



电磁阀解决方案

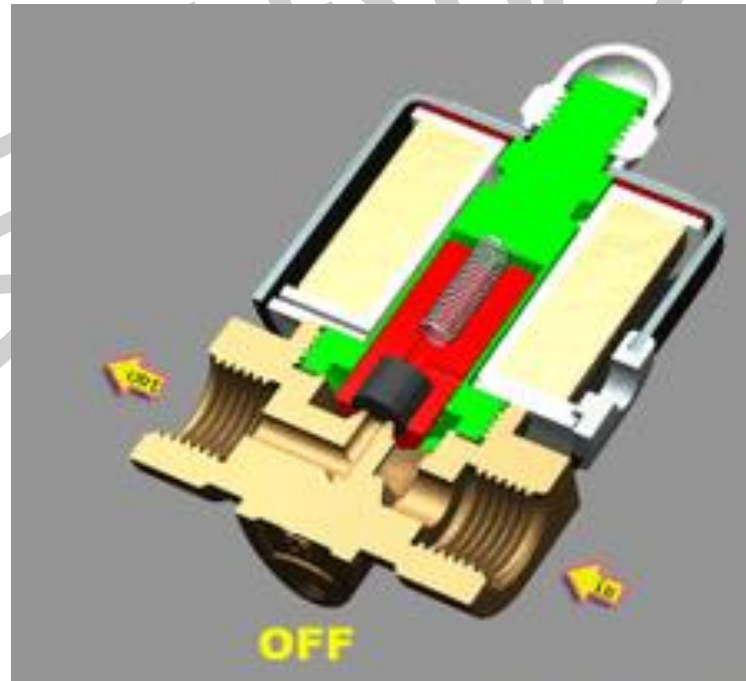
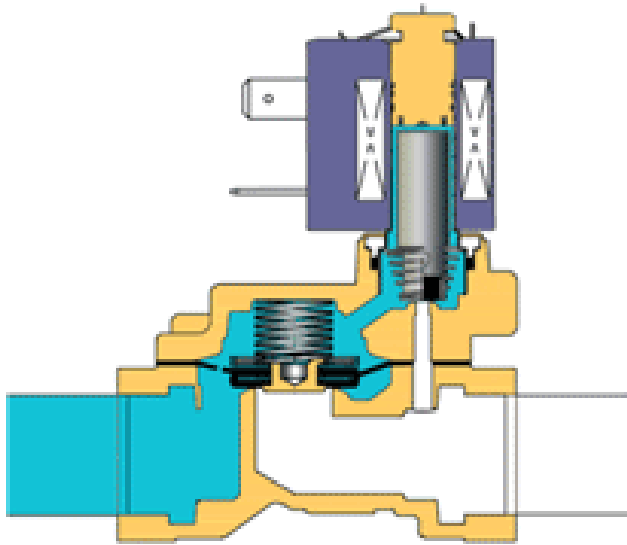
目录

1、电磁阀及应用简介

2、常见工程问题

3、解决方案及应用案例

- 阀门 —— 用来控制流体的自动化基础元件，属于执行器
- 气压控制、机械控制、人力控制、**电磁控制**
- 配合电路来实现对负载的速度、方位、位移、力进行控制
保证控制的**精度和灵活性**



- 分类

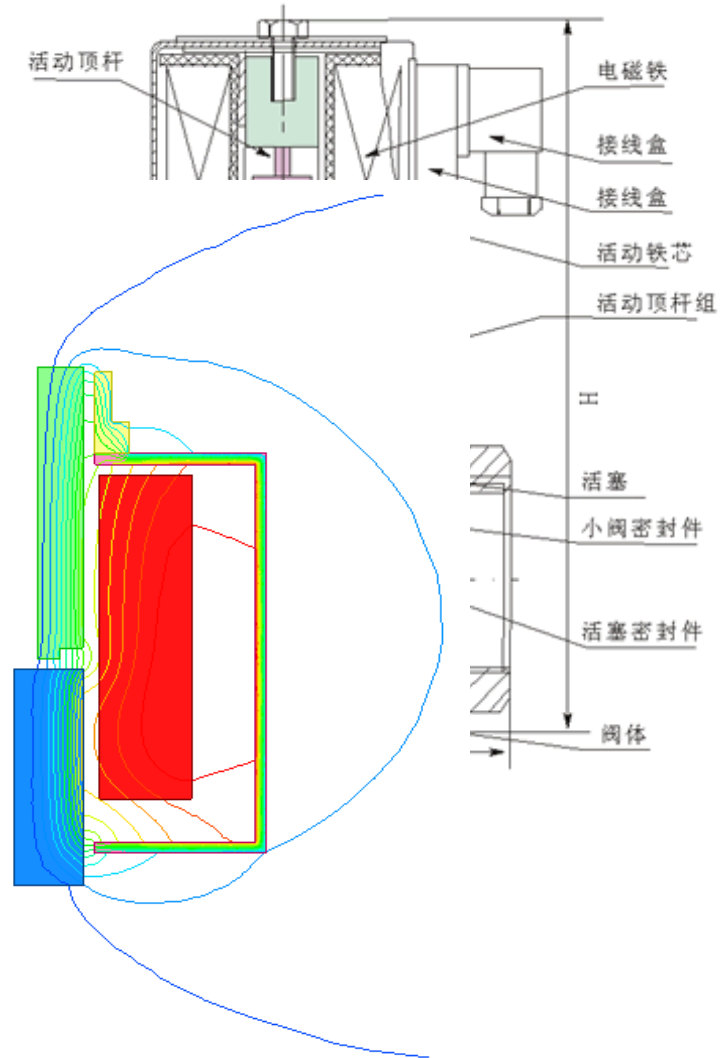
- 开关阀
- 比例阀

- 组成

- 衔铁、导套、极靴、壳体
- 线圈
- 隔磁环、限位片、弹簧、膜片、推杆、塑胶等

- 工作原理

- 线圈通电激磁产生电磁力
- 驱动阀芯运动，以开启或关闭阀



目录

1、电磁阀简介

2、常见工程问题

3、解决方案及应用案例

- 电磁

工程问题	CAE仿真需求	解决方案
电磁力不足	磁路结构分析 线圈电感分析 电磁力分析	ANSYS MAXWELL
行程曲线	电磁动态性能分析	
响应曲线	电磁动态性能分析	
绝缘特性	电场分析	

- 系统

工程问题	CAE仿真需求	解决方案
驱动/控制/系统	系统性能分析	ANSYS SIMPORER

目录

1、电磁阀

2、常见工程问题

3、解决方案及应用案例

电磁分析

控制系统

- 工作过程

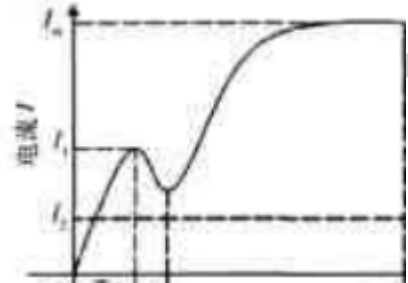
- 吸和

- 吸和触动 ← 结构、材料、线圈电压、电感
 - 吸和运动 ← 阀芯所受的总阻力

动态电感 (工作气隙/衔铁位移量)

反电动势

} 线圈电流



- 释放

- 释放触动 ← 衔铁涡流
 - 释放运动 ← 电感

$$F_M = \frac{1}{2} * \frac{\varphi^2}{\mu_0 S} = \frac{1}{2} * \left(\frac{Ni}{\delta}\right)^2 * \mu_0 S$$

- 动态特性

- 关闭（闭合）/开启反应时间 —— 电磁力
- 线性度 —— 瞬态电感值

- 影响因素：

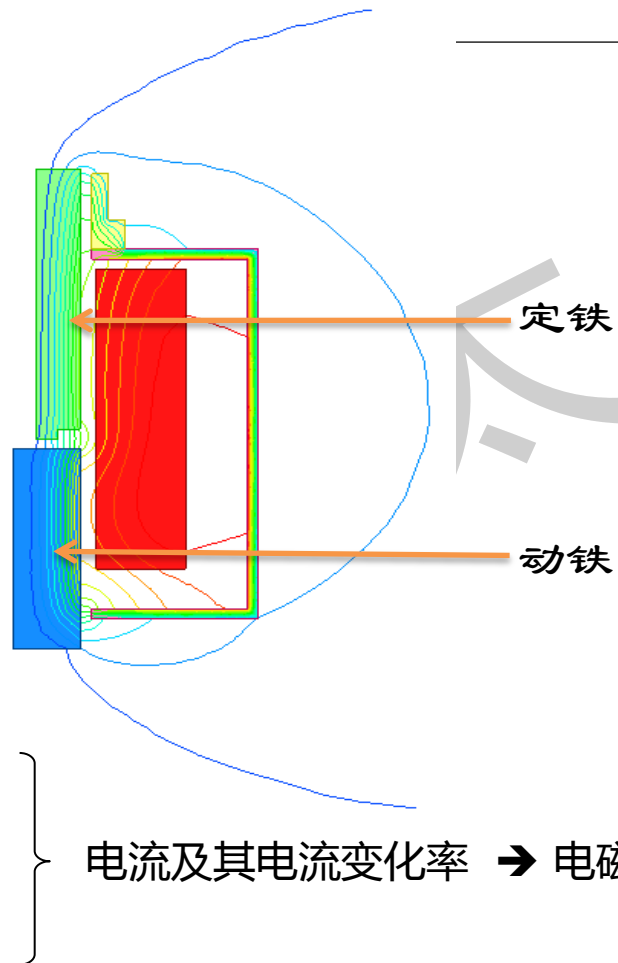
- 结构（磁路） → 磁路/磁阻
- 铁芯位置、饱和程度 → 线圈匝数
- 驱动电压

瞬态电感值

电流及其电流变化率 → 电磁力

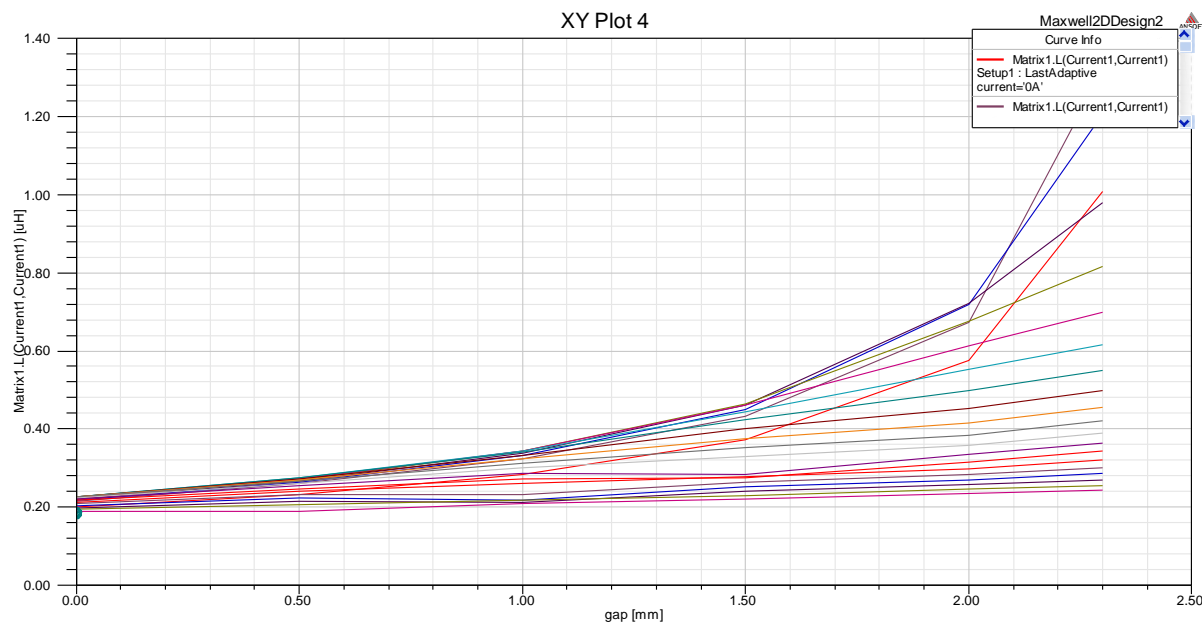
- 电磁力、弹簧预紧力、时间常数、残余间隙/结构/磁路 ... → 行程曲线

摩擦力、流体阻力等



电感计算

- 磁场非线性特性
 - 材料的非线性
 - 动铁位移量
- 电感
 - 电流
 - 动铁位移量
 - 线圈匝数



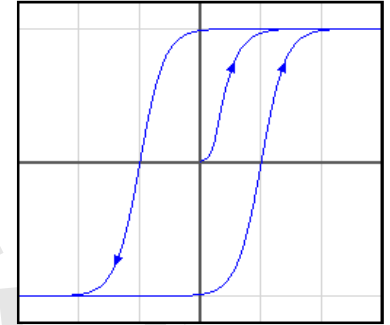
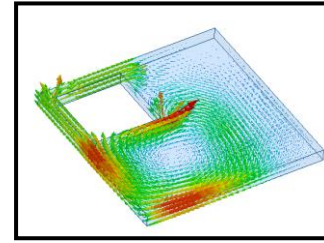
- 在不同的位置和电流下，电感可能处于饱和状态和非饱和状态。
- 有限元法利用磁场数值计算，在分析磁场分布的基础上，通过具体设置可以求解出静/动态电感及其他物理量。

铁耗计算

理论公式：

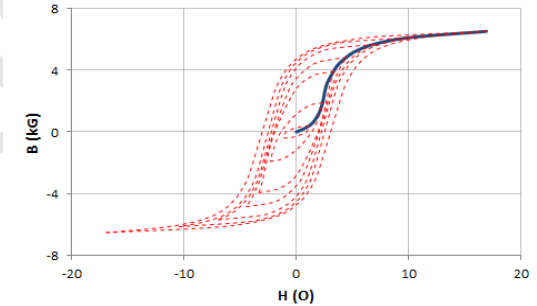
$$Core Loss = P_h + P_c + P_e$$

$$= K_h f B_{max}^2 + K_c (f B_{max})^2 + K_e (f B_{max})^{1.5}$$

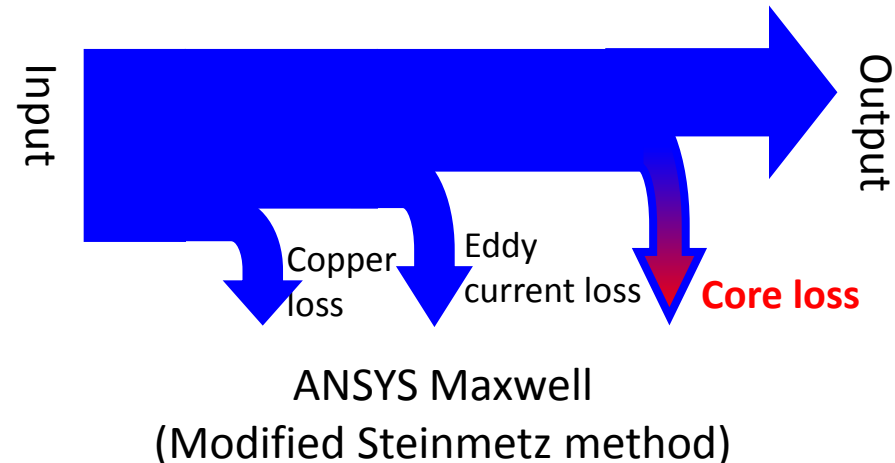
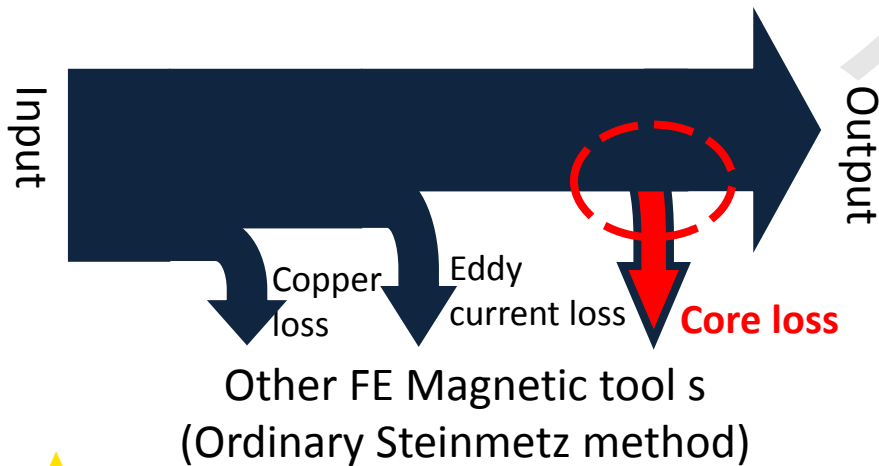


Maxwell计算方式：

$$Core Loss = K_h \frac{1}{\pi} \frac{\partial B}{\partial t} + K_c \frac{1}{2\pi^2} \left(\frac{\partial B}{\partial t} \right)^2 + K_e \frac{1}{C_e} \left[\left(\frac{\partial B}{\partial t} \right)_{max} \right]^{-0.5} \frac{\partial B}{\partial t}$$



铁耗对电磁场计算的影响：



- 剩磁
 - 结构 —— 磁路、制造工艺
 - 材料 —— 材料属性、加工工艺 ...
- 磁芯材料
 - 一定磁场强度下具有高的磁感应强度和高的饱和磁感应强度
 - 尽可能低的矫顽力
 - 高的磁导率
 - 高的电阻率
- 绝缘特性：
 - 绝缘电阻、漏电流
 - 绝缘强度 —— 环境湿度

Maxwell 是一款针对低频电磁设备的仿真工具，它的核心价值在于向用户提供**基于自动网格剖分技术的高精度求解技术**。

计算能力

- 电磁场分布
- 电磁力、电磁力矩
- 电磁生热
- 铜耗、铁耗
- 等等...

算法模块

2D 3D 静磁、涡流、瞬态磁场

2D 3D 静电场 电流场

2D 交流电场

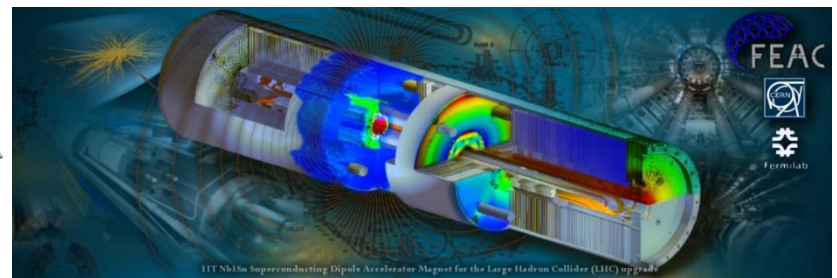
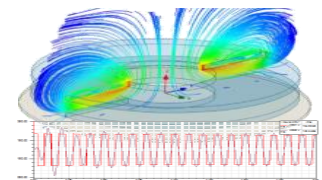
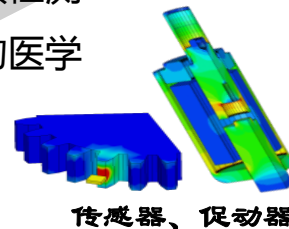
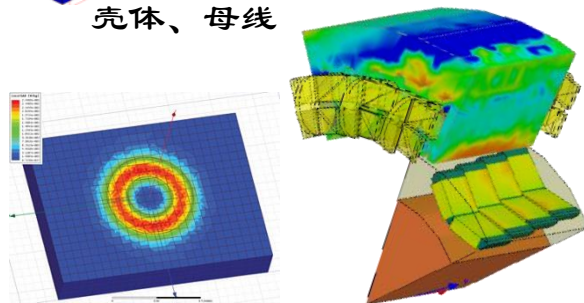
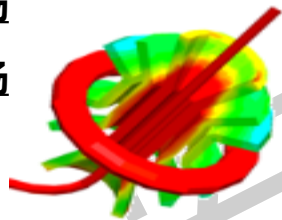
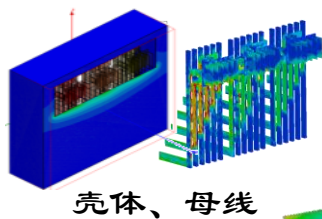
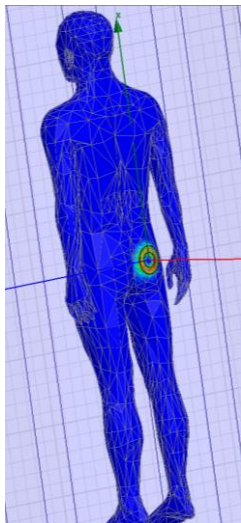
3D 瞬态电场

应用领域

- 电机
- 变压器
- 中高压开关、开关柜
- 低压电器、电磁阀
- 传感器、无线充电
- 无损检测
- 生物医学

特点

- 自带外电路编辑器
- Maxwell磁滞材料建模
- 磁滞伸缩和逆伸缩特性
- 瞬态时间分解算法
- 一阶网格
- 与Simulink协同仿真
- 充磁、退磁功能强化



关注问题

- 通断能力（响应速度、电磁力大小）、外部控制电路、温升、结构问题等

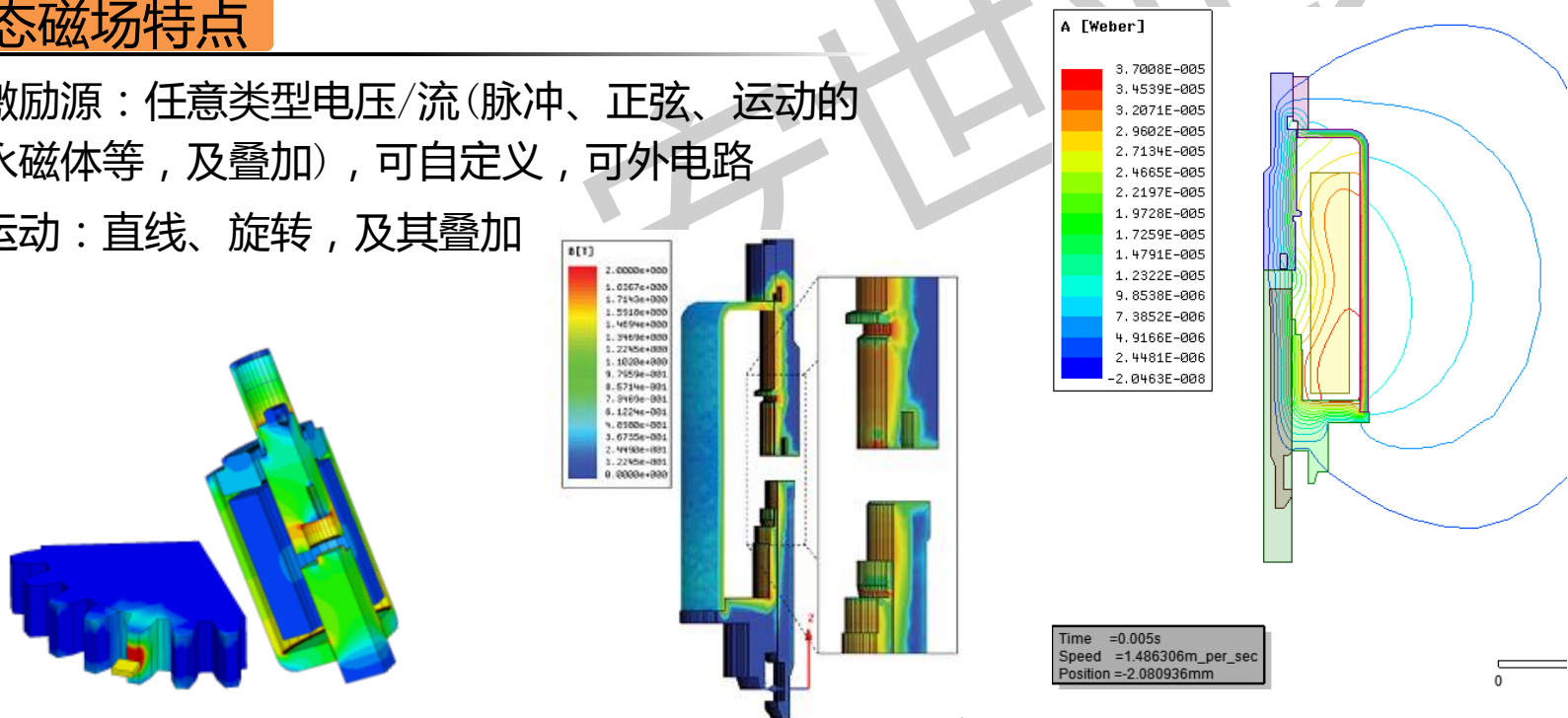
求解器类型

- 静磁场、交流磁场、瞬态磁场、静电场、直流传导场、交流传导场

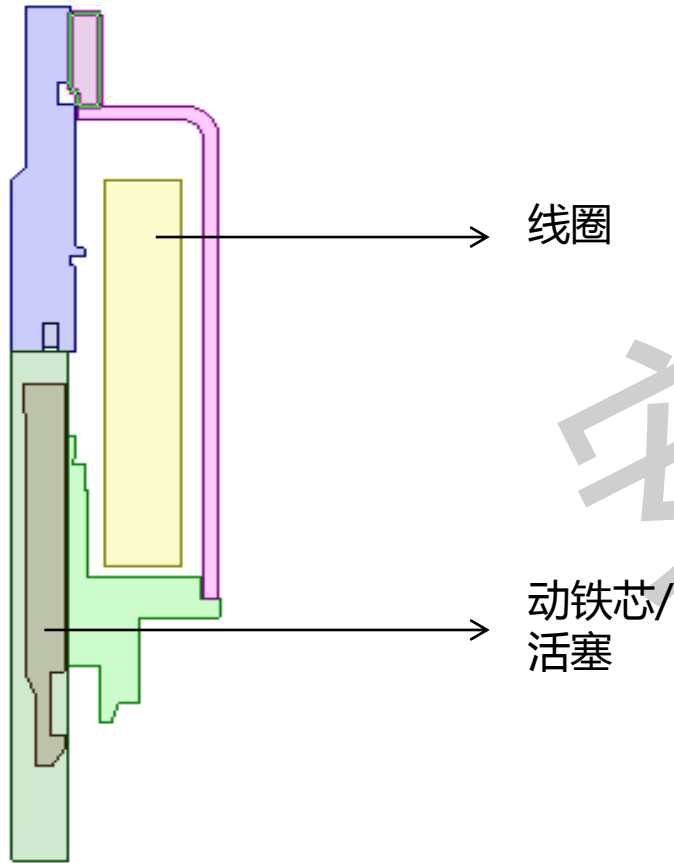
瞬态磁场特点

- 激励源：任意类型电压/流（脉冲、正弦、运动的永磁体等，及叠加），可自定义，可外电路
- 运动：直线、旋转，及其叠加

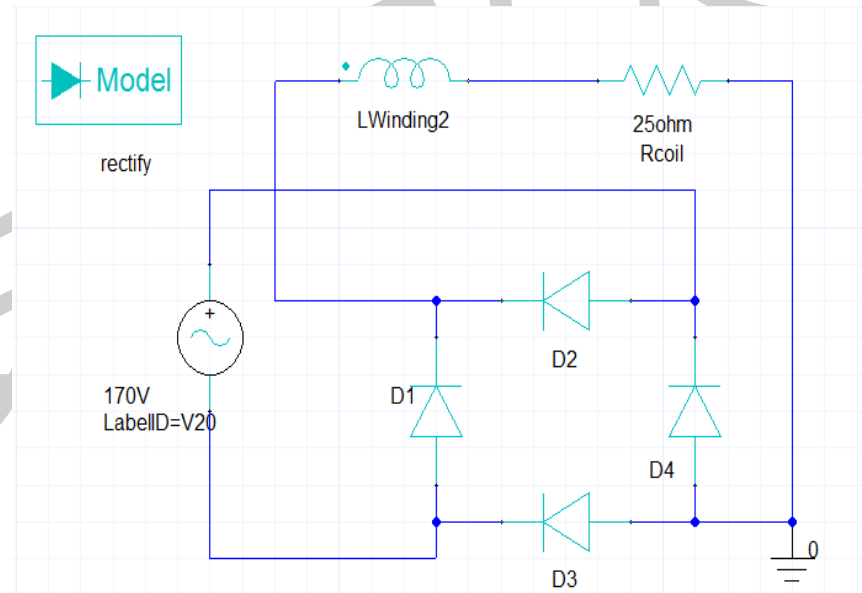
瞬态仿真



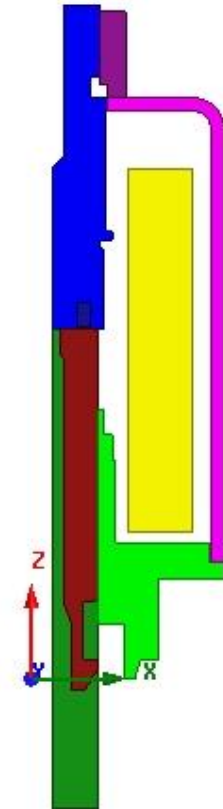
• 模型



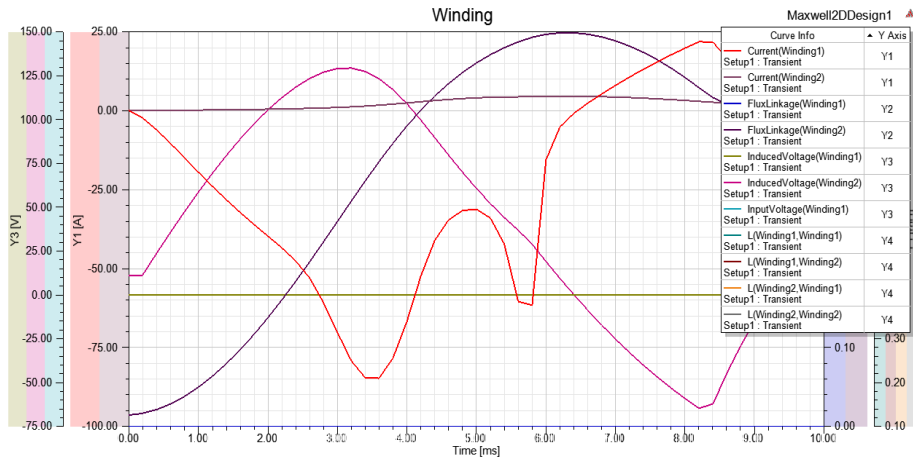
- 外接控制电路：
- Source: AC 170V/ 60Hz



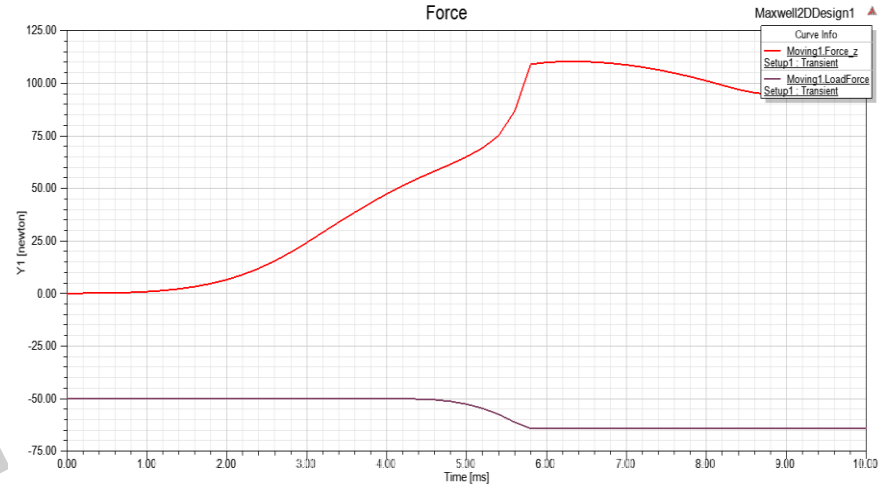
- 材料属性：
 - 线圈：铜
 - 法兰、外壳、动铁：硅钢片
- 工况：
 - 通电后，动铁芯受电磁力向Z轴正方向运动
 - 动铁芯行程距离为0.1in
 - 运动考虑了动铁芯的初始速度、质量、阻尼、负载力等机械信息
- 仿真方案说明：
 - 利用Maxwell2D 瞬态场求解器，RZ坐标系下进行求解。
 - 网格利用了Maxwell静态场自动自适应网格功能、网格的动态链接功能。



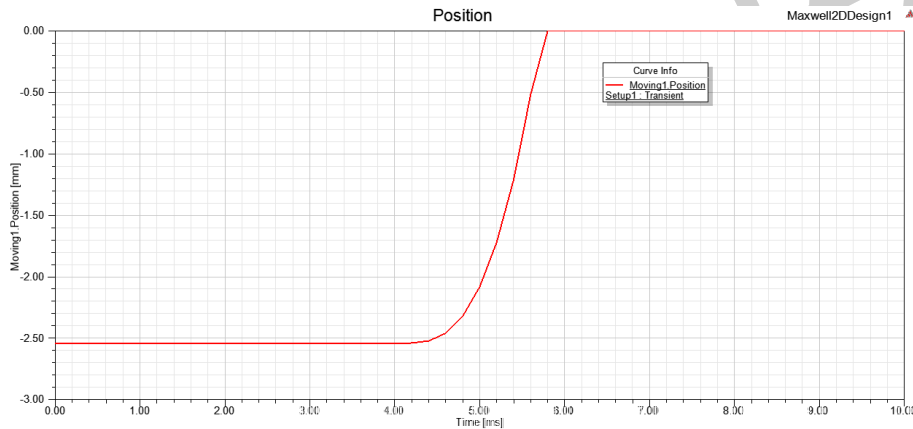
计算结果



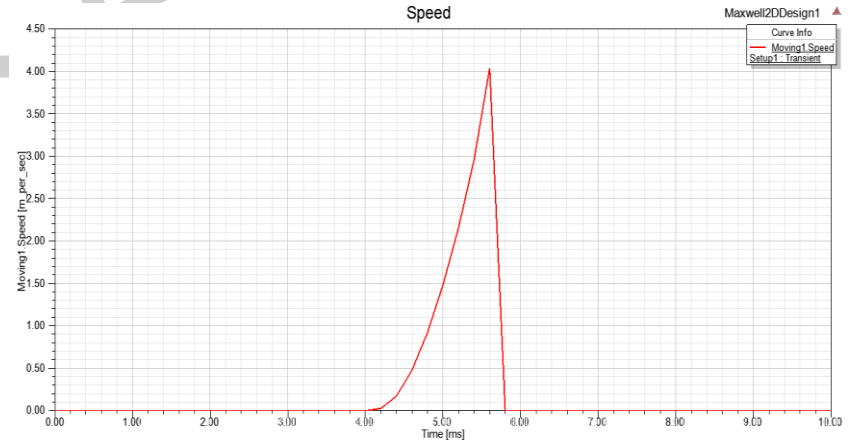
绕组电流、电感 — 时间曲线



受力 — 时间曲线

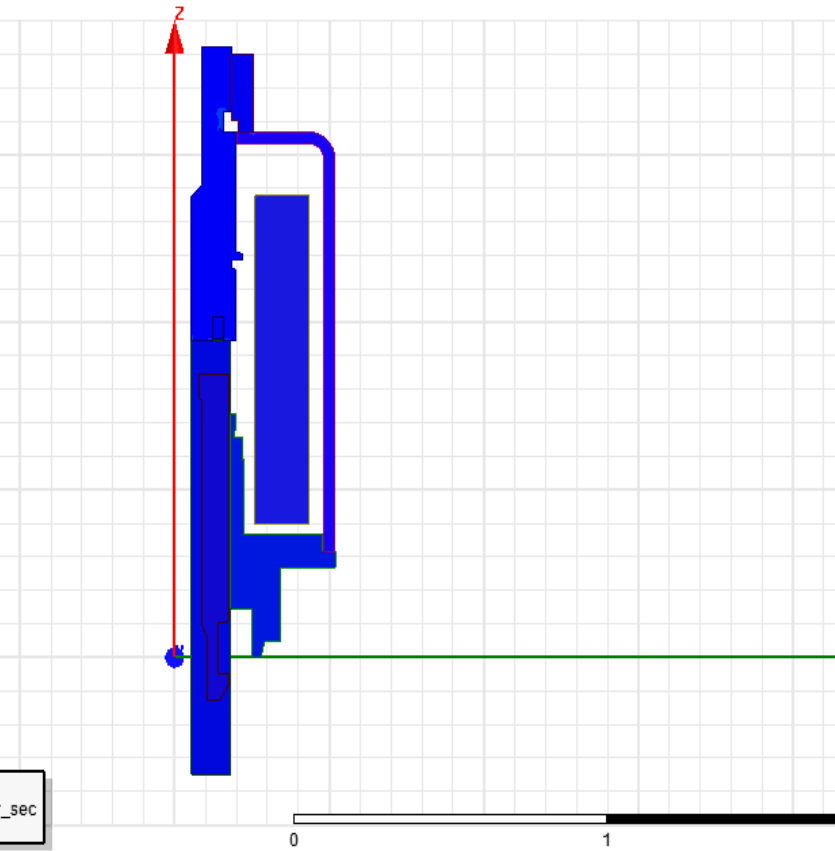
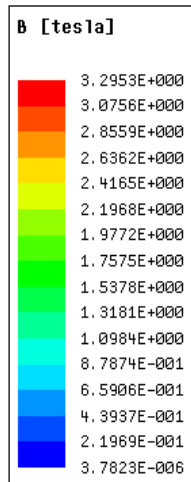


行程曲线



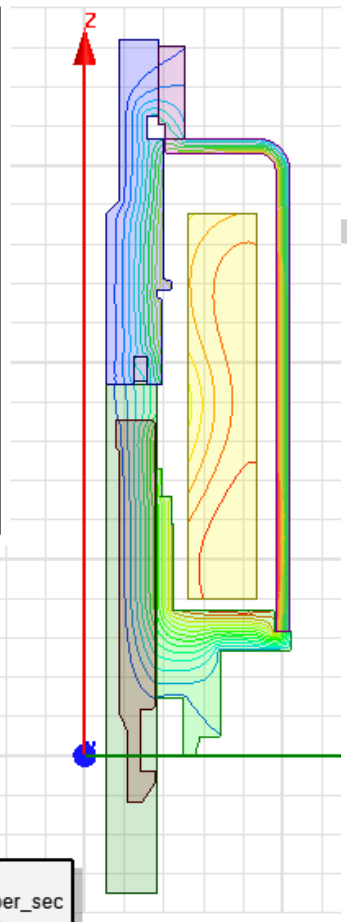
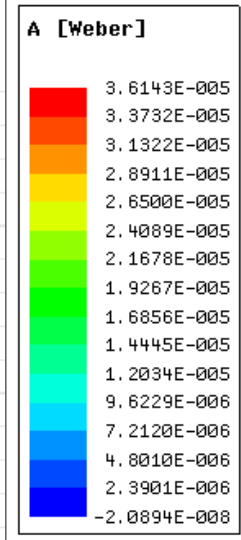
速度 — 时间曲线

• 计算结果



Time =0s
 Speed =0.000000m_per_sec
 Position =-2.540000mm

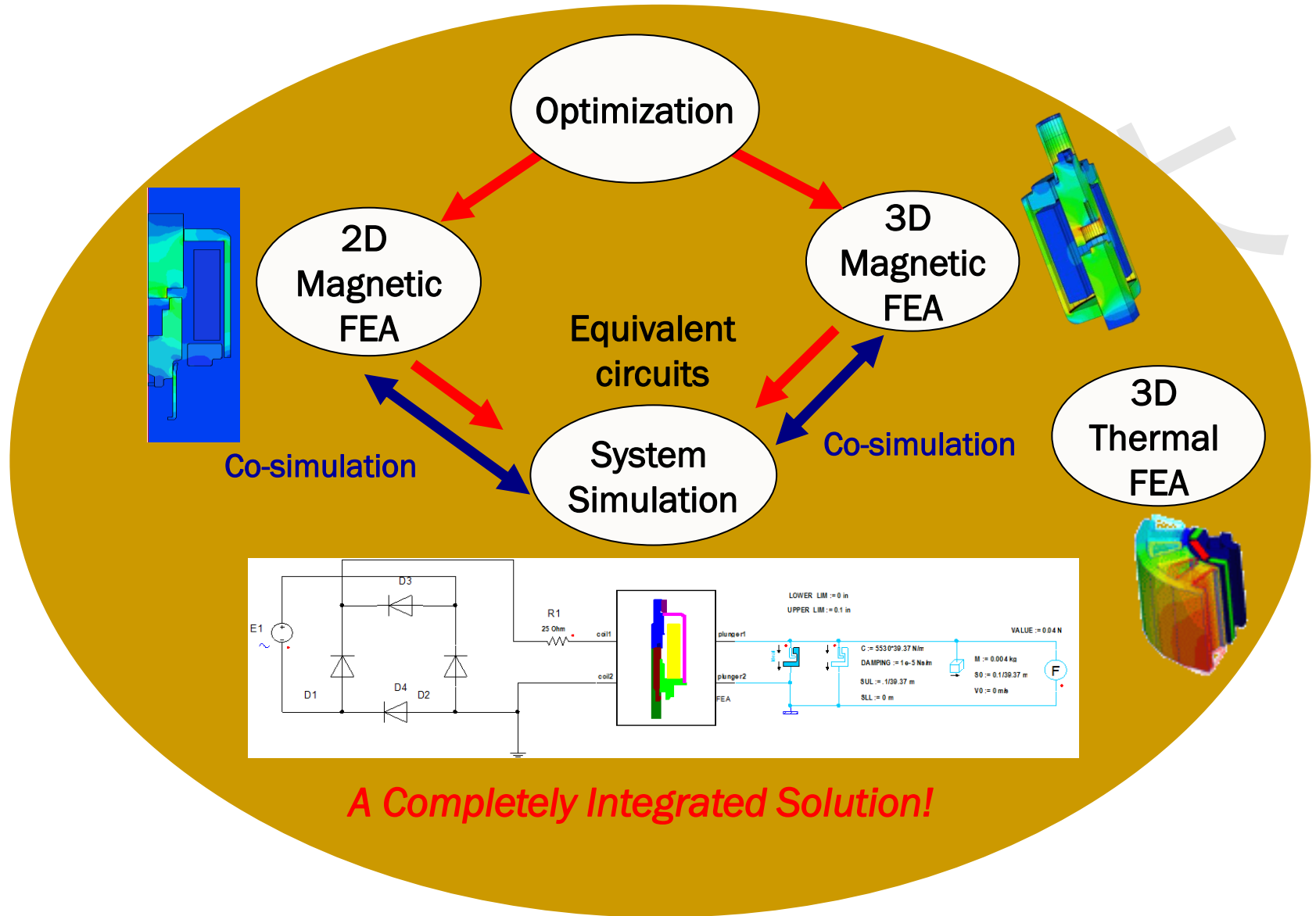
磁感应强度云图



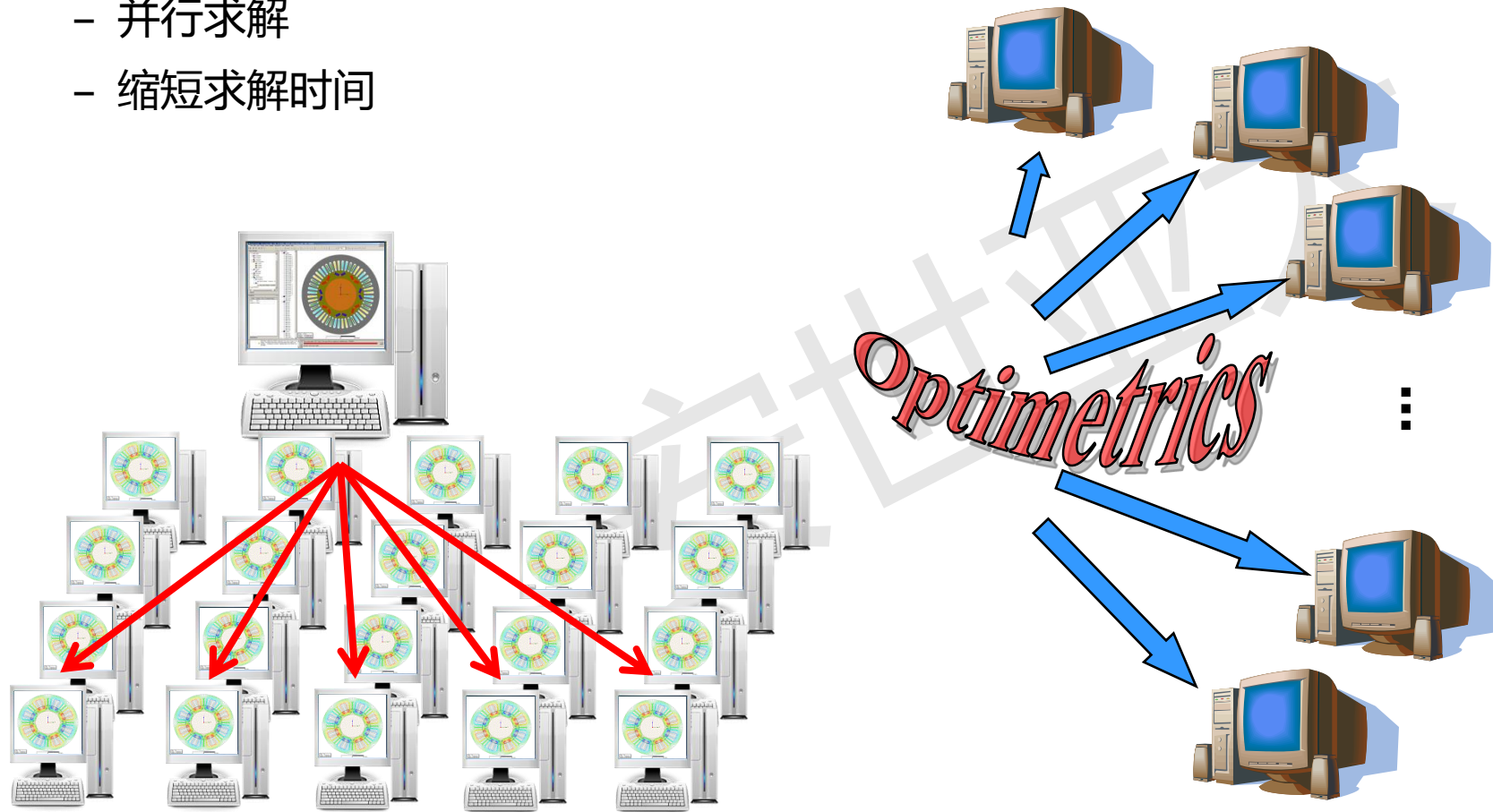
Time =0.0048s
 Speed =0.923878m_per_sec
 Position =-2.319986mm

磁力线

电磁阀仿真流程



- 并行求解
- 缩短求解时间



目录

1、电磁阀

2、常见工程问题

3、解决方案及应用案例

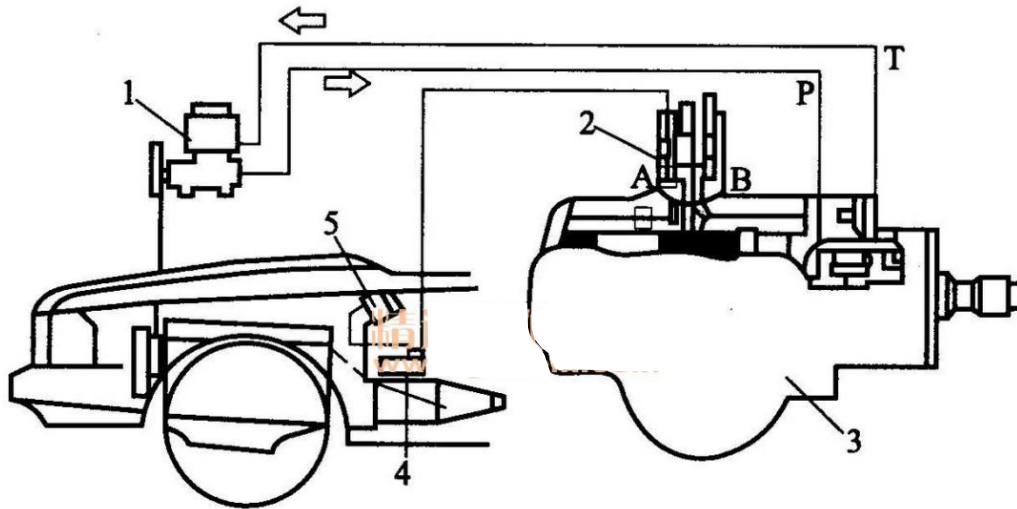
电磁分析

控制系统

4、相关客户

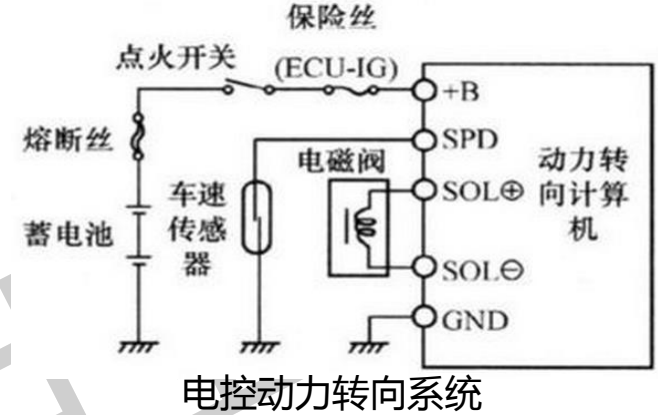
5、安世亚太公司介绍及技术服务

- 阀门 —— 用来控制流体的自动化基础元件，属于执行器
- 气压控制、机械控制、人力控制、**电磁控制**
- 配合电路来实现预期的控制
 - 平稳、宽范围调节

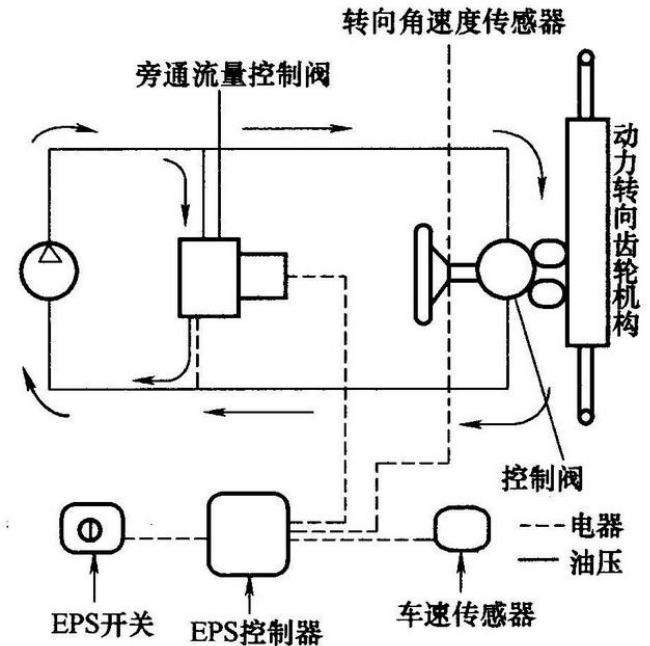


丰田轿车的流量控制式动力转向系统

1—动力转向液压泵；2—电磁阀；3—动力转向控制阀；
4—ECU；5—车速传感器



电控动力转向系统

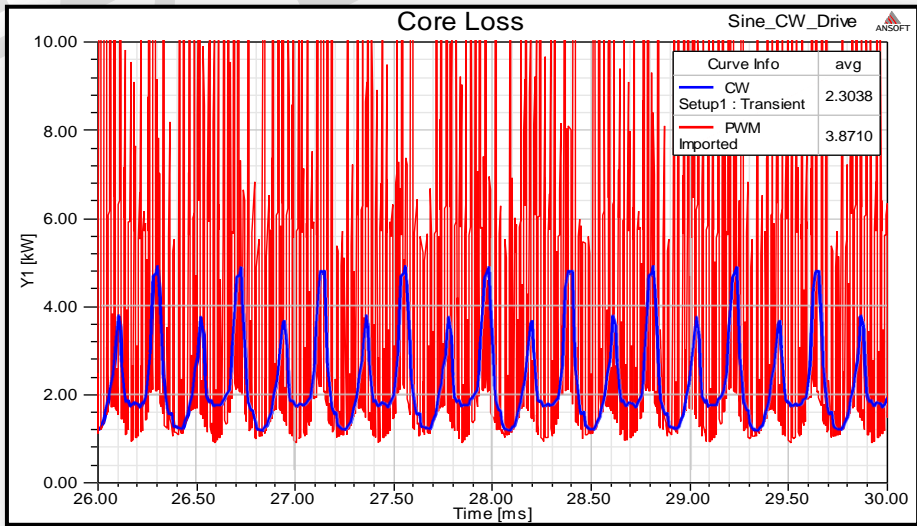
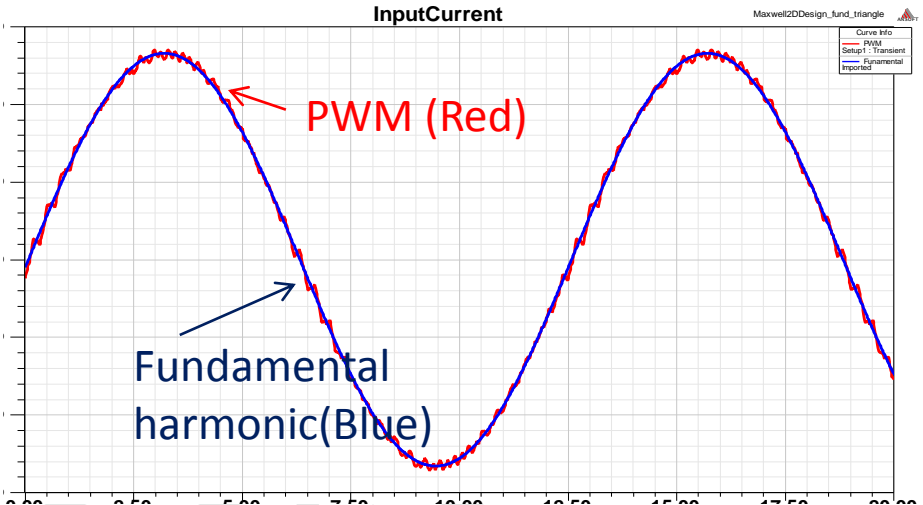


对损耗的影响

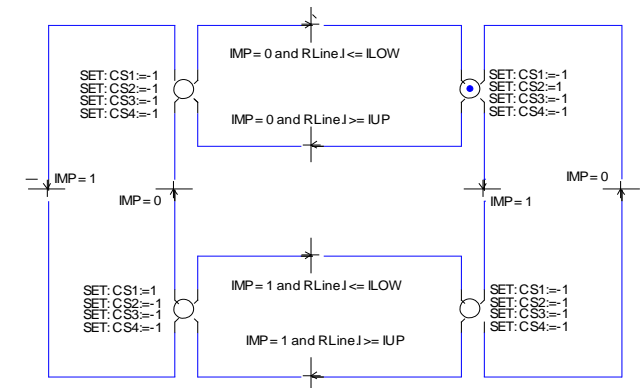
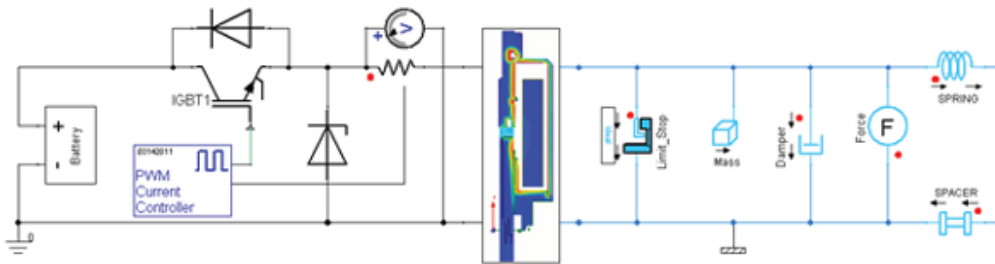
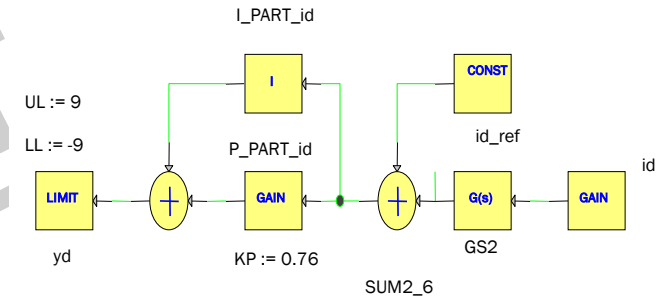
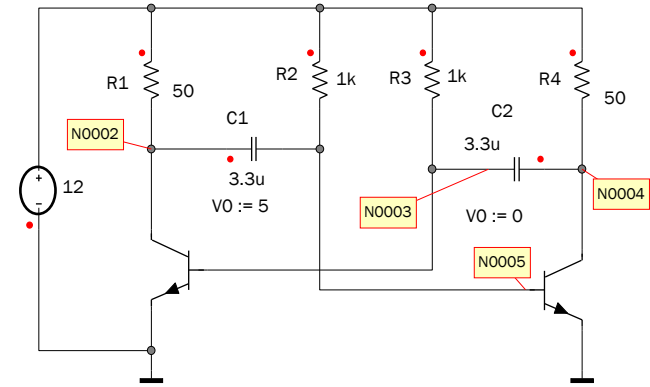
- 铁损
 - 电路瞬态波形
 - 测试波形数据
- 铜损

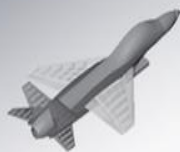
$$\delta = \sqrt{\frac{2}{\mu_0 \mu_r \sigma \omega}}$$

$$\omega = 2\pi f$$



- Simplore 是一款一维系统级仿真工具，它的核心价值在于向用户提供电子电气系统级仿真解决方案，将有限元器件级通过线路相互连接，考虑元器件之间以及电路传输上的电磁场与电路问题。
- 包含三种基本计算模式：电路，方框图与状态机
- VHDL-AMS硬件编程语言与Modelica多物理场语言的支持
- 嵌入电源芯片元件库
- 免费的Entry版本（简单的电磁阀控制基本够用）





谢 谢

地址：北京市朝阳区八里庄东里1号莱锦TOWN园区Cn08座

邮编：100025

电话：+86-10-52167777

热线：400-6600-388

传真：+86-10-52167799

主页：www.peraglobal.com