



SPS 系列高频开关电源——第四代电镀电源

北京航天工业总公司第十四研究所 拓扑高技术开发公司(100076) 张志国 任元元

摘要 利用高频开关技术研制成功的新型电镀电源具有体积小、重量轻、输出精度高、纹波小、过流和短路保护快速可靠且能自动恢复、能带载启停、操作简便等特点。

本文对高频开关电源和可控硅电源进行了各种性能指标的对比,并指出电镀电源的发展方向应是高频化、小型化、智能化。

主题词 电镀 电源 高频 开关 小型化 高精度

1 概述

直流电镀电源是电镀工艺必不可少的重要设备。它的性能指标很大程度上决定了电镀工业的生产水平和产品质量。

从早期的交流-直流发电机组到 50 年代的硒整流器、60 年代的硅整流器都存在体积大、笨重和输出指标低、精度差等缺点。第三代直流电镀电源是可控硅(SCR)整流器。它的性能指标比前二代电源有较大改善。采用了五柱芯变压器,高压大功率晶闸管等新技术,并出现了恒压、恒流和恒电流密度等新功能。但是,由于可控硅整流器仍然使用笨重的工频变压器以及工作在低频段,所以整流器体积大、重量重,性能的进一步提高也受到电路体积的限制。而电镀电源是属于低压大电流设备,要求操作简便,能承受输入端的突变和输出负载的过载及短路冲击而不损坏。由于长期运行于酸、碱、潮气非常大的环境中,其质量优劣就显得格外重要。

近几年,国外相继研制出电镀用的第四代直流电镀电源——高频开关电源。针对国内电镀行业迫切需要小型化、高性能直流电镀电源的现状,我们参考国内外高频开关电源的最新技术,并采用 CAD 等先进的设计方法研制出国内第四代电镀电源——SPS 系列高频开关电源。

2 可控硅电源和开关电源的基本工作原理

2.1 可控硅电源的典型电路模式见图 1。

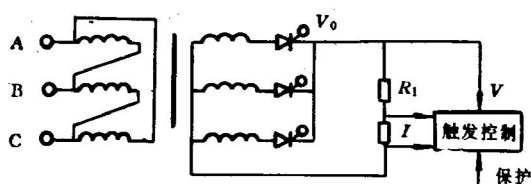


图 1 三相半波可控硅整流电路简图

2.2 可控硅整流器工作原理概述

图 1 是可控硅整流器的基本电路形式,输入和输出的电压转换通过工频变压器完成。电压和电流的调整和稳定是靠控制可控硅的控制角来实现的。

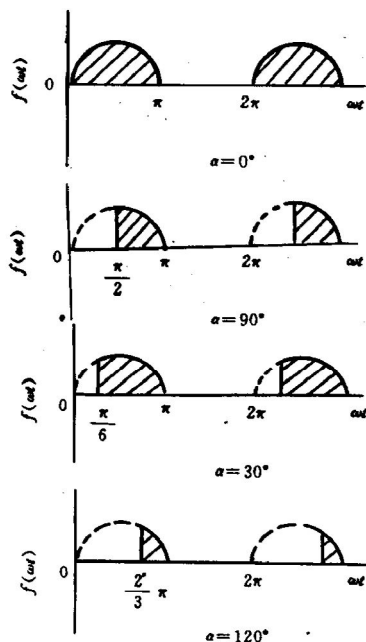


图 2 单相半波整流输出波形

单相半控波形见图 2。

由图 2 可以看出输出电压波形随导通角变化的波形,控制角越大,输出电压的平均值越小。可控硅移相触发控制电路将输出电压电流值与给定值比较后,不断改变控制角,从而保持输出电压的稳定。其控制过程如下:

输出→移相触发电路→控制角→可控硅

2.3 高频开关电源典型电路(见图 3)

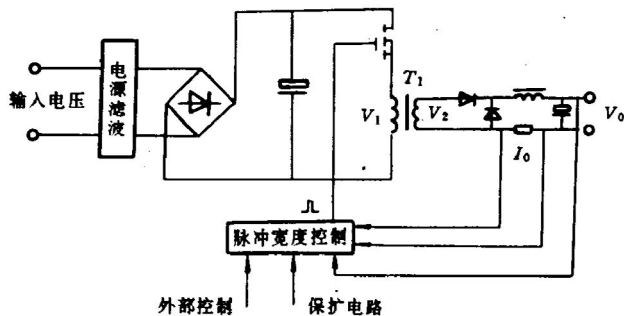


图 3 SPS 高频开关电源简图

2.4 高频开关电源工作原理概述

开关型电源的电压转换是通过高频变压器 T_1 完成的,工作频率为 50 kHz(或更高的频率)。输入的电网电压(单相或三相)经过直接整流滤波为直流高压,加在功率场效应管和高频变压器回路上,由脉宽控制器(PWM)产生的驱动脉冲控制功率场效应管的开通和关断,变压器的初级和次级就产生频率为 50 kHz 的高频脉冲。次级的低压脉冲经整流滤波后输出直流电压。功率管的导通时间受 PWM 控制器的控制。输出电压为次级脉冲电压的平均值。

即 $V_0 = V_2 \cdot (T_{on}/T) = V_2 \delta$

δ ——占空比

改变脉冲占空比即可改变 V_0 (或 I_0)

由此可以看出,这样的开关电源是一种功率转换装置,若输出电压越低则能输出的电流越大,因此,从电路模式上来说它十分适用于电镀电源。典型工作波形见图 4。

其闭环调节过程如下:

输出→PWM 控制器→驱动 δ → V_2

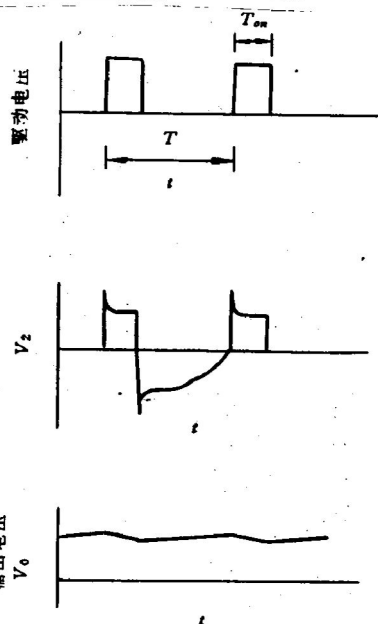


图 4 开关电源典型工作波形

3 可控硅整流器和高频开关电源的性能比较

3.1 电路结构比较(见表 1)

表 1

分类	工频变压器	被控制器件	工作频率	控制方式	输入滤波	输出滤波
可控硅电源	有	可控硅	50 Hz	移相触发	有	无/有
开关电源	无	场效应管	50 kHz	脉冲宽度	有	有

3.2 功率因数比较(见表 2)

表 2

控制角	$\cos \varphi$	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°
单项桥式全控可控硅整流器		1.00	0.95	0.89	0.70	0.42	0.17	0.00
高频开关电源	不校正	全量程 0.70						
	校正	全量程 0.90~0.95						

3.3 输出纹波比较

输出电压脉冲系数 $\gamma = \frac{\text{整流电压基波最大值}}{\text{整流电压的直流分量}}$
可控硅整流器的输出脉动较大,并且随负载的

轻重和整流相数变化。这种整流器工作频率低,在大电流时往往不加滤波电路。高频开关电源的输出脉冲较小,由于输出脉冲的频率很高,所以低通滤波器的体积大幅度减小,这样就十分有助于提高电源的输出纹波特性。

脉动系数的比较(见表3)

表3

可控硅	相数(m)	2	3	6	12	~
	rm(%)	66.7	25.0	5.7	1.4	0.0
开关电源	相数(m)	单		3		
	rm(%)	1.0		1.0		

3.4 效率比较

由于可控硅整流器中的工频变压器的转换效率通常为85%加上整流部分的各种损耗,电源总效率在75%左右。开关型电源的效率随电路形成的不同略有变化,一般在75%~80%左右,如果采用先进的谐振型开关电路则开关电源效率可达90%以上。

3.5 精度比较

可控硅整流器在控制角很大时,调整能力很差,输出电压、电流的精度在半载到满载时才能达到3%~5%。而且电压、电流的线性也不好,这是由于可控硅整流器的电路体制制约的。开关电源在全范围内精度均可达到1%以内,如有特殊需要还可以做到0.1%的精度和线性指标。

4 总的比较与结论

由表4可以看出,在一般情况下,开关电源的功率因数和效率与可控硅整流器相当。然而开关电源工作频率高、输出精度高、线性好、控制线路简单可靠。尤其是在重量和体积上的成倍减少,使电镀电源小型化得以实现。自恢复式的过流和瞬间短路保护功能以及带载启停能力,使SPS开关电源使用可靠,操作方便,能实现在无人值守的情况下长期稳定工作,是现代化电镀生产的理想配套设备。

可以说,在中小功率范围内,高频开关电源将逐步代替可控硅电镀电源。因为受目前功率器件和磁性标准的限制,大功率电镀电源暂时仍然将以可控硅整流器为主导。

表4

分 类 项 目	可控硅整流器	高频开关电源
体积	较大	小,只有同功率可控硅整流器的1/3
重量	笨重	轻,只有同功率可控硅整流器的1/4
效率	75%左右	75%左右
功率因数	0~1可变	①不加校正全范围0.7 ②加校正全范围可达0.9以上
精度	半载到满载范围3%	全范围内<1%或更高
控制电路	复杂,有同步要求,不宜集成	简单,有专用集成控制器外元件
工作频率	低,50~60.0 Hz	高,一般20 kHz~200 kHz或更高
保护	继电器时间长100 ms,快速熔断器10 ms	快速,1 ms且有自恢复功能
功率	大	小
带载启停	不允许	允许
对电网干扰	大,频率低不利于消除	较小,频率高易消除
节能节材	效果差	效果明显

5 电镀电源的发展方向

5.1 随着开关电源技术的不断提高,电镀电源必将向着高频化、小型化发展

5.2 向多品种和智能化发展

在电镀生产领域中,要求有各种特殊的电源设备,如脉冲电源等。这就必须运用各种先进的电子技术来完成。

利用单片机,可以实现电镀电源的智能化,不仅可以和主机接口实现一台控制器控制几十台电源,而且可以实现电源的自检、显示、置位、数据存储和故障显示等多种功能,适应大型自动化生产线的需要以及方便维护。

5.3 采用先进的设计方法,进行电源的全优化设计

高级的CAD设计软件(如SPICE电路模拟程

序)对于一个工程师来说,就是一个方便的实验室。可以对电路进行非线性直流分析,将电路的特定方式输入计算机,经过计算可以很快得出电路波形。然后可以不断修改、模拟,直到满足设计要求,最后用实验电路来验证,这样,不仅节省大量的时间、材料,而且能设计出最佳的电路方式。

电路中的数字电路,计算机接口以及存储器,也可以采用最新的 EPLD(可编程逻辑电路)的设计方式,配以 MAXPLUS-I 软件,可以进行全电路仿真,将相当于 2 000~20 000 个逻辑单元在仿真通过后一次写入芯片,这样电路优化,体积小,可靠性好,而且具有保密性

6 SPS 系列高频开关电源研制介绍

在 SPS 系列高频开关电源研制中,我们参考了

国内外的最新技术,用 SPICE 软件模拟仿真技术,在较短的时间内设计出 6 V, 100 A~500 A 开关电源,填补了国内空白。而且又开发了相应的各种电路接口,增加了电源的适应能力。目前香港 PAL 公司、金朋电镀有限公司、长春一汽热处理厂等单位都在使用该系列电源。

参考文献

- 1 徐德高. 脉宽调制变换器型稳压电源. 北京: 科学出版社
- 2 蔡宣三. 高频功率电子学. 北京: 科学出版社
- 3 长谷川彰(日). 开关稳压器设计. 北京: 科学出版社
- 4 林忠岳. 电力电子变换技术. 重庆: 重庆大学出版社
- 5 张志国. 智能型开关电源. 中国电源学会第十届学术年会论文集.

(收稿日期 1994 04 27 责任编辑 李玉兰)

中国机械工程学会表面工程分会 第一届全国学术年会论文征稿通知

经表面工程分会每届一次理事会讨论决定, 本会将于 1995 年 4 季度召开'95 学术年会, 同时举办展览会。为了做好学术会的准备工作并在会前出版论文集, 特发通知征集论文, 具体要求如下:

表面工程技术包括涂料涂装、电镀与化学镀、热喷涂与喷焊、转化膜、气相沉积与高能束表面改性及其他表面防护与强化等。

1. 论文主题

(1) 表面工程基础理论, (2) 表面工程复合技术, (3) 耐磨、耐蚀、装饰、抗疲劳、特殊功能及失效与维修等表面技术, (4) 表面工程过程控制、质量控制与装备机电一体化。

2. 论文要求

凡未在正式刊物上公开发表, 符合下述要求的论文均可报送。

- (1) 基础研究论文: 要求实验基础扎实, 有所发现或观点新颖。
- (2) 试验研究和生产应用论文: 数据可靠、分析深入、立论正确, 有实用价值。
- (3) 综述论文, 是近期国内外文献资料综合分析, 有独特见解, 并对科技和生产发展有指导意义。

3. 关于论文的具体规定

每篇论文, 不超过 5 000 字(含图表在内, 用 400 字稿纸), 附不多于 300 字的摘要和 3~5 个关键词, 图与照片清晰, 不超过 6 张。文字精练, 邮政编码等通讯要素齐全。

4. 论文报送方式

请将符合上述要求的论文一式二份于 1994 年 12 月 20 前寄分会秘书处(武汉宝丰二路 126 号。邮编 430030。武汉材料保护研究所内), 我会将组织论文审查、需修改的则返给作者, 按要求修改后寄回。

中国机械工程学会表面工程分会
一九九四年八月



材料保护

CAILIAO BAOHU

1960 年创刊 公开发行

MATERIALS PROTECTION

1994 Vol. 27 No. 9

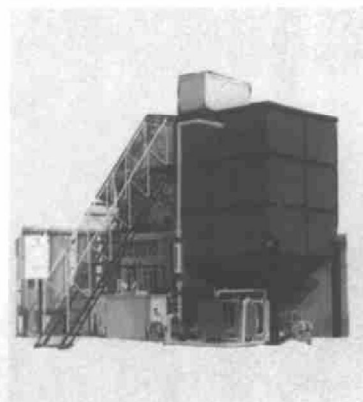
武汉材料保护研究所
中国腐蚀与防护学会
中国表面工程协会
主 办



提高环境质量 共创美好明天

…本厂主要产品…

- 各类吊镀、滚镀、环形镀自动线,磷化、喷漆涂装自动线及其配套设备。
- 各类有机、无机废水、废气、油水分离净化设备,箱式压滤机。
- 废水处理工程,PH,ORP 自动控制系统。
- 品种齐全,负责设计、安装调试及成套技术服务。



无锡钱桥环保电镀设备厂

洋 溪 净 化

厂址:无锡钱桥镇洋溪

邮编:214151

厂长:黄国兴

沪办:上海万航渡路 1252 号

酿造五厂内四楼

电话:(0510)304192 771865 电话:2513203

ISSN 1001-1560



9 771001 156003



龙 泉