

单片机控制的高频开关电源型电力系统操作电源的研制

费万民^{1,2}, 张艳莉², 吕征宇¹, 吴兆麟¹

(1. 浙江大学电力电子国家专业实验室, 浙江 杭州 310027; 2. 淄博学院机电工程系, 山东 淄博 255000)

摘要: 论述了由单片机控制的高频开关电源型电力系统操作电源的主电路结构、控制电路原理和软件设计。介绍了以 IGBT 为主开关器件, 以 80C196KB 型单片机为控制中心, 采用 PWM 技术进行控制, 完成的 220V、40AH 的电力系统直流操作电源系统。现场运行证明, 该电源系统设计合理, 功能完善, 性能好, 可靠性高。

关键词: 单片机; 高频开关电源; IGBT; 电力系统

中图分类号: TM91 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2001)06-0031-04

1 引言

随着电力电子技术的快速发展, IGBT 以其开关速度快、开关损耗小、耐压高、带负载能力强、通态压降低、易驱动等特点, 在大功率电力电子设备中逐渐成为主流器件。同时, 传统的相控整流电源设备因网侧功率因数低、调整速度慢、纹波大等缺点, 正在被逐步淘汰。本文介绍的单片机控制的高频开关电源型电力系统操作电源, 以 IGBT 为主开关器件, 以脉宽调制电路 TL494 为主控芯片, 以高性能 16 位单片微处理器 80C196 为监控中心, 具有功率因数高, 对电网污染小; 开关频率高, 滤波效果好, 无静态噪声; 稳压稳流精度高; 自动化程度高; 主电路和控制电路结构简单, 成本低, 可靠性高等优点, 因而很受用户欢迎。

2 硬件设计

电力系统操作电源的功能要求: 1) 对蓄电池组充电, 充电电压从 180V 到 288V, 充电电流从 0 到 0.25C 安(此处为 10 安), 恒压充电时的稳压精度不大于 $\pm 0.5\%$, 恒流充电时的稳流精度不大于 $\pm 1\%$; 2) 控制母线输出 220V $\pm 0.5\%$, 电流 0 到 20A, 连续供电。

2.1 系统的总体方案

根据功能要求, 操作电源系统的总构成如图 1 所示。系统主要由以下三部分构成:

1) 由变压器、整流滤波环节、IGBT1、C1、VD1、L1 等组成的高频 DC/DC 变换器和蓄电池组等组成的高频 DC/DC 变换器和蓄电池组等组成的充电浮充电装置的主电路。该部分电路的中心是 IGBT1、C1、VD1、L1 等组成的高频 DC/DC 变换电路。如图 1 的上部所示。

2) 控制电路: 包括以 80C196KB 型单片机为中心的操作电源监控系统, 和 1# 及 2# 高频 DC/DC 变换器的闭环调节及 IGBT 的驱动与保护电路。80C196KB 单片机监控系统的任务, 包括控制蓄电池的充电过程、监测并显示系统中的主要参量、故障监视、键盘处理等。如图 1 的中部所示。

3) 由 IGBT2、C2、VD2、L2 等组成的 2# 高频 DC/DC 变换器主电路。2# DC/DC 变换器工作于恒压输出状态, 为控制母线负载供电。在交流正常供电时, 因 U_1 高于蓄电池组端电压, VD3 受反向电压而截止, U_1 经 2# 高频 DC/DC 变换器降压调整后, 得 U_2 , 即 220V 的控制母线电压; 当交流停电时, VD3 导通, 蓄电池组端电压经 2# 高频 DC/DC 变换

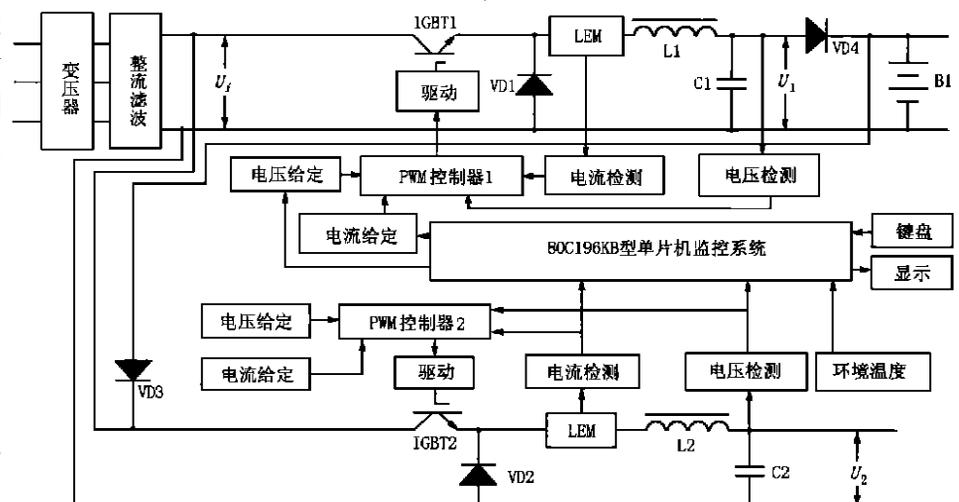


图1 操作电源系统构成总框图

器降压调整后,为控制母线供电,因此,即使在交流停电的情况下,仍保证对控制母线的连续供电,而且该转换过程无停电间隙。在传统的操作电源系统中,该部分功能用串联降压硅堆来实现,有调压精度低、调压范围小、功耗大和笨重等缺点。

2.2 主电路设计

DC/DC 高频变换器的主电路结构,采用简单、可靠的降压斩波电路,如图 1 中的 IGBT1、C1、L1、VD1 组成的电路和 IGBT2、C2、L2、VD2 组成的电路。其中,主开关管 IGBT 在恒定频率的 PWM 信号的控制下,周期性地导通和关断。调节每个周期中 IGBT 的导通时间,即可调整其后级电压的平均值。L1、C1 和 L2、C2 构成 LC 滤波电路,VD1、VD2 为续流二极管,应采用快速恢复二极管。主电路的输入电压为 U_i ,设 IGBT1 和 IGBT2 的导通占空比分别为 D_1 和 D_2 ,则两套主电路的输出电压分别为 $U_i \times D_1$ 和 $U_i \times D_2$,由此可见,输出电压与主开关管的占空比成严格的线性关系,特别易于控制,当采用电压负反馈或电流负反馈形成闭环调节时,稳压精度或稳流精度特别高。

2.3 控制电路

控制电路的功能有闭环调节、PWM 信号的产生和 IGBT 驱动与保护等。闭环调节及 PWM 信号产生电路的原理如图 2 所示。图中,N1 为 A 及其外围器件构成闭环系统的 PI 调节器。N2 为模拟开关,受 80C196KB 的 P1.0 控制,给 P1.0 以高电平,反馈信号为输出电压,形成电压闭环,DC/DC 变换器恒压输出;给 P1.0 以低电平,反馈信号为输出电流,形成电流闭环,DC/DC 变换器恒流输出。HSO. 1 为 80C196KB 的高速输出口,此处通过编程作 D/A 输出使用,为闭环调节系统的参考输入,在恒流充电时,输出充电电流给定值,恒压充电时,输出充电电压给定值。N1 为 B 及其外围器件构成恒流限流保护电路,当输出电流小于限流保护整定值时,N1 为 B 输出高电平,VD5 截止,对调节电路无影响,但当输出电流大于限流保护整定值时,N1 为 B 输出负电压,将调节电路的参考电平拉低,R8、C5 构成 PI 积分调节,实现恒流限流。电路中的 C6、VD6、R11、R12 组成的网络,用来在 TL494 的 4 脚产生一个从 +15V 缓慢变化到 -0.7V 的过程,一方面实现功率变换电路的软启动,另一方面,可使 TL494 输出的 PWM 信号从 0 到 100% 之间变化,其作

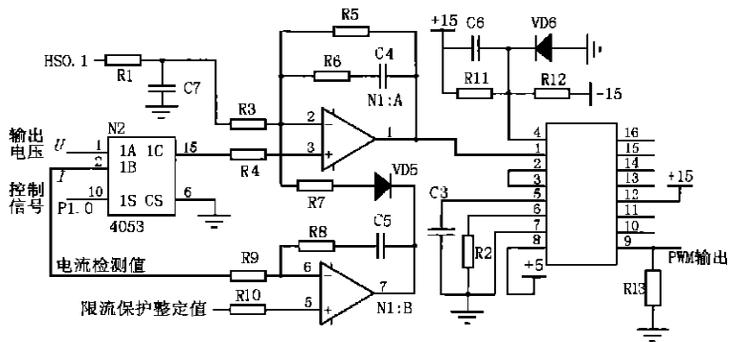


图 2 闭环调节及 PWM 信号产生电路原理图

用解释如下:交流停电后,蓄电池通过 IGBT2 组成的功率变换器为控制母线供电,随着蓄电池不断放电,蓄电池的端电压不断下降,当蓄电池电压小于控制母线的正常电压时,若 PWM 信号占空比的最大值为 100%,则控制母线的稳压范围会大大增加。R2、C3 数值决定系统的主开关频率,此处,我们定为 20kHz。TL494 的 9 脚即是所需 PWM 信号。

IGBT 的驱动与保护是关系该电源系统可靠性的关键因素。我们采用富士公司生产 EXB841 型 IGBT 专用驱动电路,该电路只需 20V 的单电源供电。驱动电路原理图如图 3 所示。

当 IGBT 发生过流时,EXB841 的 5 管脚输出低电平,经光耦隔离后封锁 PWM 信号,从而实现对 IGBT 的保护,但仅有该保护是不够的,在该电源系统中,我们另外设计了恒流限流的过电流保护方式,如图 2 中的 N1 为 B 及其外围器件组成的电路,该种保护电路抗干扰能力强,非常可靠,可使系统长期安全运行于输出短路状态。图 3 所示电路的输出分别接 IGBT 的 C、B、E 三极。另外,为防止 IGBT 受关断过程中的操作过电压的损害,我们在主电路中设置了阻止放电型 R-D-C 缓冲电路。

2.3 单片机监控系统

单片机监控系统主要由 80C196KB CPU、程序存储器 2764、地址锁存器 74HC1573、地址译码器

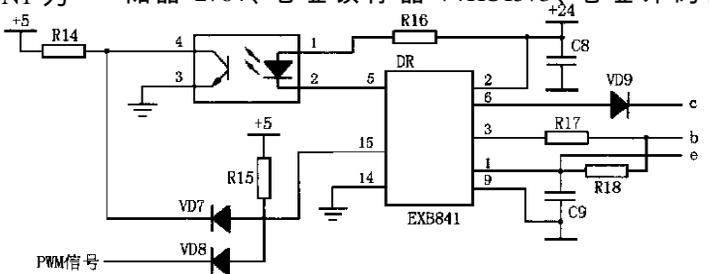


图 3 IGBT 驱动电路

1990.

- [2] 白忠敏,於崇干. 电力工程直流系统设计手册. 北京:中国电力出版社,1999,1.
- [3] 袁涛等. PL/M程序设计语言及应用. 北京:清华大学出版社,1990.
- [4] 孙涵芳. Intel 16位单片机. 北京:北京航空航天大学出版社,1998.

收稿日期: 2000-12-19

作者简介: 费万民(1965-),男,工程师,博士生,研究方向为电力电子技术及其应用; 张艳莉(1970-),女,硕士,现从事机电一体化方面的教学与研究; 吕征宇(1957-),男,教授,博士生导师,研究方向为电力电子技术及其在电力系统中的应用。

Research and development of a single-chip processor monitored operation supply system based on high frequency DC/DC converter

FEI Wan-min^{1,2}, ZHANG Yan-li², Lü Zheng-yu¹, WU Zhao-lin¹

(1. Zhejiang University, Hangzhou 310027, China; 2 Zibo University, Zibo 255000, China)

Abstract: In this paper, it presented the structure of the main circuit, the principle of the control circuit and the software of HF DC/DC converter controlled by a single-chip processor. It also discussed the hardware architecture and software programming of the monitoring system of the operation supply based on a single-chip processor 80C196KB. Practical operation shows that this supply system has high reliability and good performances.

Key words: single-chip processor; high frequency DC/DC converter; IGBT; power system

(上接第 27 页) 接接地电网中的单相接地保护的
性能有着较大的意义。

参考文献:

- [1] 贺家李,宋从矩. 电力系统继电保护原理,(第三版). 北京:水利电力出版社,1994,10.
- [2] 张志竟,黄玉铮. 电力系统继电保护原理与运行分析,(上册). 北京:水利电力出版社,1995,11.
- [3] 马长贵. 继电保护基础. 北京:水利电力出版社,1987,6.

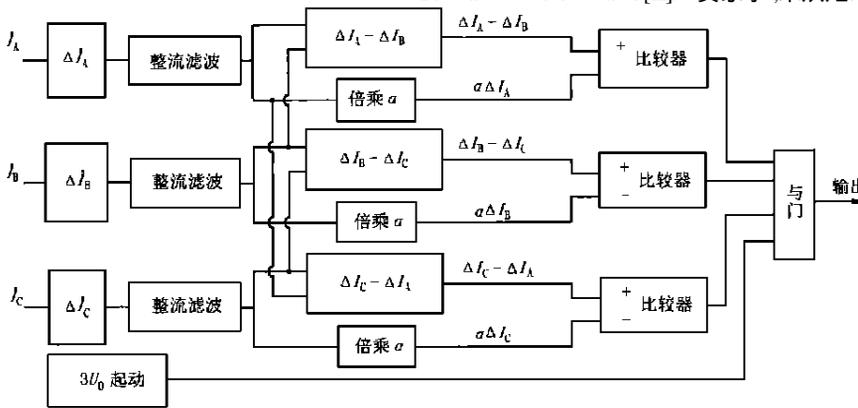


图 4 相间工频变化量保护原理框图

收稿日期: 2000-11-28

作者简介: 穆大庆(1964-),男,讲师,主要从事电力系统继电保护及自动控制技术方面的教学与研究。

Study on a new principle of single-phase earth protection for arc-suppression coil grounded system

MU Da-qing

(Changsha University of Electric Power, Changsha 410077, China)

Abstract: This paper presents a new principle of single-phase earth protection for arc-suppression coil grounded system. This new principle based on comparing the fundamental component mutation between phases brings the protection a higher sensitivity and reliability.

Key words: arc-suppression coil; single-phase earth protection; fundamental component mutation between phases