

用于 X 射线测厚仪的高压直流电源的设计

凌海波¹, 陈跃东¹, 张明²

(1. 安徽工程大学安徽省电气传动与控制重点实验室, 安徽 芜湖 241000; 2. 合肥华凌股份有限公司, 合肥 230000)

摘要:为了解决 X 射线测厚仪管电压纹波系数大, 电源稳定度低等问题, 设计了一种用于 X 射线测厚仪的高压直流电源。设计电压为 80 kV、电流为 1 mA, 系统采用了正负双向倍压整流电路。测试结果表明, 所设计的高压直流电源稳定度高、纹波系数小。

关键词:X 射线测厚仪; 高压直流电源; 倍压整流电路

中图分类号:TP23

文献标志码:A

引言

X 射线的应用非常广泛, 其中之一作为测量各种片状金属材料的厚度, 在进行厚度测量时, 为保证达到一定的测量精确度, 要求 X 射线的发生非常稳定、准确。这就要求施加在 X 射线管两端的电压、电流都要求非常稳定、准确, 以便 X 射线发生管工作在一个稳定的电压电流环境下^[1]。

目前国内技术在这方面还有所不足, 阳极高压以及阳极电流的控制精度都难以满足要求, 且高压对电路器件有很大的冲击作用, 控制方法较为复杂, 不易实现^[2]。本文将设计一种输出纹波小、可以高精度调节的用于 X 射线测厚仪的高压直流电源。

1 电源系统的设计

电源系统结构(图 1)分为主电路部分和反馈电路部分。主电路部分由电网电压经过稳压集成电路、半桥逆变电路、高频升压变压器、正负双向倍压电路以及 X 射线管发生器组成。控制电路部分由管电流采样电路和管电压采样电路以及集成 PWM 控制电路组成, 为此产生稳定的高压直流电源。

1.1 集成稳压电路

集成稳压电路将电网电压通过集成稳压电路产生

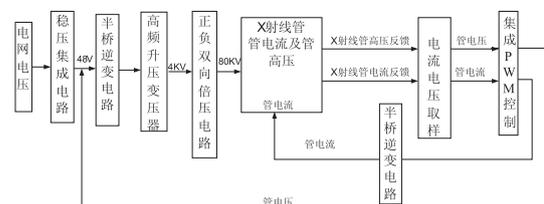


图 1 电源系统结构图

48 V 的直流电源, 如图 2 所示。该电路采用了集成芯片 7824 和 7924, 产生 48 V 的直流电。

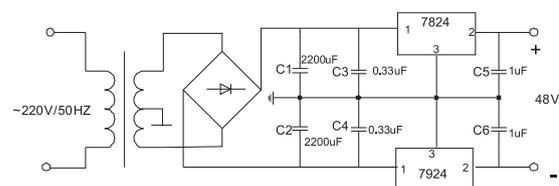


图 2 集成稳压电路

1.2 半桥逆变电路

DC/DC 电路采用半桥逆变电路^[3], 如图 3 所示。本系统采用 MOSFET 作为主开关元件, 本设计采用两个开关管并联作为半桥的上下臂开关管。48 V 的直流电压经过半桥逆变, 转换成正负 24 V 的方波信号送入隔离变压器 T1, 隔离变压器再与高频升压变压器 T2 相连, 得到 4 kV 的直流电。

收稿日期:2013-06-27

基金项目:安徽高校省级自然科学基金项目(KJ2013A041);芜湖市科技计划基金资助项目(芜科计字[2012]95)

作者简介:凌海波(1989-),男,安徽庐江人,硕士生,主要从事先进传感与检测技术方面的研究,(E-mail) lhb1208lhb@163.com

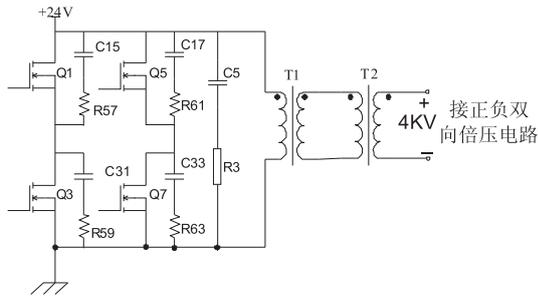


图3 半桥逆变电路

1.3 正负双向倍压整流电路

高频 DC/DC 升压电路主要由高频高压脉冲变压器和倍压整流电路构成,采用倍压整流电路在高电压、小电流的电源设备中经常被采用^[4]。然而,传统的倍压电路由于电容串联放电的影响,使得输出纹波比较大。

传统的倍压整流电路采用半波倍压电路,如图 4 所示,由于电路中电容串联,故发生电容放电现象,使得输出纹波较大。

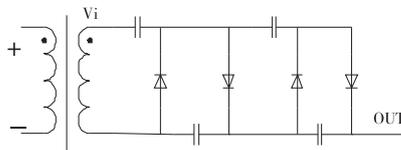


图4 半波倍压电路

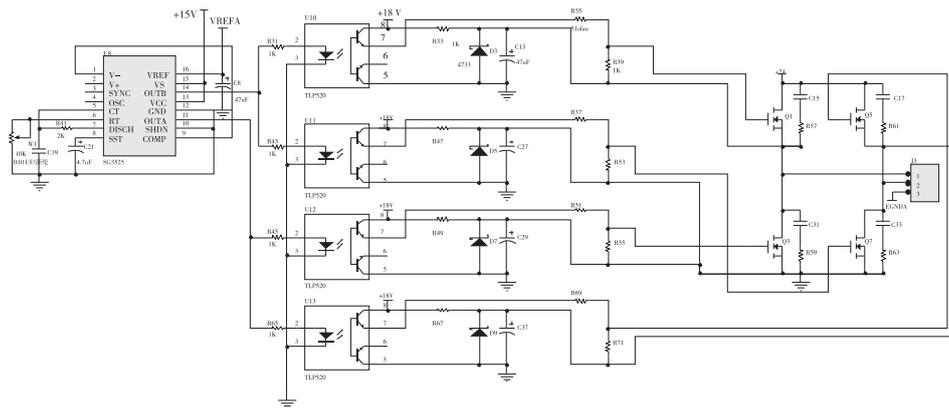


图6 集成 PWM 控制电路

控制电路采用集成 PWM 控制方式。本设计中选用 SG3525 来实现 PWM 控制信号的输出。SG3525 是一款美国通用公司生产的双端输出式脉冲调制器,可直接驱动功率 MOSFET, SG3525 内部由基准电压源、振荡器、误差放大器、PWM 比较器与锁存器、分相器、欠压锁定输出驱动级,软启动及关断电路等组成^[5]。使用该芯片构成的开关电源具有良好的性能。SG3525 输出端口 OUTA 和 OUTB 分别通过光电耦合器 TLP520, OUTA 输出信号控制开关 Q3 和 Q5 的通断, OUTB 输出信号控制开关 Q1 和 Q7 的通断。

本设计采用正负双向 10 倍压电路,如图 5 所示。由高频变压器 T2 二次侧的电压 4 kV 通过正负双向倍压电路,得到 +40 kV 和 -40 kV 的电压,由于输出电压为正负倍压电路电压的绝对值之和,即为 80 kV 的高压。采用双向倍压电路减小了倍压整流电路的内部压降,提高了直流电源的稳定度和效率,增强了负载能力。其脉动系统为其矢量之和,正负脉动值相互抵消,使得系统输出的纹波很小。

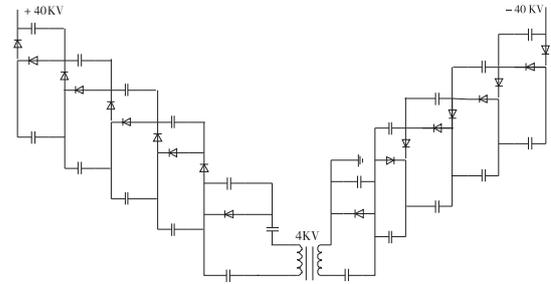


图5 正负双向 10 倍压电路

1.4 控制电路与采样电路

系统控制电路采用半桥逆变电路中的开关管控制,使用脉冲宽度调制 (PWM) 方式控制开关管的通断。系统控制电路如图 6 所示,采用的是集成 PWM 控制方式。

1.5 管电流、管电压采样电路

□由于电源在工作中,输入的电网电压发生变化时,要求电源应具有自我调节功能,才能使电源的控制电路具有稳定的输出^[6]。控制电路对主电路中的输出电压和电流进行采样,并将采样的电压和电流值与设定的参考值进行比较得出误差,利用误差值进行一定得计算和处理反馈到主电路中从而进行控制,使得输出值不断地接近设定值,达到稳定的输出^[7]。图 7 为管电流和管电压采样电路。

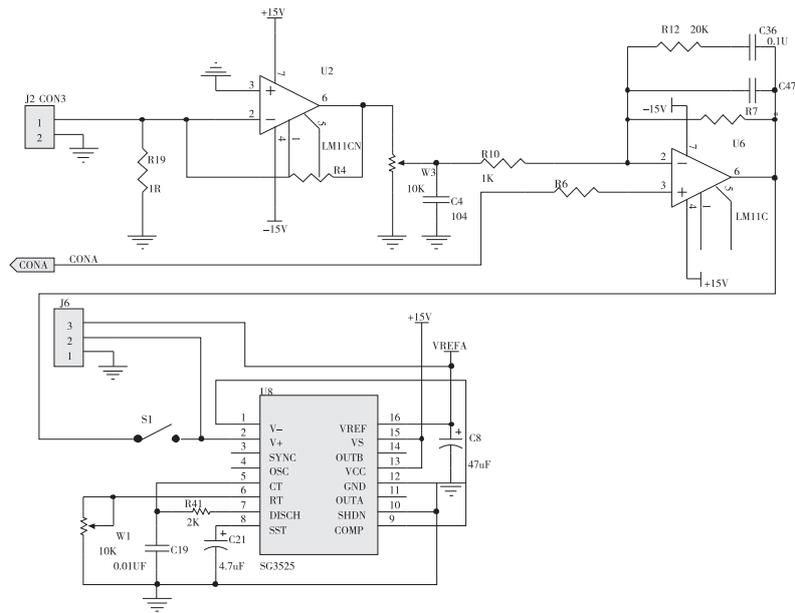


图 7 管电流和管电压采样电路

辅助电源部分由电网电压通过多种降压变换,经整流滤波和集成稳压器构成。本设计中涉及的集成稳压器主要有 7818、7815、7915、7805 构成,提供 +18 V、

$\pm 15\text{ V}$ 、+5 V 的三种电源,图 8 为辅助电源电路,其中 (a)、(b)、(c) 分别产生 $\pm 15\text{ V}$ 、+18 V 和 +5 V 的电源电路^[8]。

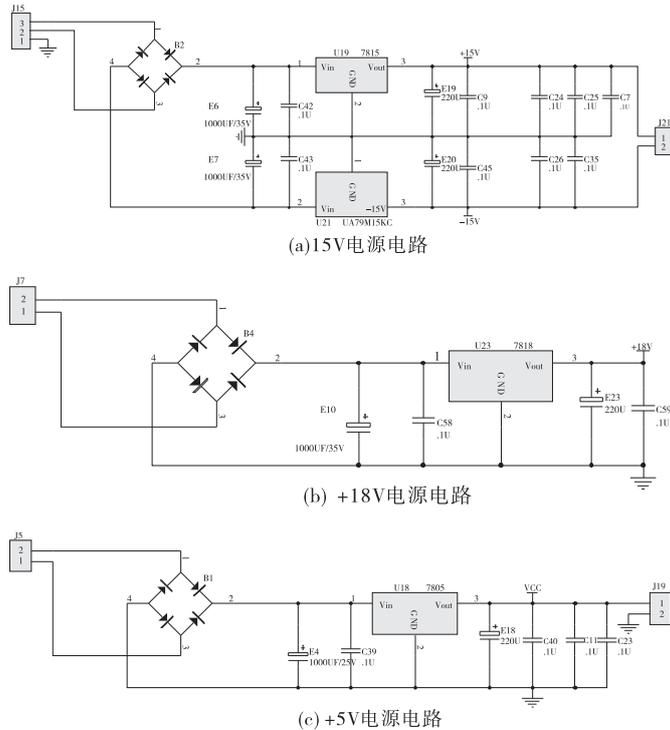


图 8 辅助电源电路

2 系统性能测试

系统采用的倍压电路实物图如图 9 所示,控制电路部分与辅助电源实物如图 10 所示。

(1) 输入电压变化对输出电压的影响测试在保证

输出电流 1 mA 不变的情况下,调整输入电压值。高压直流输出值^[9]见表 1 与表 2。

由表 1 ~ 表 2 可知,当输出电流不变的情况下,改变输入电压范围时,采用双向倍压电路高压直流电压相对于传统的采用半波电容二极管倍压电路的电压输出更

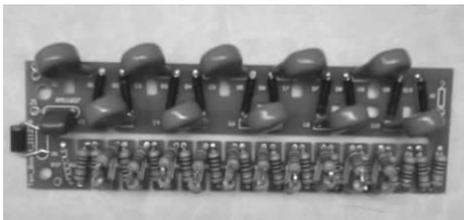


图9 正负双向10倍压电路实物

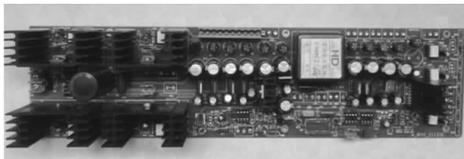


图10 控制电路与辅助电源实物

稳定,达到了预期的稳压效果。

表1 采用正负双向倍压整流测试结果

输入电压 (V)	输出电流 (mA)	输出电压 (kV)
45	1	79.5
46	1	79.8
48	1	80
50	1	80.3

表2 采用半波电容二极管倍压电路测试结果

输入电压 (V)	输出电流 (mA)	输出电压 (kV)
45	1	71.9
46	1	75.4
48	1	77
50	1	88.7

(2) 纹波系数

由表1和表2的试验测试,当电压输出为80kV,电流输出为1mA时,相对于采用半波电容二极管倍压电路,采用双倍压整流电路纹波系数更小。其纹波小于0.8kV,故纹波系数小于1%。从试验数据可以看出,本

设计中采用正负10倍压整流电路,大大减小了直流高压纹波,提高直流高压的精度。

3 结束语

本文介绍了一种用于X射线测厚仪的高压直流电源,由于X射线测厚仪需要稳定的高压直流电流,系统采用了正负双向10倍压整流电路,测试表明,与传统倍压整流电路相比,该电路不输出电压纹波系数减小,电源的稳定度和精度也提高。

参考文献:

- [1] 牟述佳,姜学东.基于DSP的X射线电源系统的设计[J].电源技术应用,2007,10(9):5-8.
- [2] 王凯,郭海峰,赵景斐.基于射线检测技术的热轧板形仪的设计[J].武汉大学学报,2005,51(S1):182-186.
- [3] 王兆安,刘进军.电力电子技术[M].5版.北京:机械工业出版社,2009.
- [4] 王广州,师宇杰,唐丽焕,等.串并联谐振倍压变换器高压电源的设计与研究[J].高电压技术,2006,32(7):98-101.
- [5] 余学飞,李喆.采用脉宽调制器SG3525控制的高频X线机的逆变电压设计[J].中国医疗器械杂志,2005,29(5):343-34.
- [6] 王昌.X射线电源系统[D].北京:北京交通大学,2006.
- [7] 范鹏,刘星辉.10kW高压电源的研制[J].现代雷达,2006,28(12):97-99.
- [8] 赵卫东,黄锐,冯德仁.一种用于X射线测厚仪的高压直流电源[J].山东科技大学学报:自然科学版,2011,30(3):86-90.
- [9] 刘华毅,吴占友,李健.X射线管用140kV高压直流电源系统的设计[J].仪器仪表用户,2008,15(5):59-60.

Design of High Voltage DC Power Used in Application of Thickness Gauge Based on X-ray

LING Hai-bo¹, CHEN Yue-dong¹, ZHANG Ming²

(1. Anhui Key Lab of Electric Drive and Control, Anhui Polytechnic University, Wuhu 241000, China;

2. Hefei Hualing Co., Ltd., Hefei 230000, China)

Abstract: In order to solve the problem of big tube voltage ripple factor and low Power stability of X-ray thickness gauge, a kind of high voltage DC power used in application of thickness gauge based on X-ray, of which the voltage is 80 kV, the electricity is 1mA and has Voltage Multiplier Rectifier Circuit in positive or negative way, is designed in the dissertation. The research results show that the DC power has perfect stability and small ripple factor.

Key words: X-ray thickness gauge; high voltage DC power; Voltage Multiplier Rectifier Circuit