

高 B_s 低功率损耗磁性材料和开关电源变压器设计

贵州都匀 高适 编译

摘要：文章简要介绍了高 B_s 低功率损耗磁性材料的特性，指出了用作开关电源变压器磁心时对高 B_s 功率损耗磁性材料的性能要求，提供了两种电源变压器的设计方法—— A_p 法和 K_u 法及其实例。

关键词：高 B_s 低功率损耗磁性材料 磁心 开关电源变压器设计

1 高 B_s 低功率损耗磁性材料和磁心

开关电源的主变压器常采用 $MnZn$ 功率铁氧体材料作磁心。开关电源变压器要求这种软磁铁氧体材料具备高饱和磁通密度(B_s)与高振幅磁导率，以提高变压器的功率转换效率并避免饱和；要求所用材料的功率损耗尽量小，呈负温度系数以避免变压器在高频工作时发热损坏；为了在较高的工作温度时保持高的 B_s 值，材料的居里温度(T_c)应较高；要求在高磁通密度($B=20mT$)、高温(80~100℃)和高频(20~50kHz)下有低的功率损耗。理论上，功率损耗分为磁滞损耗、涡流损耗和剩磁损耗。以损耗对频率的关系来区分，涡流损耗的大小与材料的电阻率的倒数成正比，所以，高电阻率是功率铁氧体的最主要性能指标。

高频开关电源的工作频率已发展到 0.5~1MHz，未来将超过 1MHz 或更高。这样，功率铁氧体将开发工作频率为 100~300kHz、200mT、100℃ 时的磁心损耗为 150KW/m³ 左右的材料。目前，已

有多种这样的材料上市，如 NC45、3B46、3C92、4H45、PC47、PC95、DMR2KP、DMR1、2KH 等，我国磁性材料企业也研发生产了多种产品。

开关电源变压器工作在高功率、高磁通密度状况下，通常选用磁导率为 1500~2500 的 $MnZn$ 铁氧体材料。设计这种变压器选用磁心材料的参数时，主要考虑饱和磁感应强度 B_s 、高磁通密度下的功率损耗，高频工作时的功率损耗及高温环境下的功率损耗。而一般选用的参数为：饱和磁感应强度 $> 510mT$ ，在工作频率为 200~500kHz 且是矩形波状态下的功率损耗是 3~5 倍的开关频率下的功率损耗，在 100kHz 工作频率下的功率损耗 $< 700W/m^3$ 。在电源小型化和工作频率提高时，特别要关注涡流损耗 P_e ，因为 $P_e \propto f$ 。所以当工作频率达到 200~500kHz 时，涡流损耗将占支配地位；为减小涡流损耗就必须使用铁氧体材料提高电阻率。

为了减小变压器的功率损耗，在合理选用磁性材料的同时，也出现了一些新的设计理念，即设计中不再侧重于使

磁心在高磁通密度下工作来降低绕组功率损耗。因为 $Mn-Zn$ 铁氧体磁心在高磁通密度下功耗会急剧增大。使绕组所降低的功耗远不能抵偿磁性材料功耗的增加。所以，新的设计理念是以较低的交流励磁电平而不再以高的励磁电平进行激励，也就是让磁心工作在“可用磁通密度”之内，而不是在硬饱和状态，这样可以避免磁通密度处于磁滞回线非线性区时导致磁导率陡直下降，绕组会因阻抗降低而恶性发热甚至烧毁。所谓“可用磁通密度”一般为饱和磁通密度的 80%。

开关电源变压器常用的铁心形状为 EE 型、EPQ 型(即 PQ 型)、ETD 型、EC 型等；而小功率电源变压器可用环型、RM 型；薄型变压器则可用 EP 型、FEER 型、FEY 型等，见图 1 所示。

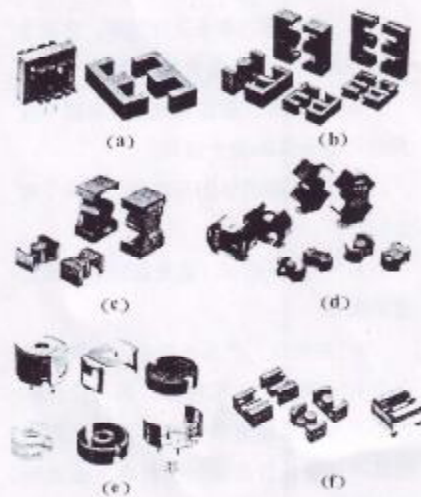


图 1 铁氧体磁心几何结构
(a)EE 型；(b)EC 型和 ETD 型；(c)PQ 型；
(d)RM 型；(e)EP 型；(f)FEY 型