

EMI 滤波共模电感设计

正常工作的开关类电源（SMPS）会产生有害的高频噪声，它能影响连接到相同电源线上的电子设备像计算机、仪器和马达控制。用一个 EMI 滤波器插入电源线和 SMPS 之间能消除这类干扰（图 1）。一个差模噪声滤波器和一个共模噪声滤波器能够串联或在许多情况下单独使用共模噪声滤波器。

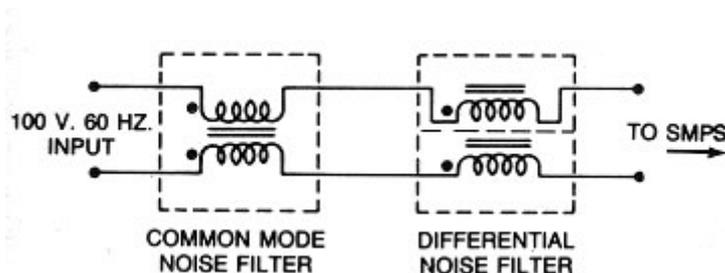


图 1 EMI 滤波器的插入

在一个共模滤波器内，电感的每一个绕组和电源输入线中的任一根导线相串联。（对于电源的输入线来讲）电感绕组的接法和相位是这样的，第一个绕组产生的磁通会与第二个绕组产生的磁通相削。于是，除了泄漏阻抗的小损耗和绕组的直流电阻以外，电感至电源输入线的插入阻抗为零。由于磁通的阻碍，SMPS 的输入电流需要功率，因此将通过滤波器，滤波器应没有任何明显的损耗。

共模噪声的定义是出现在电源输入线的一根或二根导线上的有害电流通过电感的地返回噪声源的噪声。

此电流要视共模电感的任何一个或二个绕组的全部阻抗，因为它不能被返回的电流所抵消。共模噪声电压是电感绕组上的衰减，应从有害噪声中保持电源输入线的畅通。

1.1、选择电感材料

开关电源正常工作频率 20KHz 以上，而电源产生的有害噪声比 20KHz 高，往往在 100KHz~50MHz 之间。

对于电感来讲，大多数选择适当和效率高的铁氧体，因为在有害频带内能提供最高的阻抗。当看到公共参数如磁导率和损耗系数就去识别材料是困难的。图 2 给出铁氧体磁环 J-42206-TC 绕 10 匝后的阻抗 Z_s 和频率的关系曲线。

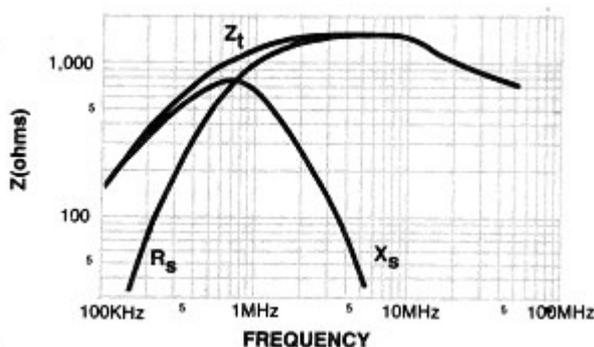


图 2 铁氧体磁环的阻抗和频率的关系

在 1~10MHz 之间绕组到达最大阻抗，串联感抗 X_S 和串联电阻 R_S （材料磁导率和损耗系数的函数）共同产生总阻抗 Z_t 。

图 3 所示为图 2 中铁氧体材料的磁导率和损耗系数与频率的函数关系。由于感抗引起的下降，导致磁导率在 750KHz 以上的下降；由于电阻取决于高频的源阻抗所以损耗系数随频率而增加。

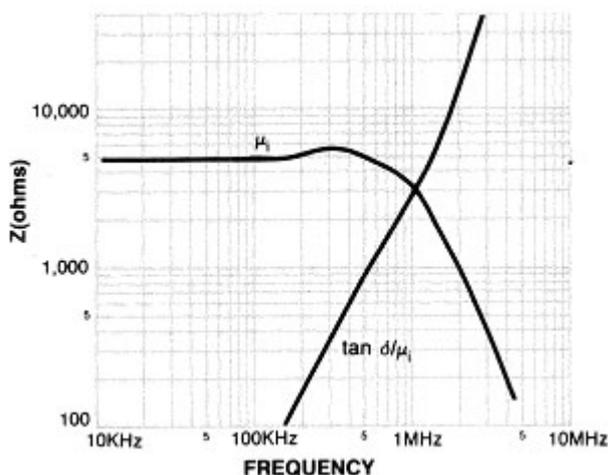


图 3 铁氧体磁环的磁导率、损耗系数和频率的关系

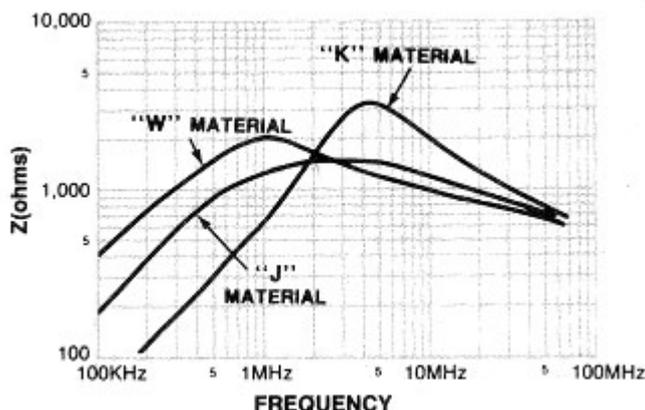


图 4 给出三种不同材料的总阻抗和频率的关系

J 材料在超过 1~20MHz 范围内具有高的总阻抗，它最广泛地应用于共模滤波器的扼流圈。在 1MHz，W 材料阻抗比 J 材料高 20-50%，当低频噪声是主要问题时经常应用 J 材料；K 材料可用于 2MHz 以上，因为在此频率范围内它产生的阻抗比 J 材料高直至 100%。在 2MHz 以上或以下，对于滤波器所要求的规范，J 或 W 是优先的。图 4 三种不同材料的阻抗和频率的关系。

1.2、磁芯的形状

对于共模噪声滤波器环形磁芯是最普及的，他们不贵、泄漏磁通也低。环形磁芯必须用手绕制（或在独特的环形绕线机上绕制）。正常情况要用一个非金属的分隔板放置在两个绕组之间，以及为了和 PC 板连接，这个绕制器件还需环氧在印制板的头部。具有附件

的 E 形磁芯比环形磁芯贵，但组装成一个整体只需较小的代价。绕制 E 形磁芯的骨架相对便宜。为了分隔两个绕组可购到有分隔板的骨架并可安装在 PC 板上。E 形磁芯有更多的泄漏电感，在共模滤波器中对于不同的滤波是有用的。E 形磁芯为了增加泄漏电感可以豁开缝隙，以便吸收有害的共模和差模噪声。

1.3、磁芯的选择

下面给出环形磁芯的设计步骤，单层共模电感见图 5。为了尽量减小绕组电容和防止由于不对称绕组引起的磁芯饱和，单层设计是经常应用的。步骤中假设两个相反的绕组之间的最小自由空间为 30 度。

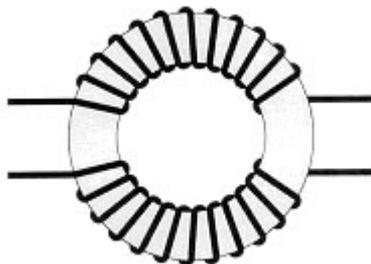


图 5 单层共模电感的结构

对于共模电感所需的基本参数是电流 (I)、阻抗 (ZS)、和频率 (f)。电流决定导线的尺寸。一个保守的 400A/cm² 电流密度不会在导线上产生有效的热量。而一个过分的 800A/cm² 电流密度会引起导线发热，这两个等级可用选择图表表示。

在所给频率上，规定一个最小的电感阻抗是正常的。这个频率通常足够低并假设感抗 X_S 能提供图 2 所示的阻抗。随后电感可计算为：(2)

$$L_s = \frac{X_s}{2\pi f} \quad (1)$$

用已知的电感和电流乘积 LI 基础上的图 6 和图 7 能用于选择磁芯的尺寸，这里 L 是电感 (mH) 和 I 是电流 (A)。建立在电流密度 (C_d) 400 或 800 A/cm² 基础上的导线尺寸 (AWG)

可用下式计算：

$$AWG = -4.31 \times \ln \left| \frac{1.889I}{C_d} \right|$$

匝数可由磁芯的 AL 值决如下：

$$N = \left| \frac{L_s \times 10^6}{A_L} \right|^{1/2} \quad (3)$$

1.4、设计举例

在 10KHz 阻抗为 100 Ω 时，电流为 3A，由式 (1) 计算得 L_S=1.59mH；用 800 A/cm² 电流密度时，LI 乘积为 4.77，为了选择材料可从图 7 查得磁芯尺寸。在此例，选择 W 材料直至 1MHz 可以给出高的阻抗，见图 4。图 7 给出磁芯材料为 W-41809-TC。由表 1 可查得磁芯尺寸和 AL 值。用 AL=12200 mH /1000 匝，式 (3) 给出 N=12 匝每边。用 800 A/cm² 时，式 (2) 给出 AWG=21。

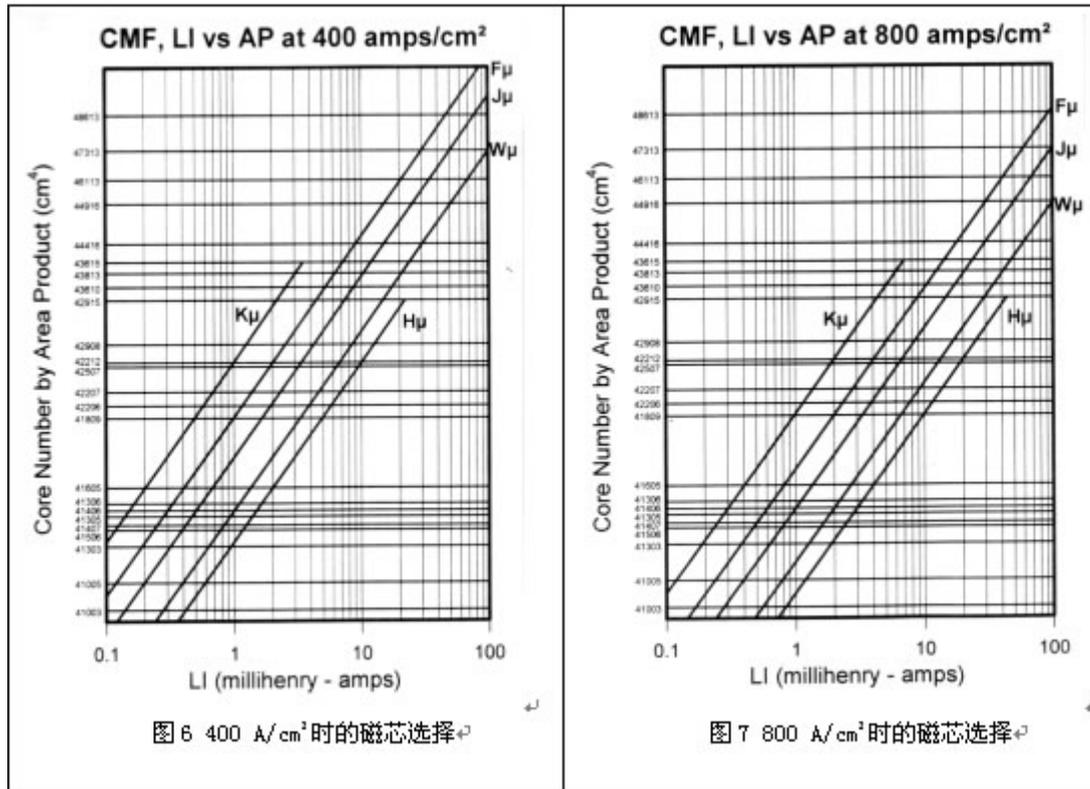


表 1 环形磁芯尺寸及其 AL 值

available coatings ↓ Y ↓ X ↓ Z	MECHANICAL DIMENSIONS (Note 1 - P13.3)						A _L (mH/1000 TURNS)						
	INCHES			MILLIMETERS			POWER MATERIALS				TELECOM MATERIALS		
	PART NO.	A (OD)	B (ID)	C HGT. ^(#)	A (OD)	B (ID)	C HGT. ^(#)	K 1500μ ±25%	R 2300μ ±25%	P 2500μ ±25%	F 3000μ ±20%	A _A 750μ ±20%	D 2000μ ±20%
40200-TC	0.100	0.050	0.050	2.54	1.27	1.27	—	400	454	525	130	350	400
40301-TC	0.138	0.072	0.050	3.51	1.83	1.27	—	380	410	495	125	330	380
40502-TC	0.155	0.088	0.050	3.94	2.24	1.27	—	340	368	440	110	295	340
40503-TC	0.155	0.088	0.100	3.94	2.24	2.54	—	670	716	885	220	590	680
40401-TC	0.190	0.090	0.050	4.83	2.29	1.27	—	440	474	570	140	380	440
40402-TC	0.190	0.090	0.100	4.83	2.29	2.54	—	870	948	1,140	280	760	880
40601-TC	0.230	0.120	0.060	5.84	3.05	1.52	—	450	488	585	160	390	460
40603-TC	0.230	0.120	0.125	5.84	3.05	3.18	—	940	1,020	1,225	310	820	940
40705-TC	0.300	0.125	0.188	7.62	3.18	4.78	—	1,920	2,088	2,505	626	1,670	1,920
40907-TC	0.375	0.220	0.280	9.53	5.59	7.11	—	1,730	1,884	2,280	567	1,510	1,730
41003-TC	0.375	0.187	0.125	9.53	4.75	3.18	—	1,000	1,095	1,314	330	875	1,010
41005-TC	0.375	0.187	0.188	9.53	4.75	4.78	—	1,510	1,650	1,980	496	1,315	1,515
41206-TC	0.500	0.203	0.250	12.7	5.16	6.35	—	2,600	2,820	3,384	848	2,255	2,595
41303-TC	0.500	0.312	0.125	12.7	7.92	3.18	—	680	745	894	224	596	684
41305-TC	0.500	0.312	0.200	12.7	7.92	5.08	710	1,090	1,190	1,430	357	952	1,090
41306-TC	0.500	0.312	0.250	12.7	7.92	6.35	890	1,360	1,485	1,782	444	1,188	1,364
41406-TC	0.500	0.281	0.250	12.7	7.14	6.35	1,080	1,660	1,805	2,166	540	1,444	1,660
41407-TC	0.500	0.281	0.188	12.7	7.14	4.78	810	1,240	1,356	1,630	410	1,085	1,250
41506-TC	0.520	0.290	0.156	13.2	7.37	3.96	670	1,020	1,111	1,334	343	920	1,055
41435-TC	0.535	0.276	0.138	13.6	7.01	3.51	675	1,040	1,130	1,350	340	900	1,040
41450-TC	0.551	0.354	0.197	14.0	8.99	5.00	640	990	1,080	1,290	325	860	990
41605-TC	0.625	0.350	0.185	15.9	8.89	4.70	820	1,260	1,375	1,650	410	1,100	1,260
41809-TC	0.726	0.384	0.404	18.4	9.75	10.3	1,830	2,810	3,050	3,680	915	2,440	2,810
42106-TC	0.810	0.500	0.250	20.6	12.7	6.35	900	1,380	1,500	1,680	420	1,200	1,380
42109-TC	0.810	0.500	0.350	20.6	12.7	8.89	1,260	1,930	2,100	2,520	630	1,680	1,930
42206-TC	0.870	0.540	0.250	22.1	13.7	6.35	900	1,380	1,510	1,812	452	1,208	1,388
42207-TC	0.870	0.540	0.312	22.1	13.7	7.92	1,120	1,720	1,875	2,250	560	1,500	1,740
42212-TC	0.870	0.540	0.500	22.1	13.7	12.7	1,810	2,770	3,020	3,624	904	2,416	2,776
42507-TC	1.000	0.610	0.312	25.4	15.5	7.92	1,170	1,800	1,958	2,348	587	1,565	1,800
42508-TC	1.000	0.610	0.394	25.4	15.5	10.0	1,450	2,220	2,420	2,900	725	1,930	2,220
42908-TC	1.142	0.748	0.295	29.0	19.0	7.49	950	1,450	1,585	1,902	476	1,268	1,458
42915-TC	1.142	0.748	0.600	29.0	19.0	15.2	1,930	2,960	3,222	3,868	967	2,579	2,966
43113-TC	1.220	0.748	0.512	31.0	19.0	13.0	1,860	2,850	3,100	3,720	930	2,480	2,850
43205-TC	1.260	0.591	0.177	32.0	15.0	4.50	965	1,480	1,610	1,930	480	1,290	1,480
43610-TC	1.417	0.906	0.394	36.0	23.0	10.0	—	2,030	2,210	2,726	680	1,770	2,035
43615-TC	1.417	0.906	0.590	36.0	23.0	15.0	—	3,100	3,366	4,040	1,011	2,696	3,100
43806-TC	1.500	0.750	0.250	38.1	19.0	6.35	—	2,020	2,200	2,640	660	1,760	2,025
43813-TC	1.500	0.750	0.500	38.1	19.0	12.7	—	3,850	4,185	5,020	1,255	3,345	3,850
43825-TC	1.500	0.750	1.000	38.1	19.0	25.4	—	8,060	8,762	10,040	—	—	—
44416-TC	1.750	0.750	0.625	44.5	19.0	15.9	—	5,360	5,830	7,000	—	—	—
44715-TC	1.846	1.063	0.591	46.9	27.0	15.0	—	3,700	4,030	4,840	—	—	—
44916-TC	1.932	1.332	0.625	49.1	33.8	15.9	—	2,710	2,950	3,540	—	—	—
44920-TC	1.932	1.252	0.625	49.1	31.8	15.9	—	2,790	3,032	3,640	—	—	—
44925-TC	1.932	1.252	0.750	49.1	31.8	19.0	—	3,420	3,718	4,460	—	—	—
44932-TC	1.932	1.332	1.250	49.1	33.8	31.8	—	5,430	5,900	7,080	—	—	—
46113-TC	2.400	1.400	0.500	61.0	35.6	12.7	—	3,140	3,491	4,107	—	—	—
46326-TC	2.480	1.496	0.984	63.0	38.0	25.0	—	5,770	6,270	7,530	—	—	—
47313-TC	2.900	1.530	0.500	73.7	38.9	12.7	—	3,700	4,024	4,880	—	—	—
48613-TC	3.375	2.187	0.500	85.7	55.5	12.7	—	2,510	2,726	3,310	—	—	—

FOR PREFERRED PARTS, SEE INSIDE BACK COVER

* A_L values based on testing @ 5 gauss in a de-gaussed state

**(此文从网络转载，供大家设计参考，欢迎有相关
EMC 问题与赛盛技术进行交流)**