

直流电源 EMI 滤波器的设计原则、网络结构、参数选择

1 设计原则——满足最大阻抗失配

插入损耗要尽可能增大，即尽可能增大信号的反射。设电源的输出阻抗和与之端接的滤波器的输入阻抗分别为 Z_0 和 Z_1 ，根据信号传输理论，当 $Z_0 \neq Z_1$ 时，在滤波器的输入端口会发生反射，反射系数

$$\rho = (Z_0 - Z_1) / (Z_0 + Z_1)$$

显然， Z_0 与 Z_1 相差越大， ρ 便越大，端口产生的反射越大，EMI 信号就越难通过。所以，滤波器输入端口应与电源的输出端口处于失配状态，使 EMI 信号产生反射。同理，滤波器输出端口应与负载处于失配状态，使 EMI 信号产生反射。即滤波器的设计应遵循下列原则：源内阻是高阻的，则滤波器输入阻抗就应该是低阻的，反之亦然。

负载是高阻的，则滤波器输出阻抗就应该是低阻的，反之亦然。

对于 EMI 信号，电感是高阻的，电容是低阻的，所以，电源 EMI 滤波器与源或负载的端接应遵循下列原则：

如果源内阻或负载是阻性或感性的，与之端接的滤波器接口就应该是容性的。

如果源内阻或负载是容性的，与之端接的滤波器接口就应该是感性的。

2 EMI 滤波器的网络结构

EMI 信号包括共模干扰信号 CM 和差模干扰信号 DM，CM 和 DM 的分布如图 1 所示。它可用来指导如何确定 EMI 滤波器的网络结构和参数。

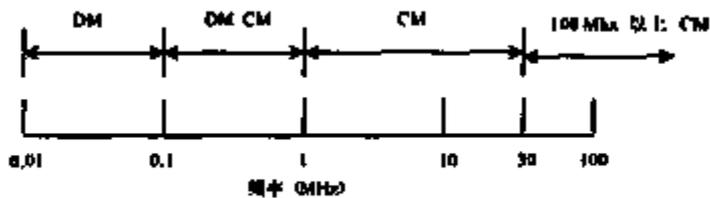


图1 CM和DM的分布图

EMI 滤波器的基本网络结构如图 2 所示。

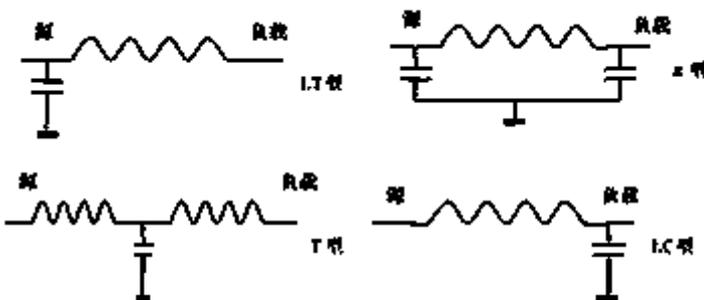


图2 EMI滤波器的基本网络结构

上述 4 种网络结构是电源 EMI 滤波器的基本结构，但是在选用时，要注意以下的问题：

- 1) 双向滤波功能——电网对电源、电源对电网都应该有滤波功能。
- 2) 能有效地抑制差模干扰和共模干扰——工程设计中重点考虑共模干扰的抑制。
- 3) 最大程度地满足阻抗失配原则。

几种实际使用的电源 EMI 滤波器的网络结构如图 3 所示。

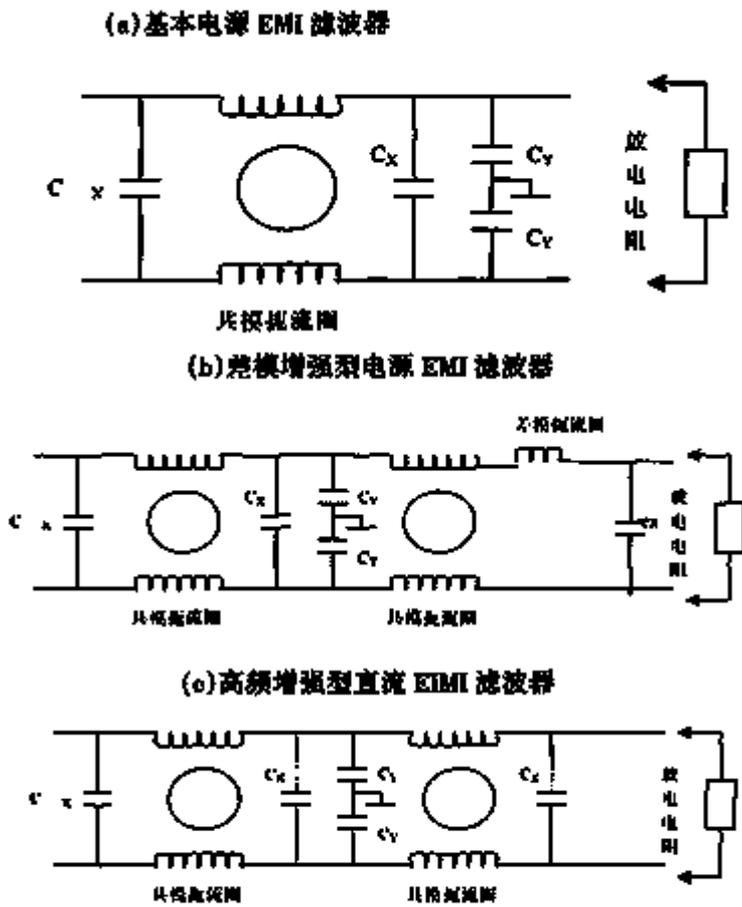


图3 实际使用的EMI滤波器的网络结构

3 电源 EMI 滤波器的参数确定方法

a) 放电电阻的取值

在允许的情况下，电阻取值要求越小越好，需要考虑以下情况：

第一，电阻要求采用二级降额使用，保证可靠性。降额系数为 $0.75 V, 0.6 W$ 。根据欧姆定律可求出 $n > (0.75Ve)^2 / (0.6 Pe)$ 。

第二，经过雷击浪涌后有残压，其瞬时值一般在 $1000 V$ 取值，其瞬时功率值不能超过额定功率值的 4 倍，也可求出 $R > (Vcy)^2 / (4Pe)$ 。

两者综合考虑取 R 值，一般情况下，电阻 R 的取值为 $75 - 200 K$ 之间。功率为 $2 - 3 W$ 。金属膜电阻。

b) Cx 电容的取值

在允许的情况下，容量要求越大越好，其值很难确切地估算出来，一般情况下，要求取值在 $1 - 5\mu f$ 之间（对每个电容）。电容的耐压值必须经过雷击浪涌后取值，有残压，其瞬时值一般在 $1000V / s$ 时不损坏，按二级降额的原则选取，取值在 $275 V$ ，频率特性与电容的取值有关，取值越小，频率特性越好。

c) Cy 电容的取值

在允许的情况下，容量要求越大越好，其值很难确切地估算出来，但是不能太大，太大则漏电流较大，一般情况下，要求取值在 2 200 - 4 700 pf 之间（对每个电容）。电容的耐压值必须经过雷击浪涌后取值，有残压，其瞬时值一般在 1000V / S 时不损坏，按二级降额的原则选取，取值 275 V，频率特性与电容的取值有关，取值越小，频率特性越好。

Cx 电容和 Cy 电容，一般都是通过较小的电容并联来满足容量的要求，这样滤波器的高频特性好。

d) 电感的取值

材料的选取原则——从以下几个方面考虑：第一，磁芯材料的频率范围要宽，要保证最高频率在 1GHz，即在很宽的频率范围内有比较稳定的磁导率。第二，磁导率高，但是在实际中很难满足这一要求，所以，磁导率往往是分段考虑的。磁芯材料一般是铁氧体。

电感量的估算——考虑阻抗和频率。共模扼流圈取值 1.5 - 5 mH，差模扼流圈取值为 10 - 50uH；

4 直流电源 EMI 滤波器的安装要求

滤波器对电磁干扰的抑制作用不仅取决于滤波器本身的设计和它的实际工作条件，而且在很大程度上还取决于滤波器的安装情况。

滤波器引线与安装位置也是很重要的问题。这是考虑到电源线除了沿电源线的传导时会传输电磁干扰外，还会在传输过程中将电磁干扰辐射出去，对附近的敏感电路（或设备）造成辐射耦合。因此必须考虑滤波器的输入线和输出线之间不存在耦合，否则会导致滤波器的性能下降。为此，滤波器的输入线最好不直接引入设备内部，而是经过滤波之后才进入设备内部，利用设备机壳的自然屏蔽作用，把电源产生的辐射场排除在设备外部。

电源输入线不要过长。滤波器的安装位置要紧靠电源入口。

滤波器输入线和输出线不要靠得太近。滤波器要良好接地，并且不能单根线接地，要与金属机壳大面积接触。

滤波器的引脚或引线要尽可能的短。

滤波器如果要和其它电路相连接，最好用接插件。

5 总结

- 1) 滤波器金属外壳与机箱壳必须保证良好的接触，并将接地线接好。
- 2) 滤波器输入线、输出线必须有一定的距离，避免滤波器性能下降。
- 3) 滤波器的连线以选用双绞线为佳，可以消除部分高频干扰。
- 4) 滤波器的安装位置应首选在电源入口处，以缩短输入线在机箱内的长度，减小辐射干扰
- 5) 滤波器的选用主要考虑其插入损耗，生产厂商所给出的曲线一般取自 50 系统测试的结果，而实际应用的系统一般不在 50 ，插入损耗会有一些偏差，实际应用中电源滤波器是带通滤波器，要注意高频特性的影响。
- 6) 滤波器选用的第 2 点是要注意工作电压，工作电流和漏电流，以免影响使用。
- 7) 滤波器的低频特性性能与体积有关，如果希望低频性能好，一般以牺牲体积为代价。