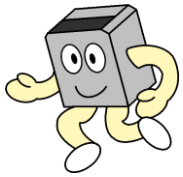
给线圈用户的提示 (第 5 节)



●前言

第 5 节我们就“线圈的 Q”进行讲解。对于主要使用功率电感器的人来说，或许不太熟悉Q，它是高频线圈的重要参数之一。

●什么是 Q?

Q 统称品质因数，是表示与理想状态的线圈之差异(损耗量)的参数之一，在用**图-1** 来表示线圈的等效电路时，通过**公式-1** 进行计算。当 ***rs* = 0** 时，**Q = ∞**。因此，可以说一个“**Q 越**大（高）＝损耗越少，越接近理想的线圈”。

过去，曾有一个叫做 **Q** 表（曾是线圈厂家的必备仪器）的产品，用它来测量 **Q 值**，但现在通过将多功能 LCR 表（或阻抗分析仪）的测量模式设定为 ***“Ls + Q”*** 即可进行测量。

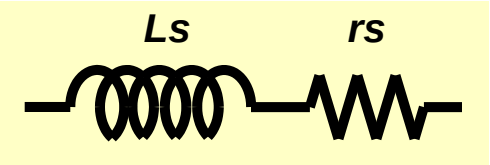


图-1　线圈的等效电路

$$Q = \frac{2 \times \pi \times f \times Ls}{rs}$$ **公式-1**

即使是同一个线圈，**Q** 也会根据频率大幅变化。通常，测试频率从低到高频变化时，Q 值将在某个频率点成为最大值，随后将逐渐下降（如下一页**图表-1 的利兹线所示。**）

●Q 和 ESR

在功率用途中，与在电容器的领域多半使用等效串联电阻(ESR)而非 **tanδ** 一样，功率电感器采用 DCR 而非 **Q**。有关损耗，电阻可能更直观，简明。除此之外，**DCR** 更易于测量。

Q 和 *rs*（**ESR**）具有相同的含义，可通过**公式-1** 相互转换。

●集肤效应和绞合线(Litz 线)

在同样的形状下，DCR 虽大，但将频率提高，Q 值也会变高。

当频率提高时，流经导线的电流集中在离导线表面一定深度的地方，如**图-2**。那么电流就很难流过更深的区域。(电线越粗，在中心产生的浪费面积就越大，电流就不会流动）。这就是所谓的趋肤效应。

这是一种通过使用表面积大，但总横截面积小的电线来分散集中电流的方法。实际上，个别绝缘细线被捆绑起来，作为单线使用（这被称为绞合线）。电流可以流向细线的中心区域。

为了证实实际效果，**图表-1** 显示了缠绕在同一铁

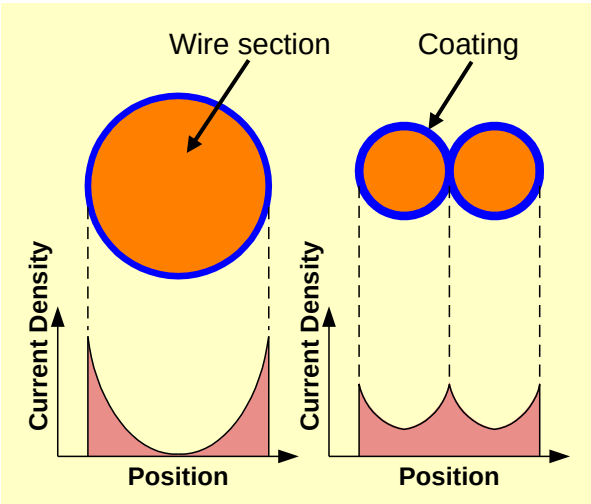
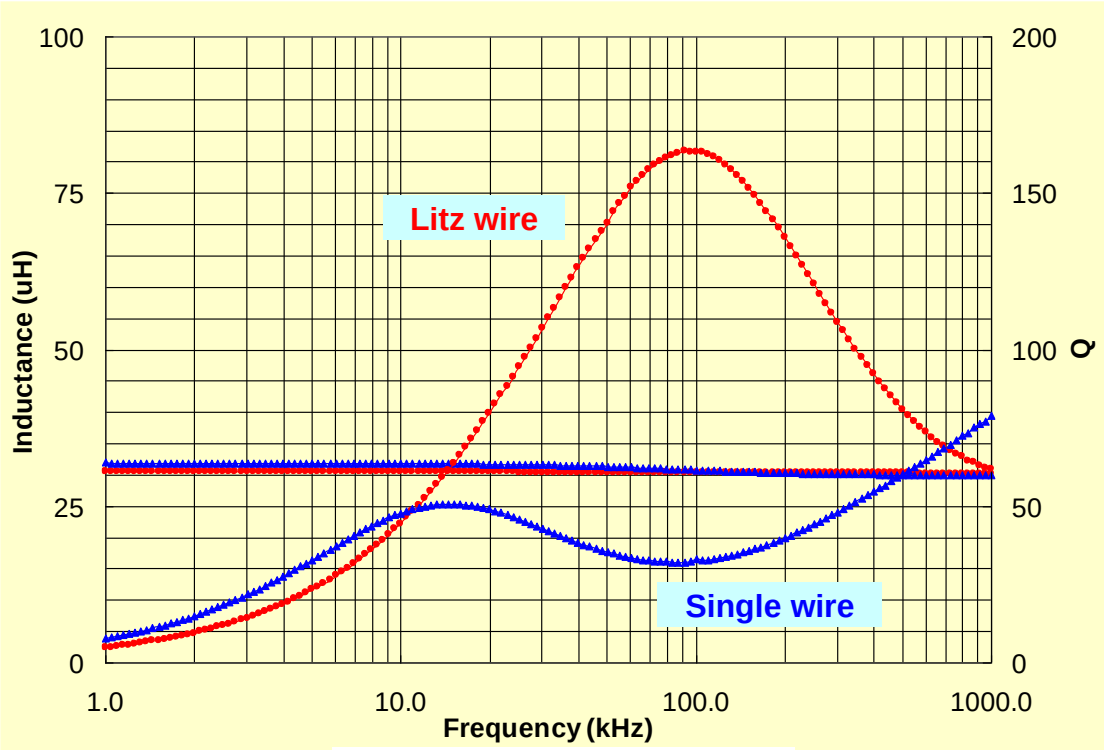


图-2 集肤效应

氧体磁芯上的单线和绞合线的线圈特性的例子。从图中可以看出，绞合线也不是万能的，所期望的有效频率范围也是有限的。考虑到成本的影响，使用的范围被局限。

在过去，绞合线经常被用来提高 AM 无线电的天线线圈的 **Q 值**。然而，最近它很少被使用，因为半导体的性能（灵敏度）已经得到改善。



图表-1 Q 值与电线类型

●为了提高 Q 值

一般来说，如果线圈周围有金属（导体），Q 值会下降。这主要是因为当线圈产生的磁通量通过金属时，会产生涡流。(关于涡流，见后面的主题）。

在射频电感器的情况下，高 Q 值电感器已经通过以下努力实现了:

1. 让绕组远离线圈的金属终端。
2. 当把线圈安装到印刷电路板上时，尽可能使绕组远离焊盘（铜箔）。

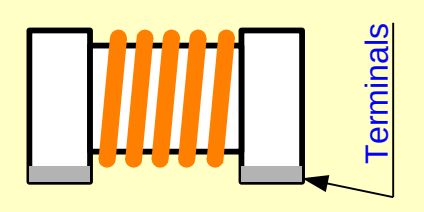


图-3 标准

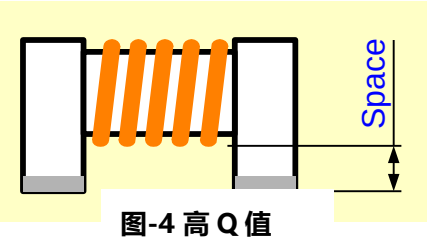


图-4 高 Q 值

如**图 4** 所示，**高 Q 值**的片状电感器（我们的 **C2012H**）有更大的空间。 因此，与标准电感器相比，绕组面积减少了。而可生产的最大电感量也变得很小。然而，在相同的电感量下比较，可以**获得**更高的 **Q 值**。

虽是一件微不足道的事情，但通过这些实践的积累，持续不断地来改善线圈的特性。

另外，如果印刷的布线图案（铜箔）在线圈的正下方，开磁路功率电感器可能有一些影响（没有射频电感器那么大）。

●关于间隙（第三专题的补充）

这是对第 3 节中关于间隙的补充说明。

在铁氧体磁芯和绕组的相同条件下，如果只改变间隙大小（见**图-5**），其特性如下**图表-2**。电感和直流饱和允许电流之间的关系是相互依赖的。

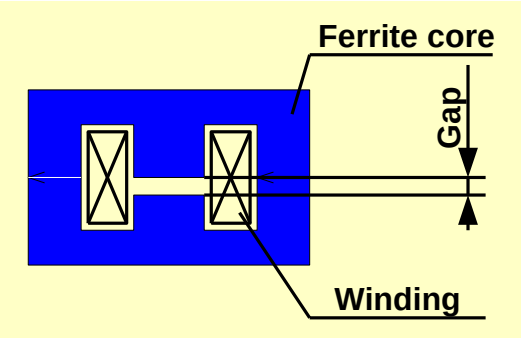
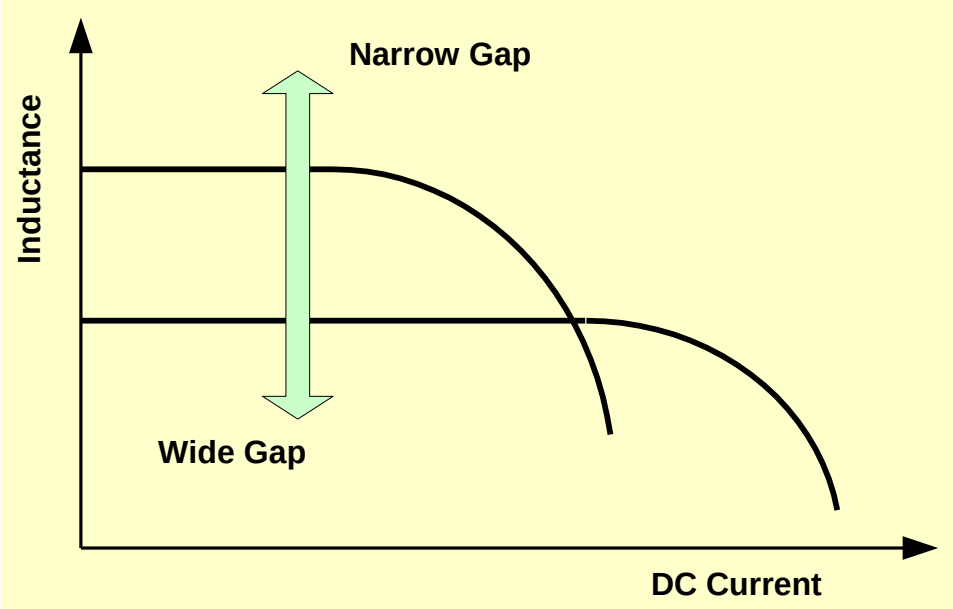


图-5 间隙定位



图表-2 间隙与电气规格

如果我们想提高电感量，而电感器有间隙，我们可以通过缩小间隙而不增加 DCR 来实现。然而，由于形状（结构）的原因，通过间隙调整使电感量变化的范围是有限的。

星野