

# 大功率 DBD 型臭氧发生器电源的研制

王跃球, 唐杰

(1.邵阳学院, 湖南邵阳 422000; 2.湖南大学, 湖南长沙 410082)

**摘要:**介绍了一种用于臭氧发生器工业装置的供电电源。给出了电源的主电路、控制电路和驱动电路设计过程。电源主电路由 IGBT 构成的 H 桥式电路组成; 控制电路由集成锁相环 CD4046 构成; 驱动电路采用了智能集成驱动器 2SD315A。设计出的臭氧发生器电源能满足大功率臭氧发生装置的要求, 装置现场运行稳定可靠。

**关键词:**臭氧发生器; 逆变电源; 控制电路; 驱动电路

中图分类号: TN86

文献标识码: A

文章编号: 1000-100X(2007)02-0066-03

## Research and Development of Power Supply for High Power DBD Ozone Generator

WANG Yue-qiu, TANG Jie

(1. Shaoyang University, Shaoyang 422400, China; 2. Hunan University, Changsha 410082, China)

**Abstract:** A power supply for industry ozone generator is introduced in this paper. The main circuit of the power supply together with the control circuit and the driving circuit is presented. The main circuit consists of H bridge circuit based on IGBT, the controller is composed of intergrated phase locked loop CD 4046 and the driving circuit is realized by intelligent intergrated driving modul 2SD315A. The power supply for ozone generator proposed in this paper can meet the demands of high power ozone generator. The field operation of the power supply is steady and reliable.

**Keywords:** ozone generator; inverter power supply; control circuit; driving ciucuit

**Foundation Project:** Supported by Scientific Research Foundation of Educational Department of Hunan Province (No.06C603)

## 1 前言

介电阻挡放电 (Dielectric Barrier Discharge, 简称 DBD) 作为臭氧的主要工业化生产方法, 在实际工程中得到了广泛的应用。随着臭氧应用领域的日益扩大, 对 DBD 臭氧发生技术和应用进行了深入的研究, 例如: 对发生器负载特性及模型的研究<sup>[1]</sup>, 对电源整体方案的选择, 对输出功率控制方案和软开关的研究, 以及如何提高电源频率等。在电源的整体方案中有采用串联谐振式逆变器的<sup>[2]</sup>, 也有采用并联谐振式逆变器的<sup>[3]</sup>, 但以串联谐振式逆变器为主。输出功率控制方案的研究也是近几年来 DBD 型臭氧发生器电源研究的热点。

臭氧发生器装置主要由气源系统、电源系统、控制系统组成。用于臭氧发生器的供电电源, 其性能的好坏直接影响到臭氧的浓度和产生臭氧的效率。研制满足高产量臭氧发生器装置用的供电电源是臭氧发生器中的关键技术之一。DBD 型臭氧发生器电源系统主要由主电路、控制电路和驱动电路

组成。这里以某实际工程应用为背景, 重点讨论了 DBD 型臭氧发生器电源的主电路、控制电路和驱动电路设计, 并给出设计过程中的实验波形。

## 2 系统组成

图 1 示出研究的 DBD 型臭氧发生器电源系统框图。整个电源系统主要由三相不可整流桥、H 桥式逆变器、输出中频变压器、控制电路和驱动、保护电路组成。

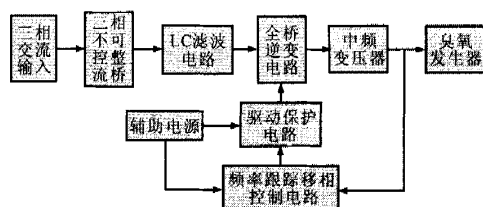


图 1 DBD 型臭氧发生器电源系统框图

## 3 DBD 型臭氧发生器电源主电路设计

### 3.1 主电路设计

图 2 示出主电路原理图。主要由整流电路、LC 滤波电路、逆变电路、隔直电容、补偿电感和中频变压器组成。由于电源的输出功率控制采用移相 PWM 控制方案, 输出功率的调节由逆变电路实现, 所以整流电路采用了三相桥式不可控整流电路,

基金项目: 湖南省教育厅科研资助项目 (06C603)

定稿日期: 2006-08-21

作者简介: 王跃球 (1967-), 男, 湖南武岗人, 硕士, 讲师。研究方向为控制工程、电力电子技术及其应用。

这样便可克服晶闸管相控整流方式深控下网侧功率因数低和动态响应慢的缺点。滤波电路采用了 LC 滤波电路。整流滤波电路的作用是为后面的逆变电路提供平滑的直流电压。滤波电感  $L$  除了起滤波作用外,在开机时还起到了抑制浪涌电流的作用。考虑到电源的输出功率比较大,逆变电路采用了全桥结构。全桥逆变器由  $VT_1 \sim VT_4$  4 个功率开关管组成,完成直流电压到方波电压的变换,在移相 PWM 控制方式下为中频变压器提供脉宽可调的交流方波电压。在逆变桥中选用了 IGBT 作为主功率开关管器件。补偿电感  $L_s$  与发生器的负载等效电容一起构成了谐振回路。

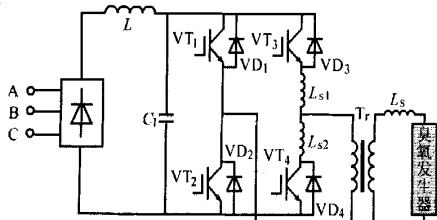


图2 主电路原理图

### 3.2 基于 2SD315A 的驱动电路的设计

#### (1) 驱动电路原理框图

驱动电路采用智能集成驱动器 2SD315A,它集驱动与保护功能于一体,使用方便,功能强大,缩短了电源的开发周期。图 3 示出驱动电路原理框图。2SD315A 具有两个驱动通道,因此在该系统中

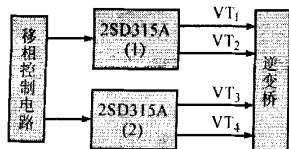


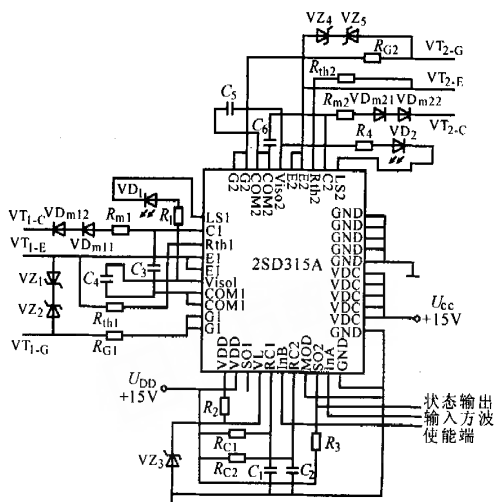
图3 驱动电路原理框图

需要用两个 2SD315A 集成驱动器。逆变器的负载电流经过零比较器

变换成方波信号后分两路进入 2SD315A 驱动器,一路经锁相环电路直接作为 2SD315A(1)的输入,2SD315A(1)的输出用以驱动基准臂功率开关器件  $VT_1$  和  $VT_2$ ;另一路经移相电路和锁相环电路后才进入 2SD315A(2),2SD315A(2)的输出用以驱动移相臂功率开关器件  $VT_3$  和  $VT_4$ 。

#### (2) 驱动电路接线图

图 4 示出驱动电路外围接线图。图中只绘出了一个桥臂的驱动电路原理图,另一桥臂的驱动电路与该驱动电路的接线方式相同,只是输入的方波信号不同。2SD315A 工作于半桥方式,图中各元器件的参数可参考瑞士 CONCEPT 公司的用户手册。



文献 [4] 给出了一种利用 CD4046 和比较器 LM311 实现的移相电路,通过转换开关可实现超前或滞后移相,移相范围为  $0^{\circ}\sim 180^{\circ}$ 。这里,针对串联逆变器容性工作方式的需要,结合频率自动跟踪控制电路,利用文献[4]的基本控制思想提出了图 7 所示的移相控制电路原理。它利用了图 5 中第一片 CD4046 第 7 脚上与输入 PWM 波同频同相的锯齿波,将该锯齿波与一给定电压相比较,然后将比较输出信号输入到第二片 CD4046 的输入端,以此达到移相的目的。图 8 示出电路的工作波形。该电路与文献[5]中的移相控制电路相比,电路大大简化,只需在频率跟踪电路中加一片比较芯片即可。

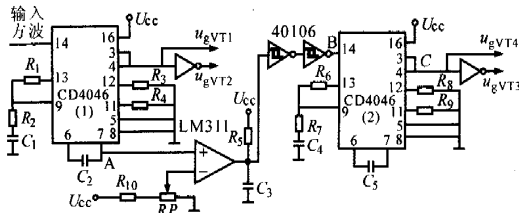


图 7 移相控制电路原理图

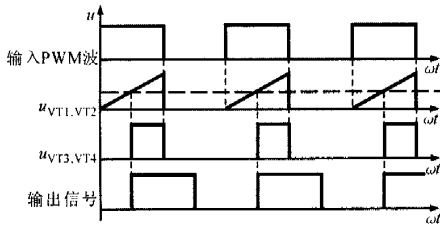


图 8 移相控制电路波形图

电路中的 CD40106 除了对比较器 LM311 的输出波形进行整形外,还有抗干扰的作用。由于 CD4046 第 7 脚上的锯齿波信号的最大电压为  $U_{cc}/2$ ,所以要求比较器的比较电压范围为  $0\sim U_{cc}/2$ 。因此在电路中用一阻值与给定电位器阻值相等的电阻  $R_{10}$  与  $RP$  串联,这样即可满足比较电压范围为  $0\sim U_{cc}/2$  的要求。对图 7 电路,由于两个锁相环电路的输入信号频率相等,因此在设计电路参数时,两个锁相环外围电路的参数可取相同。由图 8 可见,输出信号的前沿始终与比较器输出信号的前沿同步,当调节图 7 中的  $RP$  时,比较器的比较电平发生改变,比较器输出信号的前沿也因此移动,由于输出信号的前沿与比较器输出信号的前沿同步,因此输出信号相对输入信号而言,实现了移相。在该电路中要注意确保比较器的输出信号前沿无毛刺,否则电路难以锁定。为此,在比较器的输出端接入了滤波电容  $C_3$ ,对比较器的输出信号进行了简单的滤波。

## 5 实验结果

将信号发生器产生的方波信号输入到图 7 的频率跟踪移相 PWM 控制电路中。用示波器观察各点波形。图 9a 示出未加  $C_3$  时锁相环第 7 脚上的锯齿波电压  $u_1$  和 LM311 的输出电压  $u_{LM311}$  实验波形。将图 9a 的波形细化展开可得到图 9b 的  $u_1$  和  $u_{LM311}$  实验波形。图 9c,d 示出有一定移相角时和满功率输出时逆变器的输出电压  $u_o$  和负载电流  $i_o$  实验波形。

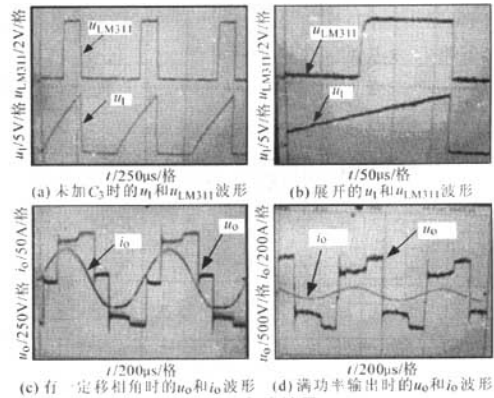


图 9 实验结果

## 6 结论

详细介绍了大功率 DBD 型臭氧发生器电源的主电路和控制电路设计过程;给出设计过程中的实验波形,并对其波形进行了简单的分析。

## 参考文献

- [1] 刘钟阳,吴彦,王宁会.DBD 型中高频臭氧发生器的动态负载特性[J].中国电机工程学报,2002,22(5):61~64,83.
- [2] Shengpei Wang, Masaki Ishibashi, Yuelu Feng, et al. Series-Compensated Inductor Type Resonant Inverter Using Pulsed Density Modulation Scheme for Efficient Ozonizer [A].Proceedings of the IEEE International Symposium ISIE '97[C].1997,2:347~352.
- [3] Y L Feng, Y Konishi, S P Wang, et al. Next Generation Current-Source Soft-Switched PDM and PWM Hybrid Mode Inverter for Silent Discharge Ozone Generating Tube Drive[A].Proceedings of PIEMC '00[C]. 2000, (1):312~317.
- [4] Haldun Karaca.PLL IC Forms Simple Digital Phase Shifter [DB/OL].http://www.reed-electro-nics.com/ednmag/archives/1996/010496/01di4.htm,2003-2-23.
- [5] 吕宏,黄玉水,张仲超.感应加热电源的 PWM-PFM 控制方法[J].电力电子技术,2003,37(1):8~11.