

# 基于COMSOL的三相电抗器耦合仿真分析

黄文聪<sup>1</sup>, 李晓涵<sup>1</sup>, 吴锋<sup>1</sup>, 查冰<sup>1</sup> 刘凌云<sup>1</sup>  
1. 湖北工业大学 武汉市 湖北省 中国

**简介:**电抗器在运行的过程中其由磁致伸缩引起的振动噪声问题受到了广泛关注, 因此本文以三相电抗器为研究对象, 在麦克斯韦方程相关理论的基础上利用COMSOL Multiphysics®仿真软件, 从多物理场耦合的角度进行仿真分析。从构建三维几何模型、选择材料、设置多物理场和边界条件、网格剖分最后定义瞬态计算条件, 在电抗器外部边界自由和加固体约束力两种不同的情况下分别仿真计算。仿真结束后对电抗器的磁通密度分布、振动位移分布及铁芯形变幅度、声压频率变化、声压场和声压场分布进行对比分析, 并对噪声水平进行评估。通过对计算结果的对比分析表明, 在电抗器外部加上固体约束力, 可以有效减小电抗器的噪声。

**计算方法:**这其中涉及到磁场、结构力学场和压力声学场的多场耦合。

$$B = \mu H$$

$$\rho \frac{\partial^2 \rho_t}{\partial t^2} = \nabla \cdot S + F_v$$

$$\frac{1}{\rho c^2} \cdot \frac{\partial^2 \rho_t}{\partial t^2} \cdot \nabla \left( -\frac{1}{\rho} (\nabla \rho_t - q_s) \right) = Q_m$$

图1电抗器的四分之一几何模型, 图中标记的点为声压级的测量点。

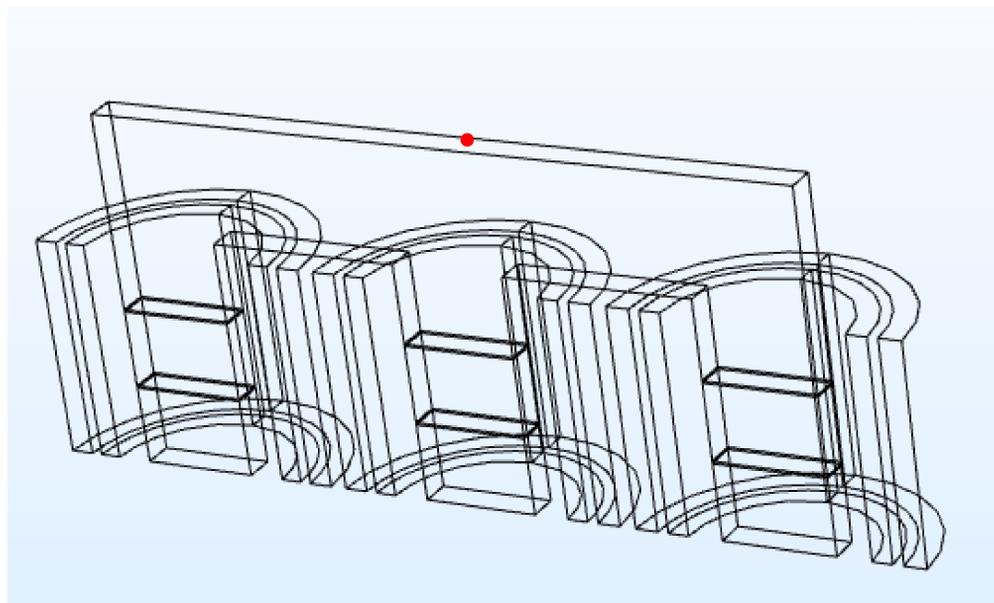


图1.几何模型图

**结果:**在电抗器运行的过程中, 由磁致伸缩会引起振动并产生噪声, 图2为电抗器边界自由时外部的声压分布图。经对比分析, 在给铁芯上轭加上1000N的固体约束力之后, 在一个周期内整体的噪声水平明显减小。

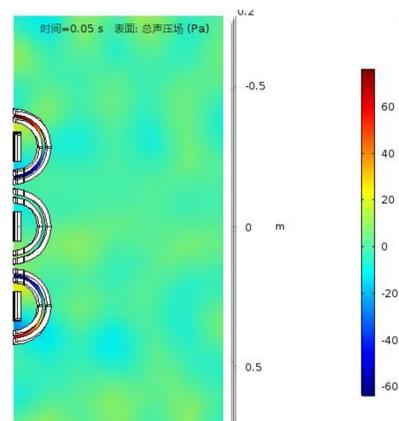


图2.底部声压分布图

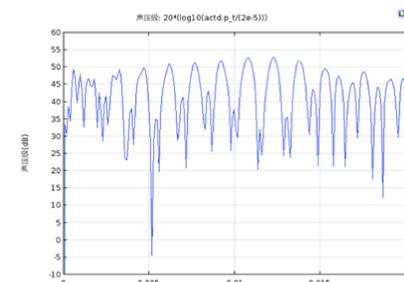


图3.自由边界时声压级大小



图4.加固体约束力时声压级大小

**结论:**本文针对电抗器的噪声问题, 采用有限元法, 建立三相电抗器的三维几何模型, 并通过多物理场耦合计算, 得到三相电抗器铁芯的振动位移场、形变及声压场分布。通过对电抗器外部处于自由状态和加固体约束力两种情况的对比分析, 和对电抗器本体振动噪声水平进行计算分析和评估可得出结论, 在电抗器外部加上固定约束力可减小铁芯振动位移, 并有效减小噪声。

## 参考文献:

- [1]刘骥, 何亚倩, 李凯. 电抗器铁芯振动噪声多物理场研究[J]. 哈尔滨理工大学学报, 2017, 22(01):35-40.
- [2]王维征, 郑泉, 吴文林, 李习芹, 王健, 卢晓会. 500kV壳式三相并联电抗器开发设计[J]. 变压器, 2015, 52(03):1-4.
- [3]Y. Gao, M. Nagata, K. Muramatsu, K. Fujiwara, Y. Ishihara and S. Fukuchi, "Noise Reduction of a Three-Phase Reactor by Optimization of Gaps Between Cores Considering Electromagnetism and Magnetostriction," in IEEE Transactions on Magnetics, vol. 47, no. 10, pp. 2772-2775, Oct. 2011. doi: 10.1109/TMAG.2011.2154378