

新型铁芯材料

VITROPERM[®]500Z 是一种最新研制的铁基超微晶软磁材料, 适用于饱和扼流圈和磁放大器, 由 VACUUMSCHMELZE 公司为满足市场需要而研制。

这种新材料弥补了现有非晶体材料 - 钴基高矩形度 VITROVAC[®]6025Z 的不足, 被广泛应用于各种多路输出 SMPS 中, 调节磁放大器扼流圈的次级输出电压。

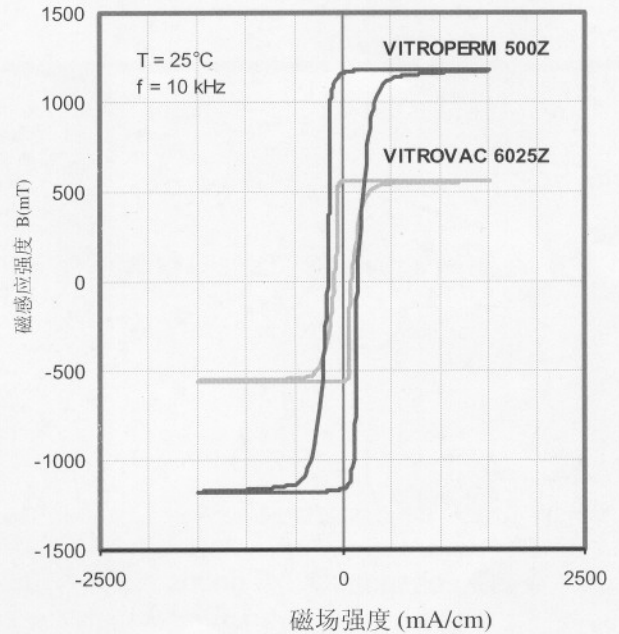
超微晶体材料 VITROPERM500Z 的特性, 使得磁放大器电路工作稳定, 并且体积小, 性能好, 大大降低了成本。因此, 磁放大器调节原理将来会得到更多关注。

利用超微晶体 VITROPERM 的独特性能制成的扁平磁滞环不仅具有优秀的软磁特性, 而且饱和磁感应高达 1.2T。它体积小, 成本低, 在噪声抑制、能量转换以及工业和家用电器的电流检测方面独具优势。

超微晶体材料的热稳定性优于非晶体材料, 持续工作温度可达 120℃ 以上。上述特性使我们新开发的矩形磁滞环 VITROPERM500Z 具有很高的剩磁比 (低 ΔB_r s, 高矩形度), 成为工程技术人员设计高度可靠、成本效益好的磁放大器电路的理想选择。

超微晶体磁放大器铁芯的特点

- √ 磁性曲线接近矩形, 调节特性好, 减少磁放大器的死区时间。
- √ 磁感应振幅大 以较小的铁芯体积获得较大的磁通量。
- √ 温度范围宽: 最高 120℃。
- √ 矫顽力低 - 复位电流小。
- √ 铁芯损耗小 - 适于高频工作。因此:
 - 重量轻, 体积小, 成本低。



材料数据, 磁特性	VITROPERM 500 Z [#]	VITROVAC 6025 Z
材料基质	铁基的超微晶体	钴基的非晶体
饱和磁通密度 (25℃), B_s	1.2 T	0.58 T
双极磁通密度振幅 (25℃), ΔB_{ss} , 25℃	2.35 T	1.15 T
双极磁通密度振幅 (90℃), ΔB_{ss} , 90℃	2.15 T	1.0 T
矩形度, B_r / B_s (典型值)	> 94%	> 96%
铁芯损耗 P_{Fe} (典型值, $f=50\text{kHz}$, $\Delta B=0.8\text{T}$)	100 W/kg	60 W/kg
静矫顽力 H_c	< 10 mA/cm	3 mA/cm
饱和磁致伸缩 (25℃)	< 0.5×10^{-6}	< 0.2×10^{-6}
居里温度, T_c	> 600℃	240℃
持续工作温度上限	120℃	90℃
特定电阻	120 $\mu\Omega\text{m}$	135 $\mu\Omega\text{m}$
密度	7.35 g/cm ³	7.70 g/cm ³

[#] 所有材料数据均采用原始设计的典型值。由于产品形状和体积不同, 材料特性可能有所不同。

超微晶体 VITROPERM500Z 磁放大器铁芯系列

铁芯尺寸 dimensions	制成尺寸 (限定值)			铁芯横 截面 A_{Fe} cm ²	铁芯平 均径长 l_{Fe} cm	铁芯 质量 M_{Fe} g	总磁 通量 ¹ Φ_{ss} μWb	总磁通量 ¹ 90°C $\Phi_{ss,90^\circ C}$ μWb	铁芯 面积 产品 ² $W_a \times A_{Fe}$ μWb	有效铜 线圈 面积 A_{Cu} cm ²	平均铜 线圈 径长 l_{Cu} cm	热传导 阻值 R_{th} K/W	部件号码, 指令码 T6000...
	O.D. mm	I.D. mm	H mm										
10x7x4.5	11.7	5.5	6.1	0.054	2.67	1.1	12.7	11.9	0.013	0.059	2.27	57	6-L2010-W759
11x8x4.5	14.1	6.6	6.3	0.054	2.98	1.2	12.7	11.9	0.018	0.085	2.53	46	6-L2011-W760
12x8x4.5	14.1	6.6	6.3	0.072	3.14	1.7	16.9	15.8	0.025	0.085	2.53	46	6-L2012-W761
12.5x10x4.5	14.1	8.5	6.8	0.045	3.53	1.2	10.6	9.9	0.026	0.140	2.59	42	6-L2012-W762
12.8x9.5x3.2	14.7	7.9	4.8	0.042	3.50	1.1	9.9	9.3	0.021	0.121	2.26	44	6-L2012-W803
16x10x6	18.0	8.0	8.1	0.144	4.08	4.3	33.8	31.7	0.072	0.124	3.25	34	6-L2016-W763
16.5x12.5x6	19.1	10.9	8.1	0.096	4.56	3.2	22.6	21.1	0.090	0.231	3.30	30	6-L2016-W764
17.5x12.5x6	19.1	10.9	8.1	0.120	4.71	4.2	28.8	26.4	0.112	0.231	3.30	30	6-L2017-W765
19x15.2x4.5	21.2	12.9	7.2	0.068	5.37	2.7	16.1	15.0	0.089	0.323	3.28	27	6-L2019-W766
19x15.2x10	21.2	13.0	12.3	0.152	5.37	6.0	35.7	33.4	0.202	0.329	4.30	24	6-L2019-W815
20x15x8	22.6	10.3	10.2	0.160	5.50	6.5	37.6	35.2	0.133	0.206	4.08	26	6-L2020-W767
20x12.5x8	22.6	10.3	10.2	0.240	5.11	9.0	56.4	52.8	0.200	0.206	4.08	26	6-L2020-W768

1. $\Phi_{ss} = 2 \times B_s \times A_{Fe}$ 2. $W_a \times A_{Fe}$: 铁芯面积用 cm² 表示, W_a 为利用的绕线面积。

上表为超微晶体 VITROPERM500Z 铁芯标准系列。由于该标准铁芯系列不断有新产品加入, 建议您直接与我们联系, 以便索取最新资料

或点击我们的网页: www.vacuumschmelze.com

我们的 VITROPERM500Z 磁放大器铁芯采用塑料保护盒装, 填充硅橡胶 (固定 022)。新材料依照下列颜色鉴别:

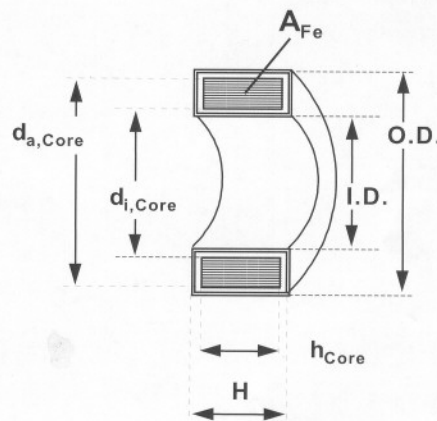
塑料盒: 深灰色 (全身)

塑料盖: 黑色 (W759, W761, W762, W763, W765, W766, W768)

棕色 (W760, W764, W767)

我们的塑料盒适于直接缠绕 (包括使用粗铜线缠绕), 可为超微晶体铁芯材料提供充分的机械保护, 保证产品保持最佳磁性特性。所有材料均符合 UL94V-1/0 (UL-档案编号: E41871) 要求。

本公司备有涂有环氧树脂涂层及其他规格的铁芯。



磁体质量, 测试说明

测试特性	测试方法和条件	测试结果 盒装铁芯
• 矩形度 ΔB_{rs}	采用单极性电流脉冲测量剩磁与饱和之间的剩磁密度 (对应的 $H_{max}=200A/m$), 重复频率 $f=1kHz$	$\leq 150 mT$
• 铁芯损耗 P_{Fe}	用正弦曲线驱动电压 ($f=50kHz$) 测量, 磁通密度振幅 $\Delta B=0.8T$ 。	$\leq 120 W/kg$

对于 VITROPERM500Z 铁芯的最终测试, 磁性材料质量手册规定了测试条件、测试范围以及允许的限定值。

另外, 为确保磁放大器扼流圈工作正常、可靠, 每个铁芯均在生产过程中对总磁通量进行在线测量。

应用说明、设计资料与计算公式

在设计磁放大器扼流圈的过程中通常采用不同的计算方法。产品型号系列列表列出了铁芯的主要数据(见前页)。更具体的应用与计算说明参见我们的PK-002小册子(磁放大器扼流圈带绕铁芯, VITROVAC6025Z)。下文所载计算步骤适用于初次选用VITROVAC500Z带有防短路设计的铁芯。使用我们的设计软件VAC磁放大器计算器*(操作平台为Microsoft EXCEL® 97/2000)可取得更为精确的结果。

1. 确定导线电流密度 S (通常, $S=5-10A/mm^2$) 以及计算导线型号和导线横截面 a_{Cu} 。
 $a_{Cu}[mm^2]=I_{1,RMS}[A]/S[A/mm^2]$

2. 计算磁放大器扼流圈调节电压 U_{Reg} :
 τ_{max} 为初级开关最大脉冲负载率,
 $\hat{U}_{1,min}$ 为变压器输出电压峰值,
 α 为1(前置变换器)或2(带有2个磁放大器扼流圈的推挽变换器)。
 $U_{Reg}[V]=\alpha \times \tau_{max} \times \hat{U}_{1,min}[V]$

3. 选择铁芯(从小铁芯开始)和计算匝数(最小值):
 $N \geq (10 \times U_{Reg}[V]) / (\alpha \times 2.0[T] \times A_{Fe}[cm^2] \times f[kHz])$

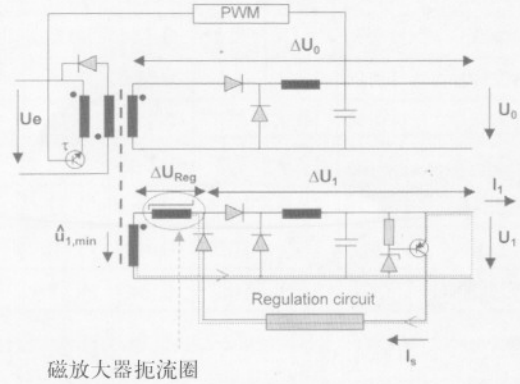
4. 检查选定铁芯的缠绕间隙 ($A_{Cu}[cm^2] \geq a_{Cu}[cm^2] \times N$) 或重新计算下一个较大铁芯的最小匝数。

5. 计算调节磁通密度振幅 ΔB_{Reg} (标准: $\Delta B_{Reg} < (2 \times B_S) - \Delta B_{RS}$)。
 $\Delta B_{Reg}[T] = (10 \times U_{Reg}[V]) / (\alpha \times N \times A_{Fe}[cm^2] \times f[kHz])$

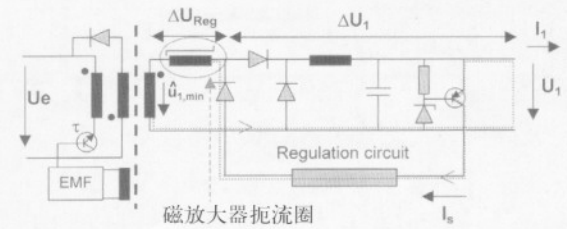
6. 计算线圈温升值 ΔT_{Cu} ($\rho_{Cu} \approx 2.27 \times 10^{-6} \Omega m$):
 $\Delta T_{Cu}[K] = (R_{th}[K/W] \times I_{1,RMS}[A]^2 \times N^2 \times I_{Cu}[cm] \times \rho_{Cu}[\Omega m]) / (20 A_{Cu}[cm^2])$
 和铁芯温升 ΔT_{Fe} 。
 $\Delta T_{Fe}[K] = 420 \times m_{Fe}[g] \times R_{th}[K/W] \times \Delta B_{Reg}[T]^{1.5} \times f[kHz]^{1.5}$

7. 评估复位电流 I_S :
 $I_S(mA) \approx (25 \times \Delta B_{Reg}[T]^{0.45} \times f[kHz]^{0.53} I_{Fe}[cm]) / N$

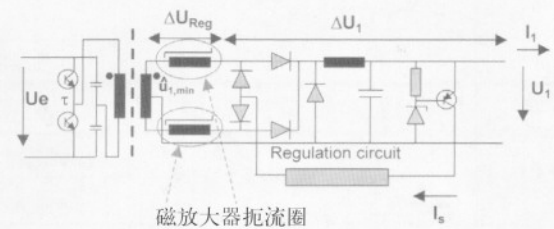
8. 实验检测*。



带有磁放大器扼流圈的主从型前置变换器



带有磁放大器扼流圈的 SMPS 模块型前置变换器



带有2个磁放大器扼流圈的半桥型推挽变换器

磁放大器 * 设计样本

(前置变换器, 防短路设计, 100kHz, $\tau_{max} = 0.4$, 环境温度 45-50°C)

	$I_{1,max} = 10 \text{ A}$	$I_{1,max} = 15 \text{ A}$	$I_{1,max} = 20 \text{ A}$	$I_{1,max} = 25 \text{ A}$	$I_{1,max} = 30 \text{ A}$
$U_1 = 3,3\text{V}$	W759, N = 10 W760, N = 11	W759, N = 8 W760, N = 9	W759, N = 6 W760, N = 7 W761, N = 7	W760, N = 6 W761, N = 6	W760, N = 5 W761, N = 5 W762, N = 6
$U_1 = 5\text{V}$	W759, N = 11 W760, N = 12 W761, N = 12	W759, N = 9 W760, N = 10 W761, N = 10	W760, N = 8 W761, N = 8	W761, N = 6 W762, N = 8 W764, N = 8	W764, N = 8 W763, N = 6 W765, N = 8
$U_1 = 12\text{V}$	W761, N = 14 W764, N = 20	W764, N = 16 W763, N = 12	W764, N = 14 W765, N = 14	W765, N = 12 W766, N = 15 W767, N = 12	W768, N = 10

* 建议所有产品均进行实验电路测试。

超微晶体 VITROPERM500Z 磁放大器铁芯 (T=25°C) P_{Fe} , H_c 和 ΔB_{rs} 的频率特性

设计磁性反向损耗 (铁芯损耗) P_{Fe} 是通过正弦波磁感应测量的。

频率达到 200kHz 以上时, 典型值可通过图表直接确定或借助于下列的公式来计算:

$$P_{Fe} [\text{W/kg}] = 0.42 \times (\Delta B \times f)^{1.5}$$

$$P_{Fe} [\text{mW/cm}^3] = 3.09 \times (\Delta B \times f)^{1.5}$$

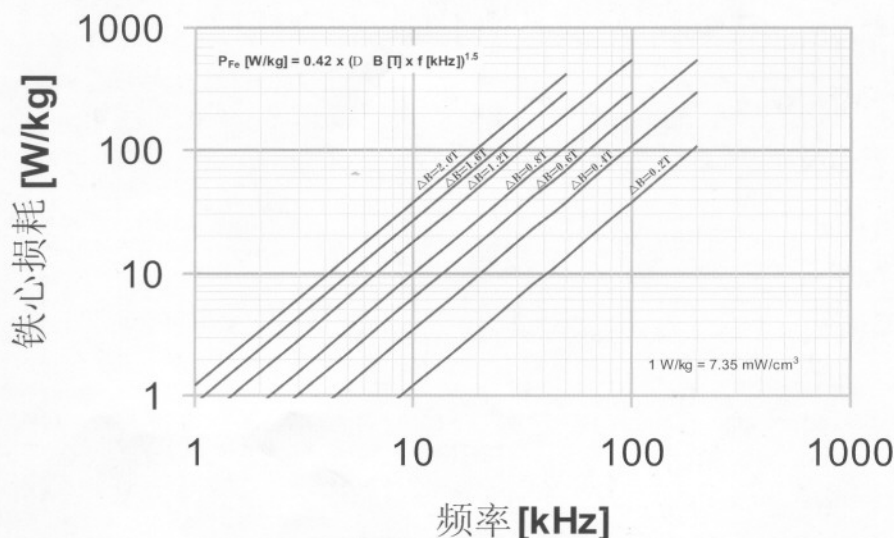
磁通密度振幅 ΔB 的单位为 T, 频率 f 的单位为 kHz。

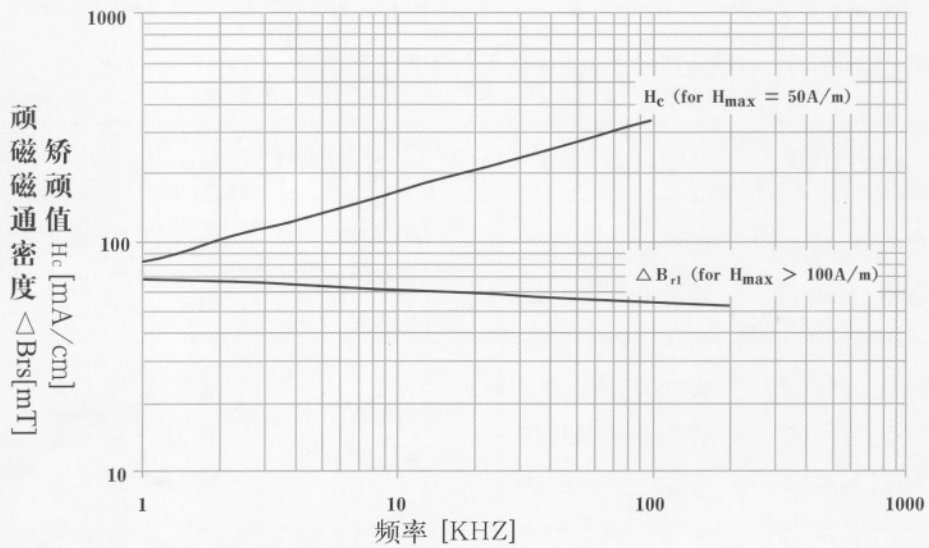
在实际应用中, 不利的电压波形系数或铁芯处于深度饱和可能导致损耗增大。

超微晶体 VITROPERM500Z 磁放大器铁芯磁滞环所标注的矩形度, 随着剩磁磁通密度 ΔB_{rs} 的减小和频率的提高而提高。

在切换频率为 100kHz 时, 典型 ΔB_{rs} 值介于 50 到 70mT 之间, 相当于矩形度大于 94%。上述特性使得磁放大器扼流圈死区时间减少, 并在切换频率较高时获得良好的调节性能。

超微晶体 VITROPERM500Z 磁放大器铁芯的 H_c 值较小, 因此调节电路中的复位电流也保持较低水平。





所有材料数据均采用原始设计的典型数值。由于产品形状和体积不同，材料特性可能有所不同。

超微晶体 VITROPERM500Z 磁放大器铁芯的热稳定性#

由于超微晶体材料的热稳定性能好，使得 VITROPERM500Z 带缠铁芯的持续工作温度可达 120°C ，瞬时最高温度可达 140°C 。

即使在 120°C 的工作温度下，VITROPERM500Z 的饱和磁感应也超过 1.0T ，最大双极磁通密度振幅可达 2.0T 。

矫顽值 H_c 、铁芯损耗 P_{Fe} 以及剩磁磁通密度 ΔB_{rs} 的典型值随温度变化（范围： -40°C 至 $+130^{\circ}\text{C}$ ），可发生 10-15% 的反向变化。

