

# 开关电源的EMI FILTER应用

## 开关电源的EMI FILTER应用

摘要：分析了开关电源产生电磁干扰的主要原因，介绍了利用滤波器抑制电磁干扰的原理以及滤波器的结构和选用方法

关键词：开关电源电磁干扰电磁兼容性滤波器

### 1引言

开关电源与线性稳压电源相比，具有功耗小、效率高、体积小、重量轻、稳压范围宽等特点，广泛用于计算机及外围设电器等领域。但开关电源的突出缺点是产生较强的电磁干扰（EMI）。EMI信号既具有很宽的频率范围，又有一定的幅度环境，对通信设备和电子产品造成干扰。如果处理不当，开关电源本身就会变成一个干扰源。随着电子产品的电磁兼容抑制开关电源的EMI，提高电子产品的质量，使之符合有关EMC标准或规范，已成为电子产品设计者越来越关注的问题。

### 2开关电源产生EMI的原理

开关电源产生EMI的原因较多，其中由基本整流器产生的电流高次谐波干扰和变压器型功率转换电路产生的尖峰电压干扰

基本整流器的整流过程是产生EMI最常见的原因。这是因为正弦波电源通过整流器后变成单向脉动电源已不再是单一频率为一直流分量和一系列频率不同的交流分量之和。实验结果表明，谐波（特别是高次谐波）会沿着输电线路产生传导干扰在其前端电源线上的电流波形发生畸变，另一方面通过电源线产生射频干扰。

变压器型功率转换电路用以实现变压、变频以及完成输出电压调整，是开关稳压电源的核心，主要由开关管和高频变压器是一种有较大幅度的窄脉冲，其频带较宽且谐波比较丰富。产生这种脉冲干扰的主要原因是：

（1）开关功率晶体管感性负载是高频变压器或储能电感在开关管导通的瞬间，变压器初级出现很大的涌流，将造成尖峰上是尖脉冲，轻者造成干扰，重者有可能击穿开关管。

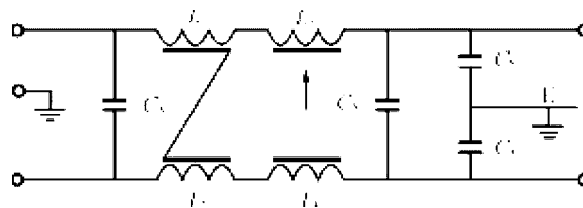
（2）由高频变压器产生的干扰当原来导通的开关管关断时，变压器的漏感所产生的反电势

$$E = -L di/dt$$

其值与集电极的电流变化率（ $di/dt$ ）成正比，与漏感量成正比，叠加在关断电压上，形成关断电压尖峰，形成传导性干扰初级，还会传导向配电系统，影响其它用电设备的安全和经济运行。

（3）由输出整流二极管产生的干扰在输出整流二极管截止时，有一个反向电流，它恢复到零点的时间与结电容等因素有关，速恢复到零点的二极管称为硬恢复特性二极管，这种二极管在变压器漏感和其它分布参数的影响下，将产生较强的高频MHz。

对上述开关电源产生的EMI所采取的抑制措施，主要有正确选择半导体器件、变压器铁芯材料和在开关电源的电路中采取方法。本文仅介绍滤波抑制措施。



## 开关电源EMI FILTER应用

图1开关电源EMI滤波器网络结构

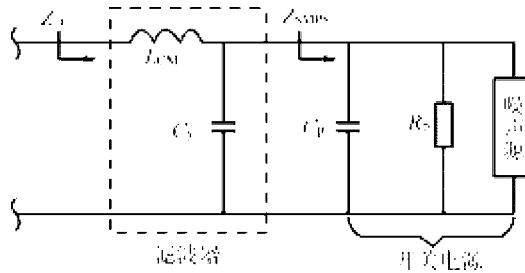


图2共模滤波网络结构

### 3抑制开关电源EMI的滤波措施

滤波是抑制干扰的一种有效措施，尤其是对开关电源EMI信号的传导干扰和辐射干扰。任何电源线上传导干扰信号，均可示。差模干扰在两导线之间传输，属于对称性干扰；共模干扰在导线与地（机壳）之间传输，属于非对称性干扰。在一小、频率低、所造成的干扰较小；共模干扰幅度大、频率高，还可以通过导线产生辐射，所造成的干扰较大。因此，欲控制在有关EMC标准规定的极限电平以下，最有效的方法就是在开关电源输入和输出电路上加装EMI滤波器。开关电源的100kHz。EMC很多标准规定的传导干扰电平的极限值都是从10kHz算起。对开关电源产生的高频段EMI信号，只要选择适当的EMI滤波器，就可得到满意的效果。

#### 3.1 EMI滤波器的结构及工作原理

图1为开关电源EMI滤波器的基本网络结构。

该滤波器是由集中参数元件构成的无源低通网络，其中L1和L2是绕在同一磁环上的2只独立线圈，称为共模电感线圈或独立的差模抑制电感。如果把该滤波器一端接入干扰源，负载端接被干扰设备，那么L1和Cy，L2和Cy就分别构成L—E和滤波器，用来抑制电源线上存在的共模EMI信号，使之受到衰减，被控制到很低的电平上。

共模滤波网络结构等效电路如图2所示，它由LCM和Cy组成。图中右边是开关电源的共模噪声等效电路，并联电容Cp包括布电容及高频变压器初次级间的分布电容；Rp是电流源的并联电阻。开关电源共模噪声等效电路的源内阻ZSMPS是高阻抗

图1中，L1、L2两个线圈所绕匝数相同、绕向相反，使滤波器接入电路后，两只线圈内电流产生的磁通在磁环内相互抵消状态，从而使两只线圈的电感值保持不变。但是，由于种种原因，如磁环的材料不可能做到绝对均匀，两个线圈的绕制L1和L2的电感量是不相等的，于是，(L1—L2)形成差模电感LDM，它和L3与L4形成的独立差模抑制电感与Cx电容器又组成低通滤波器，用来抑制电源线上存在的差模EMI信号。

差模干扰信号等效电路如图3所示。它由高阻抗干扰等效电路和低阻抗干扰等效电路两部分组成。图3中，开关S表示桥式此高低两个等效电路是不能同时存在的；Rs是分布电阻，Ls是分布电感，数值都很小。为与共模情况区别，Rp和Cp分别

差模EMI信号滤波网络结构等效电路如图4所示。LDM是差模电感，包含共模线圈形成的差模电感和独立的差模抑制电感；电容。图4(b)与图4(a)相比，增加了一个CLL2，其数值的选择使滤波网络与负载构成失配状态。

由于图1电路是无源网络，它具有互易性。当它安装在系统中后，既能有效地抑制电子设备外部的EMI信号传入设备，又产生的传向电网的EMI信号，起到同时衰减两组共模EMI信号和一组差模EMI信号的作用。

#### 3.2 EMI滤波器选用与安装

开关电源EMI滤波器中的4只电容器用了2种不同的下标“X”和“Y”，不仅说明了它们在滤波网络中的作用，还表明了等级。无论是选用还是设计EMI滤波器，都要认真地考虑CX和CY的安全等级。在实际应用中，CX电容接在单相电源线的L和额定电

## 开关电源EMI FILTER应用

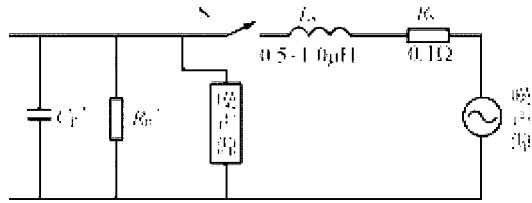


图3开关电源EMI差模信号等效电路

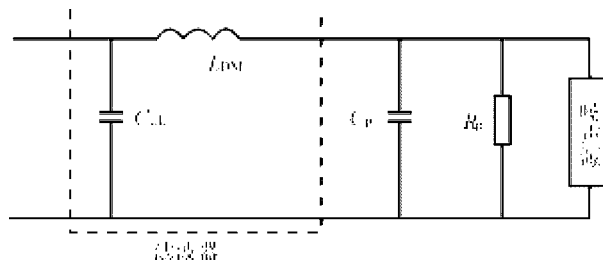
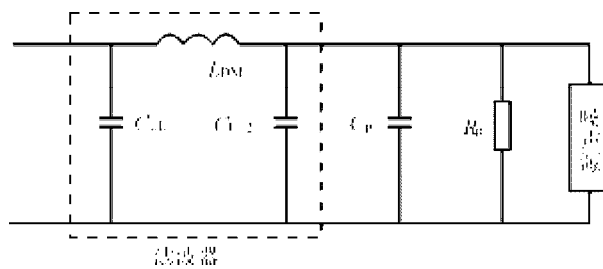


图4差模滤波网络结构

(a)滤波网络带CLL



(b)滤波网络带CLL及CLL2

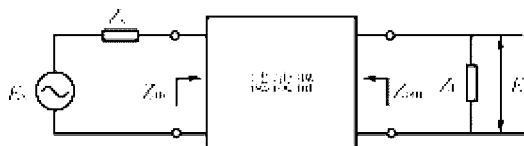


图5滤波器工作原理

压外，还会迭加L和N之间存在的EMI信号峰值电压，因此要根据EMI滤波器的应用场合和可能存在的EMI信号峰值，正确选器。CY电容器是接在电源供电线L、N与金属外壳（E）之间的，对于220V，50Hz电源，它除符合250V峰值电压的耐压要习电气和机械性能方面具有足够的安全余量，以避免可能出现的击穿短路现象。

EMI滤波器是具有互易性的，即把负载接在电源端还是负载端均可。在实际应用中，为达到有效抑制EMI信号的目的，必的EMI信号源阻抗和负载阻抗来选择该滤波器的网络结构和参数。当EMI滤波器两端阻抗都处于失配状态时，即图5中Z<sub>s</sub>号会在其输入和输出端产生反射，增加对EMI信号的衰减。其信号的衰减A与反射 的关系为：

$$A = -10 \lg(1 - |\Gamma|^2)$$

电磁兼容设计的目的是在网络结构符合最大失配的原则下，尽可能合理选择元件参数，使EMI信号衰减最大。

4结语

## 开关电源的EMI FILTER应用

在使用开关电源滤波器时，要注意滤波器在额定电流下的电源频率。在安装滤波器时，要特别注意滤波器的输入导线与把它们捆在一起走线，否则EMI信号很容易从输入线上耦合到输出线上，这将会大大降低滤波器的抑制效果。

### 作者简介

李萍女西安武警工程学院副教授、硕士生导师。

近年来有四项科研成果分别获部级一、二和三等奖。发表论文20余篇，编写教材5部。作为第一发明人所研制的“防爆”得专利。武警装甲车全部采用该天线。本人因此享受政府特殊津贴。