

三自由度永磁球形电动机的COMSOL仿真优化

琚斌¹, 李国丽², 李浩霖³, 文彦⁴

1.高节能电机及控制技术国家地方联合工程实验室, 安徽大学, 安徽, 合肥

简介: 利用COMSOL Multiphysics软件中的AC/DC模块和结构力学模块对如图1所示三自由度永磁球形电动机的输出转矩进行仿真, 获取动摩擦因数, 进而仿真摩擦力矩。



图 1. 三自由度永磁球形电动机结构

结果: 在AC/DC模块下仿真得出通电定子线圈和转子永磁体形成的耦合磁场, 结合结构力学模块下的多体动力学, 绘制输出轴运动速度随时间变化的图线, 与实验中采用MEMS采集到的速度进行比较。

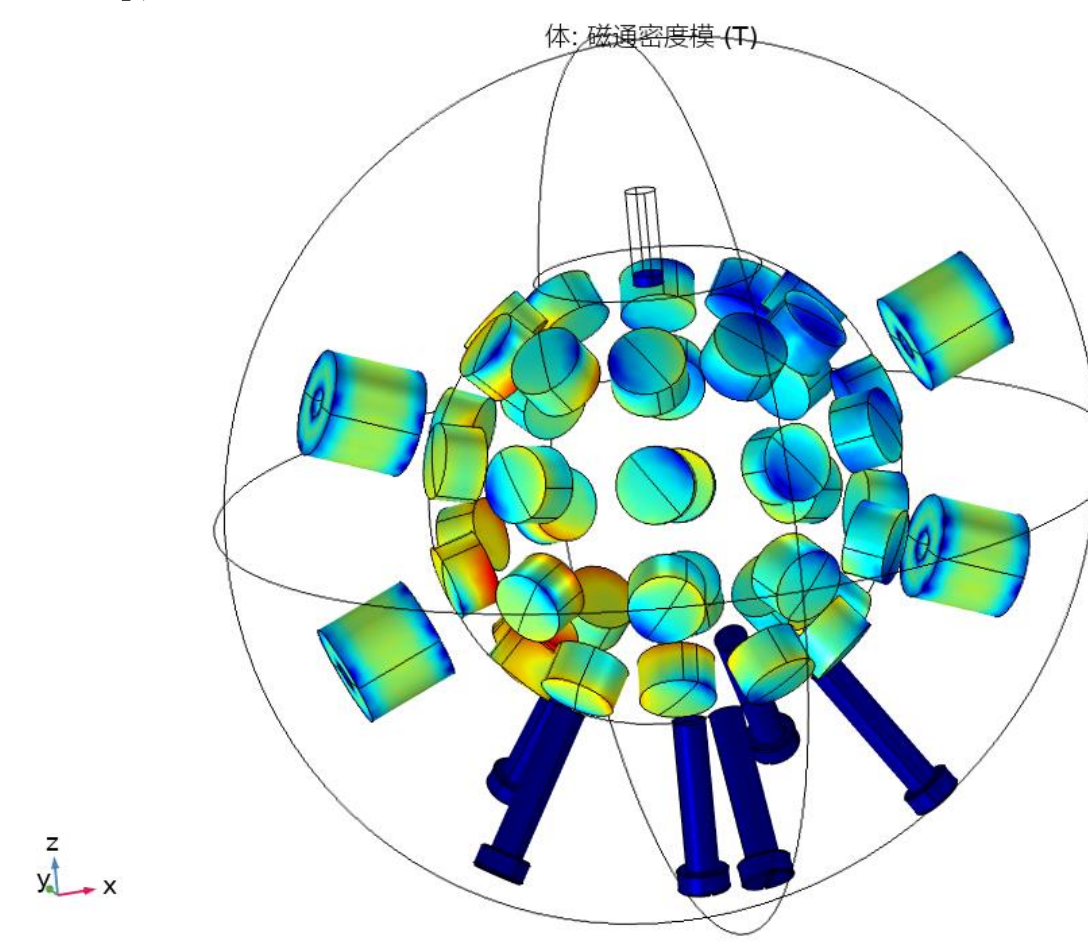


图 3. 球形电动机磁场仿真

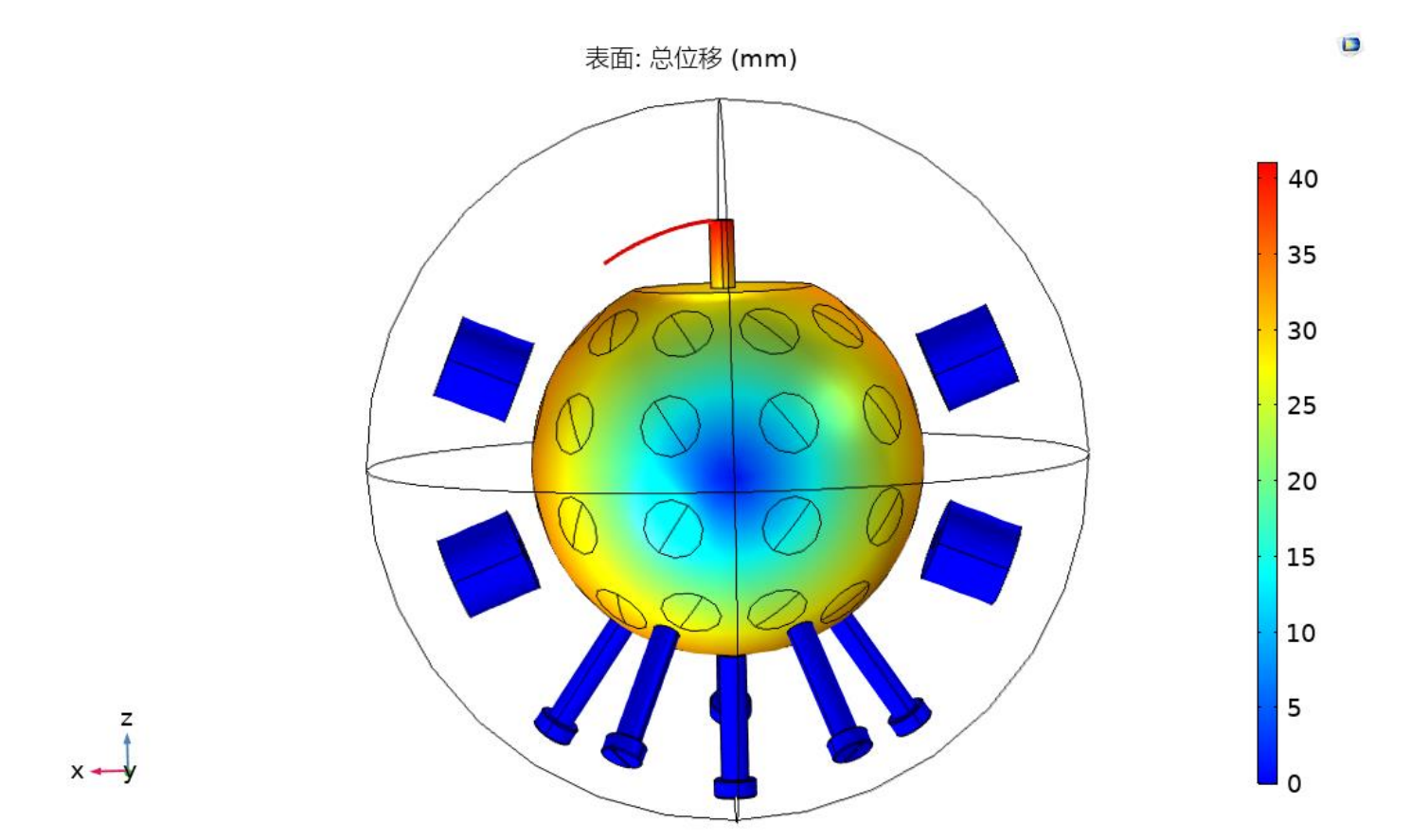


图 4. 球形电动机通电转动运动轨迹

计算方法: 磁场与多体动力学耦合, 瞬态假设方程。

$$\rho \frac{\partial^2 \mathbf{u}}{\partial t^2} = \nabla \cdot (\mathbf{FS})^T + \mathbf{Fv}$$

$$\mathbf{F} = \mathbf{I} + \nabla \mathbf{u}$$

对三自由度永磁球形电动机结构进行简化, 在仿真模型中省略无关部分, 保留四个通电线圈、转子体及镶嵌的永磁体、输出轴、支撑杆, 在COMSOL Multiphysics软件中的几何模型如图2所示。

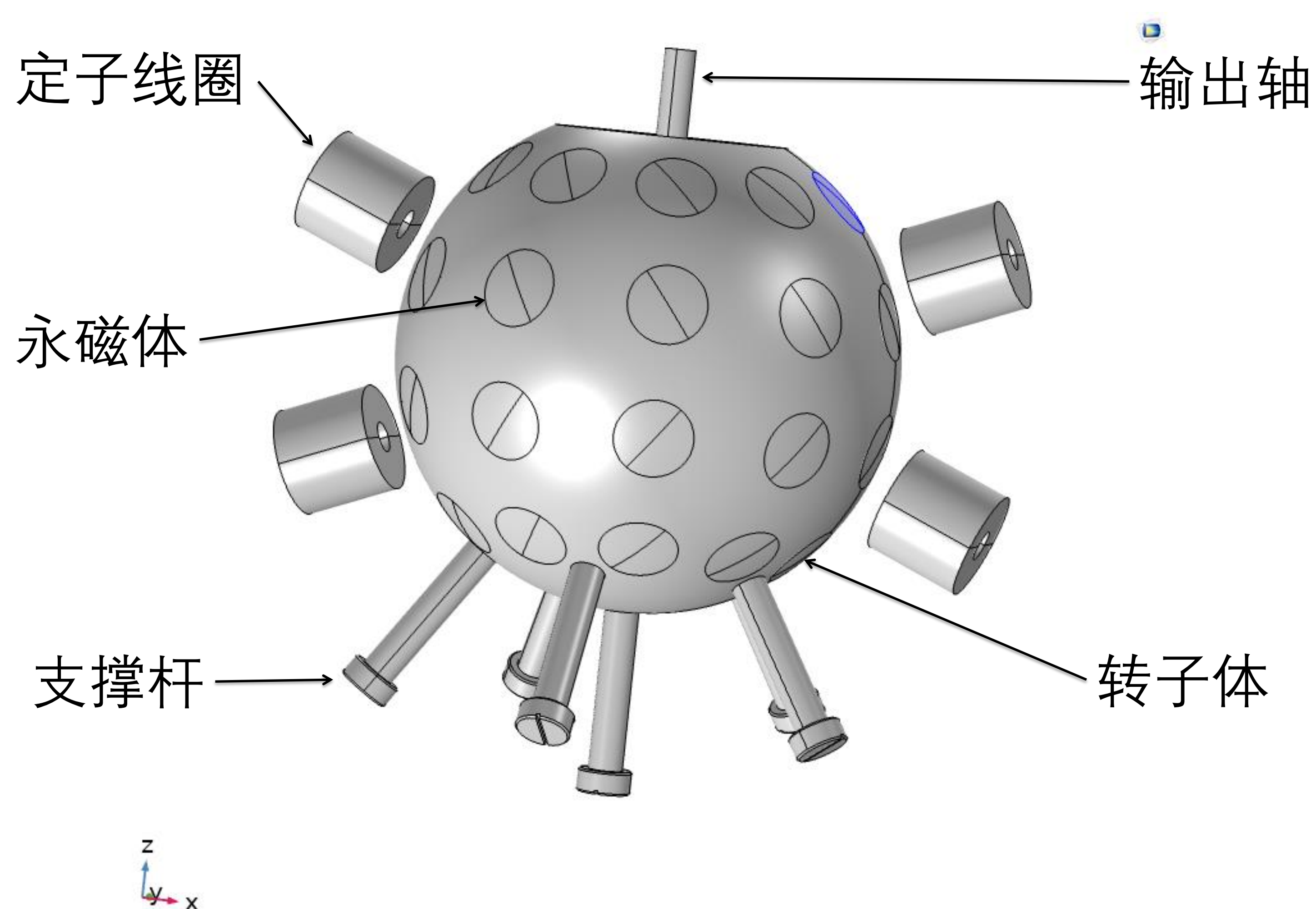


图 2. 三自由度永磁球型电动机仿真几何模型

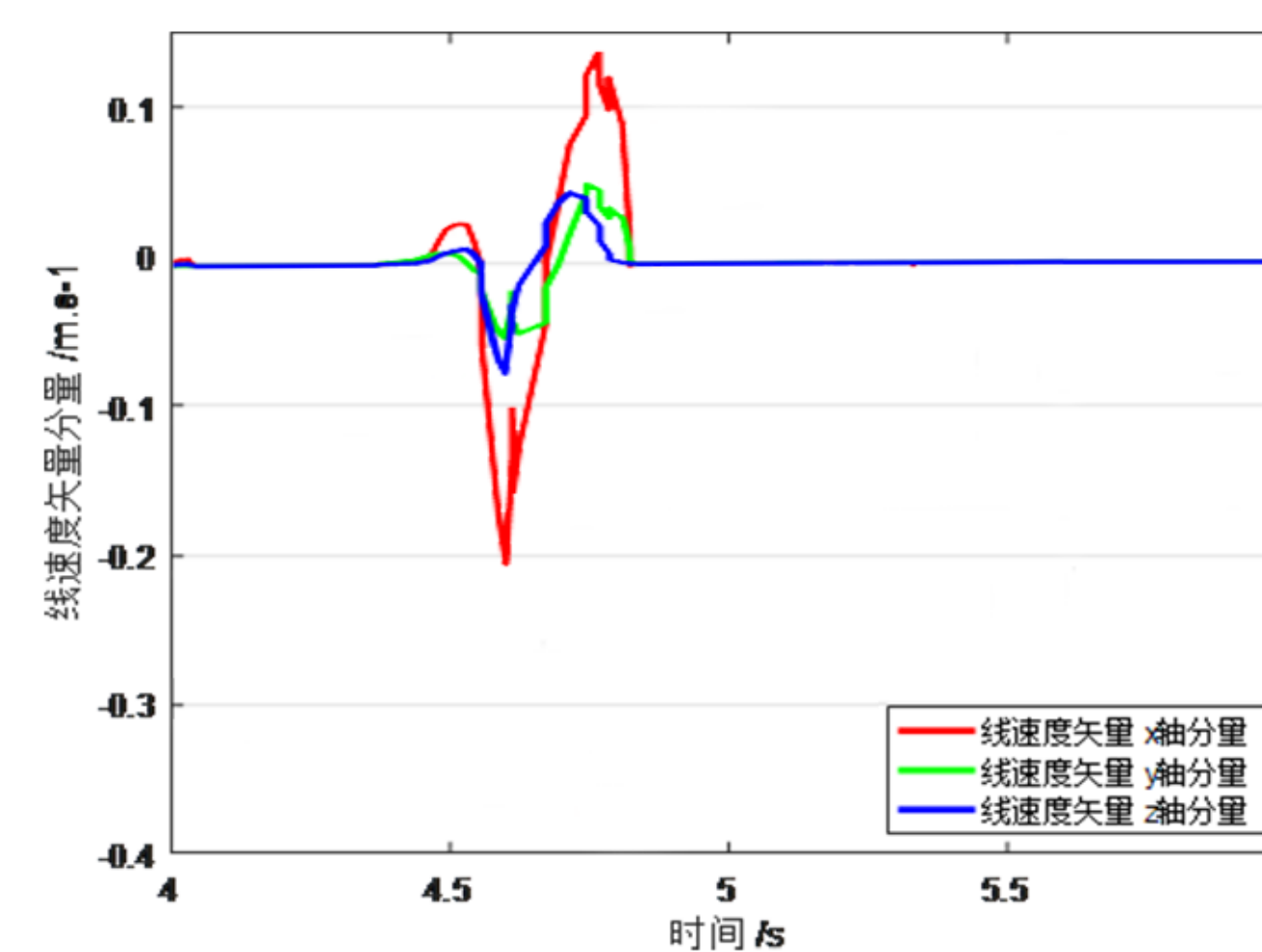


图 5. MEMS获取的输出轴线速度

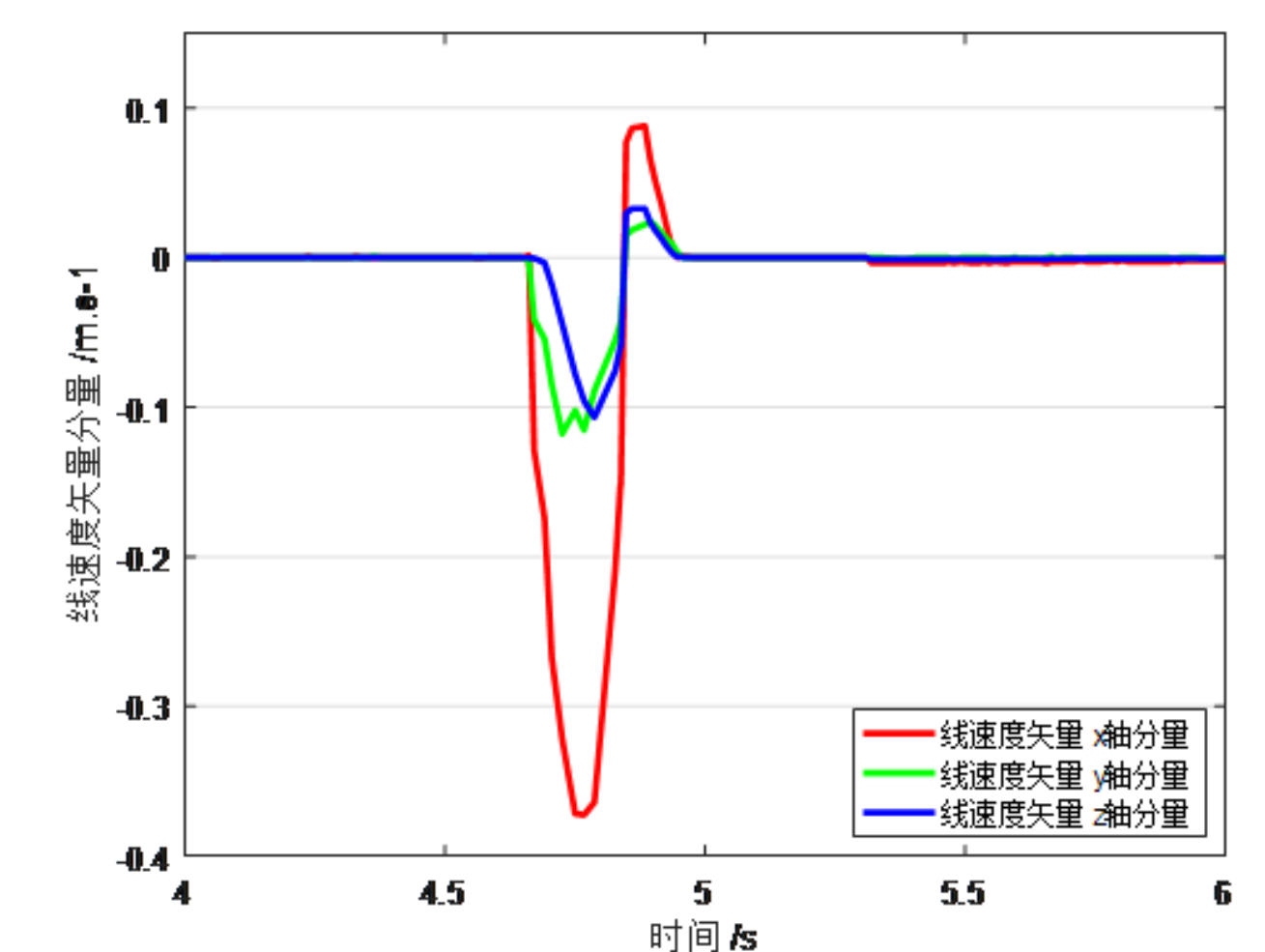


图 6. COMSOL获取的输出轴线速度

结论: 三自由度永磁球形电动机的转子和支撑杆之间的动摩擦因数目前还没有方法能够直接测得¹, 借助COMSOL Multiphysics软件, 实现多物理场的联合仿真, 仿真出在工况情况下输出轴的线速度变化图线, 与MEMS获取的输出轴线速度作对比, 进而校正仿真中球副设置的动摩擦因数, 实现线速度的实验值与仿真值拟合, 从而反推得到三自由度永磁球形电动机的转子与支撑杆之间的动摩擦因数的数值。这一结果能显著提升三自由度永磁球形电动机输出转矩的测量精度, 减小实验误差。

参考文献:

- 姜仁华, 雷达伺服系统的自适应摩擦力矩补偿控制策略, 机械工程学报, 网络首发论文 (2019)