

$$K = \frac{h \sqrt{F_1}}{e} \quad (4-19)$$

$$h = 0.866 D_{AWG}$$

式中

$$F_1 = \frac{N D_{AWG}}{l_w} \quad (4-20)$$

式(4-20)中的变量在图4-34中被描述。可以看到,如果匝数 N 乘以导线直径 N_{AWG} 等于绕组的长度 l_w ,则可以把公式简化为

$$K = \frac{h}{e} \quad (4-21)$$

$$h = 0.866 D_{AWG}$$

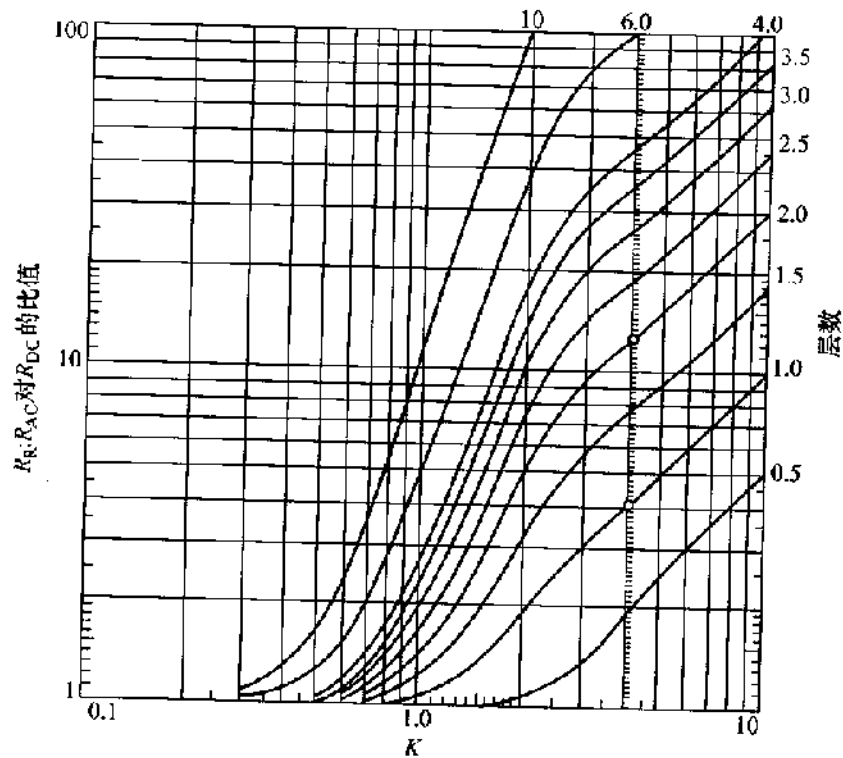


图 4-33 由于邻近效应而导致的交流电阻与直流电阻之比

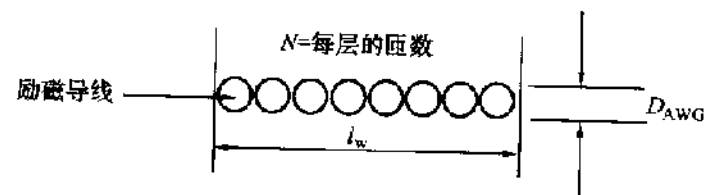


图 4-34 绕组层参数

用如图4-33所示的Dowell曲线比较具有两层绕组的变压器结构A和具有一、二次绕组相间的变压器B之间的损耗,如图4-35所示。当趋肤效应深度为25%时,系数 K

为4,变压器的A和B具有相同的AT(安-匝)。但是,由于变压器B上的绕组是一、二次绕组相间的,所以它具有的低频磁动势只是一半。

在图4-35中有一条 $K=4$ 的纵向虚线,按这条虚线与线圈层数为1的曲线交点左边的纵坐标为 $R_R=4$,按这条虚线与线圈层数为2的曲线交点左边的纵坐标为 $R_R=13$ 。具有一、二次交替绕组的变压器B,交流(AC)对直流(DC)的电阻比值降低,其系数为3.25。

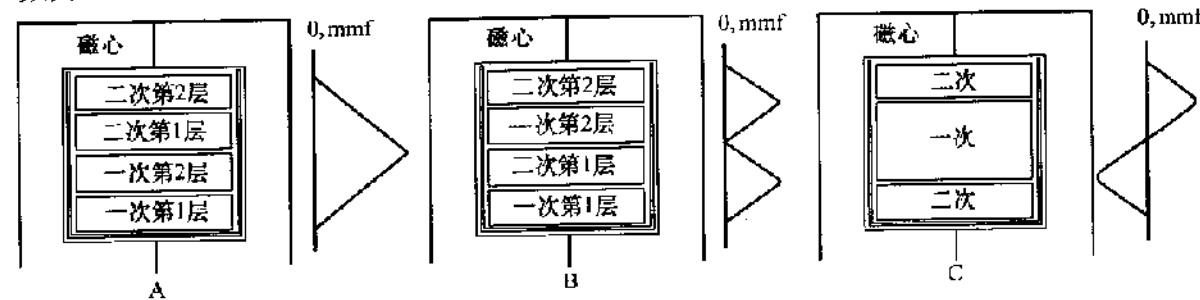


图 4-35 一、二次侧绕组结构不同的变压器

在高频磁器件中,具有指数增加损失的邻近效应趋向于占优势的导体损失成分,特别是当绕组为多层的时候。

特制的导线

在导线行业中有很多新的思想出现,只要工程师有时间来估价,对这些新概念以建立信任和应用它们就好了。

三层绝缘导线

为满足防止漏电和有害空隙的IEC/VDE安全指标,必须符合下面的技术要求: VDE 0805、IEC 950、EN 60950、UL 1950-3e、CSA 950-95。

工程师们必须意识到,一种技术要求不能解决所有的应用场合。例如,IEC是对于办公设备、数据处理设备、电子医疗设备仪器和其他设备的技术要求。

这些IEC技术要求原本是围绕50Hz和60Hz线性变压器而开发的。对于高频工作下,如开关型功率变压器,它并不总是有助于使其得到最佳设计的,为满足IEC/VDE安全技术要求的设计,标准的高频开关型变压器组成如图4-36所示。在任何开关型变压器中,因为有漏磁通,所以耦合问题总是最优先考虑的事情。

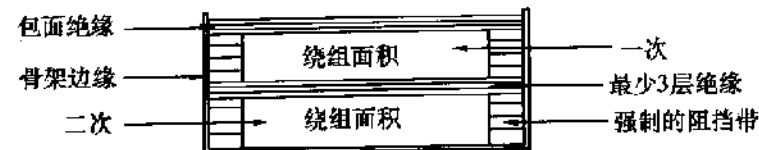


图 4-36 为满足IEC/VDE技术要求而设计的线圈骨架截面

三层绝缘导线是为满足上述技术要求和免除在一次与二次之间对三层绝缘带的要求而开发的,三层绝缘导线也免除了对漏电裕度的要求,这样,全部的骨架都可以用来绕线。这样的导线还可以作为从一次或二次绕组到电路的连接线来用,而不用套管或管子。

三层绝缘导线的结构如图 4-37 所示。这种导线的温度范围是从 105~180℃。三层绝缘导线的尺寸见表 4-16。表 4-16 中,导线采用每层 0.002in 的涂层,也可买到其他厚度。在本章最后的参考文献一节中列有制造商 Rubadue 导线公司。

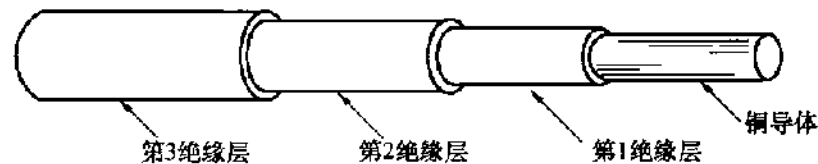


图 4-37 三层绝缘导线的结构

三层绝缘利兹线 (Litz)

图 4-38 所示的三层绝缘高频利兹线也可以从制造商处买到,利兹线的绝缘层厚度有 0.002in 和 0.003in。

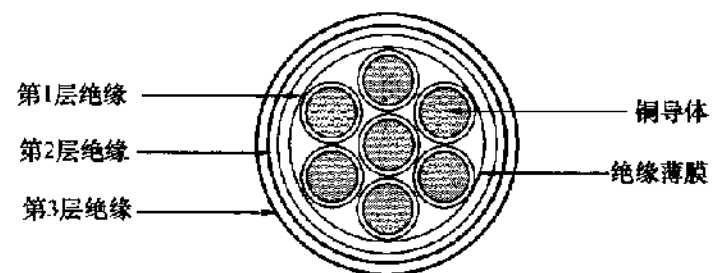


图 4-38 三层绝缘利兹线

表 4-16 三层绝缘导线 (0.002) 材料

AWG	裸 线				带有绝缘	
	面积/cm ² (10 ⁻³)	直径/in	直径/mm	电阻率/(μΩ/cm)	直径/in	直径/mm
16	13.0700	0.0508	1.2903	132	0.0628	1.5951
18	8.2280	0.0403	1.0236	166	0.0523	1.3284
19	6.5310	0.0359	0.9119	264	0.0479	1.2167
20	5.1880	0.0320	0.8128	332	0.0440	1.1176
21	4.1160	0.0285	0.7239	419	0.0405	1.0287
22	3.2430	0.0253	0.6426	531	0.0373	0.9474
23	2.5880	0.0226	0.5740	666	0.0346	0.8788
24	2.0470	0.0201	0.5105	842	0.0321	0.8153
25	1.6230	0.0179	0.4547	1062	0.0299	0.7595
26	1.2800	0.0159	0.4039	1345	0.0279	0.7087
27	1.0210	0.0142	0.3607	1687	0.0262	0.6655
28	0.8046	0.0126	0.3200	2142	0.0246	0.6248

续表

AWG	裸 线				带有绝缘	
	面积/cm ² (10 ⁻³)	直径/in	直径/mm	电阻率/(μΩ/cm)	直径/in	直径/mm
29	0.6470	0.0113	0.2870	2664	0.0233	0.5918
30	0.5067	0.0100	0.2540	3402	0.0220	0.5588
32	0.3242	0.0080	0.2032	5315	0.0200	0.5080
34	0.2011	0.0063	0.1600	8572	0.0183	0.4648
36	0.1266	0.0050	0.1270	13608	0.0170	0.4318
38	0.0811	0.0040	0.1016	21266	0.0160	0.4064

多根平排励磁导线

在很多高频变压器和电感器中可以采用多根平排在一起的励磁导线。圆形的多根平排励磁导线如图 4-39 所示,方形的多根平排励磁导线如图 4-40 所示。这两种励磁导线在某些应用场合都可以代替金属箔。多根平排励磁导线可以被用来作为箔形绕组,如低电压大电流甚至可作为法拉第屏蔽网。多根平排励磁导线带的宽度很容易通过添加或去除导线来增加或减小,以提供与线圈骨架相配合的导线带子宽度,绕制起来相对容易。多根平排导线带具有完好的绝缘,它没有在用金属箔导体时的可能割破绝缘那样的尖锐边缘问题。在目的是做一个精确的中心抽头绕组时,由于在电容方面的问题我们不推荐用多根平排励磁导线来绕变压器,除非它只有很少的几匝。如果非要用多根平排带不可,应该用具有低介电常数的绝缘薄膜励磁导线,见表 4-8。

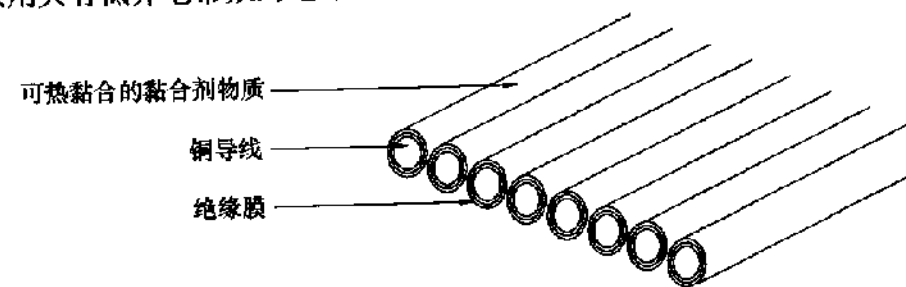


图 4-39 圆形励磁导线黏合成的多根平排带

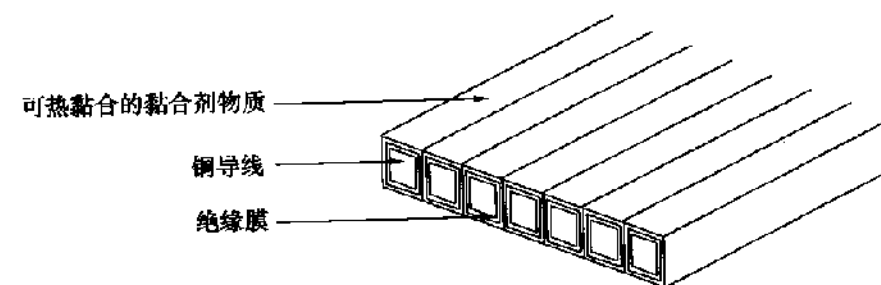


图 4-40 方形励磁导线黏合成的多根平排带