage battery in electric system

CAI Zi-liang, MA Jun-peng

(Xuchang University, Xuchang 461000, China)

Abstract: In power system plants and substations, the reliability of DC operating power is largely decided by the storage battery performance. Reasonable use and maintenance of batteries are the key to extend battery life and improve the reliability of DC operation power. This paper analyses the importance of storage battery discharge in electric system and present situation of storage battery discharge device. On this basis, combined with basic demand of storage battery discharge, a new type feed-back discharge device with sine wave inverter for storage battery is designed. This device includes DC/DC transformation circuit, PWM rectifier and inverter circuit, control circuit, protection circuit, etc. This paper also expounds the operation principle of this discharge device in detail.

Key words: storage battery discharge; PWM; inverter; IGBT

中图分类号: TM912

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2007)14-0038-04

0 引言

在电力系统发电厂和变电所内, 蓄电池组性能好坏, 很大程度决定了直流操作电源的可靠性。合理使用和维护蓄电池, 使之保持在良好的运行状态, 这是延长蓄电池寿命和提高直流操作电源可靠性的关键, 在蓄电池使用和维护的过程中, 为了活化蓄电池和测量蓄电池的容量, 必须定期进行放电实验, 因此, 一套高性能的放电装置对蓄电池显得尤为重要, 针对这种情况, 本文设计了一种新型合理的电力系统蓄电池放电装置。

1 方案选择

1.1 蓄电池放电的基本要求

为了延长蓄电池使用寿命和提高其性能, 蓄电池放电应满足以下要求:

1) 防止过放电。蓄电池的放电电压不能低于某一极限值——放电终止电压, 进行放电时, 必须首先根据放电电流大小确定放电终止电压。放电电

压一旦达到此电压, 应立即停止放电。

2) 与电网隔离。为防止变电站支流负载误动作, 直流操作电源的直流输出必须与交流电网电气隔离。

3) 可靠的保护。包括直流输入过压、欠压、过流保护, 交流输出过压、欠压、过流、失电保护以及元器件的保护。

1.2 现状分析及方案确定

目前国内外用于蓄电池放电的装置主要有以下几种:

1) 电阻放电装置。电阻放电装置由电阻丝或水电阻构成, 在放电试验时, 通过开关的通断来人工调整放电电流的大小, 为了防止蓄电池过放电, 在放电期间, 必须人工监测蓄电池电压。电阻放电装置技术含量低、结构简单、工作可靠, 目前得到广泛使用。其缺点是无法做到恒流放电, 不能准确测量蓄电池的容量; 容易造成蓄电池过放电, 导致蓄电池寿命降低; 放电环境恶劣; 体积庞大; 不利于节约能源。

2) 晶闸管有源逆变放电装置。由四个晶闸管组成的单相桥式有源逆变电路的交流侧与电网相连, 直流侧与蓄电池组相连。电路工作时, 逆变电路将蓄电池组的直流电逆变成与电网同频率、同相位、同幅值的交流电, 并将蓄电池组释放的能量反馈回电网。缺点有: 交流失电保护困难; 对电网的谐波污染大; 放电电流纹波系数大。

3) 晶闸管整流逆变充电装置。晶闸管整流逆变充电装置的主电路由晶闸管组成的单相桥式整流电路既充当整流电路, 又充当逆变电路。其不足之处在于: 交流失电保护困难; 对电网谐波污染大, 放电电流纹波系数大; 作为充电装置, 不能满足蓄电池充电的需要; 设备的可靠性低; 接线结构复杂、检验维修困难。

本文提出一种新型正弦波逆变蓄电池回馈放电装置, 该装置采用 IGBT 器件、高频 PWM 整流逆变电路及微机控制等数项新技术, 使蓄电池处于恒流放电状态, 既能精确计算蓄电池组的放电容量, 又能将蓄电池组释放的能量回馈给电网, 从而减少能源消耗, 改善工作环境, 同时还使装置流入电网的电流接近正弦波, 极大地降低了放电装置对电网的谐波污染, 是一种真正意义的“绿色环保”电力电子产品。该装置是取代传统放电装置的理想产品, 特别适用于电力行业 220 V 或 110 V 直流系统蓄电池放电。

2 系统结构及工作原理

2.1 系统结构

正弦波逆变蓄电池回馈放电装置的系统结构开框图如图 1 所示。DC/DC 变换电路为升压电路, 将蓄电池电压变换成 PWM 整流逆变电路所需要的直流电压, 同时实现蓄电池恒流放电控制; PWM 整流逆变电路将蓄电池释放的能量变换成交流电回送给电网, 同时还使装置流入电网的电流接近正弦波。蓄电池放电过程由微机自动控制, 可实现无人值守。

2.2 工作原理

本文所采用的单相 PWM 整流逆变电路的主电路结构如图 2 所示。同 SPWM 逆变电路控制输出电压相类似, 可在 PWM 整流逆变电路的交流输入端 AB 之间产生一个正弦波调制 PWM 波 u_{AB} , u_{AB} 中除了含有与电源同频率的基波分量外, 还含有与开关频率有关的高次谐波。由于电感 L_s 的滤波作用, 这些高次谐波电压只会使交流电流 i_s 产生很小的脉动。如果忽略这种脉动, i_s 为频率与电源频率相同的正弦波, 在交流电源电压 u_s 一定时, i_s 的幅值和相位由 u_{AB} 中基波分量的幅值及其与 u_s 的

相位差决定。改变 u_{AB} 中基波分量的幅值和相位, 就可以使 i_s 与 u_s 同相位或反相位。如果 I_s 与 U_s 的相位完全相同, 电路工作在整流状态, 且功率因数为 1, 此时电网向 PWM 整流逆变电路输送能量; 如果 I_s 与 U_s 的相位完全相反则电路工作在逆变状态, 且功率因数为 -1, 此时 PWM 整流逆变电路向电网反送能量。这就是 PWM 整流逆变电路的基本工作原理。

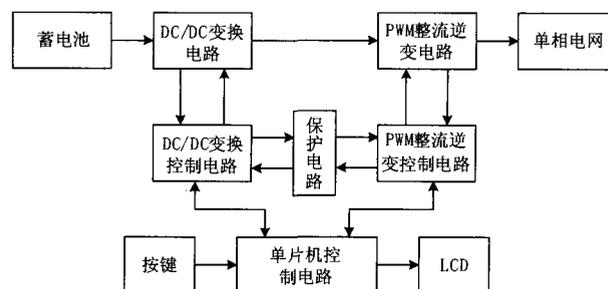


图 1 系统结构框图

Fig.1 Block diagram of system structure

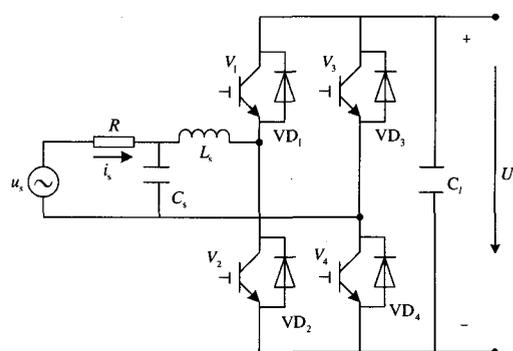


图 2 单相 PWM 整流逆变电路

Fig.2 Single-phase PWM rectifier and inverter circuit

3 系统组成

由以上框图可知本系统包括 DC/DC 变换电路、PWM 整流逆变电路、相应的控制电路、保护电路及监控电路等组成, 由于篇幅有限, 这里只介绍 DC/DC 和 PWM 主电路及其控制电路。

3.1 主电路

新型的单相正弦波逆变蓄电池回馈放电装置的主电路结构如图 3 所示, 由 DC/DC 变换电路、PWM 整流电路、控制电路、保护电路、检测电路及驱动电路等部分构成, DC/DC 变换电路采用高频隔离全桥移相软开关电路, 一方面将蓄电池电压变换成 PWM 整流电路所要求的直流电压, 另一方面实现蓄电池恒流放电控制; PWM 整流电路将蓄电池释放的能量变换成交流电回馈给电网, 同时还使装置流入电网

的电流接近正弦波。放电装置的主电路结构图 3 中变换电路中的开关器件均为绝缘栅双极型晶体管 (IGBT) 器件。 E_d 为蓄电池电压, R_1 和 CJ_1 共同组成启动限流电路, 用于抑制直流输入合闸浪涌电流, 以保护滤波电容 C_1 , L_{d1} 、 C_1 用于滤去 DC/DC 变换电路产生的高频开关噪声, C_2 为高频无感电容, 用于吸收直流母线上的电压尖峰, 起到保护开关管的作用。DC/DC 变换电路采用全桥移相软开关技术, 由开关器件 $T_1 \sim T_4$ 组成的全桥逆变电路首先将直流电压逆变成高频交流电压, 通过高频变压器隔离后, 再由 $D_1 \sim D_4$ 组成的全桥整流电路变换成 PWM 整流逆变电路所需要的直流电压, 并同时完成蓄电池恒流放电的控制。 $T_5 \sim T_8$ 及其反并联二极管共同组成单相 PWM 整流逆变电路, 将蓄电池释放的能量反送回电网, 同时控制使流入电网的电流为正弦波。 L_f 、 C_f 用于滤去 PWM 整流电路产生的高频开关噪声, R_2 和 CJ_2 用于抑制交流输出合闸浪涌电流。

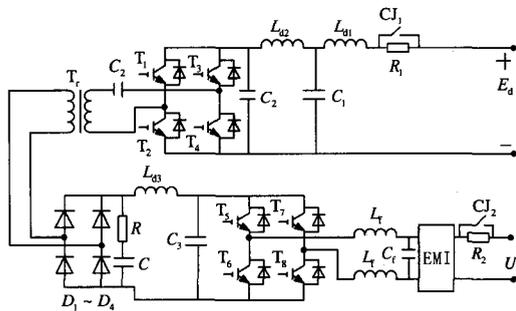


图 3 主电路结构图

Fig.3 Structure diagram of main circuit

3.2 DC/DC 变换控制电路

DC/DC 变换电路的作用是控制蓄电池恒流放电, 同时将蓄电池电压变换成 PWM 整流逆变电路所需要的电压。其控制系统结构简图如图 4 所示。放电给定电流 I_{DG} 与实际的放电电流 I_D 相比较后, 其误差信号经 PI 调节器后送入 PWM 控制器, PWM 控制器产生 PWM 信号, 该 PWM 信号再经驱动电路去控制 DC/DC 变换电路中的开关器件 IGBT, 便可使实际的放电电流跟踪给定电流, 从而达到恒流放电的目的。当 PWM 整流逆变电路发生故障不能

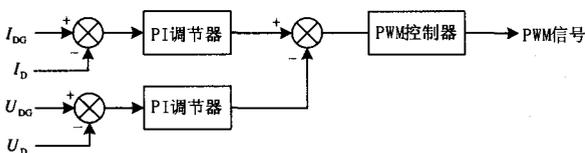


图 4 DC/DC 控制电路结构简图

Fig.4 Simple structure diagram of DC/DC control circuit

向电网回送能量时, 如果直流变换电路仍然处于恒流放电工作状态, 则会引起直流侧电压升高。为了防止过压的产生, 引入了直流电压限压控制环, 当直流侧电压高于设定值时, 直流变换电路立即从恒流控制转为恒压控制。

3.3 PWM 整流逆变控制电路

PWM 整流逆变电路的控制方法有直接电流控制和间接电流控制两种。直接电流控制引入交流输入电流反馈实行闭环控制, 其电流指令运算电路比不引入交流输入电流反馈的间接电流控制简单, 本文采用直接电流控制方法。

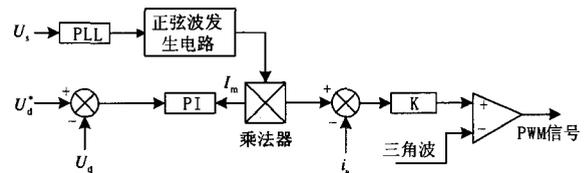


图 5 PWM 控制电路结构简图

Fig.5 Simple structure diagram of PWM control circuit

图 5 给出了 PWM 整流逆变电路控制系统的结构简图。采用双环控制, 其外环为直流电压控制环, 内环为交流电流控制环。直流输出电压给定信号 U_d^* 和实际的直流电压 U_d 比较后的误差信号送入 PI 调节器, PI 调节器的输出即为整流逆变电路交流输入电流的幅值, 它与标准正弦波相乘后形成交流输入电流的给定信号 i_a^* , 与实际的交流输入电流 i_a 进行比较, 电流误差信号经比例调节器放大后送入比较器, 再与三角载波信号比较形成 PWM 信号。该 PWM 信号经驱动电路后去驱动主电路开关器件, 便可使实际的交流输入电流跟踪指令值, 同时达到控制直流电压的目的。

当 DC/DC 变换电路未工作时, 此时 PWM 整流逆变电路工作在整流状态, 图 5 中的 PI 调节器的输出 I_m 为正值, 表示 PWM 整流逆变电路交流输入电流与电网电压同相。蓄电池放电时, DC/DC 变换电路向 PWM 整流逆变电路的直流侧输送能量, 使直流侧电压 U_d 抬高, 于是, PI 调节器的输入端出现负偏差, 并使得 PI 调节器的输出 I_m 为负值, 从而导致交流输入电流与电网电压反相, PWM 整流逆变电路工作在逆变状态, 向电网回送能量。

4 结论

本文采用 IGBT 器件、高频 PWM 整流逆变电路及微机控制等数项新技术, 设计出一种新型正弦波逆变蓄电池回馈放电装置, 该装置将蓄电池释放的能量返送回电网, 既节约能量, 又改善放电环境,

同时流入电网的电流接近正弦波, 极大地降低了放电装置对电网的谐波污染; 另外, 该装置也可用作电子负载, 用于调试各种直流稳压电源。

参考文献

- [1] 马军, 杨苹. 基于 DC/DC 变换的逆变技术的研究[J]. 现代电子技术, 2006, (16): 20-22.
MA Jun, YANG Ping. Summary of Inverter Topology Based on DC/DC Converter[J]. Modern Electronics Technique, 2006, (16): 20-22.
- [2] 陈瑞, 周梁, 韦忠朝. 基于双环控制的 PWM 逆变器的研究[J]. 通信电源技术, 2006, 23(1): 19-21.
CHEN Rui, ZHOU Liang, WEI Zhong-chao. Study of Inverter with Dual-loop Control[J]. Telecom Power Technologies, 2006, 23(1): 19-21.
- [3] 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.
GAO Zhi-guang, YU Lan, GUO Ping-hua, et al. Study on Control Method of 3-phase Voltage Type of PWM Rectifier[J]. Electric Drive for Locomotives, 2006(2): 43-45.
- [4] 片春媛, 刘俊峰, 袁莉, 等. 蓄电池充放电控制系统[J]. 铁道机车车辆, 2005, 25(6): 46-47.
PIAN Chun-yuan, LIU Jun-feng, YUAN Li, et al. Control System of Battery Charging & Discharging[J]. Rail Way Locomotive & Car, 2005, 25(6): 46-47.
- [5] 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.
LI Li-wei, ZOU Ji-yan. An Instrument for Connecting the Discharge Energy of Battery to Power Grid[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(6): 81-83.
- [6] 岳德坤. 蓄电池智能恒流放电系统[J]. 电讯技术, 2004, (3): 166-168.
YUE De-kun. Battery Intelligent Constant-current Discharge System[J]. Telecommunication Engineering, 2004, (3): 166-168.
- [7] 闰之峰, 马晓军, 魏曙光. 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.
YAN Zhi-feng, MA Xiao-jun, WEI Shu-guang. Research on a Novel Battery Constant Current Discharging Device[J]. Journal of Academy of Armored Force Engineering, 2006, 20(3): 90-92.
- [8] 姚为正, 潘三博, 李正力, 等. 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.
YAO Wei-zheng, PAN San-bo, LI Zheng-li, et al. Design of Battery Discharge Device Feeding Energy Back with Sine Wave Inverter[J]. Power Electronics, 2002, 36(2): 10-12.

收稿日期: 2007-03-21; 修回日期: 2007-05-12

作者简介:

蔡子亮(1965-), 男, 副教授, 主要研究方向为电力电子与电力传动, 信号与信息处理; E-mail: caizl2002@xctc.edu.cn
马俊朋(1974-), 男, 讲师, 硕士, 主要从事电力和电气控制方向的研究。

许继 WGL-800 故障录波分析装置荣获河南省科技成果一等奖

2007年6月, 许继电气公司自主研发开发的 WGL-800 故障录波分析装置荣获河南省信息产业科技成果奖的一等奖。

为培育新的经济增长点, 许继电气公司不断加大新产品的研发力度, 按照先进的产品研发理念管理产品研发、元件选型、技术支持、过程控制和售后服务全过程。2004年6月 WGL-800 故障录波分析装置立项开发, 2005年8月投入试运行, 2005年11月产品通过国家继电器质量检测中心定型试验, 同期通过集团公司鉴定。基于对产品负责和更好地满足客户要求, 2006年1月开始小批量试生产, 通过小批量供货发现问题, 从细微处提升产品的性能质量, 不断总结不断升级改进。经过近一年的努力, 许继故障录波装置在性能试验和调试投运中得到了客户的高度评价和认可, 产品的自主研发水平实现了质的飞跃。

2006年12月在中国电科院电力工业电力设备及仪表质量检测中心一次顺利通过系统录波和机组录波型试试验及动模试验。2007年4月15日, 在郑州通过由省科技厅组织的省级鉴定, 专家鉴定结论为: 该产品设计合理, 技术先进, 适用性强, 满足电力系统对故障波形动态记录装置的要求, 性能指标达到国际先进水平。升级后的 WGL-800 故障录波分析装置, 连续中标继南阳天益 2×600MW 机组故障录波、华能沁北电厂二期升压站的 500 kV 系统故障录波等高端项目, 今年上半年许继公司故障录波产品的订货量实现了大幅度增长。