

电感特性参数

引言

在开关电源变换器中，电感器是其中的关键储能及滤波器件。然而由于各种方案不同的应用条件（电压、电流、开关频率等），不同电感器在电路中的表现差异很大。因此，在电路设计中进行电感器选型时，首先要对本身方案的应用条件有清晰的认知，也要对电感的各个参数有一定的了解，才能进一步保证电路的稳定性。

电感主要特性参数

主要特性参数	Symbol	Test conditions	Value	Unit	TOL.
电感量(Inductance)	L	100kHz/10mA	33	μH	±20%
额定电感量(Rated Inductance)	L _R	100kHz/4.0A	28	μH	typ.
额定电流(Rated Current)	I _R	ΔT=50K	4.0	A	max.
饱和电流(Saturation Current)	I _{SAT}	ΔL/L <30%	5.0	A	typ.
直流阻抗(DC Resistance)	R _{DC}	@20°C	21.7	mΩ	±8%
自谐振频率(Self Resonant Frequency)	F _{res}	/	9.5	MHz	typ.

表 1.电感特性参数表

(1) 电感量 L/L_R

电感的电感量的大小主要取决于线圈的圈数、绕制方式、有无磁芯及磁芯的材料等。其单位为亨利，用字母“H”表示。1H的意义是当通过线圈的电流每秒变化1A所产生的感应电动势为1V时，线圈的电感量为1H（即1亨利）。

表1中，电感感量有两个参数，其中，L指的是在100KHz/10mA的条件下测得的，此时外加的直流偏置极小。L_R指的是在100KHz，额定电流4.0A条件下测得的电感量，较100KHz/10mA的条件下测得的感量会有一定下降，感量降低的主要是由于制作电感磁芯材料的物理特性决定。

该电感的电感量容差值（tolerance）是±20%，一般电感量容差值（tolerance）以±20%与±30%居多。

(2) 额定/温升电流 I_R

表1中的额定电流也可以说是电感温升电流，是对“相对温度”变化的限制。在表1中，可以看到“ΔT=50K”的描述，指使电感温度上升50K时的电流大小，如图1（左），通过电感的电流越大，电感温升越高，电感温度上升50K时的电流大小为4.0A，即此电感的额定/温升电流（摄氏温度T(C)和K氏温度T(K)的关系：T(K)=T(C)+273.15）。

额定/温升电流是指允许通过电感的连续的直流电流强度，电感的额定/温升电流主要与绕制电感的铜线的线径有关（线越粗，电感的额定/温升电流越大），电感的额定/温升电流还与电感的散热能力有关，散热能力越好，此电流越大（电感的散热能力还与电感的型式、形状、尺寸等有关）。

(3) 饱和电流 I_{SAT}

饱和电流，是指使得电感进入（磁）饱和状态下的电流，此时，电感的电感量相对未加电流时的电感值下降一定比例（一般是30%~50%），而通过的电流会进一步上升（电感量下降，电感对电流变化的阻碍能力下降）。如图1（右），电感量33uH的电感在电感电流达到饱和电流5.0A时，感量由33uH下降到21uH（下降36.4%）。

通常情况下，电感额定电流指的是额定/温升电流与饱和电流中的较小值。实际使用时，应控制电路中的电感电流小于电感的这几个电流值，并留有一定余量。

(4) 直流电阻 R_{DC}

直流电阻，描述的是电感的电流/磁场达到稳定状态下的电阻。理想情况下，电流/磁场稳定了，电感呈现短路状态，但实际上还有mΩ级别的电阻，R_{DC}影响最大最直接的就是发热损耗，所以直流阻抗越小损耗越少。

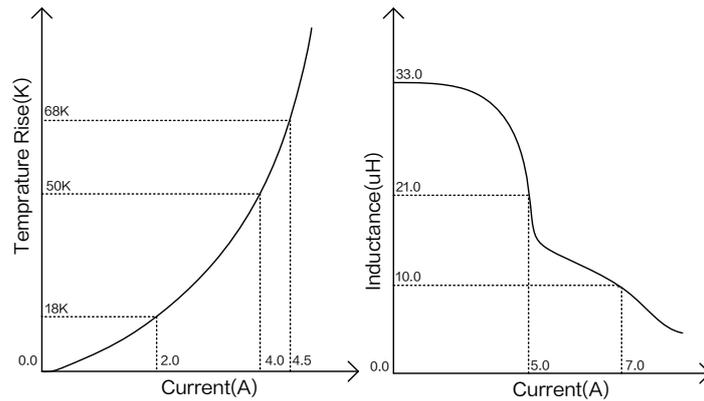


图 1. “电感温升-电流” 曲线（左）及 “电感感量-电流” 曲线（右）

(5) 自谐振频率 F_{res}

线圈的匝与匝间、线圈与屏蔽罩间、线圈与底板间存在的电容被称为分布电容。由于分布电容的存在，使线圈有一个固有频率或谐振频率（ F_{res} ），其值为：

$$F_{res} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

电感器实际上可以等效图示的电路：

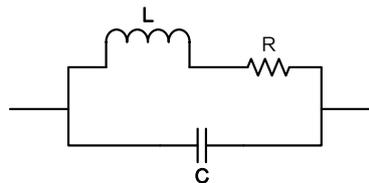


图 2.电感器的实际等效电路

电感的根据实际模型，电感的复阻抗为：

$$Z = \frac{\frac{1}{j\omega C} * (j\omega L + R)}{\frac{1}{j\omega C} + (j\omega L + R)} = \frac{j\omega L + R}{(1 - \omega^2 LC) + j\omega RC}$$

阻抗的绝对值为：

$$|Z| = \sqrt{\frac{(\omega L)^2 + R^2}{(1 - \omega^2 LC)^2 + (\omega RC)^2}}$$

如图 3，在谐振频率左侧，电感占主导地位，阻抗然后随频率的增加不断而上升，电感主要呈感性；在谐振频率处，阻抗达到最大；而在谐振频率右侧，电容占主导地位，阻抗然后随频率的增加不断而下降，主要呈容性。

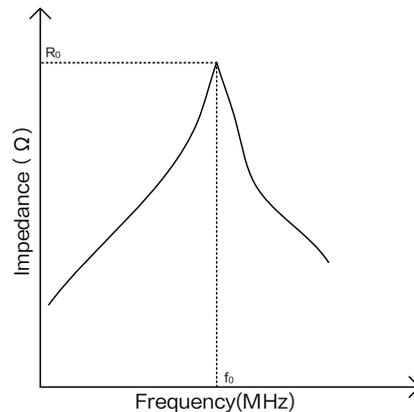


图 3.阻抗-频率曲线