

# 斩控式交流调压在卷绕式镀膜机中的应用

郝晓弘 周志文

(兰州理工大学 电气工程与信息工程学院 兰州 730050)

**摘要:**研究了一种基于 DSP 控制的斩控式交流调压电源。分析了其控制原理,设计了以 TMS320F2812 型 DSP 为核心的控制电路。介绍了电源的拓扑结构,主回路工作原理,硬件控制系统与控制软件的设计。该电源具有电压调节范围宽、功率因数高、谐波容易滤除等优点。实验结果验证了设计的正确性和有效性。

**关键词:**电源;斩波控制;镀膜机

**中图分类号:**TM921.5; TP391.8 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-0682(2011)06-0027-03

## Application of AC chopping voltage controller in coiling coater

HAO Xiaohong, ZHOU Zhiwen

(College of Electrical and Information Engineering Lanzhou University of Technology Lanzhou 730050, China)

**Abstract:** An AC chopping voltage controller based on DSP is designed. The control principle is analyzed and the control circuit based on TMS320F2812 is designed. The power source topologies, main circuit working principle, the control circuit and program design are introduced, the power source has the advantage of wide range regulation of voltage, high power factor, easily eliminates the harmonics etc. The experiment results verify the validity of the control approach.

**Key word:** source; chopping voltage controller; coiling coater

## 0 引言

高真空卷绕镀膜机在柔性材料表面处理中的应用非常广泛。该设备的基本工作方式是在真空环境下通过坩埚温度控制将被镀材料蒸镀到卷材上,在整机的工作过程中,随着蒸镀材料种类、蒸发量的要求,需要调节坩埚的温度,而坩埚温度的控制是通过调节其两端的电压来实现的。在卷绕镀膜机中,一般安装有 12~18 只坩埚,每只坩埚的功率按 10 kW 设计。原有设备的调压方式为相控调压方式。其缺点是功率因数低,输出低次谐波含量多,对电网的谐波电流污染严重。

在坩埚工作中当蒸镀量较小时,其工作电压低,用相控调压方式调节其电压时,控制角  $\alpha$  比较大,造成功率因数进一步下降,使整机的工作效率也降低。为了提高该部分的工作效率,减小谐波的影响,

通过交流斩波控制方式,替代了晶闸管相控调压方式。该方式以高性能的功率开关管和脉宽调制技术为基础,具有动态响应速度快,电压调节范围宽,功率因数主要取决于负载,输出中不含低次谐波等优点。提高了整机的性能,同时该调压技术还可用于其他调压应用场合。

## 1 斩控式调压原理

斩控式调压基本原理如图 1a 所示, S1、S2 为控制开关,当 S1 闭合, S2 断开时,输出电压  $u_o = u_s$ ; 当 S2 闭合, S1 断开时,输出电压  $u_o = 0$  V。交替控制 S1、S2 的通断,则输出  $u_o$  的波形如图 1c 所示。

$$\text{若 } u_i = U_m \sin(2\pi ft)$$

开关函数 Fourrie 展开为:

$$s(t) = D + \frac{1}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \left\{ \begin{array}{l} \sin(2n\pi D) \cos \frac{2n\pi}{T_s} t + \\ [1 - \cos(2n\pi D)] \sin \frac{2n\pi}{T_s} t \end{array} \right\}$$

其中: 占空比  $D = \tau/T_s$ ;  $\tau$  为开关脉冲宽度;  $T_s$  为开关脉冲周期。

收稿日期:2011-06-24

基金项目:西北民族大学中青年科研基金资助项目(D2005-003)

作者简介:郝晓弘(1960),男,甘肃泾川人,教授,博士生导师,甘肃省跨世纪学科带头人,主要研究领域有复杂系统的控制,智能控制理论与应用等方面的研究工作。

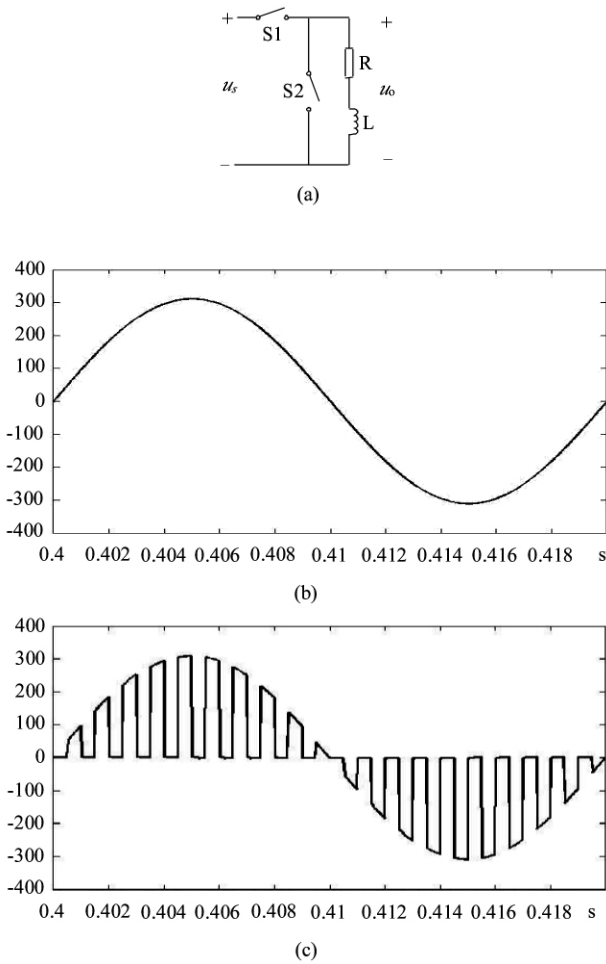


图1 交流 PWM 斩波调压原理图

由于  $u_o(t) = u_i(t) \times S(t)$  则

$$u_o(t) = u_i(t) \times s(t) = DU_m \sin(2\pi ft) +$$

$$(U_m/2\pi) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \{ \sin(2n\pi D) [\sin(nN+1)2\pi ft - \sin(nN-1)2\pi ft] - [1 - \cos(2n\pi D)] \times [\cos(nN+1)2\pi ft - \cos(nN-1)2\pi ft] \}$$

记做

$$u_o(t) = DU_m \sin(2\pi ft) + \varphi [(nN+1)2\pi ft]$$

载波比  $N = f_s/f$ ;  $f_s$  为开关脉冲频率  $f_s = 1/T_s$ ;  $f$  为调制脉冲频率  $f = 1/T$ ;  $\varphi$  为函数  $\varphi \sin(t)$ 。则可得输出电压由与输入电压同频的基波及  $(nN+1) \times 2\pi f (n = 1, 2, 3, \dots)$  高次谐波组成。通过低通滤波器易滤出  $\varphi [(nN+1)2\pi ft]$  部分,经滤波输出为  $u_o(t) = Du_i(t)$ ,通过调节占空比  $D$  可线性调节  $u_o$  的大小。

## 2 硬件设计

斩控式交流调压器硬件系统由主电路、控制电路构成。

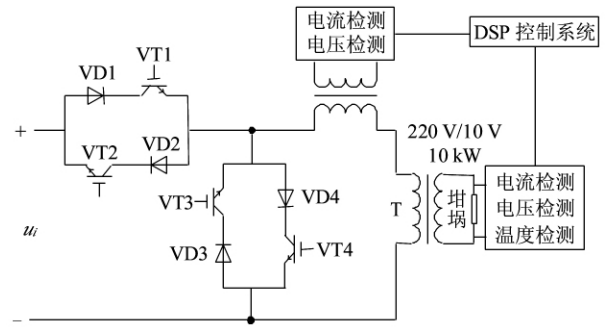


图2 坩埚温度控制主回路

图2为斩控式交流调压电路主电路图,图中开关管选用德国西门康二单元 IGBT,型号为 SKM100GB 124D,参数为 1 200 V/150 A。

控制系统以 TMS320F2812 型 DSP 为控制核心,实现对调压器开关的驱动控制,功率的闭环调节,坩埚温度的自动控制,逻辑保护,人机界面等。

DSP 根据检测输入的信息对系统进行控制。调压器中开关信号的驱动由 DSP 中的管理模块 EV 产生,并对最终产生的 PWM 波形进行死区控制。通过对变压器原端、次端的电压电流以及坩埚温度的采样、滤波、电平转换和 A/D 转换处理后,与给定的坩埚温度比较,进行温度的控制和功率的调节。当过电流、过电压及坩埚断裂等故障发生时,系统检测到故障立即报警,给出故障指示。若发生坩埚堆铝短路等事故,硬件电路会封锁开关管输出,封锁驱动信号实现保护,同时中断口发生中断进行保护处理。

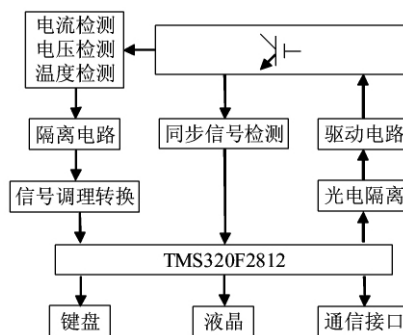


图3 控制系统结构简图

系统结构如图3所示,由同步变压器、电压比较器、脉冲整形、光电隔离等电路构成。当电源电压正向过零或反向过零时均引起 DSP 控制系统的中断,DSP 根据检测到的输入信息及电源电压的变化控制 VT1、VT4 或 VT2、VT3 开关管的通断。通过通信口可与上位计算机交换信息,实现坩埚温度的统一调整,实现整机的自动控制。

### 3 软件设计

控制系统主程序简化框图如图4所示。

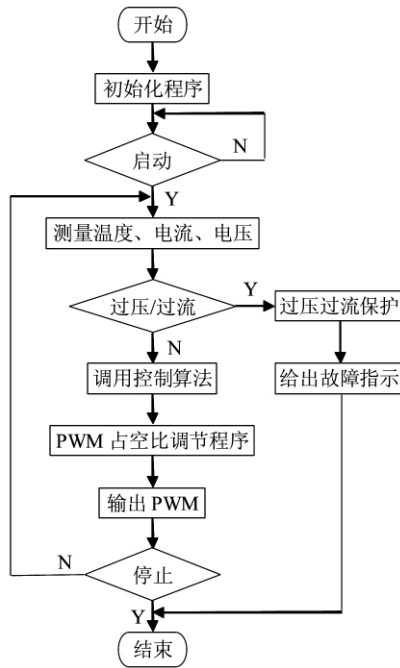


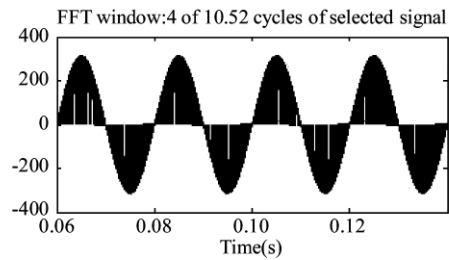
图4 控制系统主程序简化框图

系统上电后,DSP首先进行初始化,初始化结束后,采集端口数据。显示目前的给定值与实际值,通过按键可以调整当前的设置、采用模糊控制加PI算法的控制模式,送出当前的PWM脉冲。根据同步检测电路的工作状态,在电源正半周控制VT1、VT3的通断,电源负半周控制VT2、VT4的通断,通过电压电流温度闭环及时调整输出PWM波形的占空比,实现坩埚温度的调节。

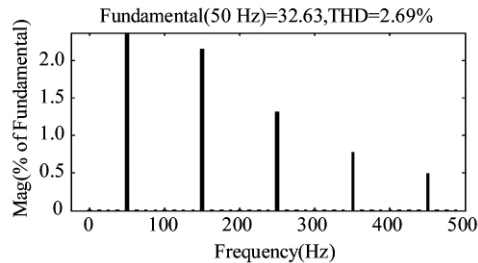
### 4 系统仿真及实验

根据斩控式调压电路的控制系统图及其控制要求,利用Matlab/Simulink工具箱建立了仿真模型,变压器为10kW,空载为0.01Ω。设开关频率为10kHz,占空比为10%。

图5a、5b为仿真输出结果,其中图5a为输出电压波形;图5b为傅立叶级数谐波分析图。从图知道,总谐波畸变率为2.69%,和相控整流方式相比,谐波含有率大大减少。



a 输出电压波形



b 傅立叶级数谐波分析图

图5 交流PWM斩波调压MATLAB仿真实验结果

根据以上结果,设计了一组斩控式交流调压器,并在22L~1800L型卷绕式镀膜机上进行了试验。试验结果表明,各项性能指标明显优于相控整流方式,特别是镀膜机供电中线中的电流大大减小。

### 5 结论

通过斩控式交流调压方式调节卷绕式镀膜机坩埚调压器原端电压,与相控调压方式比较,供电电源谐波含量大大减少,加在调压器之间的干扰明显减小,特别是中线电流的减小,减少了对其他供电回路的干扰。从而卷绕系统的稳定性得到了提高,使整机性能也得到了提升。

参考文献:

- [1] 熊一频,沈锦飞,初中原.基于IGBT倍频式180kHz感应加热电源研究[J].电力电子技术,2008,42(11):58-59.
- [2] 王兆安,刘进军.电力电子技术[M].北京:机械工业出版社,2009.
- [3] 许海鹰,齐铂全,黄松涛.基于DSP的超高频脉冲TIG焊电源设计[J].电力电子技术,2008,42(9):48-49.
- [4] 赵金宪,索红亮,娄丽丽.基于DSP的单相逆变电源智能控制系统研究[J].工业仪表与自动化装置,2011(1):29-32.

\*\*\*\*\*

# 欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎发布广告