

干式变压器电磁振动噪声的优化控制分析

王斌¹, 沙瑞², 张会燕³, 祝丽花⁴

1.天津工业大学, 天津, 中国

简介:

干式变压器作为城区供电的重要电力设备, 其连续运行时的振动噪声问题已成为制约其发展和应用的瓶颈, 铁心的振动噪声不仅会对人们的生活环境造成污染, 而且会降低设备的可靠性。本文基于硅钢片磁特性的测量数据, 并考虑铁心磁致伸缩效应, 采用 COMSOL Multiphysics 多物理场仿真软件, 通过AC/DC模块、声-固耦合模块对变压器铁心的应力、声压级分布进行研究, 并提出优化控制方法。

计算方法:

变压器铁芯包含机械能、磁场能、磁-机械耦合能量的泛函:

$$I = \int_{\Omega_2} \left(\frac{1}{2} \boldsymbol{\sigma}^T \mathbf{s}^H \boldsymbol{\sigma} \right) dV + \int_{\Omega_2} \left(\boldsymbol{\sigma}^T d\mathbf{H} \right) dV + \int_{\Omega_1} \left(\frac{1}{2} \mathbf{H}^T \boldsymbol{\mu}^\sigma \mathbf{H} \right) dV - \int_{\Omega_1} \mathbf{J} \cdot \mathbf{A} dV - \int_{\Gamma_1} \mathbf{f}_\Gamma \cdot \mathbf{u} dV - \int_{\Omega_2} \mathbf{f}_V \cdot \mathbf{u} dV$$

声场模块泛函:

$$W_i = \rho c \kappa_j \iint_S v_n^2 dS_c = \rho_0 c_0 \kappa_j \sum_j v_{n,k}^2 S_{c,k} \cos \theta_i$$

铁心周围自由声场的声压级:

$$L_{pi} = 10 \lg(W_i / W_0) - \lg R_i - D$$

根据电磁理论, 如果U和f是常数, NBS也是常数, 因此, 当线圈匝数一定时, 铁心横截面是跟磁通密度成反比的。所以可以通过增加磁通密度来降低变压器的成本。相反, 增加横截面面积能减小工作磁通密度和明显减小铁心噪声。

结果:

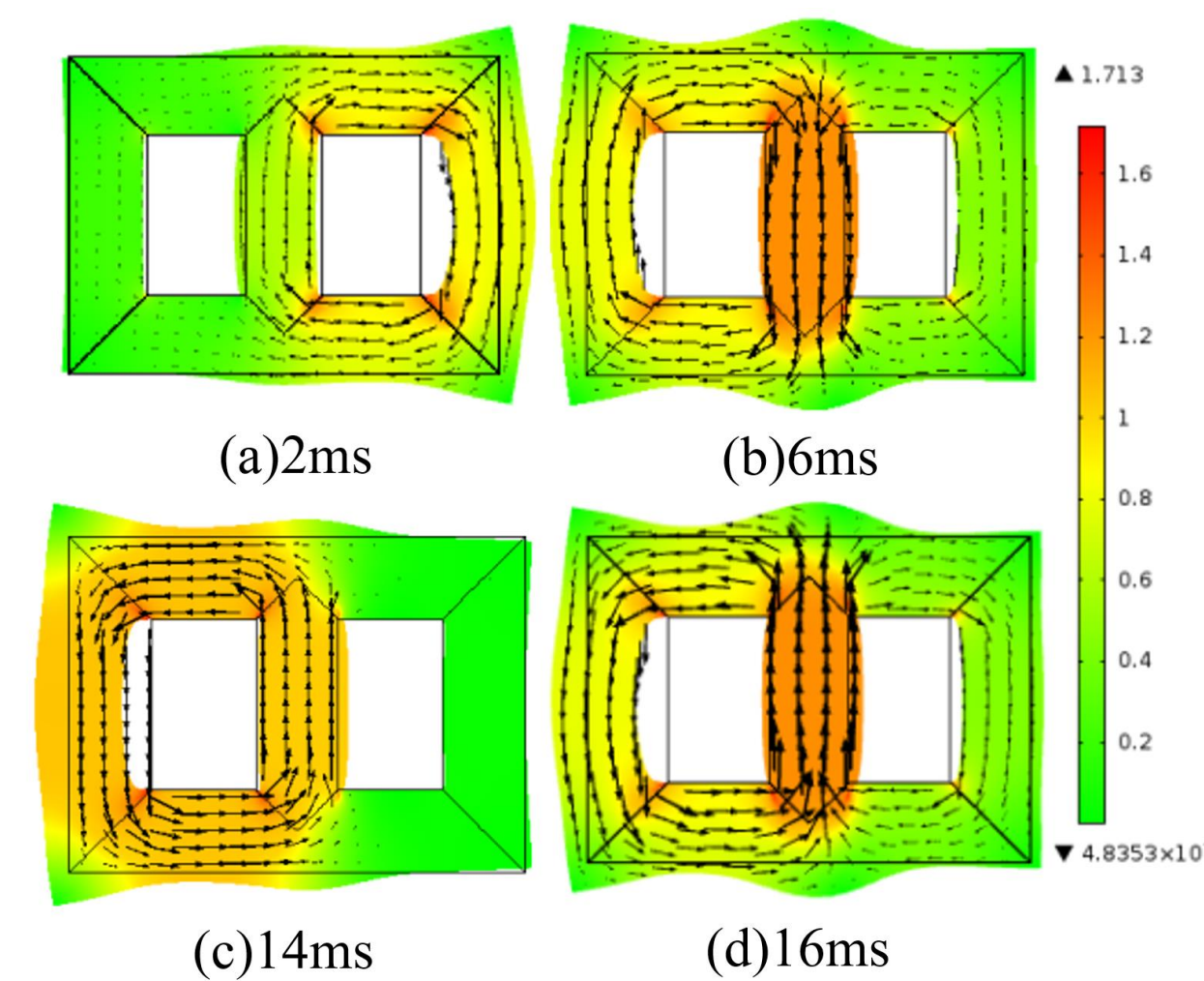


图1: 不同时刻铁心磁场分布和变形

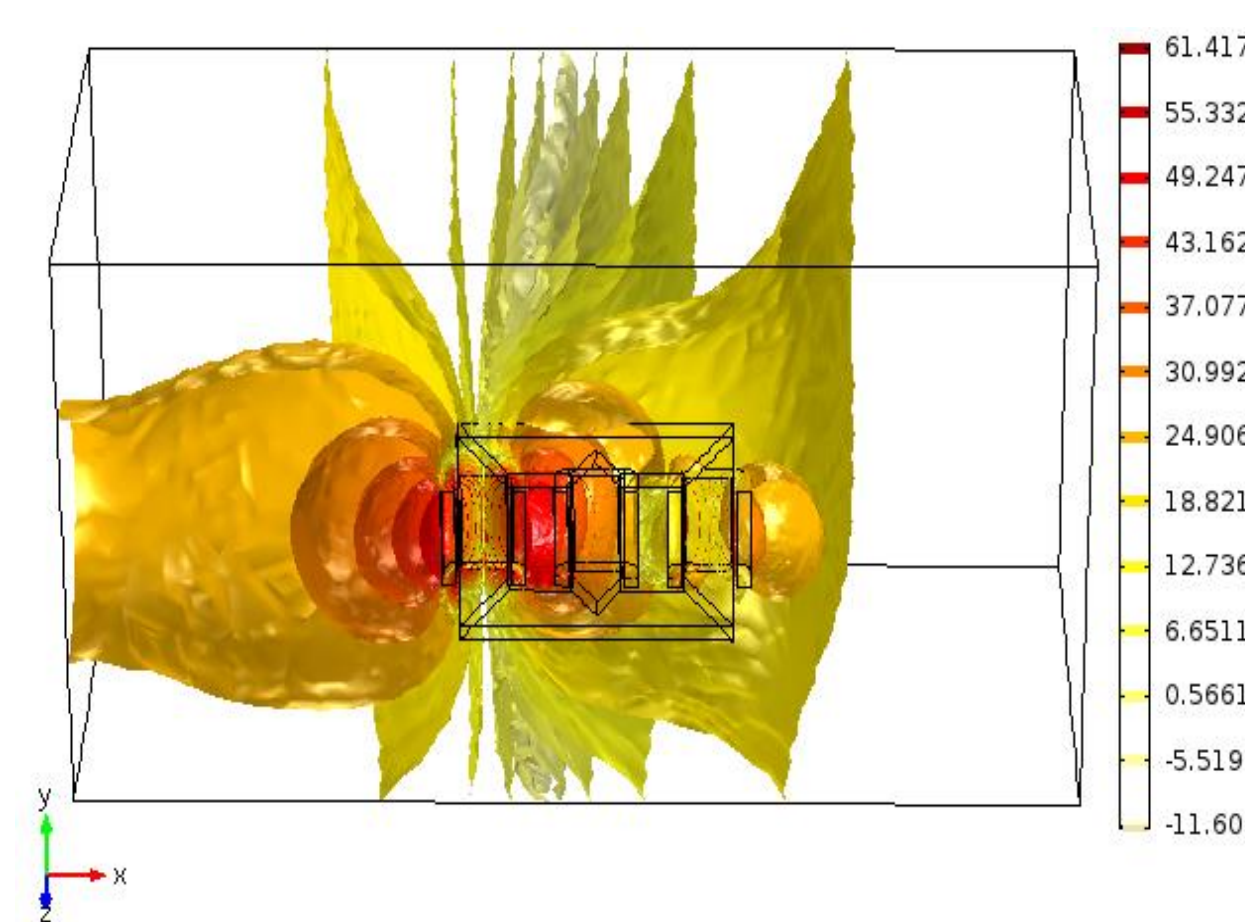


图2: 变压器本体声压级分布

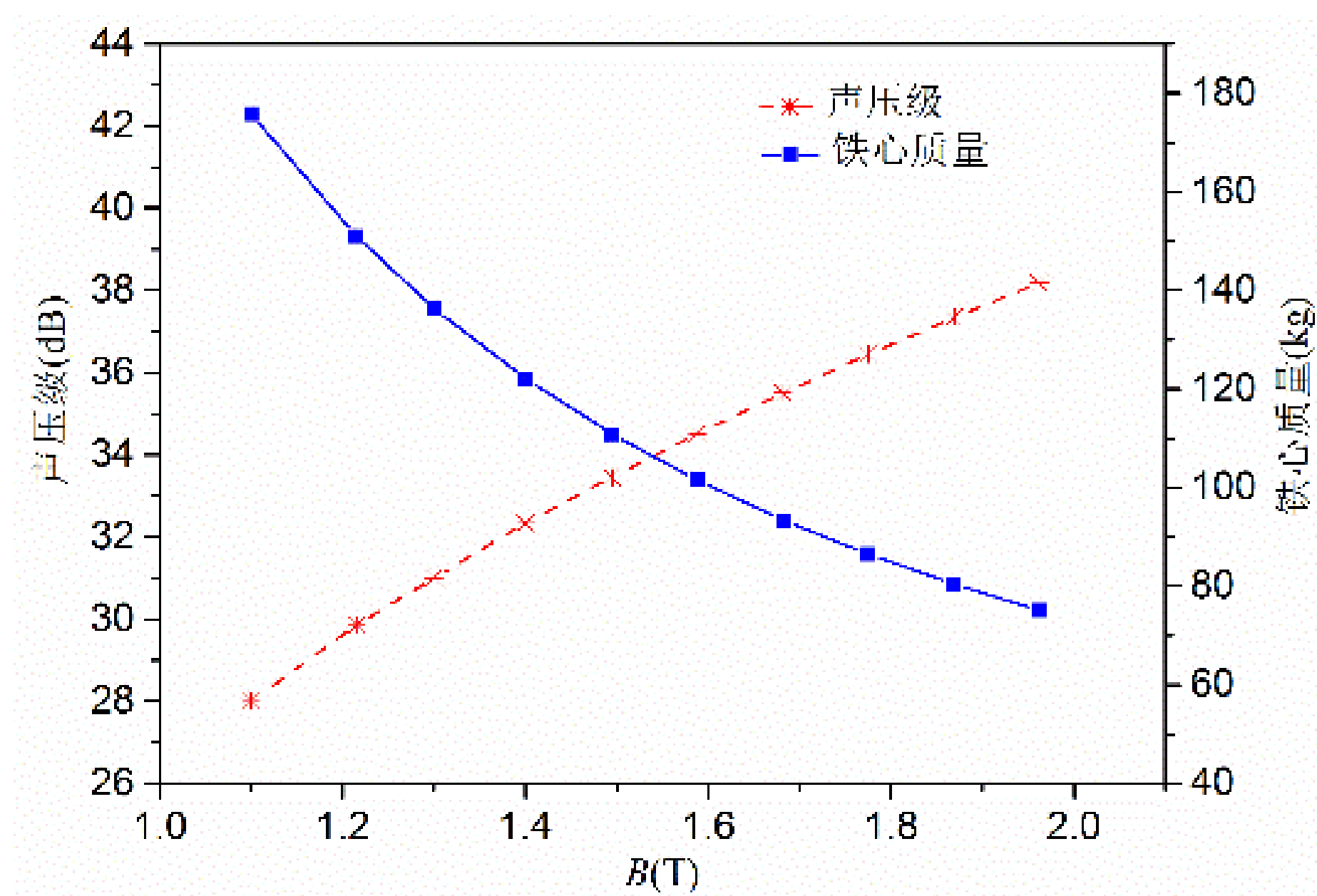


图3: 优化控制仿真结果

结论:

本文中所提到的数值模型和变压器电磁振动噪声的最优化控制分析方法是用来解决成本和噪声限制之间的问题的。基于磁性测量, 变压器产品被分析和测验。磁通密度最佳工作点在铁心质量曲线和声压级曲线交点处, 实际取工作点附近。分析和测量误差在工程允许的范围内, 本工作有助于在变压器设计阶段的噪声预测和寻求最佳工作点, 可用于生产和设计过程。

参考文献:

1. W. Kubiak and P. Witczak, "Vibration analysis of small power transformer," COMPEL, vol. 29, no. 4, pp:1116-1124, 2010.
2. Taibao Li, Computational acoustics: Sound field equation and calculation method, Beijing: Science Press, 2005.
3. IEC/TR 62581[S], Electrical Steel-Methods of measurement of the magnetostriction characteristics by means of single sheet and Epstein test specimens, 2010.