UUI 新型电感器的省铜原理

Save Cu Principle of New Type UUI Core Inductors

黄思仲, 陈限育, 林金城

清流县鑫磁线圈制品有限公司

摘要:本文通过对比实验,将小线圈分别置于 EE 型和 UUI 新型磁心绕线窗口的不同位置,并测量各自电感量,再以所得实验数据为依据进行对比分析,来阐明与性能相当的 EE 型电感器相比,UUI 新型电感器节省铜材的原理。
 关键词:UUI,省铜电感器,扩散磁通,旁路磁通

<u>中图分类号: TM55 文献标识码: B 文章编号: 1606-7517(2013)03-4-117</u>

1 引言

电感器是节能灯、电子镇流器和开关电源等电子电器 中的关键部件之一。传统的电感器一般由 EE 型磁心、骨架、 线圈和胶带等组成:线圈缠绕在骨架的线圈缠绕轴上,将 两个 E 字形磁体的中柱插入骨架的中空孔中,对接起来形 成日字形磁回路;在两个 E 字形磁体外部用胶带紧密缠绕 固定,然后进行防潮绝缘处理。为防止磁饱和现象的发生, 通常在 E 字形磁体的中柱上用磨床研磨的方法设置一个磁 路气隙,磁路气隙的设置使得磁回路的磁阻变大,磁阻变 大后可有效防止磁饱和现象的发生,但同时也使得磁路气 隙附近的扩散磁通增大,从而增加了电感器的绕线圈数。

而由 UUI 磁心制成的电感器,由于磁路双气隙及磁路气隙外移的结构特点,使得 UUI 新型电感器与性能相当的 EE 型电感器相比,具有省铜、高 Q 值、低损耗、低成本以及小型化等优点。其中,省铜是其核心竞争力的主要标志之一。

2 对比实验

下面我们做对比实验。实验一,用线径为0.14mm的漆 包线分别在特制的小骨架上缠绕出6层每层8匝的线包,在 每层线圈之间用绝缘胶带缠绕制作出绝缘层,绝缘层厚度 为 1mm,线包高度为1.6mm,小骨架的高度为3.3mm。用上 述方法可制作出含有6个线圈的线包,每个线圈分别制作引 出线,其中最内层线圈与磁心中柱边缘的间隙量为0.97mm, 其他线圈与其相邻线圈的间距均为1.14mm,如图1和图2 所示。在 EE19 磁心中柱的中间位置上设置磁路气隙,气隙



图 1 实验一磁心与线圈示意图



图 2 线包正对磁路气隙时的剖面图

量为 1. 2mm, 该磁心是山东东泰科技发展有限公司提供的, 材质为 DTT-P4,其尺寸见表 1。实验用 TH2810B 电感测试仪, 在 0. 3V/100kHz 工作条件下测量电感量。实验步骤为:将小 线包置于 EE 型磁心中柱上,小线包的中心到 EE 型磁心中 心横截面的距离为-4mm。在 0. 3V/100kHz 工作条件下,用 TH2810B 电感测试仪分别测量线包中各个线圈的电感量;再 将线包沿磁心中柱向上移动 1mm,分别测量线包中各线圈的 电感量;依此类推,其测量结果如表2所示。

实验二,我们把实验一中的 EE19 磁心换成 UUI16.3 磁 心,该 UUI 磁心同样是山东东泰科技发展有限公司提供的, 其材质与磁路气隙量和实验一的 EE19 磁心相同,其结构和 尺寸如图 3 所示。其他实验条件与实验一相同,本实验中 磁心与线包位置关系如图 4 和图 5 所示,实验步骤与实验 一相同,实验结果如表 3 所示。

表 1 山东东泰科技发展有限公司EE19磁心具体尺寸表

公司	型号	А	В	С	D	E(min)	F
东秦	EE19	19.1±0.30	7.85+0.20	4.9±0.15	4.65 ± 0.20	14.20min	5.5+0.20

(C*D)	绕组	线包中心横截面与磁路气隙中心横截面之间的距离								
(U*D)		-4.0mm	-3.0mm	-2. Omm	-1.0mm	中间	1. Omm	2. Omm	3. Omm	4. Omm
6.7 \times 6.4mm	一层	4.069	3.740	3.238	2.741	2.462	2.556	2.965	3.605	4.025
7.7×7.4mm	二层	4.007	3.700	3.286	2.924	2.702	2.908	3.211	3.722	4.126
8.7×8.4mm	三层	4.130	3.839	3. 478	3.166	2.996	3.141	3.356	3.790	4.160
9.7 \times 9.4mm	四层	4.272	4.026	3.716	3.486	3. 323	3. 433	3.604	3.960	4.275
10.7×10.4mm	五层	4.426	4.170	3.905	3.705	3.613	3.676	3.810	4.176	4.452
11.9×11.4mm	六层	4.708	4.482	4.195	4.016	3.903	3.955	4.053	4.368	4.599

表 2 实验一结果记录表





图 3 UUI16.3磁心结构与尺寸图



图 4 实验二磁心与线圈位置



图 5 线包正对中柱中心横截面时的剖面图

坐圈中日→(C*D)	绕组	线包中心横截面与I字形磁体中心横截面之间的距离								
线圈内八寸(U+D)		-4.0mm	-3.0mm	-2.0mm	-1.0mm	中间	1. Omm	2. Omm	3. Omm	4. Omm
6.7×6.4mm	一层	4.337	4.457	4.537	4. 599	4.586	4. 489	4.463	4.306	4.254
7.7 \times 7.4mm	二层	4.378	4.457	4.542	4.596	4. 520	4.495	4. 489	4.376	4.343
8.7×8.4mm	三层	4.495	4. 528	4.586	4.618	4.546	4. 526	4.488	4.424	4.450
9.7×9.4mm	四层	4.695	4.702	4.722	4.743	4.643	4.644	4.586	4.602	4.570
10.7×10.4 mm	五层	4.877	4.838	4.847	4.867	4.732	4.672	4.683	4.697	4.678
11.9×11.4mm	六层	5.115	5.080	5.059	5.070	4.925	4.919	4.908	4.923	4.937

表 3 实验二结果记录表

3 UUI新型电感器的省铜原理

为了分析和阐述方便,我们先明确几个概念。根据文献 [1]的分析和定义,在电感中的磁通可分为以下三个部分:(1) 在磁心中构成回路的主磁通;(2)气隙附近进入磁心窗口的 扩散磁通;(3)穿越磁柱之间窗口内的旁路磁通;如图6所示。 由于主磁通未深入磁心窗口内,故它不会在绕组上感应出 涡流;在气隙附近的扩散磁通进入磁心窗口,将在气隙附 近的绕组上感应出涡流;旁路磁通穿越磁柱间的磁心窗口, 也将在绕组上感应出涡流。



图 6 电感中的磁通分布示意图

先来看实验一所得实验数据(见表 2),我们以小线包 在磁心中柱上的位置为横轴,以实测的电感量为纵轴,分 别在平面内描点,然后将同一个线圈在不同位置上的电感 量用曲线进行连接,得到一簇呈U字形曲线,如图7所示。

从图 7 中可看出,当每个线圈在磁路气隙中间位置时, 电感量最低;而每个线圈离磁路气隙越远的地方,其电感 量越高。当线包偏离 3 δ 以上距离时,电感量的增量明显 减小。我们还可以发现:所有内层线圈的电感量皆小于外 层线圈的电感量,当线包在磁路气隙中间时,电感量的差 值最大;最内层线圈的电感量曲线最为凹陷,而最外层线 圈的电感量曲线最平直;第四层线圈的电感量曲线比第三 层的曲线凹陷程度明显减小(第四层线圈与磁路气隙的距 离大于 3 δ)。也就是说,在 EE 型电感器中处于磁路气隙 附近的线圈,其电感量较低,在磁路气隙正中位置的线圈, 其电感量最低。当线圈偏离磁路气隙 3 倍的气隙量距离时, 线圈的电感量明显提高。

最内层线圈,在气隙中间位置时电感量为2.462μH, 在距气隙中心4mm的位置时电感量为4.069μH,电感量提 高了65.3%;而最外层线圈,在气隙中间位置时电感量为 3.903μH,在距气隙中心4mm的位置时电感量为4.708μH,



电感量仅提高了20.6%。由上述分析可知,在EE型电感器中, 磁路气隙对其附近的线圈影响很大,由于磁路气隙的影响, 使得在磁路气隙附近的线圈部分地失去"电一磁"转换作用。

根据文献 [3] 的分析, 当磁路气隙量相对端面尺寸很 小时 (< 5%), 扩散磁通很小而可以被忽略; 当磁路气隙 量相对端面尺寸很大时,磁通不仅通过端面,而且还通过 气隙的边缘、尖角和气隙附近的磁心侧表面流通;磁通在 侧面流通时,一般认为发生在距气隙3倍的气隙量范围内。 也就是说扩散磁通不仅存在于气隙边缘,而且还存在于气 隙附近的磁心侧表面3倍的气隙量范围内。文献[2]表明, 扩散磁通会在气隙附近的绕组上感应出涡流。旁路磁通在 绕组上也将感应出涡流,但考虑到在本实验中,旁路磁通 对绕组的影响较小,故忽略其影响,只考虑扩散磁通的影 响而使分析简化。由于感应出的涡流可再感应出磁通,根 据楞次定律,涡流感应出的磁通将会阻碍主磁通的变化, 因此该磁通将削弱扩散磁通影响范围内的主磁通,从而使 得气隙附近线圈的电感量变低,因此上述实验中发生了"线 圈部分地失去'电一磁'转换作用"的现象。要使 EE 型电 感器获得一定的电感量,必然要增加线圈的匝数,从而造 成了铜材的浪费。也是由于气隙附近的扩散磁通在线圈中 感应出的涡流,使得整个 EE 型电感器出了较高的电抗,增 加了功耗,降低了Q值。

我们再来看实验二所得实验数据(见表3),用与实验一 相同的方法进行描点和连线处理,绘制出的曲线如图8所示。

由于 UUI 磁心的气隙外移和磁路两气隙的结构特点, 使得 UUI 磁心的扩散磁通对线包的影响大为降低,因此 UUI 的电感量曲线很平直,而不是如 EE 型的曲线呈 U 字形状态。 UUI 最里层线圈在中间位置上的电感量为 4.586 µ H,而 EE 型的相同位置的电感量为 2.462 µ H,相差 2.124 µ H,相差 近一倍。由此可见, EE 型磁心的扩散磁通对磁路气隙附近的线圈影响较大,在线圈中产生了较大的涡流。

从 UUI 型磁心的结构可看出,其磁路气隙设置在线包 外部以及其磁路两气隙结构特点,不仅使得磁路气隙附近 的扩散磁通大为减小,而且由于扩散磁通所在位置由线包 中心移到了线包外部,从而使得扩散磁通对线包的影响大 为减小,线圈中由于扩散磁通造成的涡流也减小很多,涡 流的减小使得线包中由于涡流感应出的磁通也将减小,由 于涡流感应出的磁通其方向与主磁通相反,这样使得UUI 新型电感器的主磁通下降较少,从而在获得相同性能和电 感量时, UUI 新型电感器线圈的匝数较少。其效果等价于 UUI 用较少匝数的线圈代替了 EE 型磁路气隙附近较多匝数 的线圈,从而使得 UUI 新型电感器线圈匝数减少,而且减 少的匝数是线圈外围的匝数,同时,线包匝数减少带来了 绕线空间的富余,可采用多股线进一步增大省铜比例。从 上述分析可见,在性能相当的情况下,UUI 新型电感器与 EE 型电感器相比较,可大幅度地节省铜材,或者可进行省 铜和小型化兼顾的设计。

参考文献

- [1]《一种新型高频功率电感器分布磁压结构》福州大学电气工程 与自动化学院 毛行奎、舒艳萍、陈为著 中图分类号: TM43 文献标识码: A 学科分类号: 470.40 文章编号: 0258-8013 (2007) 27-0032-07
- [2]《开关电源中电感气隙的设计与研究》南京航空航天大学航空电源重点实验室 旷建军、阮新波、任小永编著 中图分类号:
 TM55 文献标识码: B 文章编号: 1606-7517 (2010) 04-4-99
- [3]《开关电源中的磁性器件》南京航空航天大学 赵修科著

