**变压器、电感设计应用常识**

**电感Inductor：**一被动元件其作用在抑制电流的变化,电感也常被称为”交流电阻”,其抑制电流变化的功能及以磁场储存能量的能力为电感最有用的特性,电流流经一电感时会产生磁场,而磁场的变化会在发生电流的反方向感应一电压,这种抑制电流变化的特性被称为电感值,由一电流变化而在电感两端产生感应的电压可被定义成：  
V=L di/dt  
如此,感应电压正比于电感值及电流变化速率。

**线圈Coils：**为电感的常用另一名称

**电感值Inductance：**一电路之特性，能抑制流经之电流的改变，一电感之电感值会受磁芯材质、形状、尺寸、绕线圈数及线圈的形所影响，通常用来表示一电感的电感值，其单位为微享利（μH），下列的表格可以用来将电感值的单位换算成微享利，如此，47mH即等于47000μH。  
1 henry（H）=109μH            1 millihenry(mH)=103μH  
1 millihenryμH =1μH            1 nanohenry(nH)=10-3μH

通常电感值代码为三位数字表示，前两位数字表示标称电感值有效数字，第三位数字表示0的个数（倍率），如果第三位数是0，则不写；写1，加1个0；是2加两个0，依此类推，“R”表示小数点，标称电感值的单位是：μH。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **标称**  **写法** | **标称电感值（μH）** | **标称**  **写法** | **标称电感值（μH）** | **标称**  **写法** | **标称电感值（μH）** |
| 0R1 | 0．1 | 220 | 22 | 331 | 330 |
| 0R8 | 0．8 | 330 | 33 | 471 | 470 |
| 1R2 | 1．2 | 470 | 47 | 102 | 1000 |
| 1R5 | 1．5 | 820 | 82 | 152 | 1500 |
| 2R0 | 2．0 | 101 | 100 | 253 | 25000 |
| 100 | 10 | 221 | 220 | 303 | 30000 |

**电感值公差Inductance Tolerance：**标准的电感值公差通常以一公差字母来表示，其字母包含：

|  |  |
| --- | --- |
| **Letter字母** | **Tolerance 公差** |
| F | ±1% |
| G | ±2% |
| T | ±3% |
| J | ±5% |
| K | ±10% |
| L | ±15% |
| M | ±20% |
| P | ±25% |
| N | ±30% |

**测试频率Test Frequency：**用以测量一电感之电感值或品质系数或两者之频率，工业上常使用的测试频率包括：

**常用测试频率Common Test frequencies**

|  |  |
| --- | --- |
| **Test Frequency测试频率** | **Inducttor/Value Measured** **电感/量测值** |
| 1KHz | 功率电感（测量范围大） |
| 79．6KHz | 电感值（10000μH到100000μH） |
| 252KHz | 电感值（1000μH到10000μH） |
| 796KHz | 电感值（100μH到1000μH） |
| 2．52MHz | 电感值（10μH到100μH） |
| 7．96MHz | 电感值（1μH到10μH） |
| 25．2MHz | 电感值（0.1μH到1μH） |
| 50MHz | 电感值（0.01μH到0.1μH） |

大部份的测试频率是依军规所定制,然而有些测试频率仍和军规有些抵触，现今的趋势是依使用频率作为测试频率，特别是对低感值的电感,这些使用频率并不符合上列表单内的频率。

**圈数Number Of Turns：**一个高频铁氧体元件的串联阻抗可籍由将导线于铁氧体上绕二或更多的圈数来增加，磁学理论预测元件的阻抗会随圈数的平方而增加，然而，因为用于电磁干扰抑制的铁氧体磁芯的损耗及其非线性的本质，一个绕二圈导线的铁氧体磁芯的阻抗会比一个完全相同但只绕一圈导线的四倍还有少一点。

**Q品质系数：**电感的品质系数是量测一电感相对应损失的指标，这Q值被称为品质系数，它的定义为感抗（XL）对有效电阻(Re)之比,如下所示:  
Q= XL /RE =2πfL/ RE  
因为感抗及有效电阻都相关于频率,当要确定品质系数时需指定一个频率，在低频时，感抗一般随频率增加，增加速率比有效电阻来的大,在高频时掉的也快，有效电阻主要由绕线的直流电阻、铁损及表面效应所贡献，由上列之公式可知在共振频率时品质系数为零，因为此时的电感值为零。

**直流电阻DCR（DC Resistance）：**电感线圈在非交流电下量得之电阻，在电感设计中，直流电阻越小越好，其量测单位为欧姆，通常以其最大值为标注。

**欧姆OHM：**为量测电阻及阻抗单位，电阻可由欧姆定律计算而得。  
R=V/I  
R= Resistance电阻       V=Volage电压      I=Current电流

**额定电流Rated Current：**允许能通过一电感之连续直流电流强度，此直流电流的强度是基于在该电感在最大的额定环境温度中的最大温升，额定电流与一电感籍由低的直流电阻以降低绕线能量损失的能力有关，亦与电感驱散绕线的能量损失的能力有关，因此，额定电流可籍由降低直流电阻或增加电感尺寸来提高，对低频的电流波形，其均方根电流值可以用来代替直流额定电流，额定电流与电感的磁特性并无关连。  
饱和电流Saturation current：指流经一电感而使其电感值比零直流偏压时之原电感值下降一特定量的直流偏压电流，通常定义的电感值下降百分比有10%及20%，在储存能量的应用中，对铁氧体磁芯使用10%的电感下降值及对粉状铁芯使用20%的电感下降值是有用处的，因此直流偏压电流而致电感值下降的因素与铁芯的磁性有关，铁芯及其周边的一些空间指可以储存一定量之磁通密度，超过此磁通密度，铁芯的导磁率会降低，因此，电感值会因而下降，铁芯的饱和并不适用于“无铁芯”电感。

**自谐频率SRF（Self-Resonant Ferquency）：**指一频率，在此频率下一电感之分布电容值与电感值产生共振。此时电感值与电容值相等而相互抵消掉电感在自我共振频率显现出具高阻抗值的纯粹阻抗性，分布电容是由于所绕的线圈相互重叠及于铁芯周围所产生，此电容是平行于电感，当频率高于自谐频率时，此平行结合之容抗会主导元件的特性，而且在此电感之品质系数于自谐频率时会为零（此时之感抗等于零），自谐振频率以MHZ作标志，且在产品的资料表内以最小值登录。

**阻抗值Impedande：**一电感的阻抗值是指其在电流下所有的阻抗的总和，包含了交流及直流的部份，直流部份的阻抗值仅仅是绕线的直流电阻，交流部份的阻抗值则包括电感的电抗，下列的方程式用来计算一理想电感（没有能量损失）在一正玄波交流讯号下的电抗：  
Z= XL =2πfL

L的单位为亨利面f的单位为赫兹，此公式说明一较高的阻抗值可由较高的电感值或在较高的频率下得到，此外，表面效应及铁损也会增加一电感的阻抗值。

**电抗Reactance：**指一阻抗的虚拟部份（亦可参阅阻抗）

**分布电容值：**DistribuTed Capacitanc：在电感的结构中，每一圈的绕线或导体有如电容电板一般的作用，其每圈结合起来的效果，有如单一之电容值，称之分布电容值，与电感并联的。如此并联的结合使得电感在某频率下会产生谐振，称之为自谐频率（SRF），在一定电感值下，较低的分布电容值会有较高的自多谐振，反之亦然。

**环形电感Toroidal Inductor：**一电感其绕线于一环形磁芯上，环形磁芯有多种材质可供选择，基本上有四类：铁氧体磁芯、铁粉芯、合金磁粉芯、高磁通且带封型。环形电感的特性包括：自我遮蔽（封闭的磁路），高效率的能量转换、线圈间的高耦合及快速饱和。

**色码Color Codes：**电感的色码是标准化的，其色标或色带代表电感的值及公差，以下表格列为颜色及其代表之数字。  
Color Code Chart

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| r颜色 | 有效数字或小数点 | 倍数 | 电感值公差 |
| Brown棕 | 1 | 10 | ±1% |
| Red红 | 2 | 100 | ±2% |
| Orange橙 | 3 | 1000 | ±3% |
| Yellow黄 | 4 | 10000 | ±4% |
| Green绿 | 5 | - | - |
| Blue蓝 | 6 | - | - |
| Violet紫 | 7 | - | - |
| Gray灰 | 8 | - | - |
| White白 | 9 | - | - |
| Black黑 | 0 | 1 | ±20% |
| Silver银 | - | 0．01 | ±10% |
| Gold金 | - | 0．1 | ±5% |

**轴向电感Axial Inductor：**两端之轴心位置上有金属导线之磁芯的电感，应用于电源及RF且有多种材质可供选择，如石碳酸树脂、铁氧体磁芯及铁粉芯，外形有棒状及线轴状，轴向电感适合带装方式以供自动安插。

**径向电感Radial Inductor：**指一电感其引出导线位于铁芯本体的同侧以安插至相同平面，径向电感通指具有两引出导线装置，但技术上也包含两引出导线上之装置，常见的形式包括棒形磁芯、线轴磁芯及环型磁芯。

**环氧树脂包覆的电感Epoxy Coated Inductor:**指电感被环氧树脂包覆的结构，而非有一成形的框架或是有伸缩的套管或是开放式的结构体，环氧树脂包覆之电感通常有平滑的边及表面，环氧树脂层作为绝缘体，有一些径向及轴向型式的电感可找到有环氧树脂包覆的表面。

**铸型电感Molded Inductor：**外壳以铸型制程所成形之电感，通常铸型制程包括射出及转移铸型两种，与其它型式之电感如环氧树脂包覆的电感及伸缩套管之电感比较起来，铸型电感常有很明确的尺寸、平滑的表面及尖锐的边角。

**积层电感Multilayer Inductor：**提一电感其线圈分布在铁芯材质的各层上，此种线圈常包含一裸露的金属材料（非绝缘材料），这种技术有时亦叫做“非绕线式”，只要在既有之螺旋电路方式下，插入额外的层数，既可增加电感值。

遮蔽式电感Shielded Inductor：一电感其磁芯能包含绝大部份之磁场，有些电感的设计能自我遮蔽，如像环形，POT形及E形的磁芯形状皆是。磁芯的形状像是弹丸形磁芯及线轴形需搭配磁性套管或类似的方法来达到遮蔽效果，要特别指出的是所谓磁遮蔽只是程度上的不同，此适用于环形磁芯，低导磁率的环形磁芯边缘磁场比高导磁率的环形磁芯来的高。

**射频扼流圈RF Choke：**射频电感的另一称呼，用以过滤或抑制讯号（亦参阅电感）。

**封闭的磁路Closed Magnetic Path：**具有能完全包容所有由绕线电感所产生之磁通量的磁性铁芯形状皆可被认为是具有遮蔽的电感，然而遮蔽只是程度上的不同，一般上，环形磁芯、E形磁芯及大部份之POT形铁芯都被认为是具有封闭磁路的铁芯形，遮蔽的线轴亦能提供高程度的遮蔽，在大部份实际的应用下亦被视为具有封闭磁路，一般被认为有开放磁路的铁芯形状有棒形磁芯及未遮蔽之线轴磁芯。（亦参阅遮蔽式电感）。

**电磁波干扰EMI：**EMI是ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE之缩写，为不要之任何形式的电气能量，EMI通常与NOISE（杂讯）互用。

**杂讯NOISE：**指在一电路中与所要之讯号无关之多余电能，杂讯的来源通常为某些形式的切换电路，常见的杂讯为切换式电压，调整器及时脉讯号，如一些数位电路。

**直流-直流转换器DC-DC Converter：**提一电路或仪器可将一直流输入电压转换成一调整过的输出电压，此输出电压可为较低、较高或与输入电压相同，交互式直流对直流调整电路通常需要一电感或变压器以达到所要之输出电压，交换式调整电路较之非交换式技术，有较高之功率效率。

**一般模式杂讯Common-Mode Noise：**在与接地相关之电路上发生的杂讯或电气干扰。

**差动模式杂讯Differential-Mode Noise：**亦构之正常模式杂讯，此种电气干扰并非发生在电路中而是在电路与电路之间。

**RFI射频干扰：**RFI为射频干扰之简称，为一较旧及较严谨的名词，可和“EMI（电磁波干扰）”互换。（亦可参阅电磁波干扰）

**Filter滤波器：**指一电路或装置其功能是在一特定频率或频带下控制电能，不同种类的被动元件常被用来构建不同的滤波器，这些被动元件包含电阻、电容及电感。

**输入线性滤波器Input Line FILTER：**指一被置于输入端与一电路或组合电路相接之电源滤波器，用以减压由电源所产生的杂讯，此滤波器被设计成可在一频带内消除杂讯，通常这些滤波器是属于低通滤波器，意思是只让低频带的讯号通过，如直流电源，并减低主要以杂讯为主的高频讯号，带通或低通滤波器通常由电感及电容搭配而成。（亦参阅杂讯及电磁波干扰）。  
增量电感Incremental Current：指一流经电感的直流偏压电流，而使得电感值较初始无直流偏压下之电感值下降5%，这个电流强度说明电感值在持续增加的直流偏压下将急速的下降，这适用于大部份用来代替粉状铁的铁氧体，粉状铁之磁芯具有“软性”的饱和特性，意思是指在较高的直流偏压下，其电感降较铁氧体缓和，同时，电感值下降的速率和磁芯的形状也有关。（亦参阅饱和电流）

**温升Temperature Rise:**在空气中元件表面温度因元件内部能量释放所造成的温度之增加量。

**环境温度Ambient Temperature：**直接接触元件或电路之静止空气的温度，一般量测环境温度的方法是量取元件或电路约1/2寸之处的环境温度。

**操作温度范围Operating TemperatURE Range：**指元件可以安全运作的环境温度范围，操作温度与储存温度不同，操作温度需把由直流偏压电流所产生的绕线损失致产生的自我温升列入计算，此能量损失为“铜损”：  
Power Loss=(DCR)(12dc)  
此值等于此能量损失造成元件温度上升而高于环境温度，因此，最大的操作温度会小于最大的储存温度大操作温度=储存温度-自我温度。（亦参阅铁损）

**储存温度范围Storage Temperature Range：**指一环境温度范围，元件在此温度范围可被安全储存。（亦参阅操作温度范围）

**表面效应Skin Effect：**指交流电流较倾向于在导体的表面传导而非流经整个导体截面的趋势，此现象会造成导体的电阻提高,与导体中之电流有关之磁场在导体中心部位产生涡电流而阻碍了中心部位的主要电流，当交流电的频率增加时，主要电流的流向会进一步推挤到导体表面。

**铜损Copper Loss：**电流流经线圈所产生之能量损失，此能量损失等于电流大小的平方乘线圈的电阻（12R），这些能量损失转换成热能。

**铁损Core Losses：**铁损是由于在铁芯中的变更磁场所造成，这个损失与操作频率及总流动的磁通量有关，总铁损由三个部份组成，磁滞损、过流损及残留损，这些损失因磁性材料不同而异，在如高功率及高频率切换调整器和RF的设计需要小心选择铁芯种类以降低铁损使电感的表现最佳。

**涡流损Eddy Current Losses：**涡流损同时会出现在电感中的绕线及磁性铁芯中，在绕线（导体）中的涡电流会促进两种形式的损失：邻近效应之损失及表面效应之损失，至于铁损，中视为在一磁场中之磁力线周围的一电场，是由交互的磁通量所产生，如果此磁性铁芯具有导电性，则形成涡电流，因涡电流在一垂直于磁力线方向的平面流动，损失而产生。