

2001' 广州  
新世纪电磁兼容安全认证标准化  
技术研讨会

高频开关电源的电磁兼容控制

论文作者：韩晓轩

工作单位：TCL 王牌电子多媒体研发中心

2001 年 10 月

由于开关电源与工频电源相比具有体积小、重量轻、效率高等优点，所以其运用范围越来越广泛，现在很多家用电器、信息技术设备等产品都普遍采用开关电源。但是，由于开关电源的工作频率高、开关脉冲富含高频谐波，所以其电磁干扰问题日益突出。

开关电源中，开关变压器、整流器、开关三极管和二极管电流、电压值快速上升或下降，构成了电磁干扰源（当然控制电路也会产生干扰，但不是主要的）。当把变换器输入电流设计成三角波时，则比把输入电流设计成方波所产生的射频干扰明显要小些。

### 一. 开关电源的辐射干扰

对于开关电源的直接辐射干扰而言，干扰电平随工作电流流经的回路面积、工作电流的大小、开关频率增大而增大。电磁兼容设计主要的目标是利用符合其它系统设计考虑的适当电路布线使开关电流回路面积趋于最小。使回路面积尽可能小，可得到降低辐射和敏感度的双重利益。开关电源回路的一个实例示于图 1：辐射回路是通过变压器（1）初级到开关晶体管的集电极（2）然后通过集电极到散热器电容（3）散热器（4）和接地通路（5）回到电源输入，然后回到变压器。

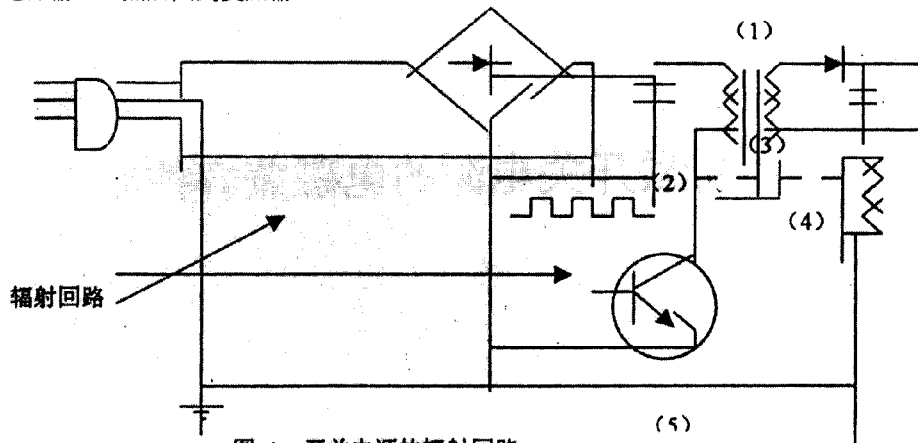


图 1. 开关电源的辐射回路

降低其辐射干扰的措施有：a. 在开关晶体管集电极和散热器之间安装法拉第屏蔽层，从而降低电容量  $C$  并使电流回到开关电路而不是进入地或底座。b. 将散热器与地隔离，并把它接到开关晶体管的发射极。在此情况中，散热器能起到集电极和接地外壳之间的法拉第屏蔽层的作用。c. 开关管工作时，集电极—发射极之间电压电流变化率很大，从而产生干扰。为此，要接入适当的电容或阻尼电路。考虑漏感的存在，高频变压器副边整流二极管也常常单独并上一个电容，其容量几十到几百皮法之间（根据功率大小和具体情况而定）。值得提出，这个电容既削减了开关管关断时出现的尖峰电压，又造成开启时尖峰电流的加大。为了抑制开机涌流，可在发射极上串联上小电感或者在管脚上套上小磁环或磁珠。

来自开关电源的辐射干扰还可以用屏蔽技术来抑制，而对耦合到系统内其它元件的干扰，可以通过在设备机柜或机壳内适当布置电源相对于其它元件如印刷电路板的位置来减小。

### 二. 开关电源的传导干扰

通常开关电源通过电源线引入和发出的干扰有两类：共模干扰（相对大地或系统参考点大小相等方向相反者）和差模干扰（相对大地或系统参考点大小相等方向相同者）。实际干扰是这两类干扰不同比例的合成。抗干扰线路如图 2，图中  $C1(y)$ 、 $C2(y)$  串联后接在电源输入线两端，中点接地，抑制电源线传导的干扰，主要是将共模干扰入地。差模干扰经

$C1(y)$ 、 $C2(y)$ 串联回路也减少了进入机内的分量。这电路是从向作用的，即同样起抑制开关电源注入电网和从电网进入开关电源的干扰。 $C3(x)$ 、 $C4(x)$ 和  $L$  称为电源线性滤波器，其中  $L$  是绕在同一磁芯上互感系数接近于 1 的两个线圈。在图示同轴端下共模干扰引起的磁通同向叠加，电感量增加 1 倍，加强了抑制效果。但对差模干扰电感量为 0，无抑制作用。所以必须加上  $C3(x)$ 、 $C4(x)$ 来抑制差模干扰。这个环节也是双向的。整个输入滤波器应尽量装在电源的入线处，且应注意其接地方法。

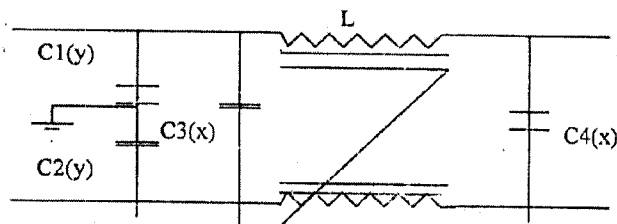


图 2. 抑制交流回路射频干扰的输入滤波器

上述组合部分的电容、电阻值可为下列推荐值：

$C(x)$ : (0.1~0.47  $\mu$ F)

$C(y)$ : (220PF~3300PF)

$L$ : 几 mH 到几十 mH,随工作电流不同而不同。

在滤波器元件的选择中，一定要保证输入滤波器的谐振频率低于开关电源工作频率。由于随着工作频率的升高，滤波器对噪声的抑制效果更明显，所以设计中首先要注意滤波器的低频抑制效果。

对于无工频变压器的整流线路，往往需要在四个桥式整流管上并接四个等容量的陶瓷电容器。在整流二极管截止期间，由输入和输出四个条线提供通道，所以对无论来自哪个方向的共模干扰和差模干扰都会有抑制作用。

将对于抑制开关电源的电磁干扰的措施归纳起来有：① 对于外来的干扰：应在交流进线配置线性滤波器，滤波器的频率特性应与电路相适应；② 对于开关电源内部的干扰：对高速开关元件用缓冲电路；应减小高速二极管的反向电流；尽可能减小旁路电容的引线电感；地线应短而粗；信号线和主回路线分离；远距离取样线和脉冲负载电流线分开配线；电源的交流输入和直流输出分开配线；对于控制回路和主回路，特别是地线具有公共阻抗，应绝对分离，应从电容器上分别引出各自的地线；对灵敏度高的装置中可采用屏蔽，静电屏蔽接地要良好。

总之，要提高开关电源的电磁兼容性能，必须综合使用滤波、接地、屏蔽等防护措施。单独使用其中任何一种防护措施，一般难以达到理想的抑制效果。