

# 开关电源中磁性元件的半实物仿真与应用

何磊<sup>1</sup>, 韩博文<sup>2</sup>

1.西安电子科技大学, 陕西, 西安  
2.陕西华经微电子股份有限公司, 陕西, 西安

**简介:**磁性元件广泛应用于开关电源系统中, 例如: 变压器用于电磁能量变换, 起到隔离、电压变换等作用; 电感器用于储能、吸收电磁干扰等作用。现如今, 简单的依靠以往粗略的经验公式或者解析表达式已经不能精确的计算出实际的频率、阻抗和损耗等特性, 且很难解决电感器的各类特性和体积间的优化设计。针对此问题, 采用 COMSOL Multiphysics 多物理场耦合仿真软件。根据电感器实物进行三维建模, 利用 AC/DC 磁场 (mf) 接口和线圈几何分析, 得到在实际工程应用中指定材料和频率范围下的阻抗、电感量、磁场强度分布等参数值。

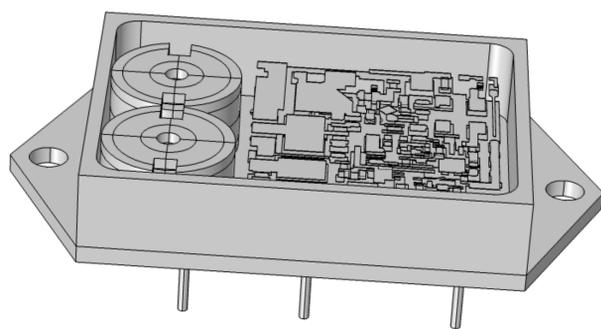


图 1. 开关电源

**结果:**仿真结果如下图所示。

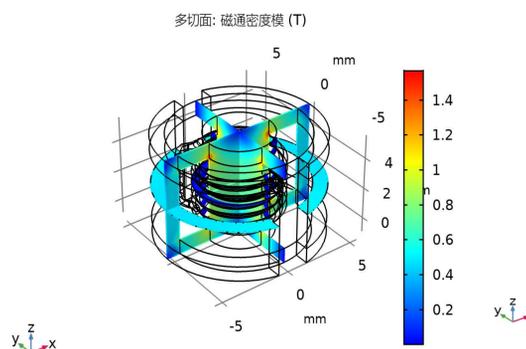


图 3. 多切面磁通密度模

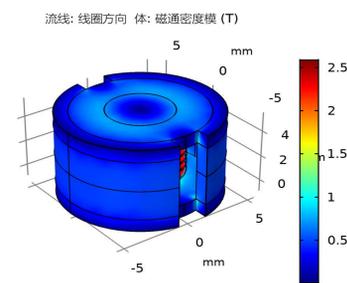


图 4. 磁通密度模

变量	数值	单位
线圈电阻 (DC)	11.949	mΩ
线圈电感	9.252	μH
电压降定义	11.949	mΩ
通过磁能密度计	8.527	μH

表 1. 仿真数据



图 5. 实测数据

**计算方法:**模型的线路板几何结构使用外部 Mentor 软件设计, 随后导入“AC/DC 模块”进行静态和频域分析。其中, 阻抗边界条件方程:

$$\sqrt{\frac{\mu_0 \mu_r}{\epsilon_0 \epsilon_r - j \frac{\sigma}{\omega}}} \mathbf{n} \times \mathbf{H} + \mathbf{E} - (\mathbf{n} \cdot \mathbf{E}) \mathbf{n} = (\mathbf{n} \cdot \mathbf{E}_s) \mathbf{n} - \mathbf{E}_s$$

根据工程中用到的实物进行三维几何模型的建立。如下图所示, 采用直径 0.5 (mm) 的铜导线进行绕制, 共计 6 匝。

**结论:** 通过利用多物理场仿真分析软件 COMSOL Multiphysics 以实现对电感器的精确设计, 得到在指定的材料参数和一定频率下的电感值和磁通量密度。

1) 通过有限元模型在频率 1kHz 的条件下, 经过 COMSOL 仿真得到电感器模型的电感值为 8.527 μH, 与实测数据 8.5 μH (图 5 所示) 相近。

2) 通过磁通量密度模图发现, 越靠近铜导线处的磁通密度越大。

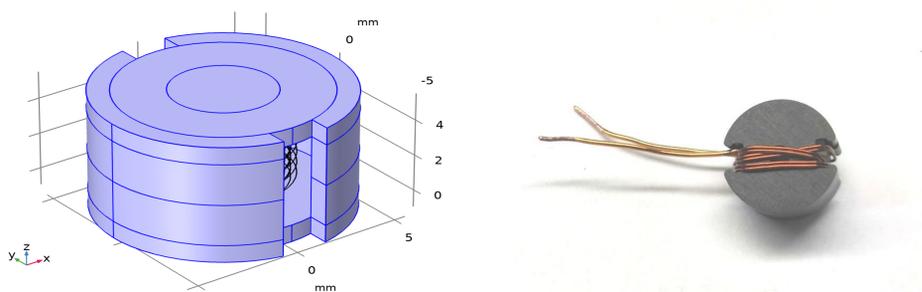


图 2. 电感器模型与实物

## 参考文献:

1. 付会凯. 六相感应电机转子感应电压有限元分析与研究[J]. 制造业自动化, 34(1): 128-131. (2012)
2. 江磊. 二维有限元网格的局部调整及优化[J]. 制造业自动化, 33(2): 180-182. (2011)