

移动通信天线使用变压器的若干问题及其解决方案

Some Problems and It Solve Methods On Mobile Communication Antenna Use of Transformer

文隽亿 供稿

摘要: 文章阐述移动通信天线中使用变压器时常见的若干问题并提出了解决办法。

关键词: 移动通信天线, 变压器, 阻抗

中图分类号: TM4 文献标识码: B 文章编号: 1606-7517 (2015) 04-4-125

1 引言

随着 LTE 这类新型通信方式的推广使用, 宽频带通信的使用也日益广泛, 因此, 近年来, 安装在移动通信终端的移动通信天线设计的难度也增加了。另外, 由于移动通信使用的充电电池的体积较大等因素, 也挤占了天线等的占据空间, 这就促使天线等实现小型化。通信天线实现小型化就意味着天线的阻抗和射频 (RF) 电路的输入和输出阻抗相比较则会降低, 这将造成 RF 电路与天线阻抗在通信的整个带宽范围内进行整合带来很多困难。目前, 实施这种阻抗整合时, 通常采用电感器 (L)、电容器 (C) 等 LC 元器件。但由于 LC 元器件的电抗中存在频率特性, 经整合阻抗后的天线之 Q 值会降低, 频带宽度也会减小。众所周知, 在低频情况下, 变压器材料 (磁材) 的频率——阻抗特性并不明显, 这时的变压器是通过磁场耦合的两个线圈的电感值比率来达到阻抗变换的, 这就不能保证理想状态下的频率特性。所以, 在移动通信天线中采用变压器整合阻抗会遇到一些问题。

2 移动通信天线使用变压器的一些问题

移动通信天线中使用变压器整合阻抗主要有三个问题: ①在微波频段, 由于磁性材料的渗透性 ≈ 1 , 因此很难达到高结合系数; ②天线的输入阻抗抗很小, 这将导致变压器损耗增大; ③天线的输入阻抗抗因频带不同而产生变化。

由于移动通信天线使用变压器会产生以上问题, 故长

期以来, 移动通信天线的阻抗整合一直不使用变压器。本文经过深入的研究检测, 以其独有的设计解决了这些问题。

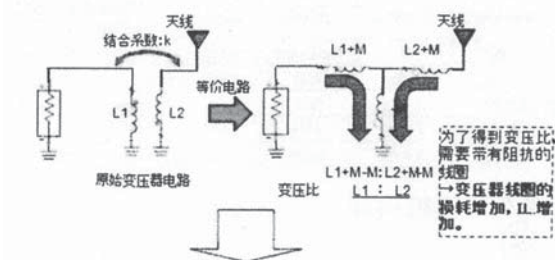
变压器在阻抗整合中的结合系数, 是指构成变压器的二个变压器线圈之间的距离以及由线圈导致的磁束形状相关性所产生的变化。这可以从一边维持高结合系数一边控制变压比着手, 以使变压器线圈的形状达到统一, 从而研究开发了每个线圈的 L 值都能够自由地控制。这种结构在低温共烧陶瓷 (LTCC) 内构成, 可使变压器线圈间的距离在数十微米时也能被制造出来。这样, 即使在微波频段, 也可以将变压器的结合系数控制在 0.7 以上。

将高频变压器与具有 10Ω 阻抗的天线连接, 由于变压器所用材料产生的插入损耗和与 50Ω 连接的高频器件损耗比较相对较大。因此, 一般在低频段使用的具有较大电感值 (L) 和阻抗成分的变压器在高频段是难以使用的。

为了降低这种阻抗成分并保持变压比, 设计采用了图 1 所示的高频变压器结构。由图可见, 这种结构与普通的变压器结构相反, 它将接地连接端口与天线连接端口完全逆反, 这样, 就可以达到如图 1 所示的变压比。采用这种结构, 因为其结合产生的互感值 (M) 会反应到变压器中, 使变压器线圈的电感值 (L) 减小。由于高频变压器的阻抗成分存在 $I \cdot L$, 故阻抗成分可以被抑制得很小。

移动通信天线使用的通信带宽以 1GHz 为分界线而分为低领域 (LowBand) 和高领域 (HighBand) 两种。通常情况下, 开放型天线的低领域中存在天线的基本波, 而高领域

(a) 一般的变压器电路



(b) 此次开发的电路

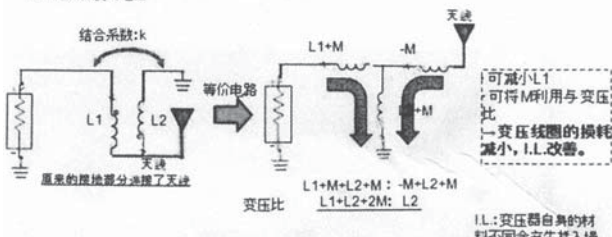


图1 本设计提出的高频变压器结构

中是天线的高频波。在天线内部没有安装短针等阻抗整合功能时，低领域的阻抗为 10Ω 左右，而高领域的阻抗为 19Ω 左右。由于在这样的天线中安装存在一定变压比的变压器，是不能只整合某一个领域的阻抗的，所以，移动通信天线用的变压器，必须具备的设计要求是使变压比适应天线的阻抗频率特性。这种适应方法如图2所示，这是一种将理想的变压部分和寄生成分部分分解开来的等效电路特性。

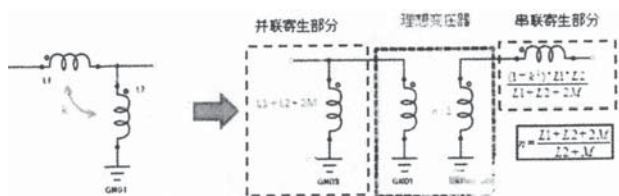


图2 将理想的变压部分和寄生成分部分分解的等效电路图

本文所叙设计开发的变压器结构之寄生成分分为“串联电感 L ”和“并联电感 L ”两种。在这两种电感中，串联寄生成分可以通过增大结合系数减小其影响，而并联寄生成分则可能会发生“结合系数” = “1”的情况。在以必要的小电感值设计的高频变压器中，是不可能排除并联寄生成分影响的。但是，可以通过控制这种并联寄生成分的量值使变压比适应天线的阻抗频率特性。并联寄生成分的值可以通过变换变压器线圈的电感值 L 来控制。在本文所述的设计中，就发现了能够很好地控制并联寄生成分的 L 值与结合系数 K 的组合。

下面将根据以上介绍的结构，设计和评价以天线的阻抗整合之简易化为目的的高频变压器。设计试制的产品尺寸为 $2.0 \times 1.25 \times 0.6(\text{mm}^3)$ 表面贴装元器件 (SMD)，见图3所示。在该样品的 RF 电路侧连接 50Ω 系的测试仪器，天线连接侧的阻抗特性示于图4。试制的变压器将低领域 (892MHz) 转换成 $12 \rightarrow 50\Omega$ ，高领域 (1940MHz) 转换成了 $19 \rightarrow 50\Omega$ 。

将普通的 LC 电路与天线连接，根据其频率特性的不同，在宽带宽情况下进行阻抗整合会很困难。针对这种情况，将本设计试制的高频变压器与天线连接，高领域 (Highband) 和低领域 (Lowband) 都转成了最合适的阻抗。也就是说，图4所示的阻抗轨迹有可能变化成阻抗整合容易的形状。

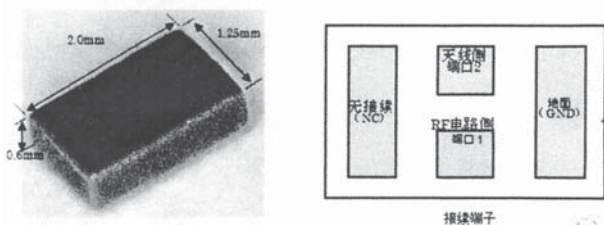


图3 表面贴装型高频变压器外观照片

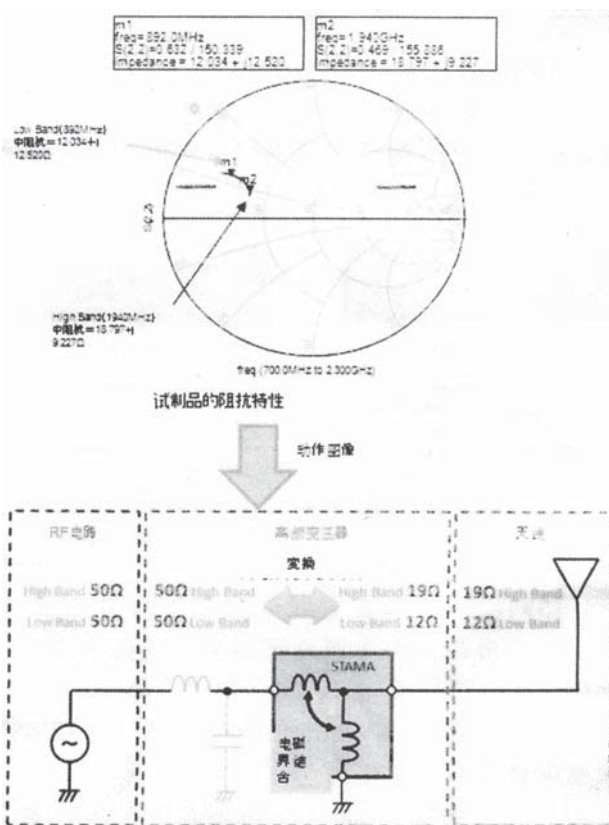


图4 高频变压器的阻抗特性图

然后通过外部的调节元件将阻抗轨迹的相位进行微调，则就可能非常容易地集中在 50Ω 附近了（见图 5 所示）。

现在，将这种高频变压器实际安装在移动通信终端，然后检测其有什么优点，以及对安装与未安装高频变压器的移动通信的天线特性进行比较和评价。

现在，使用市场上的 ISW16SH 型夏普智能手机，检测设计试制的高频变压器、LC 电路的阻抗整合特性并进行比较（见图 6 所示）。

ISW16SH 型智能手机的天线部分正下方有 USB 接口，按严格的条件通过该接口连接天线的电场进行检测评价。

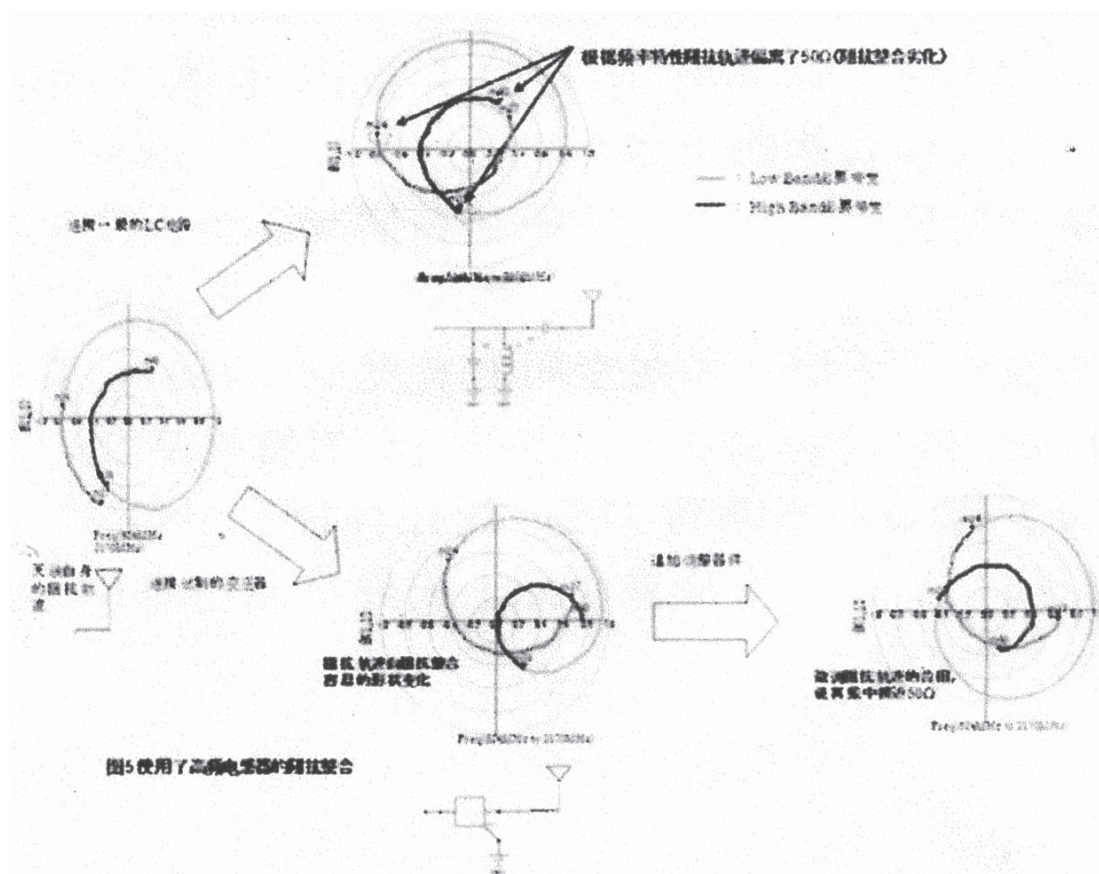


图 5 从外部调节元件微调阻抗轨迹的相位

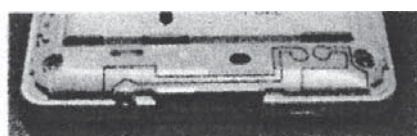


图6(a) LC电路的天线形状

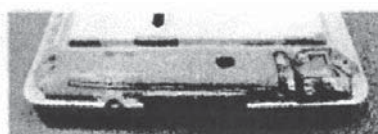


图6(b) 高频变压器实装品的天线形状

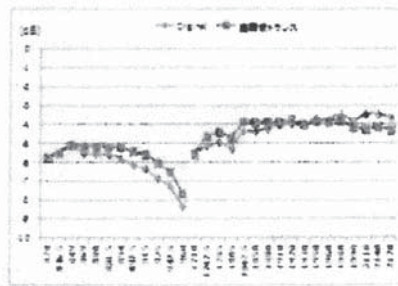
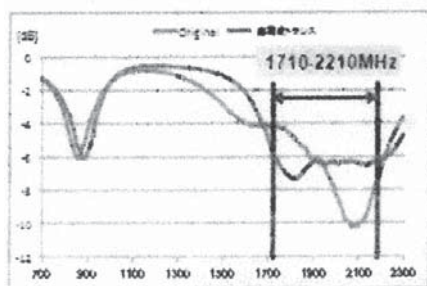


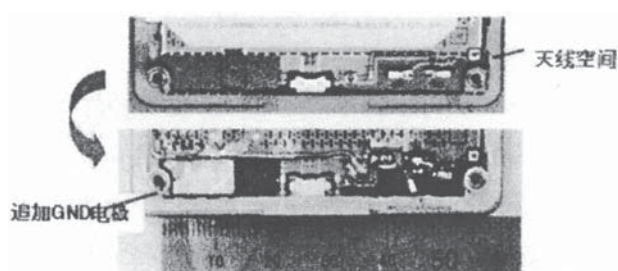
图 6 高频变压器与 LC 电路进行阻抗整合的比较

检测结果显示,在低领域(Lowband)情况下,LC电路和高频变压器都不可能达到 $S_{11}(-6\text{dB})$ 、反射损耗 1.2dB ;而在高领域(Highband)情况下,可以达到 $S_{11}(-6\text{dB})$ 范围。如果使用LC电路,则是 300MHz ,而使用高频变压器则是 500MHz ,达到了66%效果[见图(6)]。此外,LC电路和高频变压器中天线的综合特性(Total efficiency)显示:Lowband的高频侧也得到了 0.6dB 的改善效果[见图6(d)]所示。这种改善效果正是得益于带宽的广带化和 $I \cdot L$ 。

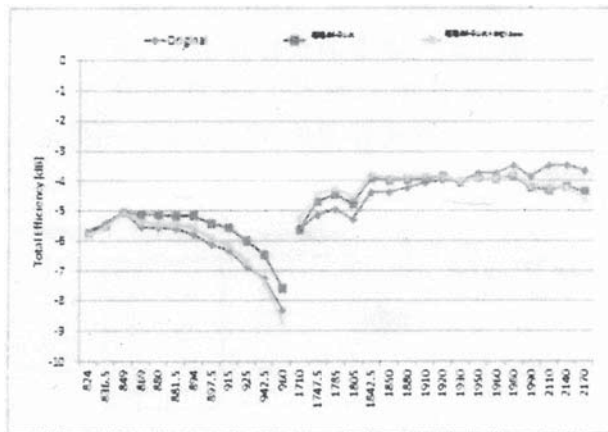
以下,我们将针对天线小型化的有效性进行检测。通常情况下,天线具有改善接地距离的特性。但是,如果天线占据空间很大,则势必压缩其他元器件的安装空间,这对电子设备小型化来说是很不合适的。所以,天线的小型化和缩小天线占据的空间也是本设计的重要内容。现在,设定天线的空间已被GND占据了一部分,我们对此时的天线特性的变化进行检测评价:天线空间的宽度为 52mm ,其中的 13mm 被GND占据,此时Lowband的性能劣化,变成了与LC电路等同的综合特性(Total efficiency),见图7(b)所示。这就表明了天线实际占有的空间减少了25%。

3 小结

通过文章的介绍,可以表明本设计试制的高频变压器与普通的LC电路比较使天线的性能得到了改善。高频变压器的变压比适应了天线的LowBand和HighBand阻抗的实际要求,即使是在全频范围内,也可以获得稳定的阻抗



(a)



(b)

图7 天线空间变更图(a)和其综合等效特性(b)

整合特性。本设计的产品可以被认为是电感器、电容器之后的第三种阻抗整合器件,必将为移动通信天线等可携带设备的多功能化、小型化作出贡献。

(参考资料来源:21ic.com)