

# 200 W 金卤灯电子镇流器的设计

周 虎 郭育华 倪 雨 黄 波 西安交通大学 (西安 610031)

**摘 要** 介绍了 200 W 金卤灯电子镇流器的主要电路由有源功率因数校正和全桥转换器以及一个 BUCK 电路 (作为一恒流源) 组成。并在此基础上简单地研究金卤灯电子镇流器的设计。实验中无发生故障, 证明设计是成功的。

**关键词** 电子镇流器 金属卤化物灯 有源功率因数校正 全桥转换器

## 1 引言

20 世纪 70 年代出现的世界性能源危机, 导致许多公司致力于新型节能电光源及交流电子镇流器的研究。半导体技术的快速发展为交流电子镇流器的研发提供了前提条件。70 年代末, 荷兰飞利浦等公司率先研制成功了荧光灯交流电子镇流器, 这是照明电器发展史上的一项重大创新。我国对高频交流电子镇流器 (HTD) 的研制始于 80 年代中期。由于美欧国家率先开展的绿色照明事业的蓬勃发展推进了电子镇流器的广泛应用。电子镇流器不但可以做到很高的功率因数, 而具有显著的节能效果, 而且还能在很宽的电压范围内点灯工作, 很好地解决了电感式镇流器的缺点, 因此电子镇流器的开发具有很深远的意义。

高强度气体放电灯包括汞灯、高压钠灯和金属卤化物灯等。金卤灯就是由金属蒸气和金属卤化物分解物的混合物放电而发光的放电灯, 目前由于其光效高, 显色性好, 寿命长等优点越来越受到人们的青睐。HID 灯具有非线性的电气特性, 它的很多物理性质和灯芯的材料, 尺寸等有关系, 因而 HID 灯是一个非线性负载。

总的来说, 我们对电子镇流器的基本要求是:

- ① 能够有效地控制灯功率的输出;
- ② 能够提供足够高的触发启动电压, 金卤灯的触发启动电压往往高达 3~5 kV;
- ③ 能够消除声共振现象;
- ④ 在 HID 灯出现故障或烧毁时, 电子镇流器不应当损坏;
- ⑤ 要求电子镇流器有相应的谐波干扰, 射频干扰和电磁辐射等各类完善的保护功能。

## 2 电路拓扑和基本原理

本文介绍一种投影仪用 200 W 金卤灯用电子镇流器, 采用三级式布局。第一级是 MC34262 控制的 APFC 有源功率因数校正电路将该电路的功率因数校正到 1 左右, 大大提高了镇流器的功率因数, 输出电压 400 V 由电解电容 C1 稳定并输送到逆变器。第二级是分别由 IR2153 和 IR2111 所控制的半桥所组成的全桥 PWM 逆变器, 逆变器第一个输出端接到金卤灯的一端上, 逆变器的另一个输出端通过一个升压变压器接到金卤灯的另一端。由于升压变压器的变比约为 1:10, 因此在金卤灯上产生 4000 V 的瞬时脉冲电压, 在此高电压下, 金卤灯内气体被迅速电离化, 灯就点亮了。第三级是由 UC3842 控制的 BUCK 电路, 作为功率可调的恒流源。本文主要介绍前两级, 并简单介绍金卤灯的运行原理及其电路结构。如图 1 所示。

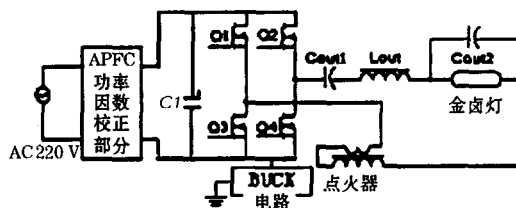


图 1 电路总的结构示意图

## 3 APFC 部分

MC34262 是 MOTOROLA 公司推出的一款 APFC 控制芯片, 采用传统的双环控制模式, 即输入采样电压信号与输出采样电压信号经过一个乘法器相乘后, 将结果再与输入电流信号进行比较, 其结果通过 RS 触发器产生 PWM 波, 驱动开关管的开通与关闭。从而使输入电流波形跟随输入电压波形, 提高电路功率因数。

MC34262 组成的 APFC 电路的接线如图 2 所示。



## 5 灯及点火器部分

金卤灯本身是呈容性负载特性,即它显示的是负阻特性。因此容易发生声共振现象。所谓声共振。即HID灯在高频工作时出现电弧不稳定现象。当HID灯工作在5~700 kHz的频率范围内时,很多频段会出现明显的光输出波动并伴随以电压或电流起伏。当频率降低到最低不稳定频率时会出现电弧熄灭现象,甚至会发生电弧管炸裂。

本次设计中,采用了如图4所示的电路结构。

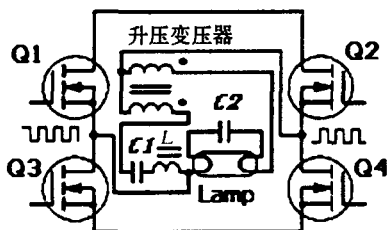


图4 点火器部分电路结构

如图4所示,在理想情况下,由于四个功率MOSFET管Q1、Q4和Q2、Q3(Q1、Q4管受同一控制信号控制;Q2、Q3同时受另一控制信号控制。两种控制信号的相位相差180°)在驱动电路的控制下,以100 Hz的频率相互交替导通和关断。在负载电路的两端得到输出电压波形为幅值400 V占空比各为50%,相位分别相差180°的方波。

启动电路的结构原理是利用LC串联谐振产生的高电压启动金卤灯。具体的说,谐振电路由电容C1、C2和电感L串联构成。串联电容 $C1 \geq C2$ 。当导电前,由于金卤灯内气体未电离化,呈高阻态,相当于断路。通电后,电源串联的电感与串联的总电容在电源工作频率下发生高频谐振。这是一种电压谐振,会在串联的电容两端产生很高的电压。由于我们将C1设置得比C2大10倍以上,因此谐振高压将会出现在C2的两端,而C2与金卤灯并联,此高压将出现在金卤灯的两端,给金卤灯提供一个合适的启动电压,使金卤灯内气体迅速电离化,为灯的正常点燃创造条件。当金卤灯点亮后,灯内气体由于电离化呈低阻态,此时C2相当于被短路,失去其作用。C1的作用不再是发生谐振,而是起隔绝电流直流分量的作用。由于灯的内阻发生变化,因此电路的平衡条件被打破,电路由谐振状态开始向新的交流稳定状态过渡,最终达到新的平衡。

电感在这些过程中的起的作用为:①由于金卤

灯是呈现负阻态特性容易发生声谐振,严重时甚至会损坏灯管。因此需要加入电感使负载电路呈正阻特性,避免发生声谐振。②当给金卤灯开始上电时,电感的作用是与串联电容发生谐振,产生足够高的电压,启动金卤灯。③当灯点亮后,电感所起的作用是稳流,使灯稳定工作,不出现频闪,并使电路稳定地过渡到新的平衡。

关于谐振电感计算公式如下:

$u_s = \sqrt{u^2 - 1.5u_1^2}$ ; ( $u_s$ : 电子镇流器额定工作电压;  
 $u$ : 电源电压;  $u_1$  金卤灯灯管额定工作电压。)

$i_s = i_l$ ; ( $i_s$ : 镇流器额定工作电流;  $i_l$ : 灯管工作电流。)

$$L_s = \frac{3.2U_s \times 10^{-3}}{i_s} \quad (L_s: \text{镇流器额定电感值。})$$

前面的APFC部分开关管的工作频率定为30 kHz,为了减轻电磁干扰。高频震荡部分设计的工作频率也为30 kHz。由于公式 $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ ,可以计算出总的串联电容值。由于避免声谐振的需要,电容的值会在设计的基础上做一些调整。

本次设计的200 W投影仪用金卤灯电子镇流器电路板如图5所示。

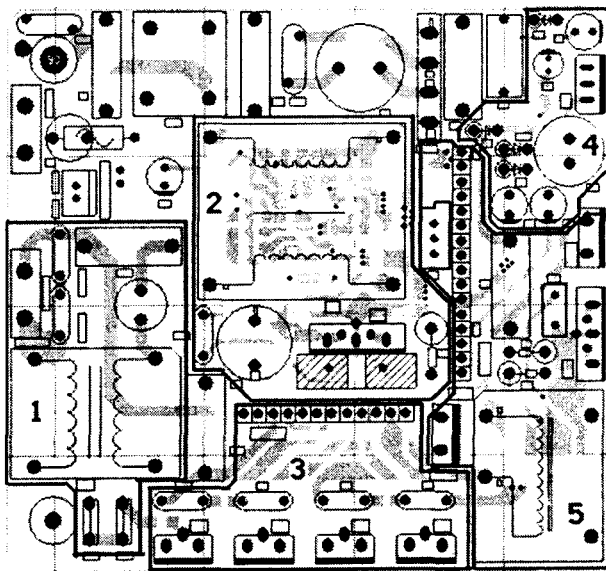


图5 金卤灯电子镇流器电路板

主电路PCB板及布局(1为金卤灯谐振电路部分;2为APFC电路部分;3为逆变电路部分;4为15 V供给电源部分;5为功率调整部分)

利用示波器观察C2电容两端 (下转第27页)

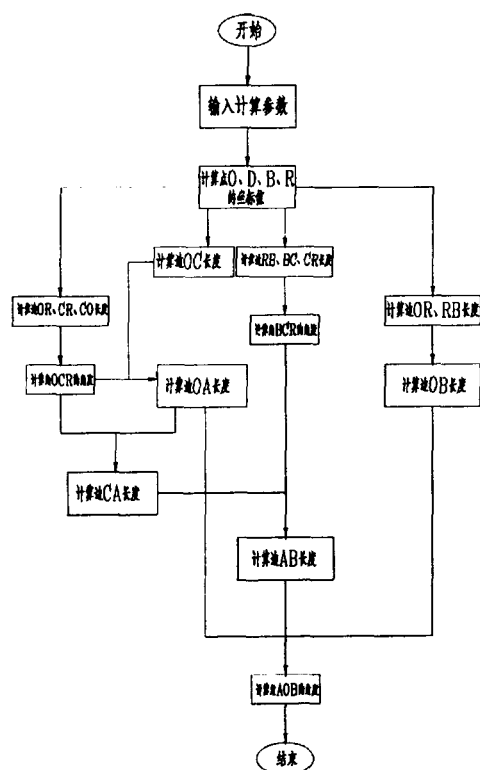


图5 光度面角度计算流程图

#### 4 结束语

以上仅泛泛分析了一下道路照明应用软件开发过程中关于照度计算逐点计算法数学模型的建立、灯具光强值测量方法以及光度面角度、光度线角度的计算过程,通过实践证明上述分析方法是可行的。道路照明应用软件的开发把照明设计人员从繁重的设计中解放出来,大大提高了劳动生产率,使设计文件充分满足人们的要求,因此道路照明应用软件具有良好的推广前景。

#### 参考文献

- 1 赵振民. 照明工程设计手册. 天津: 天津科学技术出版社, 1984
- 2 张海藩. 软件工程导论(第三版). 北京: 清华大学出版社, 1999

(上接第12页)

的谐振电压即启动电压的波形及稳定工作时的灯电

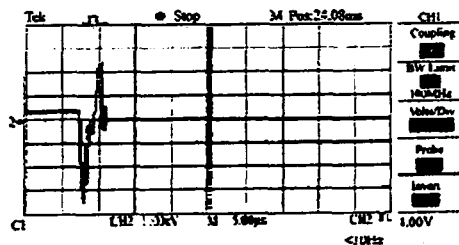


图6 C2电容两端的谐振电压即启动电压的波形

压和灯电流的波形如图6和图7所示。

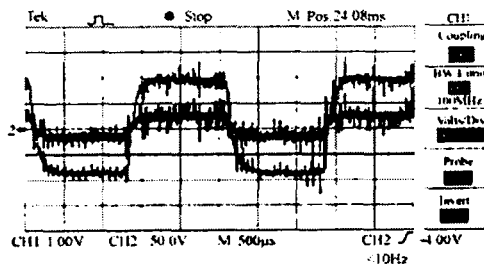


图7 稳定工作时的灯电压(上)和灯电流(下)的波形

#### 6 结语

经过几个月时间调试,无发现声共振现象,金卤灯发光稳定,无频闪抖动现象,持续通电一个小时,无发现故障。证明本设计是成功的。对以后研究更多的电子镇流器积累了许多的经验。

#### 参考文献

- 1 张相军,刘汉魁. 汽车HID电子镇流器高压启动电路及控制策

略. 高电压技术. 2006

- 2 毛光武,祝大卫. 电子镇流器原理与制作. 人民邮电出版社, 1999
- 3 诸定昌,张正业,周圆. 高强度气体放电灯的阻抗特性. 光源与照明, 2003
- 4 滕妨华,刘晨阳,张仲超. HID灯声谐振原理及其抑制技术. 中国照明电器, 2004
- 5 姜勇义. 250 W高压钠灯电子镇流器的研制. 中国照明电器, 2006