

摘要：采用超高频点灯的电子镇流器可以有效地克服高强度气体放电灯尤其是金卤灯所固有的声谐振问题。提出了一套设计负载电路参数的方案。合理地选择电路参数，使其在谐振方式下工作，可以有效地降低电路损耗。

关键词：超高频；电子镇流器；高强度气体放电灯；声谐振

## 0 引言

电子镇流器相对于传统的电感式镇流器，具有工作电压范围宽、体积小、重量轻、无频闪、无噪声、效率高等众多优点，在荧光灯领域已经得到了成功应用。但是，对于高强度气体放电灯，尤其是金属卤化物灯，由于其在高频工作方式下存在声谐振的问题，因此到目前为止依然难以得到大规模的推广应用。

针对声谐振的问题，众多学者进行了深入的研究，提出了一些解决的方案，主要有：低频方波点灯方案；灯电流灯电压反馈控制方案；扫频控制与超高频点灯方案。目前比较成熟可靠的是低频方波点灯电子镇流器，在道路照明或汽车头灯领域的金卤灯电子镇流器大都采用这一控制方式；它的特点是逆变级工作频率在几百 Hz，避开了声谐振频率的下限值。

由于低频方波电子镇流器往往采用三级电路，同时逆变级为全桥结构，因而成本高，体积大，容易产生噪声问题。

如果将逆变级的工作频率提高到声谐振上限频率之上,也可以有效地避免声谐振的问题。对于功率较高、电弧管尺寸较大的 HID 灯,一般认为工作频率在 150kHz 以上就可以避免声谐振的发生;对于小功率、电弧管尺寸小的 HID 灯,上限频率要提高到几百 kHz 才行。

当逆变级工作频率为几百 kHz 时,可使无源元件体积减小、成本降低、而且可以避免音频噪声。合理设计电路的工作点,采用软开关方式,可以克服高频工作时的 EMI 干扰与损耗的问题。

本文提出了一种设计超高频金卤灯电子镇流器的方法,给出了其仿真波形。样机试验结果表明超高频工作方式可以成功地解决金卤灯声谐振的问题。

## 1 参数计算

大功率电子镇流器一般都包括 PFC 级与逆变级两级电路。经过功率因数校正级后,入端功率因数可达 0.99 以上,同时使后级直流母线电压维持在 400V。

逆变级采用半桥电路,如图 1 所示,其中 Igniter 为脉冲点火器。

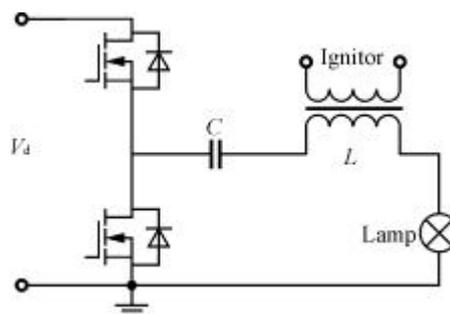


图 1 高频逆变电路

如果电容  $C$  很大,可以将其视为仅起隔直作用。图 2 是当  $L=32\ \mu\text{H}$ ,  $C=1\ \mu\text{F}$  时,用 Pspice 仿真得到的开关管电压波形与负载电流波形。可以看出,开关管在负载电流最大时关断,这时关断损耗最大。在 300kHz 的工作频率下,MOS 管会产生很大的开关损耗。

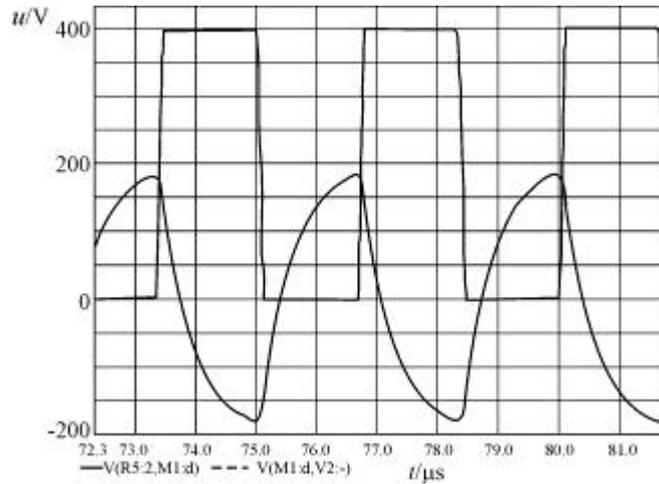


图 2  $L=32\ \mu\text{H}$ ,  $C=1\ \mu\text{F}$  时开关管电压与负载电流的仿真波形

合理地选择 LCR 电路的  $Q$  值与工作频率,使其在串联谐振方式下工作,可以有效地减小高频开关损耗,改善开关波形,进而降低 EMI 噪声。

LCR 串联谐振电路参数设计如下。

LC 谐振电路的品质因数  $Q$ , 电路工作频率  $f_w$ , 特征频率  $f_0$ , 金卤灯等效电阻  $R$ , 等效负载电路如图 3 所示。



图 3 LCR 等效负载电路图

$$Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (1)$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (2)$$

LCR 等效导纳  $Y(?)$  为

$$Y(?) = \frac{\frac{1}{R}}{\sqrt{1 + Q^2 \left( \frac{\omega L}{R} - \frac{R}{\omega L} \right)^2}} \quad (3)$$

灯电压  $U_L$  为

$$U_L = U_1 Y(?) R = \frac{U_1}{\sqrt{1 + Q^2 \left( \frac{\omega L}{R} - \frac{R}{\omega L} \right)^2}} \quad (4)$$

式中： $U_1$  为加在 LCR 两端方波电压的基波有效值，

对于半桥  $U_1 = \frac{\sqrt{2}}{\pi} U_d$

对于全桥  $U_1 = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} U_d$

设定  $Q$  值，由式 (1)，式 (2)，式 (3) 和式 (4) 可以确定  $L$  与  $C$  的值。

## 2 仿真结果

将谐振电路的  $Q$  值设为 2.5，逆变级工作频率为 250kHz，由此计算得到的 LCR 谐振参数如下：

灯电感  $L$  119  $\mu\text{H}$ ；

灯电容  $C$  5nF。

图 4 是开关管电压与灯电流的 Pspice 仿真波形。由图 4 可以看出开关管在灯电流过峰值开始下降后关断。

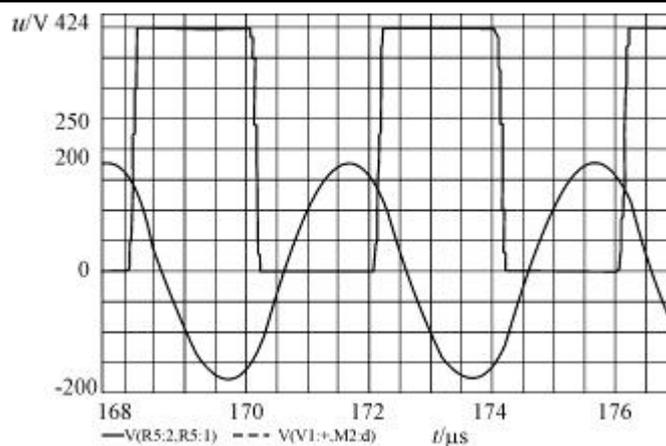


图 4  $L=119\mu\text{H}$  ,  $C=5\text{nF}$  时开关管电压与负载电流的仿真波形

### 3 实验结果

样机的参数如下：

工作频率 250kHz；

灯电感  $L$  110  $\mu\text{H}$ ；

灯电容  $C$  5nF；

图 5 给出了灯电压波形，由于高频下金卤灯近似为一纯电阻，所以电流波形与电压波形相同。由图 5 中可以看出，开关管是在电流波形有缺口处，即在电流过峰值开始下降后关断。在此情况下，MOS 管的开关损耗大为降低。

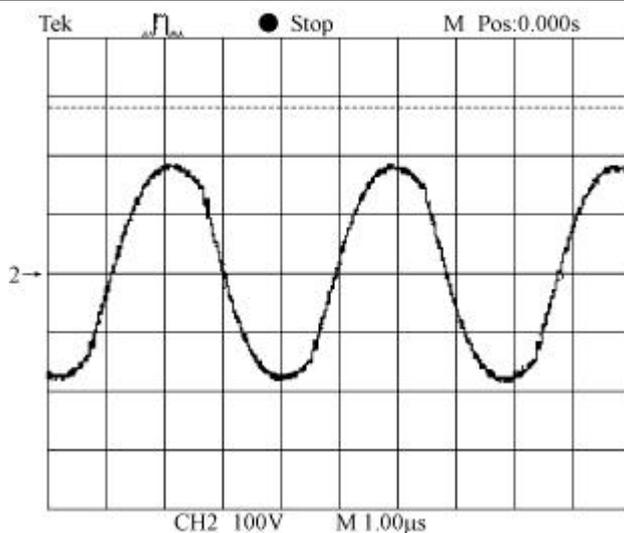


图5 灯电流波形

图6 是将时间轴放长后的灯电流波形，将其与声谐振发生时的灯电流波形图7比较，可以看出：灯电流稳定，没有低频抖动；图8给出的灯电弧的照片也表明灯电弧是稳定的。

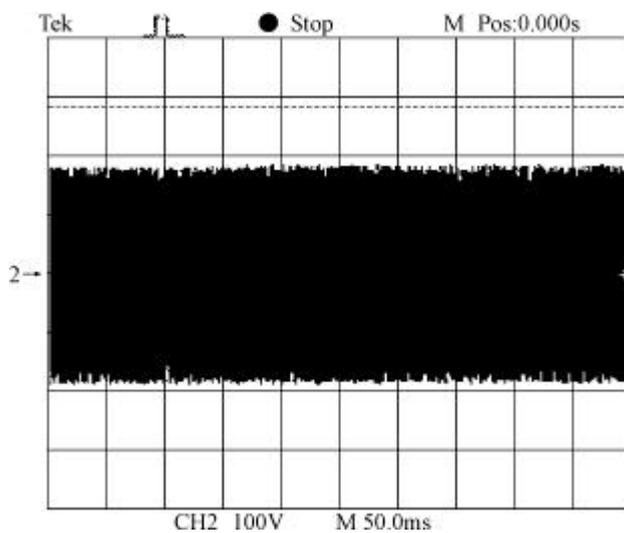


图6 灯电流波形

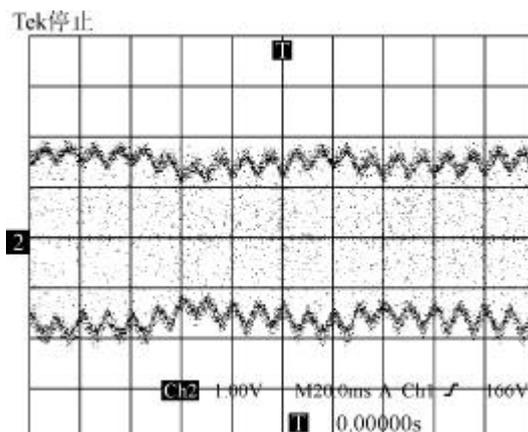


图 7 声谐振发生时灯电流波形

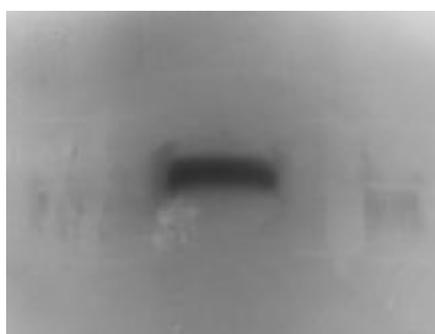


图 8 灯电弧（稳定）

#### 4 讨论

逆变级工作频率在几百 kHz 时，开关损耗与磁性元件损耗都大为增加，需要合理设计参数与驱动电路，选择性能更优良的磁性材料。谐振方式下，电容的两端电压随  $Q$  值增加而增大；同时， $Q$  值过高容易使镇流器的功率偏差增大。

目前的逆变级采用开环方式，可以采用控制 FPC 输出直流电流的方式来实现功率的闭环控制。

#### 5 结语

欢迎光临<电子网> <http://elecm.com>

各种电子,电脑,单片机,安规认证,手机电话,家用电器,生产管理资料下载

---

采用超高频点灯的电子镇流器可以有效地克服高强度气体放电灯，尤其是金卤灯所固有的声谐振问题。

本文提出了一套设计负载电路参数的方案。合理地选择电路参数，使其在谐振方式下工作，可以有效地降

低电路损耗。