



目 录

封二	.....	公司介绍及企业文化
目录	.....	1
电网主动（有源）滤波设备用大功率电感器	.....	2-8
电力电子用大功率滤波电感器	.....	9-16
有源功率因数校正电感器	.....	17-20
BUCK 储能滤波电感器	.....	21-23
软开关谐振电感器	.....	24-26
差模/共模电感器	.....	27-31

电网谐波问题及有关标准的提出

随着现代工业的高速发展，电力系统的非线性负荷日益增多。如各种换流设备、变频装置、电弧炉、电气化铁道等非线性负荷遍及全系统，而程控交换机、电视机、高频逆变焊机、电子镇流器等信息设备、办公自动化设备和家用电器的使用越来越广泛。这些非线性负荷产生的谐波电流注入到电网，使公用电网的电压波形产生畸变，严重地污染了电网的环境，威胁着电网中各种电气设备的安全运行。其危害概括起来有以下几个方面：

可能使电力系统的继电保护和自动装置产生误动或拒动，直接危及电网的安全运行。

使交流供电设备(如交流发电机、UPS 等)输出功率的利用率降低，并使输电线上的损耗增大，造成了紧缺资源的严重浪费。

使三相四线制电网中的三次及其倍数次谐波在中线同相位，导致合成后中线电流很大，甚至可能超过相电流。但由于安全标准规定中线无保护装置，因此可能过热起火发生安全事故。

使各种电气设备产生附加损耗和发热、使电机产生机械振动和噪声。

电网中谐波通过电磁感应、电容耦合、以及电气传导等方式，对周围的通讯系统产生干扰、降低信号的传输质量，破坏信号的正常传递，甚至损坏通讯设备。

谐波使电网中广泛使用的各种仪表，如电压表、
电流表、有功及无功功率表、功率因数表、
电度表等产生误差。为消除此类误差，会
大大增加制造成本。

增加了电网中发生谐波谐振的可能性，造成很
高的过电压或过电流，从而引起安全事故。



电气火灾

由于电网谐波的诸多危害，国际社会已于上世纪八十年代和九十年代初制定了一些与此相关的标准，以期尽量消除或降低其危害，如 IEC1000-3-2、IEEE-519、IEC555-2、EN60555-2、MIL-STD-1399、Bellcore001089 等。我国也为此于上世纪八十年代研究对策，做了很多准备工作，并于 1993 年正式颁布了 GB/T14549-93《电能质量 公用电网谐波》标准，1998 年又制定了 GB17625.1-1998 标准。

在欧洲，从 1992 年开始对 300W 以上设备强制实行 IEC555-2 标准，并于 1994 年对 300W 以下设备也作出同样要求。在美国，早就对 700W 以上设备产生的谐波作出了限制。国际电工委员会于 1998 年对谐波标准 IEC5552 进行修订，另外还制定了 IEC61000-3-2 标准，规定严格的谐波要求。而在我国，但随着现代化进程的加速推进，及绿色电子产品的发展，2003 正式提出强制性“3C 认证”，3C 认证标准中包括有一项新增加的 PFC（谐波电流限制）电路考核指标，它是专门针对谐波电流问题而制定的。

电网谐波抑制



对电力系统这个环境来说，无谐波是绿色环境的主要标志之一。LC 滤波器是传统的无源谐波抑制装置，由滤波电容器、电抗器和电阻器适当组合而成，与谐波源并联，除起滤波作用外，还兼顾无功补偿的需要。这种滤波器出现最早，存在一些较难克服的缺点，但因其结构简单、投资少、运行可靠性较高以及运行费用较低，至今仍是谐波抑制的主要手段。

目前，谐波抑制的一个重要趋势是采用有源电网滤波器(Active Power Filter--APF)。它是一种电力电子装置，其基本原理是从补偿对象中检测出谐波电流，由补偿装置产生一个与该谐波电流大小相等而极性相反的补偿电流，从而使电网电流只含基波分量。这种滤波器能对频率和幅值都变化的谐波进行跟踪补偿，且补偿特性不受电网阻抗的影响，因而受到广泛的重视，并且已在日本等国获得广泛应用。有源电网滤波器的基本思想在 20 世纪六、七十年代就已经形成，八十年代以来，大中功率全控型半导体器件的成熟、脉冲宽度调制(Pulse Width Modulation--PWM)控制技术的进步以及基于瞬时无功功率理论的谐波电流瞬时检测方法的提出，使有源电网滤波器才得以迅速发展。

有源电网滤波器经多年的使用发展后，产生了与 LC 滤波器混合使用方式。其基本思想是利用 LC 滤波器来分担有源电网滤波器的部分补偿任务。由于 LC 滤波器比之有源电网滤波器有结构简单、易实现且成本低的优点，而有源电网滤波器则有补偿性能好的优点，两者结合使用时，既可克服有源电网滤波器容量大、成本高的缺点，又可使整个系统获得良好的性能。这以后，为了降低有源电网滤波器的容量，又产生了有源滤波器的其他使用方式，如 LC 并联谐振型注入电路方式以及与旋转电机并用方式。

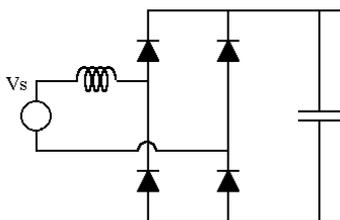


图 1 在整流前加入谐波抑制电感器

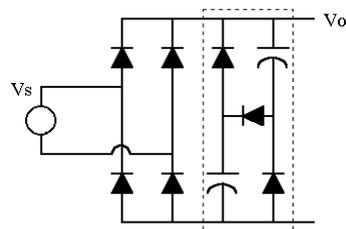


图 2 通过二极管和电容组成的电路加在整流桥后

新型电网主动滤波器电路原理

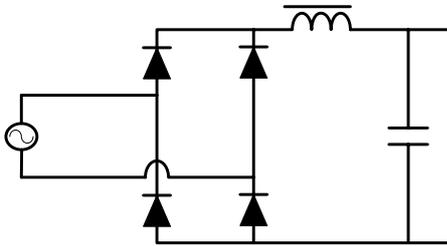


图3 整流后加 PFC 电感器

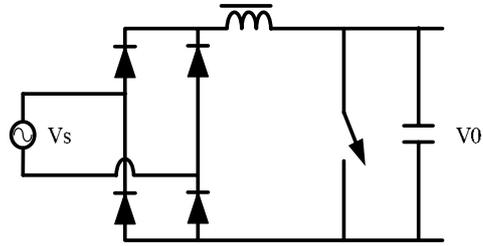
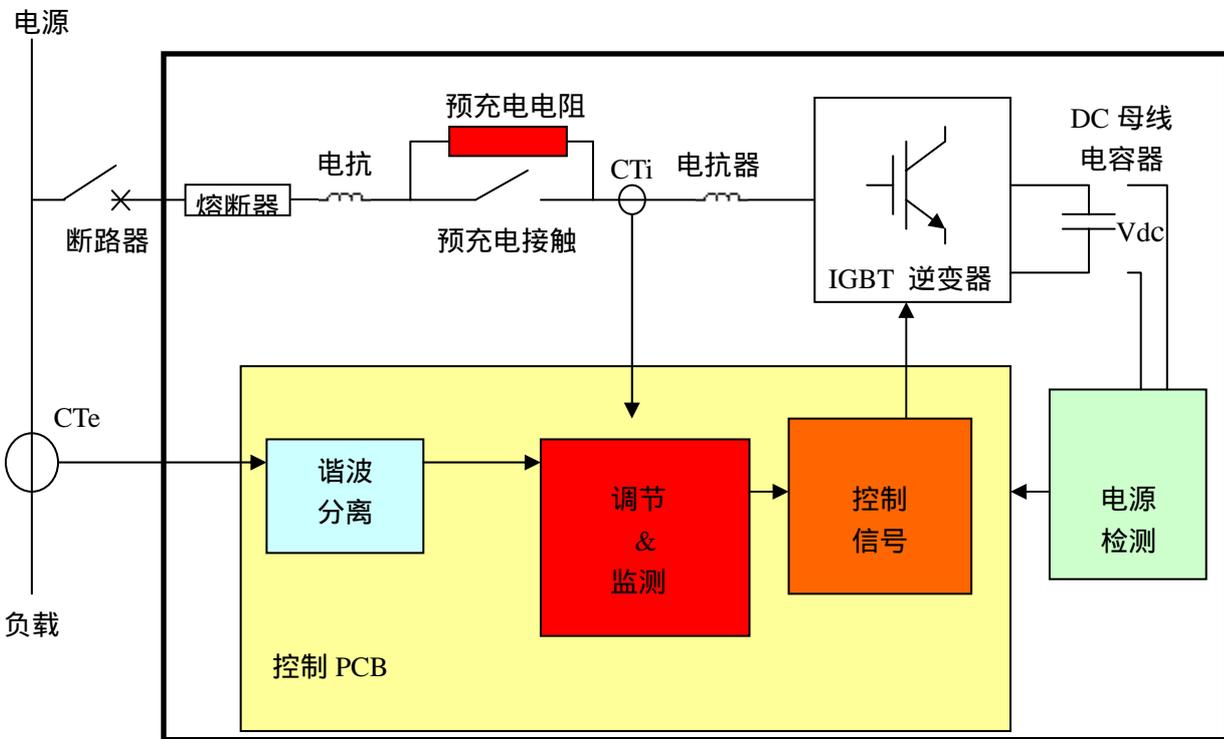


图4 有源功率因数校正电路



如上图所示，断路器合闸后，APF 首先通过预充电电阻对 DC 母线的电容器充电，这个过程会持续 10 秒钟，防止上电后对 DC 母线电容器的瞬间冲击。当母线电压 V_{dc} 到达额定值后，预充电接触器闭合。当 APF 失电时，接触器才会打开。控制板 PCB 通过 CT_i 采集负载电流信号，谐波分离模块将其中的基波成分移去后，所得到的谐波成分送到调节和监控模块。该模块有两个功能，一是可以产生调节谐波电流给控制信号模块；二是对系统所有功能进行监测。控制信号模块产生驱动信号触发 IGBT 变换器，向系统反送补偿谐波电流。

其关键器件是 9 个大功率电感器，我公司已经研制出符合要求的电感器解决方案。

电网主动（有源）滤波设备用大功率电感器系列产品图片



DCI 100uH/150A DCI 200uH/150A



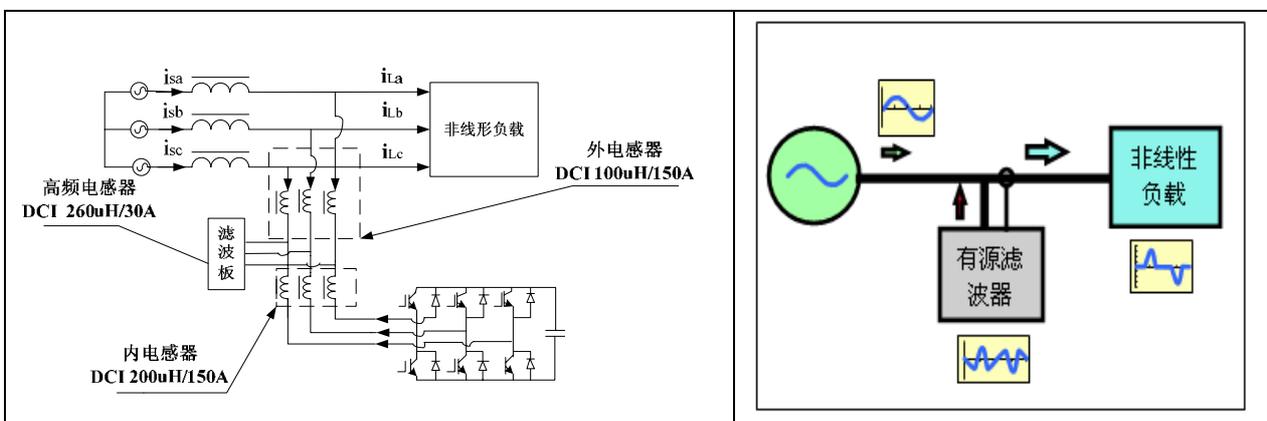
DCI 170uH/400A DCI 75uH/660A



DCI 80uH/100A DCI 160uH/100A



DCI 260uH/30A

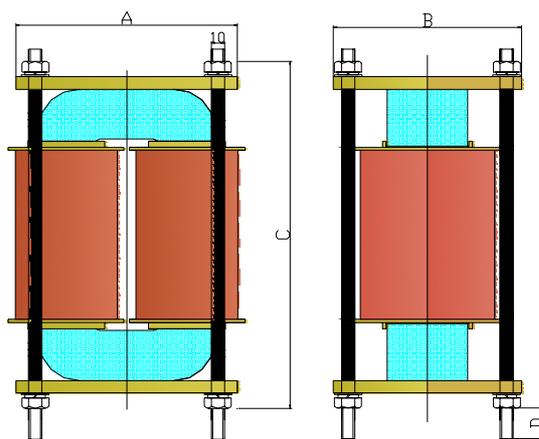


应用原理框图

有源电网滤波器用电感器系列一：非晶磁芯电感器

针对有源电网滤波器(APF)在大功率领域应用的要求，尚新融大工程师专门设计该系列电感，并成功应用到客户产品中，替代客户长期使用的进口电感器。

该系列电感特点：优良的交直流叠加特性，大电流负载能力强；低高频损耗；

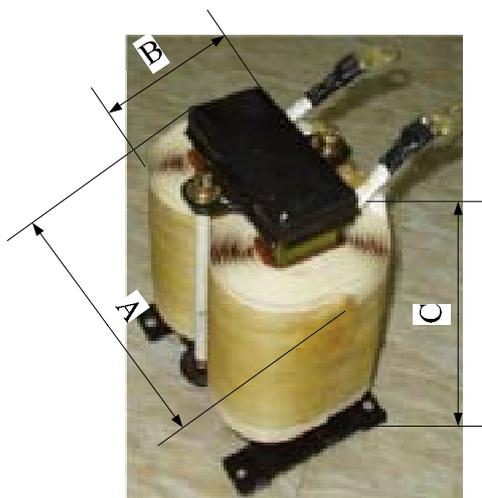


产品型号	尺寸(单位：mm)			
	A	B	C	D
100uH/150A	168MAX	143MAX	303MAX	25
200uH/150A	205MAX	185MAX	338MAX	25
170 μ H/400A	350MAX	280MAX	360MAX	25
75 μ H/660A	450MAX	350MAX	450MAX	25

产品型号	静态电感量 (uH) 公差为 ± 10%	工作电流下最小电 感量 (uH)	工作频率范围 (kHz)	温升 ()	重量 (kg)
100uH/150A	100	80	50	50	13
200uH/150A	200	160	50	50	23
170 μ H/400A	170	130	50	50	55
75 μ H/660A	75	60	50	70	70

可以根据客户要求订做，电感量、电流等可根据实际做相应调整。我们也将不断完善产品系列，以便于客户直接选型。

有源电网滤波器用电感器系列二：方块金属磁粉心电感器

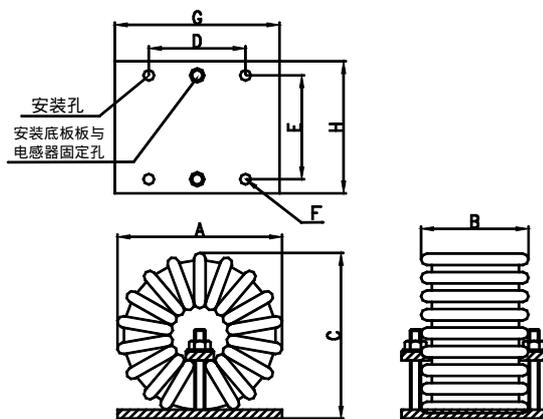


产品型号	尺寸 (单位: mm)		
	A	B	C
80uH/100A	108MAX	100MAX	135MAX
160uH/100A	160MAX	160MAX	135MAX

型号	静态电感量 (uH) ± 10%	工作电流下 最小电感量 (uH)	工作频率范 围 (kHz)	温升()	用途	重量 (kg)
80uH/100A	80	60	50	50	有源电网滤波器电 感、PFC 电感器、逆 变输出滤波电感器、 开关电源电感器	4.8
160uH/100A	160	120	50	50		8.5

可以根据客户要求订做，电感量、电流等可根据实际做相应调整。我们也将不断完善产品系列，以便于客户直接选型。

有源电网滤波器用电感器系列三：环形金属磁粉心电感器



DCI 260uH/30A

产品型号	尺寸 (单位: mm)							
	A	B	C	D	E	F	G	H
DCI 260uH/30A	135	75	140	54	74	6	90	90

产品型号	静态电感量 (uH) 公差为 ± 15%	工作电流下最小 电感量 (uH)	直流电阻最大值 (m)	工作频率范围 (kHz)	温升 ()	重量 (kg)
DCI 260uH/30A	260	180	17	50	50	1.9

可以根据客户要求订做，电感量、电流等可根据实际做相应调整。我们也将不断完善产品系列，以便于客户直接选型。



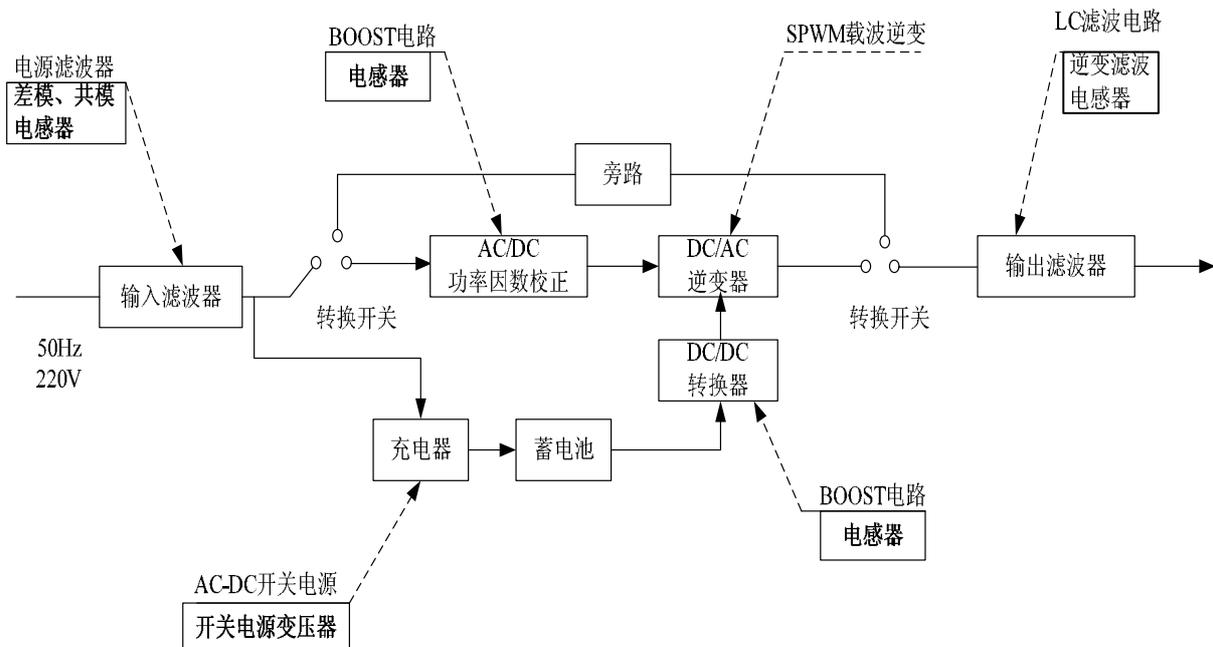
目前电力电子技术飞速发展，如 UPS，光电、风电系统的并网逆变、变频器等设备中都要使用 SPWM 载波技术，都会产生高次谐波，由于主开关管的频率已经从几 KHz，向几十 KHz 发展，因此对滤波电感器提出了更高的要求。我公司依托自己掌握的合金磁粉心技术，合作研制系列合金金属磁粉心电感器，性能优良满足该发展趋势要求。

SPWM 载波逆变类滤波电感器有如下特点：

- 1、主频是 50Hz 正弦波，要求电感器使用材料要有高 Bs 值；
- 2、要滤除的是以载波频率为基波的 1、3、5、7、9、11 等高次谐波，要求电感器所使用的材料要有高频低损耗特性；
- 3、该电路工作状态致使电感器在直流分量下工作，这个要求电感器所使用的材料要有优良的直流叠加特性；
- 4、对于电感器的设计根据载波频率选用适宜的材料是设计符合要求的电感器的基本保障，但是根据实际工作状况，设计符合动态要求，能够滤除高次谐波，又能使电感器有适宜的温升，那就要反复推算进行电感器设计优化。

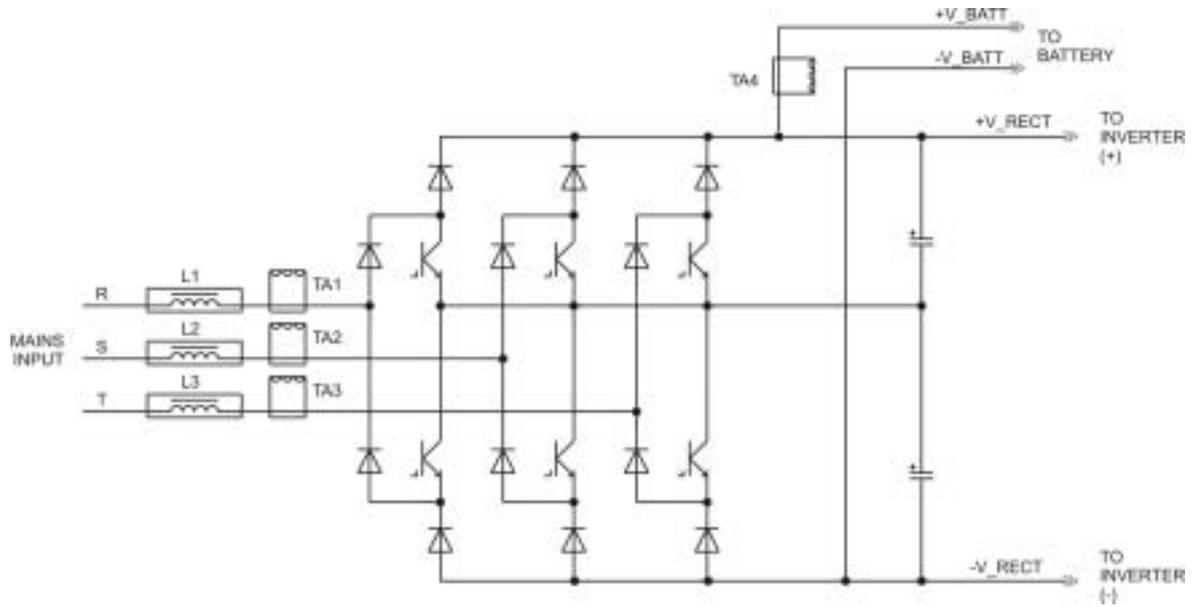
逆变电路的几种常见方式如下：

离线式逆变电源电路原理简图

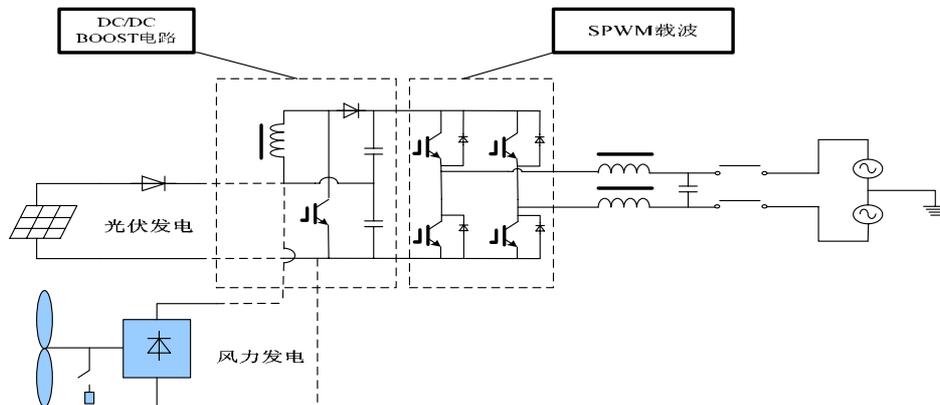




三项输入 BOOST 电路简图

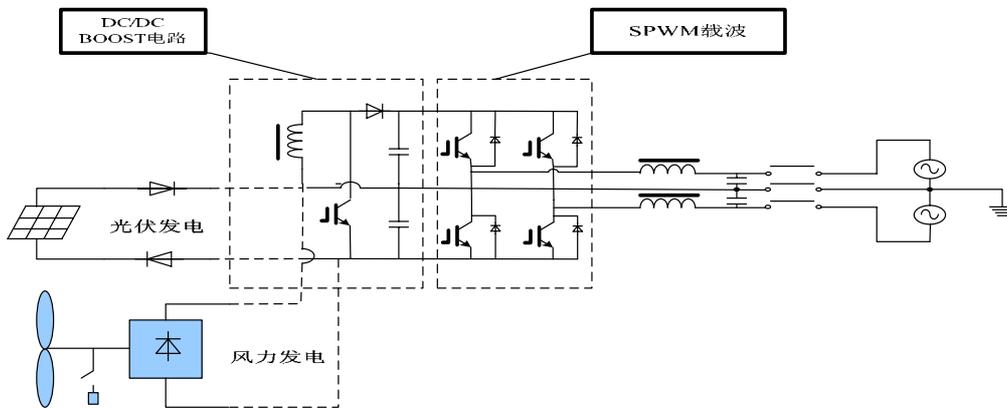


升压+电压型逆变器原理

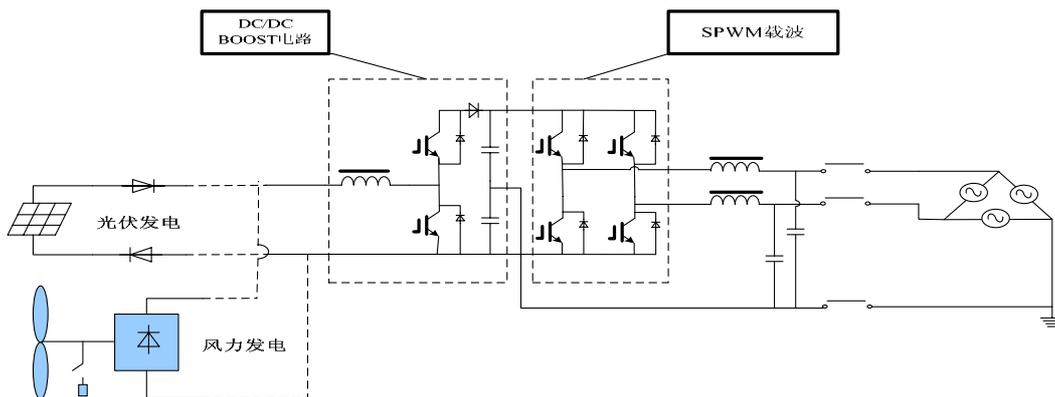




单项三线式输出逆变器原理

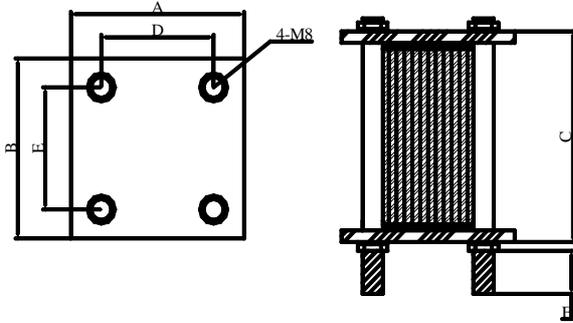


三项输出逆变器原理





电力电子用大功率滤波电感器系列一：环型金属磁粉心电感器



产品系列	尺寸 (单位: mm)					
	A	B	C	D	E	F
a	100 ± 1	100 ± 1	115MAX	70 ± 0.8	70 ± 0.8	25
b	100 ± 1	100 ± 1	125MAX	70 ± 0.8	70 ± 0.8	25
c	120 ± 1	120 ± 1	160MAX	90 ± 0.8	90 ± 0.8	25
d	120 ± 1	120 ± 1	170MAX	90 ± 0.8	90 ± 0.8	25

产品型号	静态电感量 (uH)公差为 ± 15%	工作电流下 最小电感量 (uH)	直流电阻 最大值 (mΩ)	工作频率 范围(kHz)	温升 (°C)	重量 (kg)	产品 系列
9.0mH/10A	9000.0	6300.0	608	50	50	2.2	a
2.3mH/20A	2300.0	1600.0	152	50	50		
1.0mH/30A	1000.0	800.0	67	50	50		
580uH/40A	580.0	400.0	38	50	50		
370uH/50A	370.0	250.0	24	50	50		
250uH/60A	250.0	200.0	15	50	50		
180uH/70A	180.0	125.0	13	50	50		
120uH/80A	120.0	80.0	9	50	50		
100uH/90A	100.0	70.0	8	50	50		
80uH/100A	80.0	55.0	6	50	50		
11.0mH/10A	11000.0	7700.0	720	50	50	2.6	b
2.8mH/20A	2800.0	1900.0	190	50	50		
1.2mH/30A	1200.0	800.0	80	50	50		
700uH/40A	700.0	500.0	45	50	50		
440uH/50A	440.0	300.0	28	50	50		
300uH/60A	300.0	200.0	20	50	50		
200uH/70A	200.0	140.0	15	50	50		
150uH/80A	150.0	105.0	11	50	50		
120uH/90A	120.0	85.0	9	50	50		
100uH/100A	100.0	70.0	7	50	50		



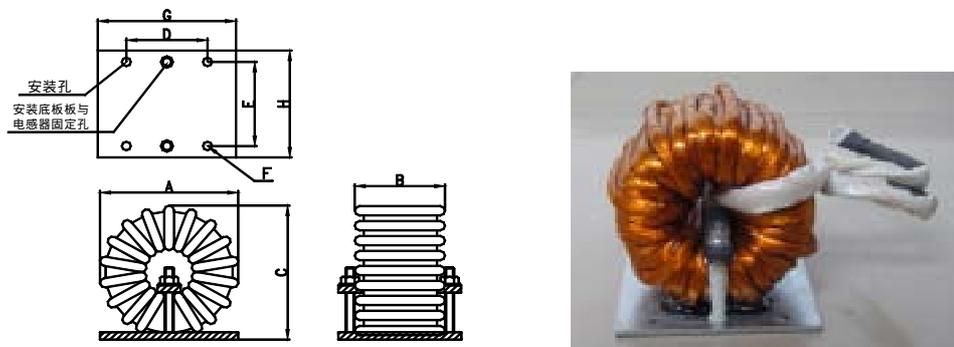
电力电子用大功率滤波电感器系列一：环型金属磁粉心电感器 (续)

型号	静态电感量 (μH)公差 $\pm 15\%$	工作电流下最 小电感量 (μH)	直流电阻 最大值(m Ω)	SPWM 载波频率 范围 ¹⁾ (kHz)	温升 ($^{\circ}\text{C}$)	重量 (kg)	产品 系列
3.7mH/30A	3700.0	2500.0	170	50	50	5.7	c
2.0mH/40A	2000.0	1400.0	94	50	50		
1.2mH/50A	1200.0	840.0	59	50	50		
720 μH /60A	720.0	500.0	34	50	50		
0.6mH/60A	600.0	450.0	34	50	50		
560 μH /70A	560.0	390.0	26	50	50		
0.34mH/80A	340.0	260.0	20	50	50		
330 μH /90A	330.0	230.0	16	50	50		
0.2mH/100A	200.0	150.0	12	50	50		
150 μH /125A	150.0	105.0	7	50	50		
5.4mH/30A	5400.0	3200.0	215	50	50	6.8	d
3.0mH/40A	3000.0	1800.0	121	50	50		
1.5mH/50A	1500.0	1000.0	69	50	50		
850 μH /60A	850.0	590.0	39	50	50		
600 μH /70A	600.0	420.0	28	50	50		
470 μH /80A	470.0	330.0	22	50	50		
360 μH /90A	360.0	250.0	17	50	50		
280 μH /100A	280.0	195.0	14	50	50		
180 μH /125A	180.0	125.0	8	50	50		
33.0mH/10A	33000.0	6600.0	1000	300	50	2.4	b
8.3mH/20A	8300.0	1600.0	250	300	50		
3.7mH/30A	3700.0	740.0	115	300	50		
2.0mH/40A	2000.0	400.0	64	300	50		
800 μH /50A	800.0	240.0	33	300	50		
600 μH /60A	600.0	180.0	21	300	50		
400 μH /70A	400.0	120.0	15	300	50		
300 μH /80A	300.0	90.0	11	300	50		
220 μH /90A	220.0	65.0	9	300	50		
180 μH /100A	180.0	55.0	7	300	50		
80 μH /125A	80.0	32.0	4	300	50		

注:1) 载波频率是逆变电路的 IGBT 开关管频率, 实际电感器是滤除以载波频率为基波的 1、5、7、9、11 等高次谐波, 因此实际电感器工作频率是载波频率的奇次倍。



电力电子用大功率滤波电感器系列二：环型金属磁粉心之 Fe 粉心电感器



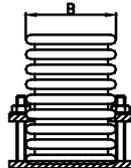
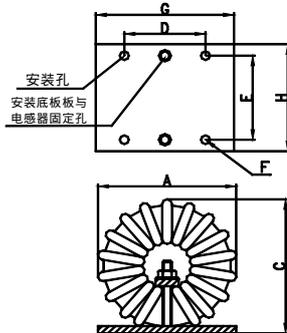
产品型号	尺寸 (单位: mm)							
	A	B	C	D	E	F	G	H
	135	75	140	54	74	6	90	90

型号	静态电感量 (mH) 公差为 ± 15%	工作电流下 最小电感量 (mH)	直流电阻 最大值(m)	SPWM 载波频率 范围(kHz)	温升 ()	重量 (kg)
16.9mH/5A	16.90	14.50	2200	15	50	2.85
13.0mH/10A	13.00	9.10	946	15	50	
5.8mH/15A	5.80	4.00	420	15	50	
2.1mH/25A	2.10	1.47	151	15	50	
1.5mH/30A	1.50	1.00	105	15	50	
1.1mH/35A	1.10	0.77	78	15	50	
0.8mH/40A	0.80	0.56	59	15	50	
0.65mH/45A	0.65	0.44	47	15	50	
0.33mH/50A	0.33	0.25	24	15	50	
0.24mH/60A	0.24	0.18	17	15	50	
15.7mH/5A	15.70	9.47	910	15	50	1.56
11.6mH/10A	11.60	4.20	400	15	50	
3.9mH/15A	3.90	1.17	150	15	50	
1.9mH/25A	1.87	0.70	67	15	50	
1.3mH/30A	1.29	0.45	50	15	50	
0.9mH/35A	0.94	0.33	34	15	50	
0.7mH/40A	0.73	0.26	26	15	50	
0.6mH/45A	0.58	0.20	20	15	50	
0.3mH/50A	0.30	0.13	11	15	50	
0.24mH/60A	0.24	0.11	9	15	50	

注:1) 载波频率是逆变电路的 IGBT 开关管频率, 实际电感器是滤除以载波频率为基波的 1、5、7、9、11 等高次谐波, 因此实际电感器工作频率是载波频率的奇次倍。



电力电子用大功率滤波电感器系列三：环型金属磁粉心之新型 FeSi 粉心电感器



产品型号	尺寸 (单位: mm)							
	A	B	C	D	E	F	G	H
	135	75	140	54	74	6	90	90

型号	静态电感量 (mH) 公差为 ± 15%	工作电流下 最小电感量 (mH)	直流电阻 最大值(m ^Ω)	SPWM 载波频率 范围 ¹⁾ (kHz)	温升 ()	重量 (kg)
30.4mH/5A	30.40	24.32	2200	15-60	50	2.85
23.4mH/10A	23.40	18.72	946	15-60	50	
10.4mH/15A	10.44	8.35	420	15-60	50	
3.8mH/25A	3.78	3.02	151	15-60	50	
2.7mH/30A	2.70	2.16	105	15-60	50	
2.0mH/35A	1.98	1.58	78	15-60	50	
1.4mH/40A	1.44	1.15	59	15-60	50	
1.2mH/45A	1.17	0.94	47	15-60	50	
0.6mH/50A	0.59	0.47	24	15-60	50	
0.4mH/60A	0.43	0.34	17	15-60	50	
28.3mH/5A	28.26	22.88	910	15-60	50	1.56
20.8mH/10A	20.8	16.64	400	15-60	50	
7.0mH/15A	7.02	5.62	150	15-60	50	
3.4mH/25A	3.37	2.70	67	15-60	50	
2.3mH/30A	2.32	1.86	50	15-60	50	
1.6mH/35A	1.62	1.30	34	15-60	50	
1.3mH/40A	1.26	1.01	26	15-60	50	
1.0mH/45A	1.04	0.83	20	15-60	50	
0.5mH/50A	0.54	0.43	11	15-60	50	
0.4mH/60A	0.43	0.34	9	15-60	50	

该合材料特别适合用目前逆变中的 SPWM 载波频率提高到 20kHz 以上的场合, 低损耗, 高性能, 高性价比, 小体积。注:1) 载波频率是逆变电路的 IGBT 开关管频率, 实际电感器是滤除以载波频率为基波的 1、5、7、9、11 等高次谐波, 因此实际电感器工作频率是载波频率的奇次倍。



电力电子用大功率滤波电感器系列四：E型金属磁粉芯之铁粉心电感器

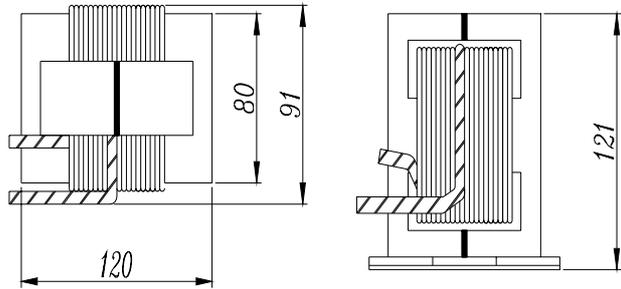


图 a

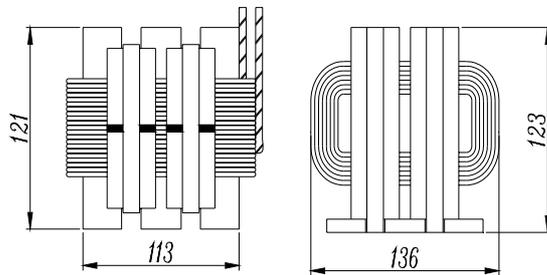


图 b

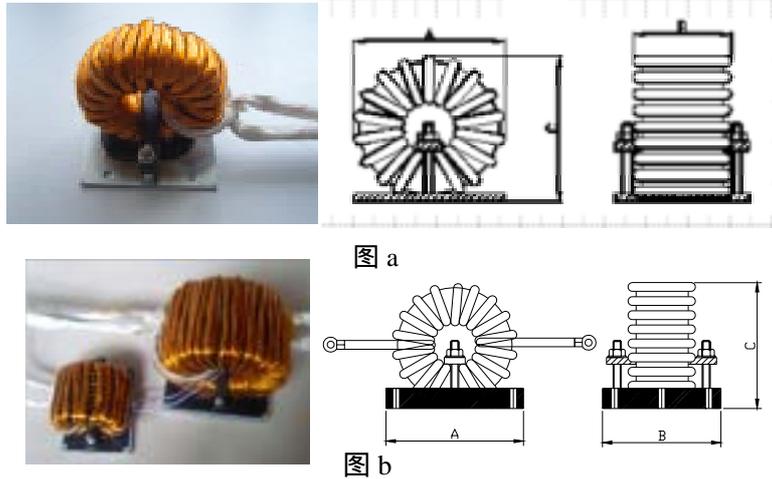
型号	静态电感量 (μH) 公差为 $\pm 20\%$	工作电流下最小电 感量 (μH)	直流电阻最大 值(m Ω)	SPWM 载波频 率范围 ¹⁾ (kHz)	温升 ($^{\circ}\text{C}$)	尺寸 图号	重量 (kg)
3000 $\mu\text{H}/9\text{A}$	3000	2100	600	1-20	60	图 a	4.0
1350 $\mu\text{H}/18\text{A}$	1350	945	125	1-20	60		
1000 $\mu\text{H}/30\text{A}$	1000	700	60	1-20	60		
870 $\mu\text{H}/30\text{A}$	870	609	50	1-20	60		
660 $\mu\text{H}/30\text{A}$	660	462	30	1-20	60		
400 $\mu\text{H}/50\text{A}$	400	280	20	1-20	60		
870 $\mu\text{H}/44\text{A}$	870	609	40	1-20	60	图 b	7.0
300 $\mu\text{H}/65\text{A}$	300	240	15	1-20	60		
450 $\mu\text{H}/65\text{A}$	450	360	20	1-20	60		
200 $\mu\text{H}/80\text{A}$	200	160	9	1-20	60		
160 $\mu\text{H}/90\text{A}$	160	120	8	1-20	60		
120 $\mu\text{H}/100\text{A}$	120	96	4	1-20	60		

注:1) 载波频率是逆变电路的 IGBT 开关管频率, 实际电感器是滤除以载波频率为基波的 1、5、7、9、11 等高次谐波, 因此实际电感器工作频率是载波频率的奇次倍。



电力电子用大功率滤波电感器系列五：环型无气隙非晶电感器

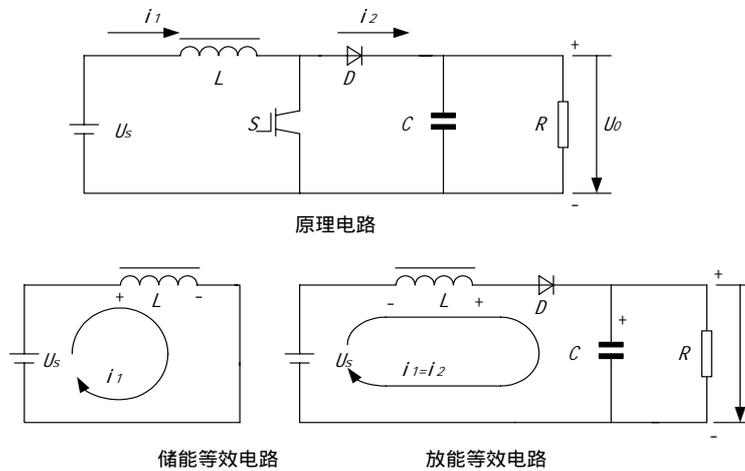
无气隙非晶电感器，由于消除了切口引起的漏感干扰，具有优良的频率特性和直流叠加特性以及较低的铁损；同时磁导率可以通过热处理在很宽的范围内控制，



产品型号	尺寸 (单位: mm)		
	A	B	C
a	108MAX	100MAX	135MAX
b	160MAX	160MAX	135MAX

型号	静态电感量 (μH) 公差为 $\pm 20\%$	工作电流下最小电 感量 (μH)	直流电阻最大 值(m)	工作频率范围 (kHz)	温升 ()	尺寸 图号	重量 (kg)
700 $\mu\text{H}/20\text{A}$	700	525	35	10-50K	50	图 a	1.5
300 $\mu\text{H}/40\text{A}$	300	220	12	10-50K	50		
100 $\mu\text{H}/60\text{A}$	100	75	4.5	10-50K	50		
40 $\mu\text{H}/80\text{A}$	40	30	3	10-50K	50		
15 $\mu\text{H}/100\text{A}$	15	11	1.5	10-50K	50		
2000 $\mu\text{H}/20\text{A}$	2000	1500	60	10-50K	50	图 b	2.8
1200 $\mu\text{H}/30\text{A}$	1200	900	40	10-50K	50		
440 $\mu\text{H}/50\text{A}$	440	330	15	10-50K	50		
100 $\mu\text{H}/80\text{A}$	100	75	3.5	10-50K	50		
10 $\mu\text{H}/150\text{A}$	10	8	1.0	10-50K	50		

有源功率因数校正电路典型电路—BOOST 电路



有源功率因数校正器是在整流器和负载之间接入一个 DC-DC 开关变换器，应用电流反馈技术，使输入端电流波形跟踪交流输入正弦波电压波形，可以使电流接近正弦，从而使输入端 THD 小于 5%，而功率因数可提高到 0.99 或更高。该校正器的优点是可以得到高的功率因数，如 0.97 ~ 0.99，甚至接近 1，THD 小，可以在较宽的输入电压范围和宽频带下工作，体积、重量小，输出电压也可保持恒定。

有源功率因数校正技术广泛应用于 AC-DC 开关电源，交流不间断电源 (UPS)，荧光灯电子镇流器及其他电子仪器中，特别是单项有源功率因数校正技术，由于多种控制芯片简化了电路设计，日趋成熟。

在有源功率因数校正电路中，电感器是必不可少的元件。电感器的设计和磁性材料的选取是否得当，对于发挥电路的特性、效率和作用，能否得到满意的校正结果，是至关重要的。

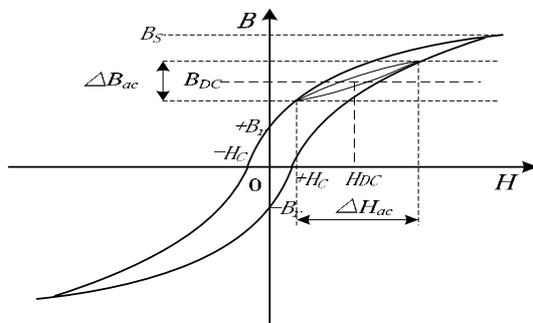
设计 APFC 电感器可以选用 MnZn 铁氧体材料、非晶材料、金属磁粉心材料，MnZn 铁氧体材料具有高频损耗小、价格低的优势，但是饱和磁通密度 B_s 低，易饱和，非晶材料虽然 B_s 高，磁导率高，但是价格较高，同时两者需要开气隙，会产生 EMI 问题，设计也比较烦琐；

金属磁粉心材料具有高 B_s 的特性，多为环型（也有 E 型磁心）闭和磁路，磁粉心内分布有天然气隙，不易饱和，设计计算简便。适合制作高频 APFC 的金属磁粉心材料现在有三种，铁镍 50 磁粉心、铁镍钼磁粉心、铁硅铝磁粉心。综合考虑，铁硅铝磁粉心最适合制作民用 APFC 电感器；铁镍钼磁粉心最适合制作军用 APFC 电感器。

功率因数校正电感器

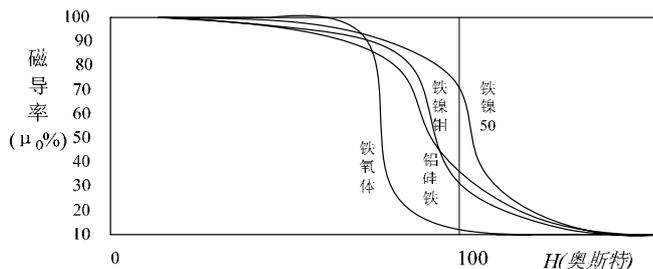
电感器作储能用

电感器电流有直流成分，磁滞回线如下图



用铁氧体磁芯与用金属磁粉心做成 APFC 电感器比较

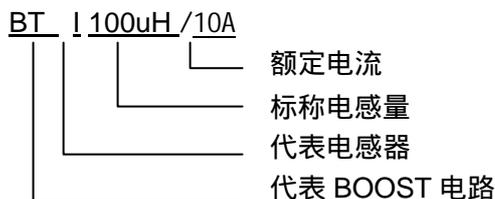
- 1) 从下图中看出金属磁粉心的曲线变化缓慢，而铁氧体材料曲线变化更加突然，也就是说用金属磁粉心做成的 APFC 电感器在过载情况下更能提供额外的保护。



直流偏磁与有效磁导率变化特性曲线示意图 (图中材料的有效磁导率均为 60)

- 2) 虽然高级铁氧体磁芯的损耗比金属磁粉心磁芯损耗低，但高直流偏磁场下的铁氧体需要相对较大的气隙才能获得较低的有效磁导率以防止磁芯饱和。而大气隙又会产生间隙损耗。简单来说，由于气隙周围存在边缘通量，间隙损耗会大幅增加损耗量。边缘通量与铜线圈相交，会在导线中产生过量涡流。
- 3) 由于金属磁粉心的饱和磁通量远大于铁氧体，如上图铁硅铝磁粉心的直流偏流特性明显好于开气隙的铁氧体磁芯。这样，在通常衰减 50% 的情况下，如果设计方案使用适度饱和的铁硅铝磁粉心，那么就可以在磁芯体积减少 35% 的情况下获得更佳性能。高温时金属磁粉心与铁氧体材料的饱和磁通量差异会更加明显，因为铁氧体的磁通量会随温度升高而降低，而金属磁粉心则保持相对稳定。

APFC 电感器命名方法



APFC 电感器系列一：环形金属磁粉芯电感器



产品型号	额定电流(A)	电感量 (μH)	额定电流下的 电感量 (μH)	温升 ()	重量 (g)
BTI 200 μH /10A	10	$200 \times (1 \pm 10\%)$	130	50	115
BTI 600 μH /10A	10	$600 \times (1 \pm 10\%)$	350	50	325
BTI 1200 μH /10A	10	$1200 \times (1 \pm 10\%)$	600	50	370
BTI 2500 μH /10A	10	$2500 \times (1 \pm 10\%)$	1300	50	600
BTI 5000 μH /10A	10	$5000 \times (1 \pm 10\%)$	2500	50	1000
BTI 200 μH /20A	20	$200 \times (1 \pm 10\%)$	130	50	375
BTI 600 μH /20A	20	$600 \times (1 \pm 10\%)$	350	50	775
BTI 1000 μH /20A	20	$1000 \times (1 \pm 10\%)$	500	50	970
BTI 2000 μH /20A	20	$1000 \times (1 \pm 10\%)$	700	50	1350
BTI 100 μH /30A	30	$100 \times (1 \pm 10\%)$	70	50	385
BTI 300 μH /30A	30	$300 \times (1 \pm 10\%)$	180	50	785
BTI 600 μH /30A	30	$600 \times (1 \pm 10\%)$	300	50	1100
BTI 1000 μH /30A	30	$1000 \times (1 \pm 10\%)$	500	50	1400
BTI 2000 μH /30A	30	$2000 \times (1 \pm 10\%)$	1000	50	2100
BTI 100 μH /40A	40	$100 \times (1 \pm 10\%)$	70	50	575
BTI 200 μH /40A	40	$200 \times (1 \pm 10\%)$	130	50	805
BTI 400 μH /40A	40	$400 \times (1 \pm 10\%)$	200	50	1100
BTI 1000 μH /40A	40	$1000 \times (1 \pm 10\%)$	500	50	2100
BTI 60 μH /60A	60	$60 \times (1 \pm 10\%)$	42	50	800
BTI 100 μH /60A	60	$100 \times (1 \pm 10\%)$	60	50	1000
BTI 200 μH /60A	60	$200 \times (1 \pm 10\%)$	100	50	1400
BTI 400 μH /60A	60	$400 \times (1 \pm 10\%)$	200	50	2400
BTI 50 μH /80A	80	$50 \times (1 \pm 10\%)$	35	50	1000
BTI 100 μH /80A	80	$100 \times (1 \pm 10\%)$	60	50	1350
BTI 200 μH /80A	80	$200 \times (1 \pm 10\%)$	100	50	2100
BTI 10 μH /100A	100	$10 \times (1 \pm 10\%)$	8	50	950
BTI 20 μH /100A	100	$20 \times (1 \pm 10\%)$	14	50	980
BTI 50 μH /100A	100	$50 \times (1 \pm 10\%)$	35	50	1700

APFC 电感器系列二：平面类电感器

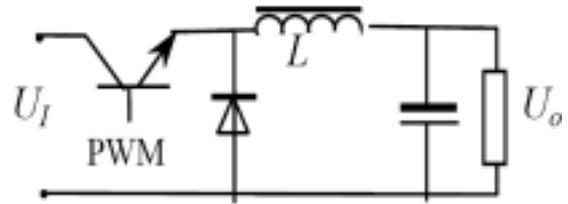


产品型号	额定电流 (A)	电感量 (μH)	额定电流下的电感量 (μH)	温升 ()	重量 (g)
BTI 90 μH /10A	10	90 × (1 ± 10%)	80	50	65
BTI 125 μH /10A	10	125 × (1 ± 10%)	108	50	75
BTI 600 μH /10A	10	600 × (1 ± 10%)	450	50	245
BTI 1000 μH /10A	10	1000 × (1 ± 10%)	700	50	355
BTI 90 μH /20A	20	90 × (1 ± 10%)	80	50	260
BTI 300 μH /20A	20	300 × (1 ± 10%)	108	50	400
BTI 600 μH /20A	20	600 × (1 ± 10%)	450	50	685
BTI 50 μH /30A	30	50 × (1 ± 10%)	45	50	245
BTI 100 μH /30A	30	100 × (1 ± 10%)	85	50	420
BTI 200 μH /30A	30	200 × (1 ± 10%)	160	50	565
BTI 50 μH /50A	50	50 × (1 ± 10%)	45	50	355
BTI 100 μH /50A	50	100 × (1 ± 10%)	85	50	550
BTI 200 μH /50A	50	200 × (1 ± 10%)	160	50	730
BTI 10 μH /80A	80	10 × (1 ± 10%)	9	50	300
BTI 60 μH /80A	80	60 × (1 ± 10%)	53	50	500
BTI 100 μH /80A	80	100 × (1 ± 10%)	80	50	635
BTI 10 μH /100A	100	10 × (1 ± 10%)	9	50	385
BTI 30 μH /100A	100	30 × (1 ± 10%)	25	50	500
BTI 50 μH /100A	100	50 × (1 ± 10%)	40	50	650

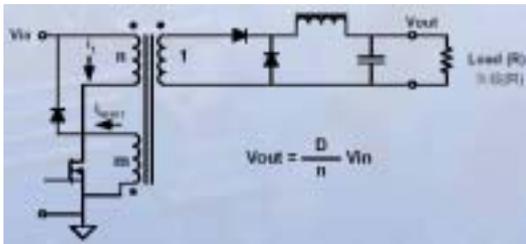


BUCK 电路介绍

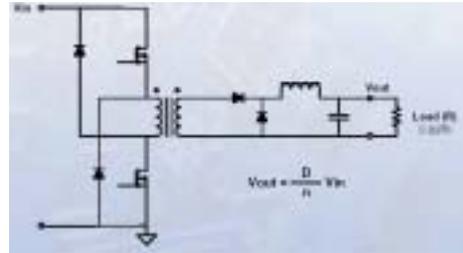
在开关电源的各种拓扑结构中（反激除外）都要用到输出滤波电感器，该电感器的作用起储能滤波作用。该电感器的设计和选用是否适宜直接影响到开关电源的效率和纹波等关键参数。



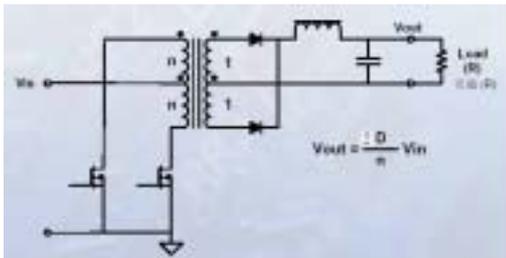
BUCK电感典型电路图



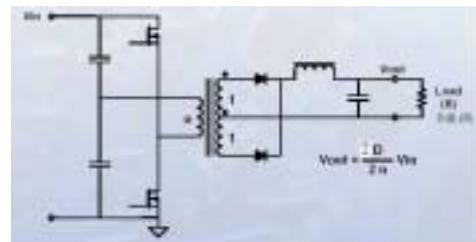
正激



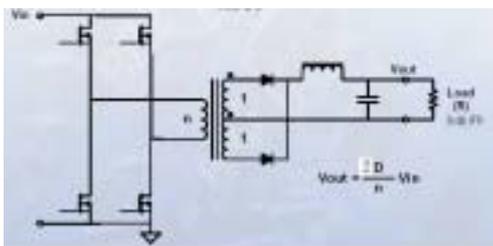
双管正激



推挽



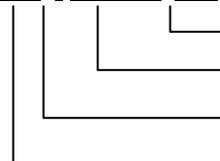
半桥



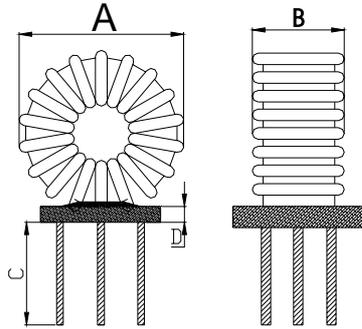
全桥

BUCK 电感命名方法

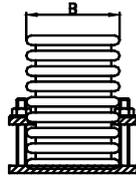
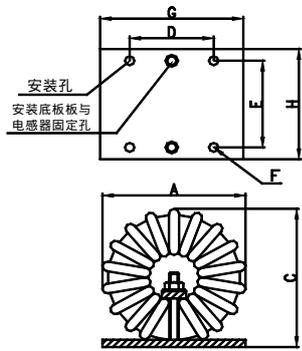
BK | 100uH / 10A



额定电流
标称电感量
代表电感器
代表 BUCK 电路

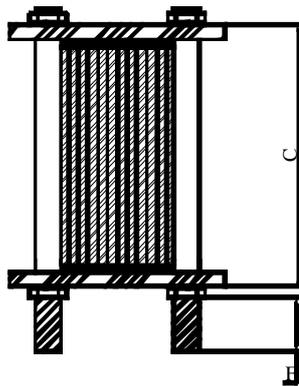
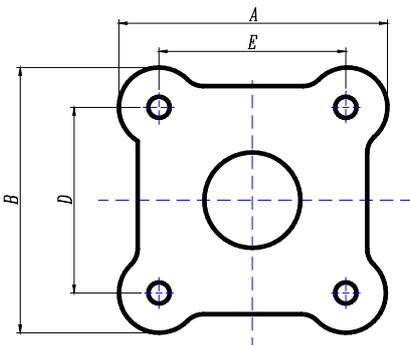


图一



图二

尺寸图号	A	B	C	D	E	F	G	H
	110	75 ± 1	140max	54 ± 0.8	74 ± 0.8	6	90	90



图三

尺寸图号	A	B	C	D	E	F
	100 ± 1	100 ± 1	115max	70 ± 0.8	70 ± 0.8	25min



型号	静态电感量 (μH) 公差为 ±20%	工作电流下 最小电感量 (μH)	额定 ET (伏秒乘积)	工作频率	图号
BKI 450UH/10A	450	180.00	0.0045	50-300KHz	图一
BKI 600UH/10A	600	270.00	0.0060	50-300KHz	图一
BKI 1200UH/10A	1200	456.00	0.0120	50-300KHz	图一
BKI 2.5mH/10A	2500	950.00	0.0250	50-300KHz	图一
BKI 200UH/20A	200	80.00	0.0040	50-300KHz	图一
BKI 600UH/20A	600	240.00	0.0120	50-300KHz	图二
BKI 1.0mH/20A	1000	390.00	0.0200	50-300KHz	图二
BKI 2.0mH/20A	2000	800.00	0.0400	50-300KHz	图二
BKI 4.0mH/20A	4000	1520.00	0.0800	50-300KHz	图三
BKI 100UH/30A	100	40.00	0.0030	50-300KHz	图一
BKI 300UH/30A	300	120.00	0.0090	50-300KHz	图二
BKI 600uH/30A	600	240.00	0.0180	50-300KHz	图二
BKI 1.0mH/30A	1000	390.00	0.0300	50-300KHz	图二
BKI 1.5mH/30A	1500	585.00	0.0450	50-300KHz	图三
BKI 2.0mH/30A	2000	760.00	0.0600	50-300KHz	图三
BKI 80UH/40A	80	33.60	0.0032	50-300KHz	图一
BKI 100UH/40A	100	40.00	0.0040	50-300KHz	图二
BKI 300uH/40A	300	117.00	0.0120	50-300KHz	图二
BKI 500uH/40A	500	192.50	0.0200	50-300KHz	图二
BKI 600uH/40A	600	225.00	0.0240	50-300KHz	图二
BKI 450uH/60A	450	173.25	0.0270	50-300KHz	图三
BKI 100uH/80A	100	39.00	0.0080	50-300KHz	图二
BKI 100uH/100A	100	40.00	0.0100	50-300KHz	图三
BKI 60uH/125A	60	24.00	0.0075	50-300KHz	图三



软开关谐振电感介绍

目前使用软开关电源电路越来越多，软开关电源一般要使用变压器的漏感和 MOS 管的分布电容产生谐振控制信号，但是往往大批量生产时的一致性很难控制。因此往往需要外接谐振电感器，但是通过我们和顾客的合作发现，在使用外接电感器时出现了许多问题。

下面就针对外接谐振电感器的应用进行分析：

这种应用需要电感器在直流或者交变电流下的电感量变化要小（恒导特性，磁滞回线随 H 增长的线性段长，也就是振幅磁导率恒定）；磁材的高频损耗要小（磁材本身在高频下损耗就小，或者是设计的 B 要小）

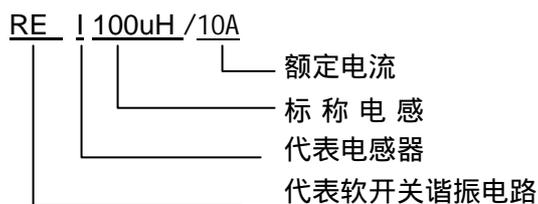
什么样的材料能符合这个要求呢？是开气隙的铁氧体吗？不是。开气隙后，相对磁导率降低了，交流和直流稳定性都有所好转。但是切引入噪声和干扰，以及气隙损耗，还有就是当电流变化比较大时，电感量会发生突然的比较大的变化。

针对目前的应用我公司和合作单位合作开发的低磁导率合金金属磁粉心能很好的解决这个问题：

- 1、合金材料本身就有很好的温度特性，远远优于铁氧体（金属磁粉心 25 和-55 及 125 比电感量变化小于 7%），而铁氧体一般在 50%。因此金属磁粉心抗温度应力特性远远优于铁氧体。
- 2、虽然铁氧体的相对损耗小，但是由于使用低磁导率金属磁粉心时工作的 B 很小，并不妨碍合金金属磁粉心使用在更高的频率而有小的温升。
- 3、由于使用低磁导率合金金属磁粉心时的工作 B 很小（需要绕制更多的匝数），所以使用低磁导率金属磁粉心做成的电感器的电感量随直流和交流电流的变化量很小。即使在意外情况下，低磁导率金属磁粉心做成的电感器的变化更加缓慢（铁氧体变化会很突然），从而对电路有额外的保护。
- 4、金属磁粉心是粉末冶金工艺，材料更有韧性，铁氧体是陶瓷工艺比较脆，因此在外界应力下金属磁粉心抗机械应力特性更好。

鉴于以上分析，目前最合适的材料是低磁导率恒磁合金金属磁粉心材料。我公司在多款软开关移相全桥大功率电源使用该材料做成谐振电感器，效果良好。既大大减小了电感器的体积，又降低了温升，谐振电路性能优异。解决了很多用户在开发软开关电源中的实际问题。

软开关谐振电感命名原则



唐山尚新融大电子产品有限公司

软开关谐振电感器

软开关谐振电感器系列一：环形金属磁粉芯电感器



产品型号	额定电流(A)	电感量 (μH)	额定电流下的 电感量 (μH)	温升 ()	重量 (g)
REI 10 μH /10A	10	$10 \times (1 \pm 10\%)$	9.5	50	25
REI 20 μH /10A	10	$20 \times (1 \pm 10\%)$	19	50	44
REI 50 μH /10A	10	$50 \times (1 \pm 10\%)$	48	50	70
REI 100 μH /10A	10	$100 \times (1 \pm 7\%)$	96	50	120
REI 200 μH /10A	10	$200 \times (1 \pm 7\%)$	194	50	190
REI 10 μH /20A	20	$10 \times (1 \pm 10\%)$	9.5	50	65
REI 30 μH /20A	20	$30 \times (1 \pm 10\%)$	28	50	130
REI 65 μH /20A	20	$65 \times (1 \pm 10\%)$	61	50	205
REI 100 μH /20A	20	$100 \times (1 \pm 10\%)$	95	50	270
REI 5 μH /40A	40	$5 \times (1 \pm 10\%)$	5	50	115
REI 15 μH /40A	40	$15 \times (1 \pm 10\%)$	14	50	220
REI 30 μH /40A	40	$30 \times (1 \pm 10\%)$	28	50	410
REI 50 μH /40A	40	$50 \times (1 \pm 10\%)$	46	50	465
REI 80 μH /40A	40	$80 \times (1 \pm 10\%)$	74	50	670
REI 5 μH /60A	60	$5 \times (1 \pm 10\%)$	5	50	200
REI 10 μH /60A	60	$10 \times (1 \pm 10\%)$	9.5	50	245
REI 30 μH /60A	60	$30 \times (1 \pm 10\%)$	28	50	435
REI 50 μH /60A	60	$50 \times (1 \pm 10\%)$	46	50	530
REI 80 μH /60A	60	$80 \times (1 \pm 10\%)$	74	50	800
REI 5 μH /80A	80	$8 \times (1 \pm 10\%)$	5	50	245
REI 10 μH /80A	80	$10 \times (1 \pm 10\%)$	9.5	50	440
REI 20 μH /80A	80	$20 \times (1 \pm 10\%)$	19	50	650
REI 50 μH /80A	80	$50 \times (1 \pm 10\%)$	47	50	830

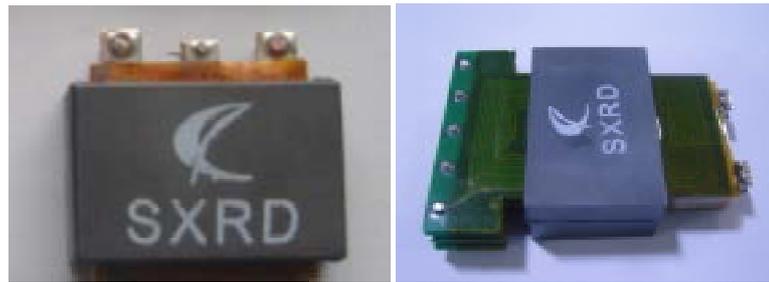
REI 5 μ H /100A	100	$5 \times (1 \pm 10\%)$	5	50	420
REI 10 μ H /100A	100	$10 \times (1 \pm 10\%)$	9.5	50	630
REI 30 μ H /100A	100	$30 \times (1 \pm 10\%)$	28	50	815
REI 50 μ H /100A	100	$50 \times (1 \pm 10\%)$	47	50	975



唐山尚新融大电子产品有限公司

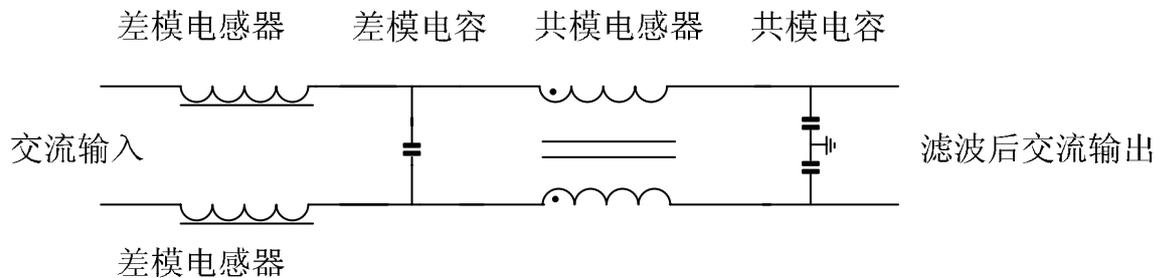
软开关谐振电感器

软开关谐振电感器系列二：平面类电感器



产品型号	额定电流 (A)	电感量 (μ H)	额定电流下的电感量 (μ H)	温升 ()	重量 (g)
REI 125 μ H /10A	10	$125 \times (1 \pm 10\%)$	118	50	80
REI 12 μ H /30A	30	$12 \times (1 \pm 10\%)$	11	50	85

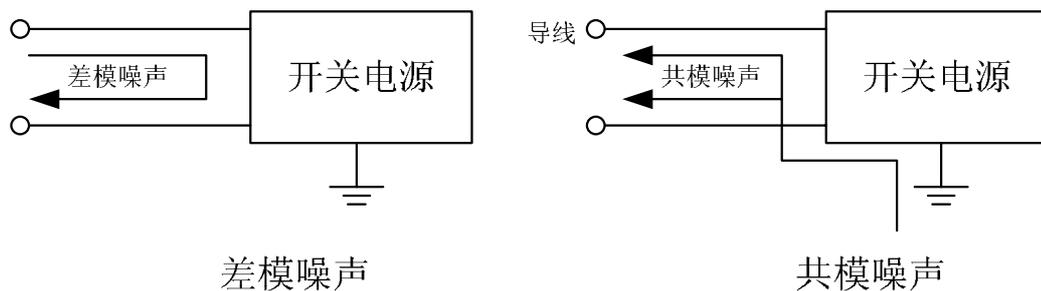
差模/共模在 EMI 滤波电路中的典型应用



我公司工程师可以根据客户电路需求，提供 EMI 电源滤波器方案（根据功率和电磁兼容标准）和套状电子元件（差模电感器、共模电感器、差模电容、共模电容等）。

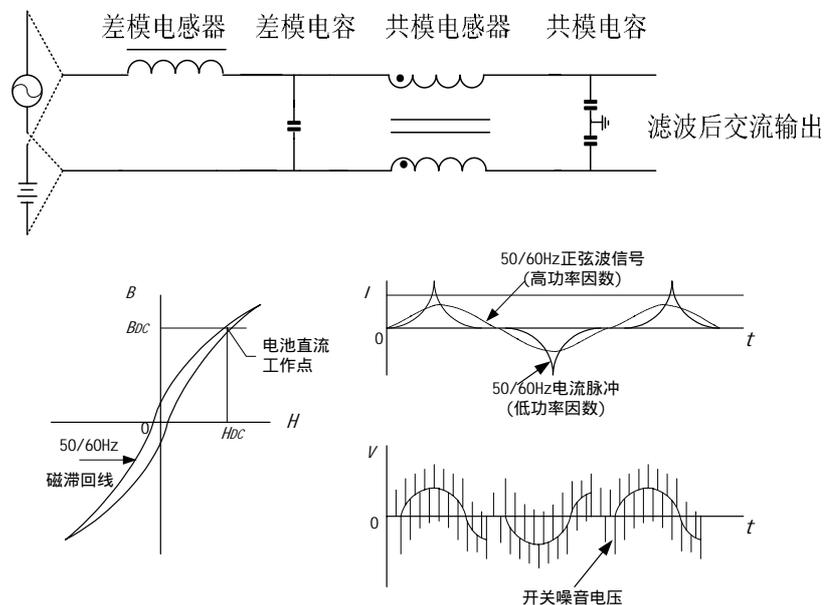
差模噪声、共模噪声及差模电感器、共模电感器

输入导线之间的 EMI 电压称之为差模噪声。导线对接地端的噪声称之为共模噪声，差别见下图（以开关电源的差模干扰和共模干扰为例）。



差模电感器设计

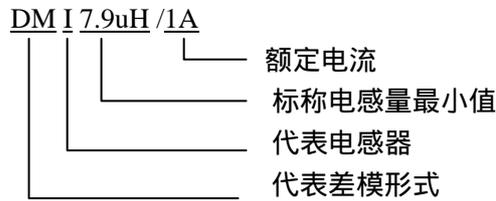
对于抑制差模噪声的电感器，要求磁芯材料在偏磁场下仍然能够保持磁导率指标。下图中，标出了流经电感器的电流 I ，电压 V 和磁芯中的磁场强度曲线，并且画出了差模滤波器和共模滤波器在开关电源中的应用线路图。在输入端，可以是交流输入（如市电），也可以是电池供电（如 48V，用于电信设备中）。当电池供电时，磁化电流是恒定的直流电。对于高功率因数的交流电系统，磁化电流接近正弦波波形。而低功率因数的交流电系统，其磁化电流则由一系列的交变脉冲叠加组成。



适合制作差模电感器（扼流圈）的磁心材料是具有高 B_s 值的金属磁粉心磁环和开路铁氧体磁芯，但是考虑现在的 EMI 和 EMC 的要求，使用铁镍钼、铁镍 50、铁硅铝三种闭和磁路的金属磁粉心磁环是最合适的，因为这三种磁心材料在偏磁场下具有极好的电感量保持能力。

三种金属磁粉心材料进行比较：高磁通铁镍 50 磁粉心的性能最好，因为它在高饱和磁通密度下具有保持电感量的能力，同时它还提供在高频下所需要的阻尼衰减功能，但是由于该材料本身所具有的磁滞伸缩产生的音频噪声，致使高磁通铁镍 50 磁粉心在 50Hz 或者 60Hz 下，会产生音频噪声（嗡嗡声）。当然直流磁化电流不会产生音频噪声，所以它最适合用制作电池供电（工作电流为直流）的电源系统中的输入滤波电感器。铁镍钼、铁硅铝磁粉心都具有特别低的磁滞伸缩系数，它们都不会产生音频噪声。铁镍钼磁粉心在直流偏磁场下的磁导率变化量最小，这是它的一个优点。铁硅铝磁粉心的单位体积成本最低，因此最适合制作民用差模电感器，铁镍 50 和铁镍钼磁粉心的价格远远高于铁硅铝磁粉心更适合军用和一些对体积和性能要求高的场合。

差模电感器命名方法



外型结构图

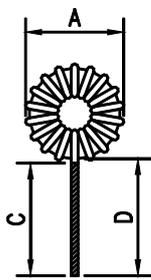


图 1

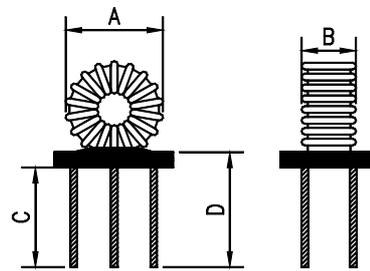


图 2

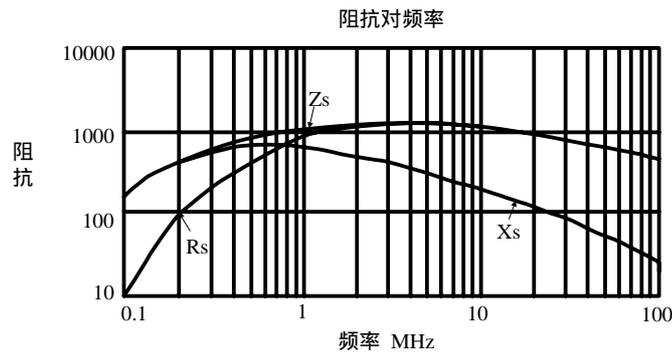
尚新融大典型产品参数表

产品型号	电感量 ± 15% (uH) @10kHz, 0.3V	额定 电流(A)	直流电阻 MAX (m)	参考尺寸 (mm)			
				A MAX	B MAX	C MIN	D MIN
DMI 2.8uH/1A	2.8	1	13	8.5	5.0	10	12
DMI 7.9uH/1A	7.9	1	28	10	6	10	12
DMI 35uH/1A	35	1	56	12	7	10	12
DMI 15uH/2A	15	2	30	15	8	10	12
DMI 76uH/3A	76	3	33	18	12	10	12
DMI 150uH/3A	150	3	60	24	12	10	12
DMI 280uH/4A	280	4	62	26	13	10	12
DMI 400uH/5A	400	5	85	29	13	10	12
DMI 560uH/6A	560	6	70	33	19	10	12
DMI 500uH/7A	500	7	90	40	19	20	22
DMI 820uH/8A	820	8	60	48	23	20	22
DMI 1190uH/17A	1190	17	36	58	33	20	22

注：此系列器件可根据客户要求设计制作。电流密度取值为 6A/mm²。该类也可作为开关电源输出滤波电感器用。

共模电感器设计

开关电源产生的共模噪声频率范围从 10kHz ~ 50MHz 甚至更高，为了对这些噪声有效的衰减，在这个频率范围内，共模电感器就必须提供足够高的阻抗。因此高磁导率的锰锌铁氧体和非晶材料是非常适合的。共模电感器的阻抗 Z_s 由串联感抗 X_s 和串联电阻 R_s 两部分组成， Z_s 、 X_s 、 R_s 三者随频率变化的典型趋势见下图。

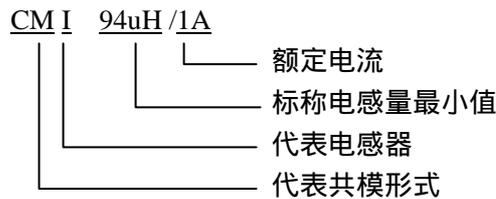


Z_s 、 X_s 、 R_s 与频率的关系曲线

从图中我们可以看出在 750kHz 以下， X_s 在 Z_s 中占主要部分，750kHz 以上 R_s 在 Z_s 中占主要部分。

对于抑制共模噪声的电感器，需要在一个磁芯上绕制两组电流方向相反的导线，并使用高磁导率的磁芯，如磁导率为 5k、7k、10k、12k、15k 材料和非晶磁芯等。

共模电感器命名方法



产品外形图

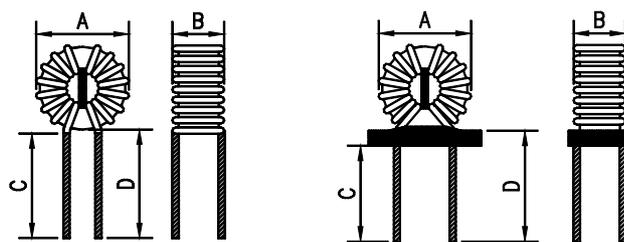


图 1

图 2

产品参数

产品型号	电感量 MIN (uH) @10kHz, 0.3V	额定电流 (A)	直流电阻 MAX (mΩ)	参考尺寸			
				A MAX	B MAX	C MIN	D MIN
CMI 94uH/0.6A	94	0.6	48	5.7	3.5	10	12
CMI 66uH/0.6A	66	0.6	48	5.7	3.5	10	12
CMI 88uH/1.2A	88	1.2	13	10	6	10	12
CMI 39uH/2.5A	39	2.5	7	12	7	10	12
CMI 336uH/3A	336	3	12	17	11	10	12
CMI 269uH/2A	269	2	16	16	11	10	12
CMI 171uH/4A	171	4	8	16	11	10	12
CMI 409uH/2A	409	2	16	16	11	10	12
CMI 525uH/4A	525	4	19	18	10	10	12
CMI 132uH/5A	132	5	7	18	11	10	12
CMI 488uH/5A	488	5	12	23	11	10	12
CMI 2190uH/2A	2190	2	51	24	13	10	12
CMI 874uH/6A	874	6	16	25	14	10	12
CMI 1700uH/7A	1700	7	29	37	19	10	12
CMI 450uH/8A	450	8	10	38	19	10	12
CMI 4000uH/5A	4000	5	23	31	17	10	12
*CMI 4100uH/5A	4100	5	26	33	19	10	12
*CMI 19000uH/5A	19000	5	20	28	18	10	12
*CMI 9000uH/10A	9000	10	8	30	20	10	12
*CMI 14000uH/5A	14000	5	25	32	21	10	12
*CMI 5000uH/10A	5000	10	12	35	24	10	12
CMI 2.7mH/4A	2700	4	25	34	25	10	12
CMI 9.0mH/4A	9000	4	60	35	26	10	12
CMI 18.0mH/10A	18000	10	55	79	42	20	22
CMI 2.0mH/1A	2000	1	65	19	10	10	12
CMI 1.0mH/2A	1000	2	40	19	10	10	12
CMI 2.0mH/2A	2000	2	55	19	10	10	12
CMI 400uH/4A	400	4	15	20	10	10	12
CMI 100uH/5A	100	5	8	20	10	10	12
CMI 0.8mH/3A	800	3	30	24	12	10	12
CMI 2.0mH/3A	2000	3	35	24	12	10	12

注：此系列器件可根据客户要求设计制作。电流密度取值为 6A/mm²。型号前面带*的为非晶磁芯绕制