

Saber软件在电源系统仿真中应用

万旭

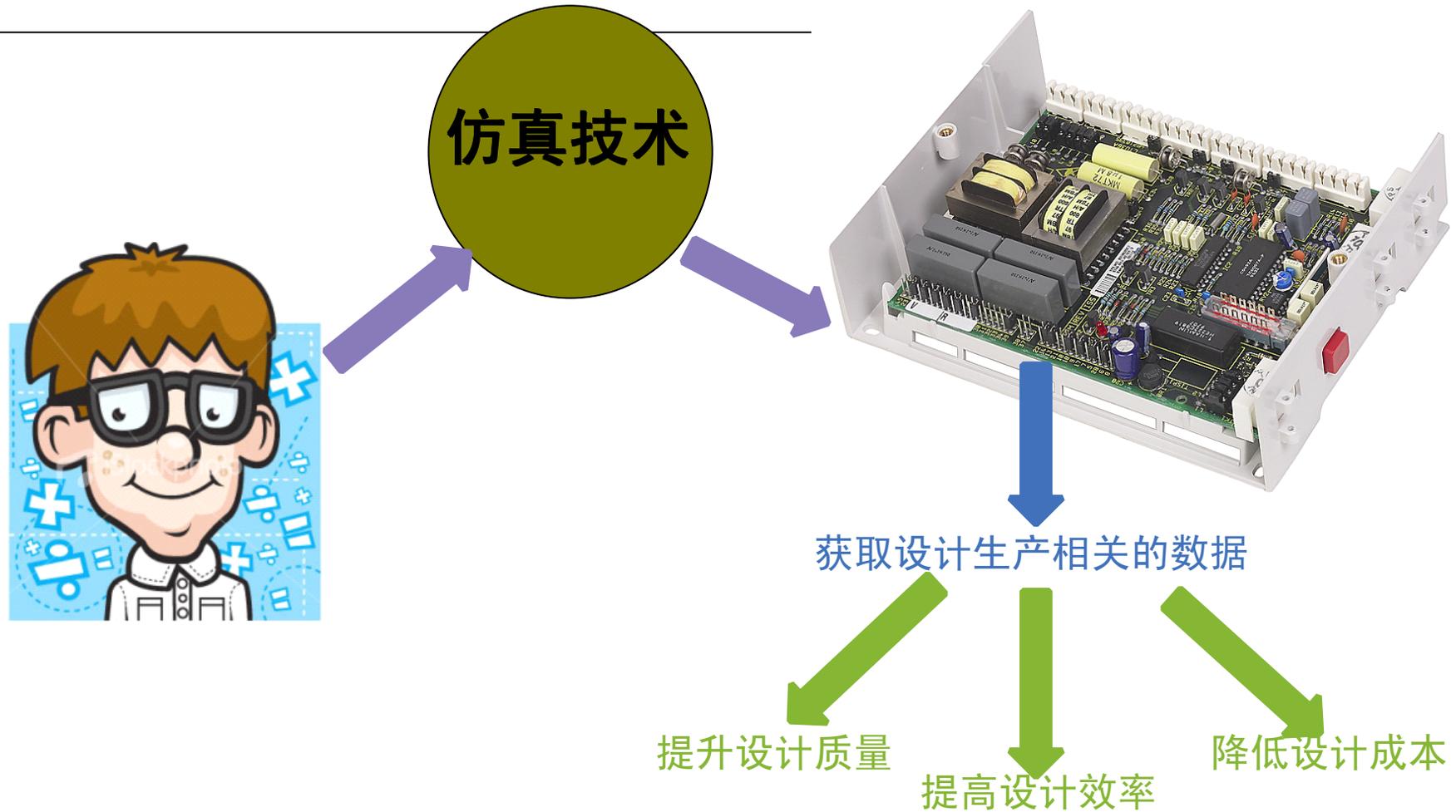
电源网仿真论坛版主 - Domono

Email :saberhome@163.com

主要内容

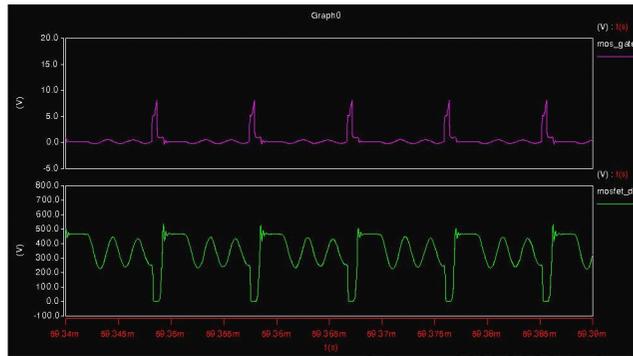
一. 为什么用仿真软件？

为什么用仿真软件？

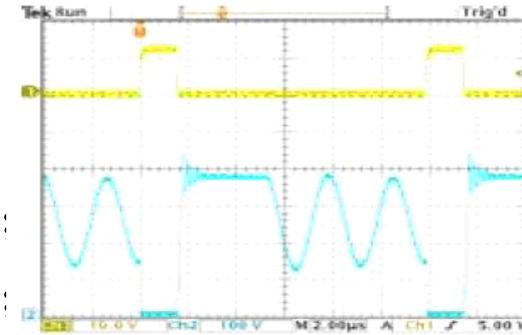


为什么用仿真软件？(续)

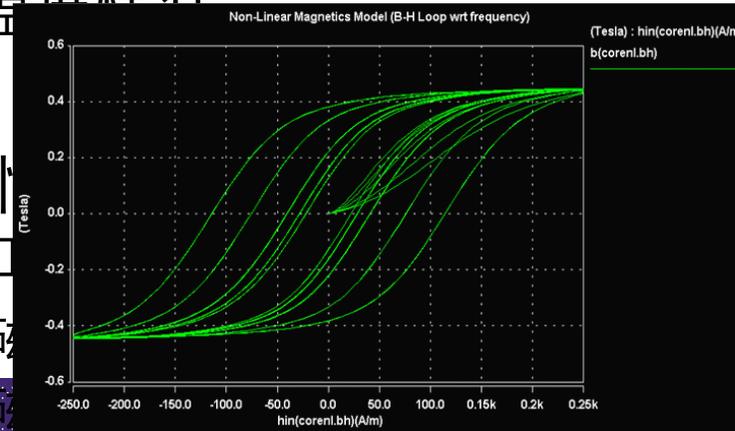
- q 获取数据辅助设计、提高设计效率
 - ∅ 获取电源环路频率响应
 - ü 辅助设计电源电压和电流控制环反馈的稳定性;



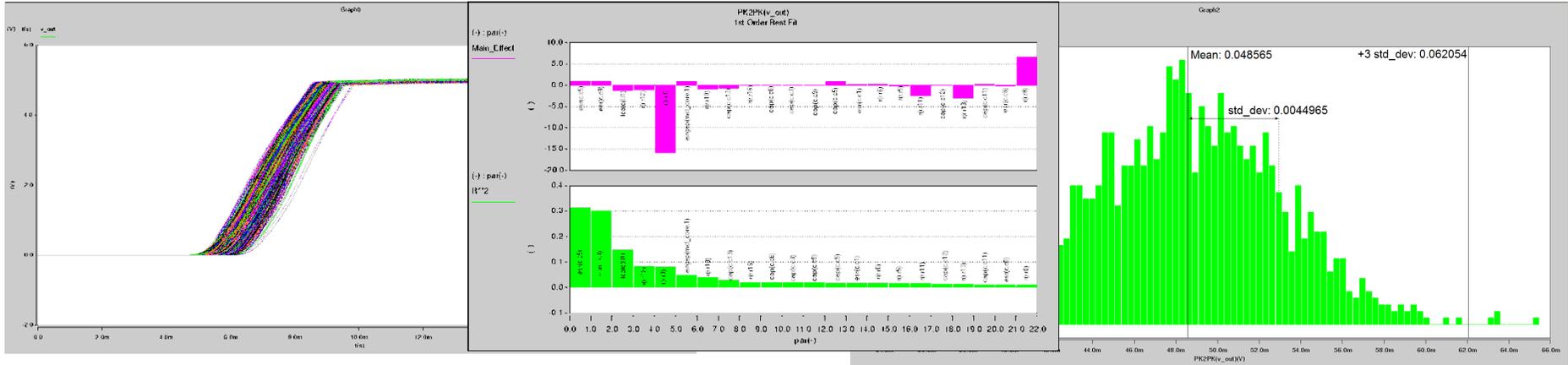
- ü 查看开关的工作情况
- ü 估算功率管的应力情况
- ü 估算功率管的功耗情况
- ü 估算功率管的温度情况



- ∅ 获取磁性器件的工作情况
 - ü 辅助了解磁性器件的工作情况
 - ü 辅助确定磁性器件的磁芯尺寸
 - ü 辅助确定磁性器件的磁芯材料



为什么用仿真软件？(续)



- Ø 获取设计中各元件的电压和功耗数据
 - ü 辅助确定设计中个元器件的降额等级
 - ü 辅助提高设计的安全边际
- Ø 获取设计中可能存在的故障失效模式
 - ü 辅助提高电源系统设计的可靠性

主要内容

二. Saber软件仿真电源系统

Saber软件仿真电源系统

q 调查 - 应用Saber软件仿真电源系统面临的问题

Ø 电源设计思想的验证

- ü 如何分析开关电源环路响应；
- ü 如何解决仿真的收敛性问题；

Ø Saber中高级分析工具的应用

- ü Stress、Monte Carlo、Sensitivity分析的应用；

Ø Saber建模

- ü 如何解决Pspice模型转换Saber模型中出现的问题；
- ü 如何使用Saber中磁性器件模型；
- ü 如何使用Saber中的磁性器件建模工具（MCT）；
- ü 如何创建所需要的新模型；
- ü 如何在建模语言MAST中引用C语言编写的外部子程序；

Saber软件仿真电源系统(续)

应用问题

如何使用 *Saber* 分析电源系统
如何分析开关电源环路响应

模型问题

如何建立需要模型
如何使用 *Saber* 中的磁性器件模型
如何使用磁性建模工具 (MCT)

Saber软件仿真电源系统(续)

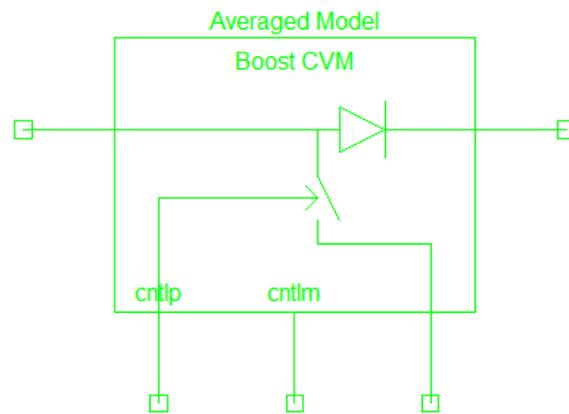
q 如何分析开关电源环路响应

∅ 开关电源是强非线性系统，无法直接分析其频域特性；

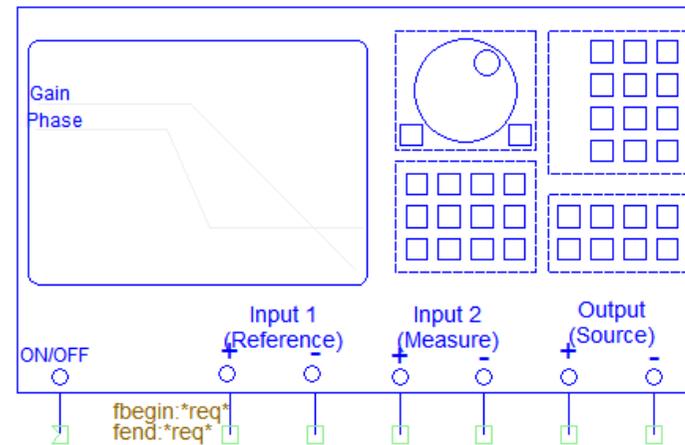
∅ 在Saber中有两种办法获取开关电源的频域特性

ü 利用平均模型获取电源的环路响应

利用Tdsa2模型获取电源的环路响应



平均模型



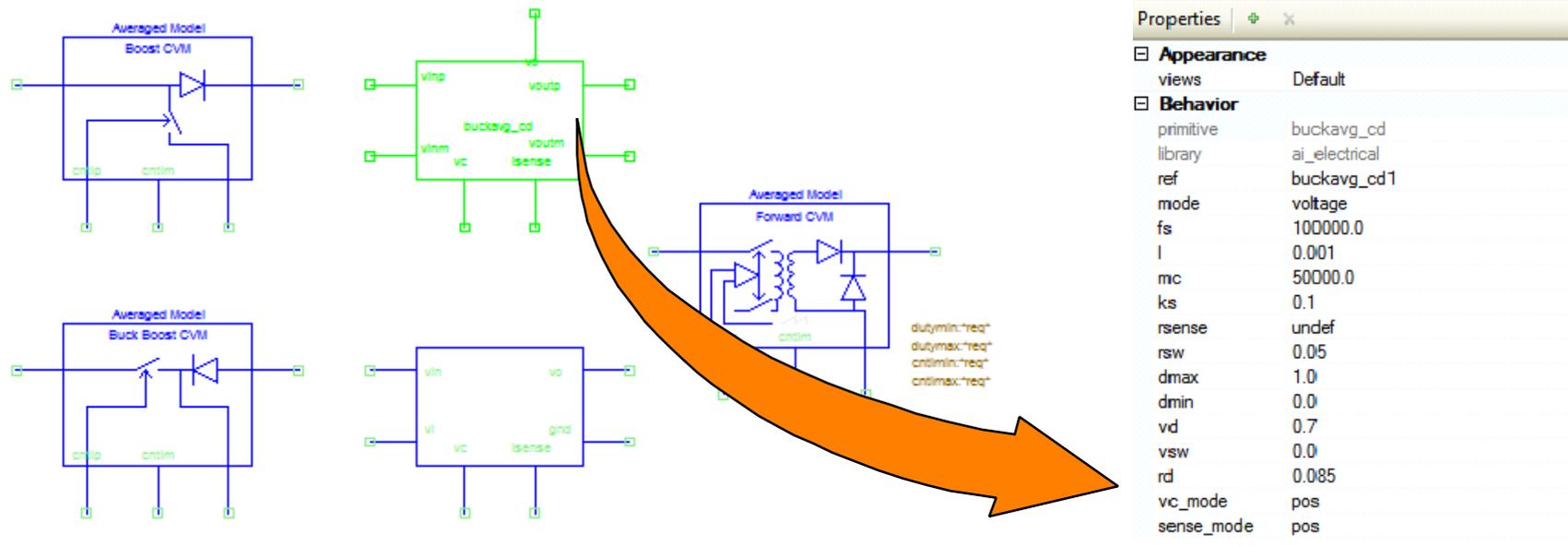
Tdsa2 模型

Saber软件仿真电源系统(续)

q 如何分析开关电源环路响应

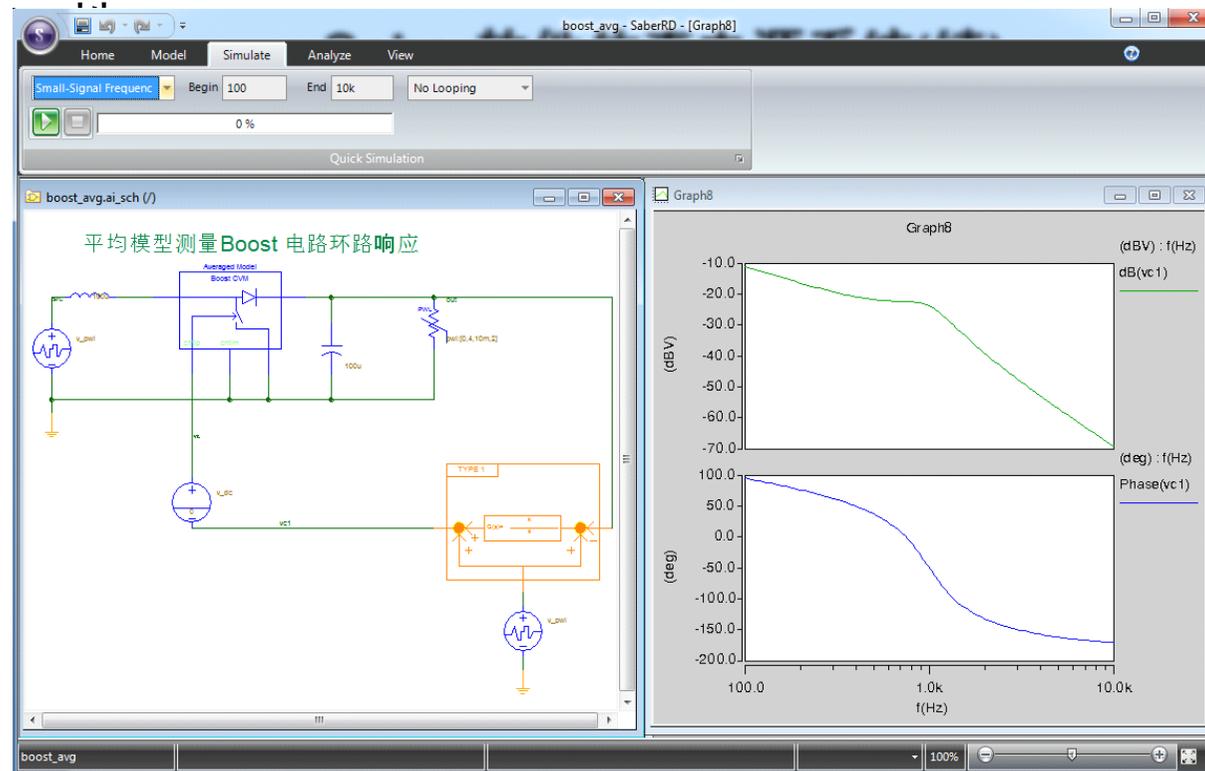
Ø 利用平均模型获取电源的环路响应

ü Saber软件自带了各种电源变换拓扑的平均模型，包含Buck、Boost、Buck-Boost、Flyback、Forward;



Saber软件仿真电源系统(续)

- q 如何分析开关电源环路响应
 - Ø 利用平均模型获取电源的环路响应
 - ü 利用平均模型加上交流小信号分析，获取开关电源频域特



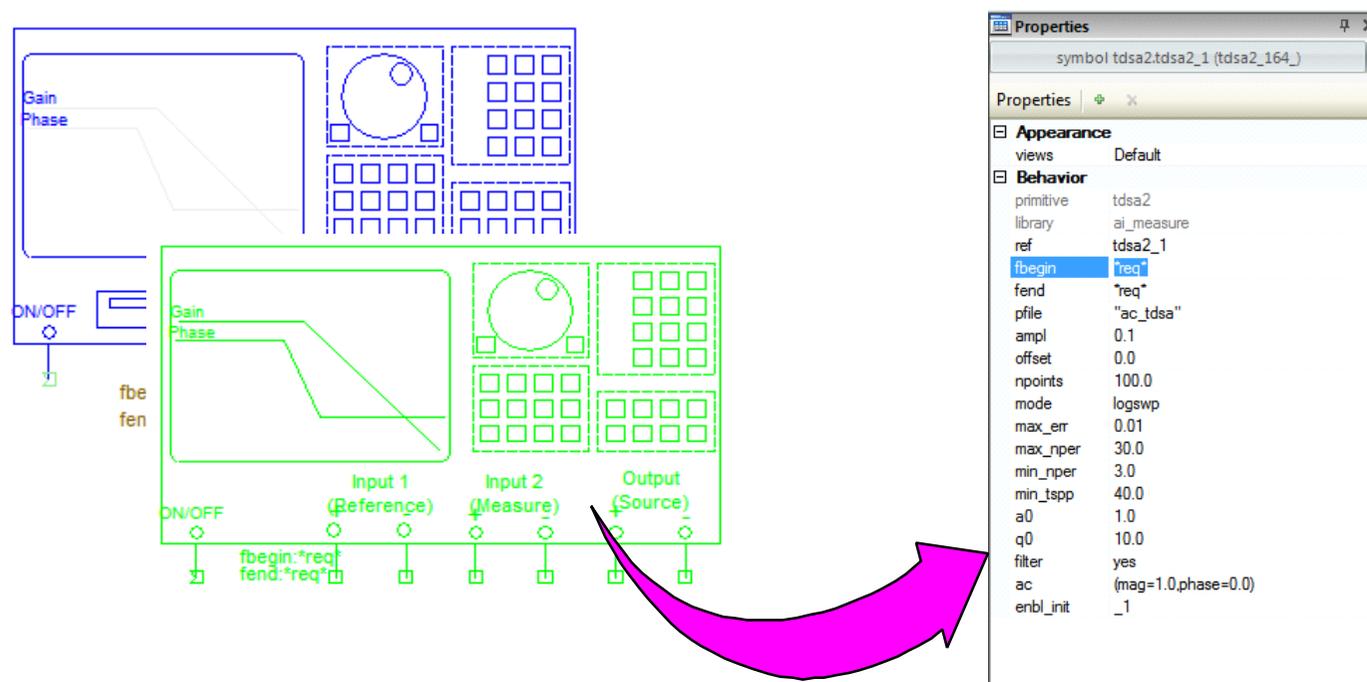
- ü 忽略开关效应，速度快，需要平均模型支持

Saber软件仿真电源系统(续)

q 如何分析开关电源环路响应

∅ 利用tdsa、tdsa2模板获取电源的环路响应

- ü Saber软件自带了两种时域系统分析器（Time Domain System Analyzer），可向目标测试系统注入变频的正弦信号，以检测系统在不同频率点下的工作情况，从而获得系统的频域特性。工作情况类似频响分析器之类的硬件设备。

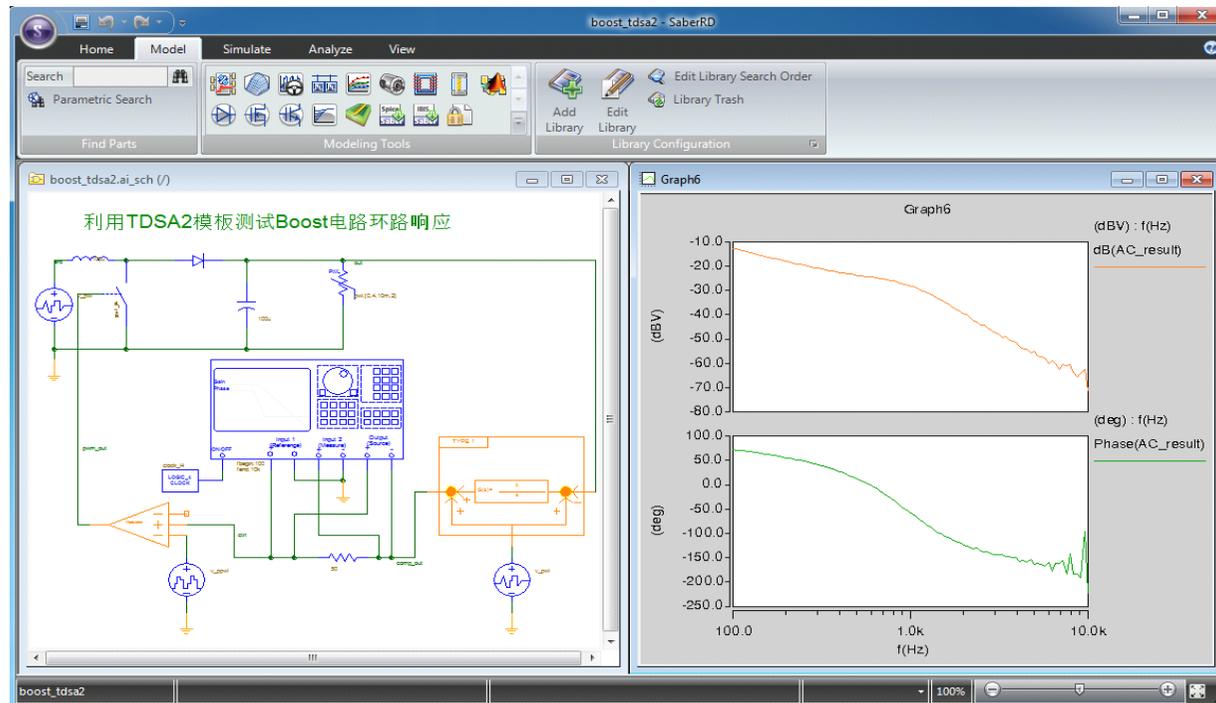


Saber软件仿真电源系统(续)

q 如何分析开关电源环路响应

Ø 利用tdsa、tdsa2模板获取电源的环路响应

ü 利用tdsa或者tdsa2模板加上时域瞬态分析，可获取开关电源的频域特性；



ü 包含开关效应，速度慢，不受电路拓扑限制；

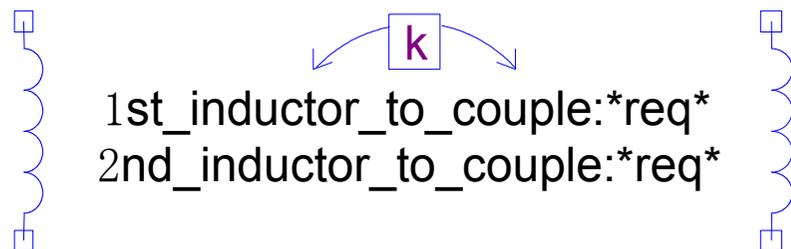
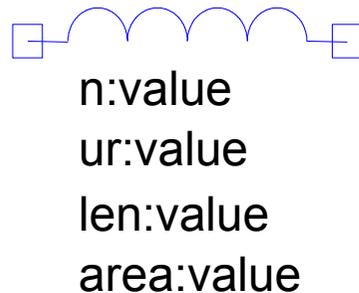
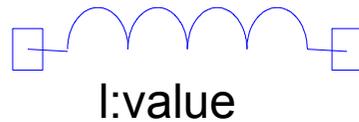
Saber软件仿真电源系统(续)

- q Saber中磁性器件及建模工具（MCT）的应用
 - Ø Saber中磁性器件模型的使用
 - ü 线性/非线性电感、线性/非线性变压器
 - ü 磁性材料、磁芯、线圈

 - Ø Saber中磁性器件建模工具（MCT）的使用
 - ü 可创建磁芯、变压器、电感模型
 - ü 模拟磁芯的非线性滞环B-H曲线
 - ü 模拟磁芯的涡流效应
 - ü 模拟气隙对磁导率的影响
 - ü 模拟漏磁、线圈的趋肤效应
 - ü 模拟耦合电容特性

Saber软件仿真电源系统(续)

线性电感模型



ØSaber中磁性器件模型的使用

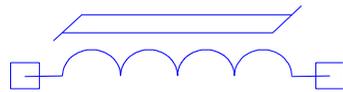
ü l.sin 模型 是Saber中最基本的线性电感模型，主要用在不要求饱和效应的情况。

ü 可以简单的设置电感量的大小（如10mH），如果电感量未知，也可以指定线圈匝数、相对磁导率、磁路长度何面积。

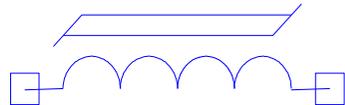
ü l.sin 模型可以和 k.sin（耦合系数模型）模型共同使用，用以创建耦合电感。

Saber软件仿真电源系统(续)

非线性电感模型



n:*req*
area:*req*
len_fe:*req*
matl:3c8
len_air:value



n:*req*
area:*req*
len_fe:*req*

ØSaber中磁性器件模型的使用

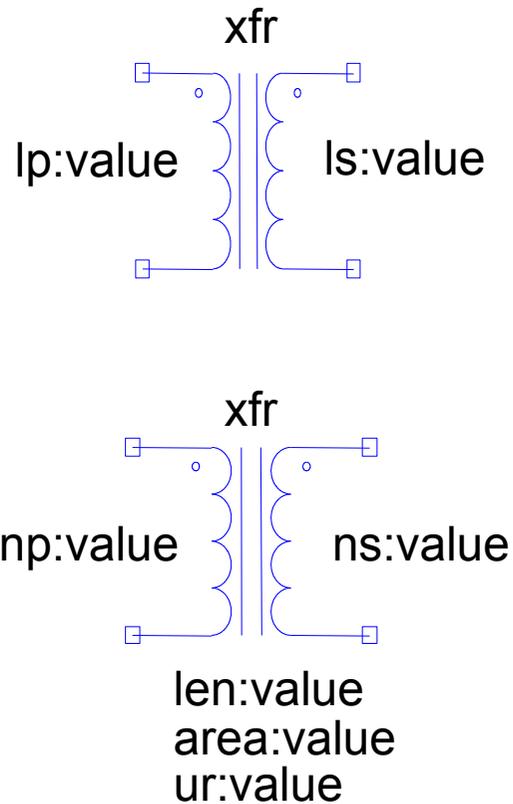
ü Inl.sin 模型主要用于在仿真中要求考虑饱和效应和磁滞效应的情况

ü 需要指定线圈匝数、磁路长度和面积以及磁心材料的类型。如果电感有气隙，还可以指定气隙长度。

ü 还可以通过在数据栏输入数据来定制磁心材料的特性。

Saber软件仿真电源系统(续)

线性变压器模型



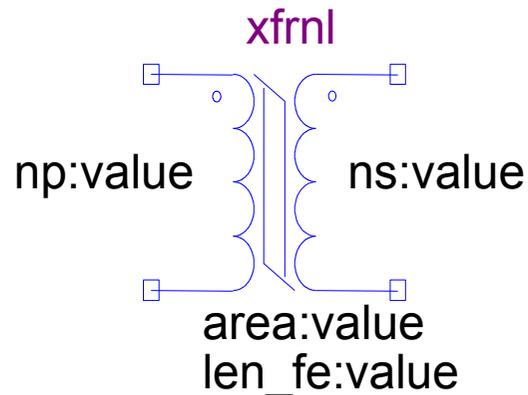
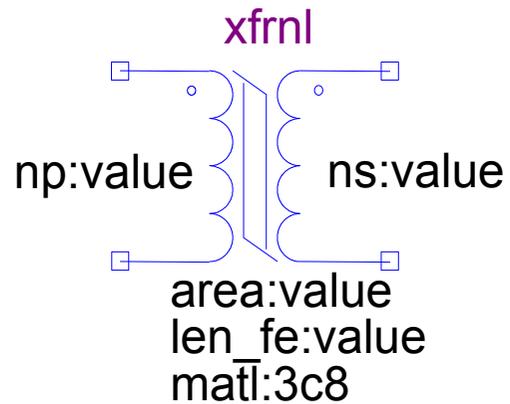
ØSaber中磁性器件模型的使用

ü xfr.sin 是Saber中最基本的线性变压器模型，主要用于不考虑磁饱和效应的情况。

ü 可以简单的指定变压器原边、副边的电感量，如果无法确定电感量。可以指定变压器原副边匝数、相对磁导率、磁路长度和面积。

Saber软件仿真电源系统(续)

模型非线性变压器



ØSaber中磁性器件模型的使用

üxfrnl.sin 模型主要用于在仿真中考虑磁饱和效应和磁滞效应的情况。

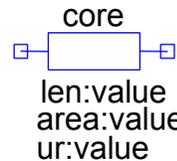
ü需要指定变压器的原副边匝数、磁路长度和面积以及磁芯材料。

ü还可以通过在数据栏输入数据来定制磁心材料的特性。

Saber软件仿真电源系统(续)

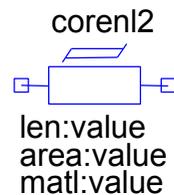
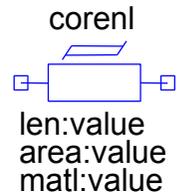
ØSaber中磁性器件模型的使用

ü如果需要更为详细磁性器件模型来表示变压器和电感的物理结构，Saber提供了磁心和线圈模型，可以用来构建任何磁性结构。



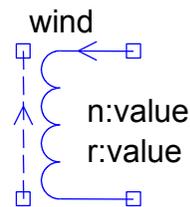
线性磁心模型

用于模拟气隙或不会饱和的磁心



非线性磁心模型

用于模拟磁滞环非线性磁心材料。



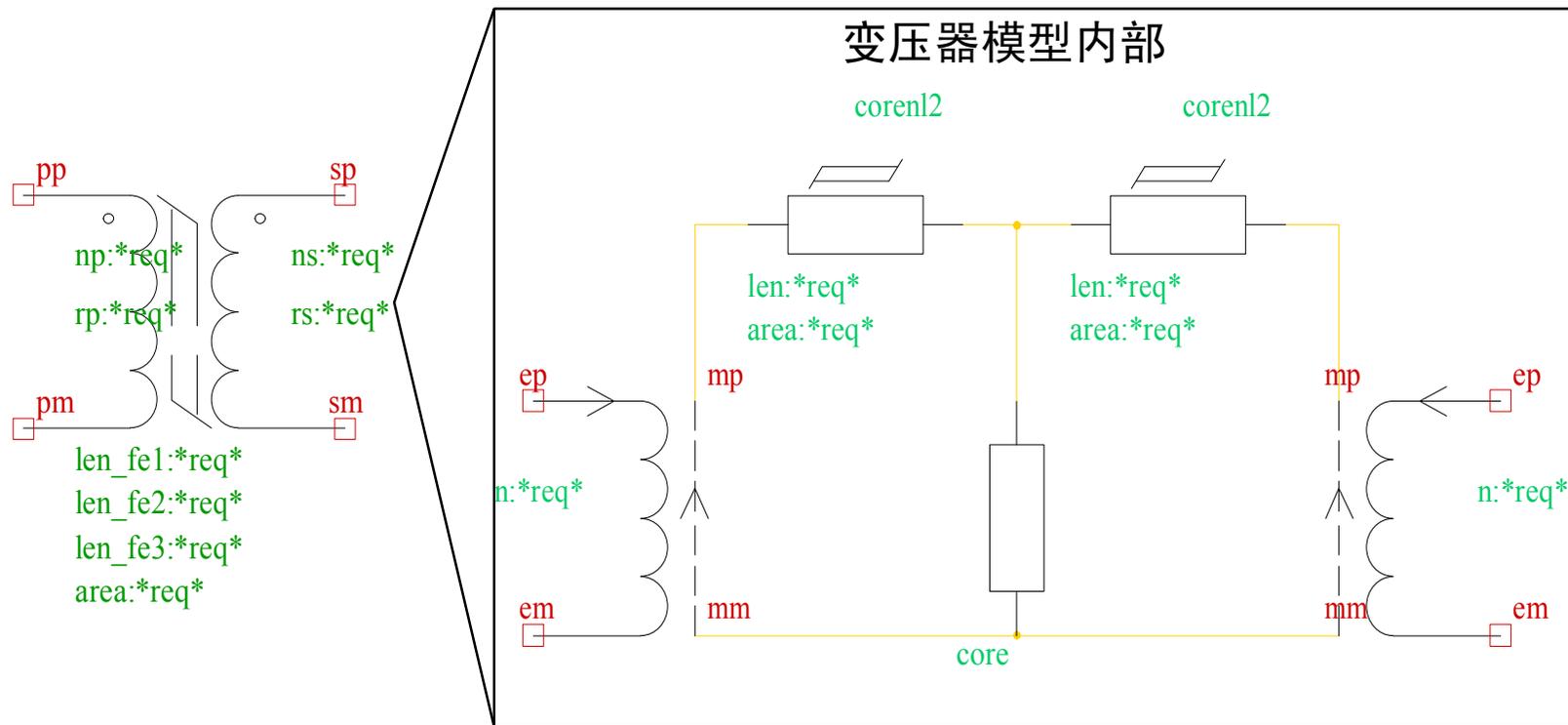
线圈模型

用于模拟变压器电感中的线圈部分。

能和磁心、电路相互作用，完成磁能—电能之间的转换。

Saber软件仿真电源系统(续)

磁芯+线圈模型构建变压器模型



Saber软件仿真电源系统(续)

ØSaber磁性器件建模工具（MCT）的使用

ü非线性B-H曲线

ü涡流损耗

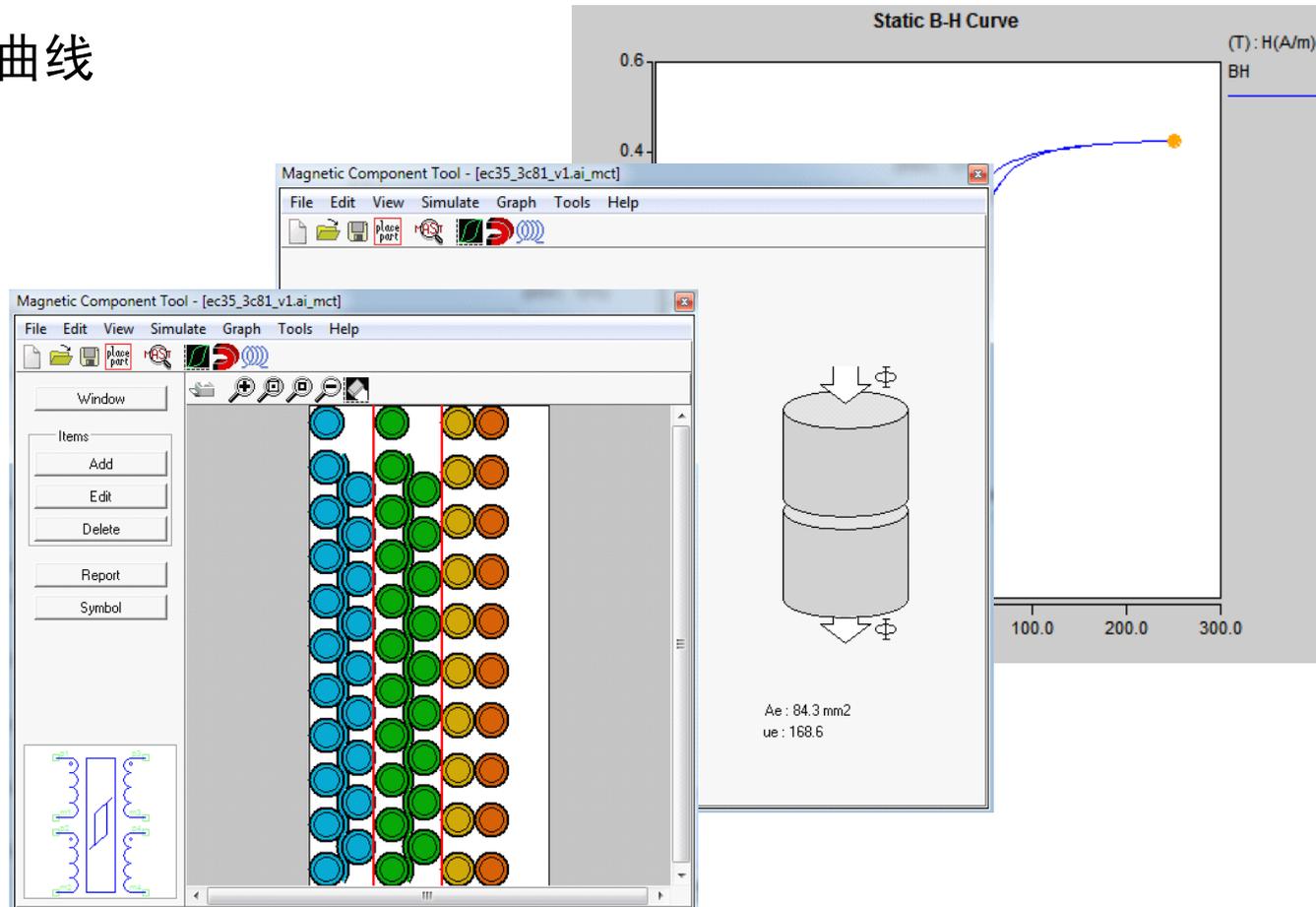
ü气隙

ü漏磁

ü趋肤效应

ü耦合电容

ü亲近效应



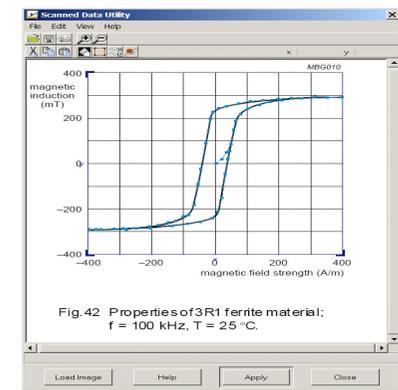
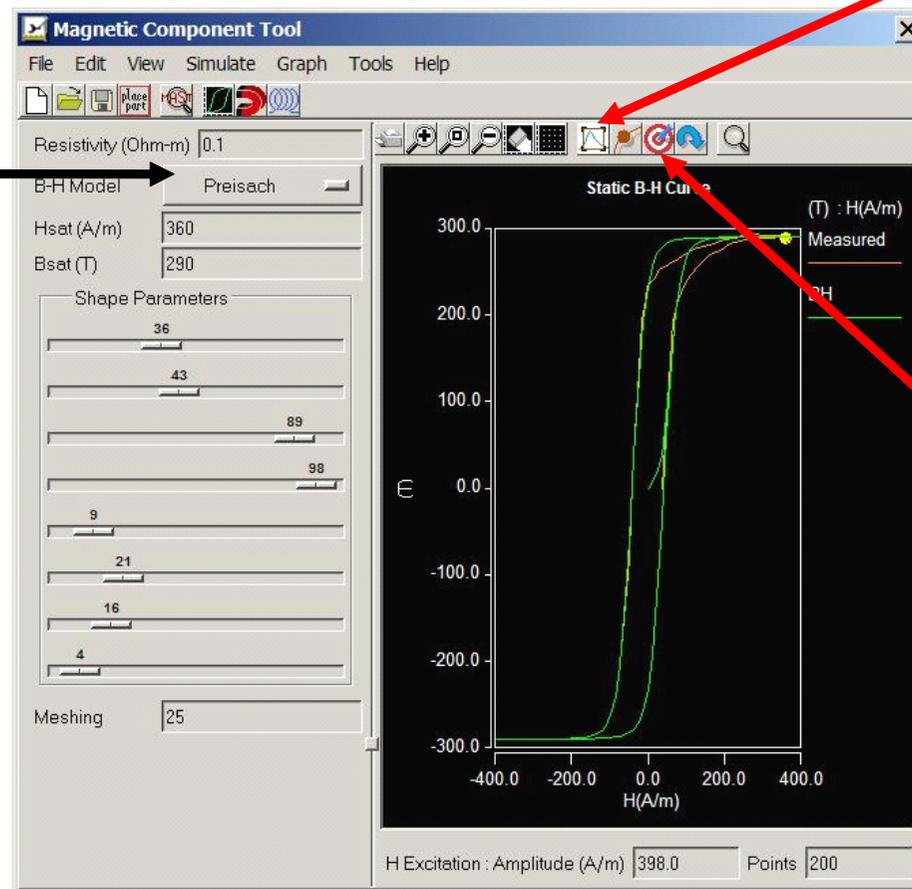
Saber软件仿真电源系统(续)

ØSaber磁性器件建模工具 (MCT) 的使用
ü创建磁性材料的B-H曲线模型

1. 从磁性材料的数据手册中扫描提取

2. 指定 Hsat & Bsats

4. 可手动微调B-H曲线的形态



3. 利用优化工具拟合模型B-H曲线匹配扫描输入的B-H曲线

Saber软件仿真电源系统(续)

Ø Saber磁性器件建模工具 (MCT) 的使用

ü 定义磁芯几何尺寸

The screenshot displays the Magnetic Component Tool (MCT) interface with the following parameters and annotations:

- 定义磁路长度** (Define magnetic path length): Points to the **Eff. Length (mm)** field, which is set to 80.
- 定义气隙长度** (Define air gap length): Points to the **Air Gap (mm)** field, which is set to 0.
- 定义磁芯截面积形状** (Define magnetic core cross-section shape): Points to the **Section** dropdown menu, which is set to **Rectangular**.
- 定义磁芯截面积尺寸** (Define magnetic core cross-section dimensions): Points to the **Width (mm)** and **Thickness (mm)** fields, which are set to 10 and 10, respectively.

Additional parameters shown in the interface include:

- Lamination**: Yes
- Lamination Thickness (mm)**: 0.15
- Stacking Factor**: 0.9
- Core Area (Ae)**: 90.0 mm²
- Permeability (ue)**: 2077.0

A 3D diagram of a magnetic core with a rectangular cross-section and a central air gap is shown on the right side of the interface.

Saber软件仿真电源系统(续)

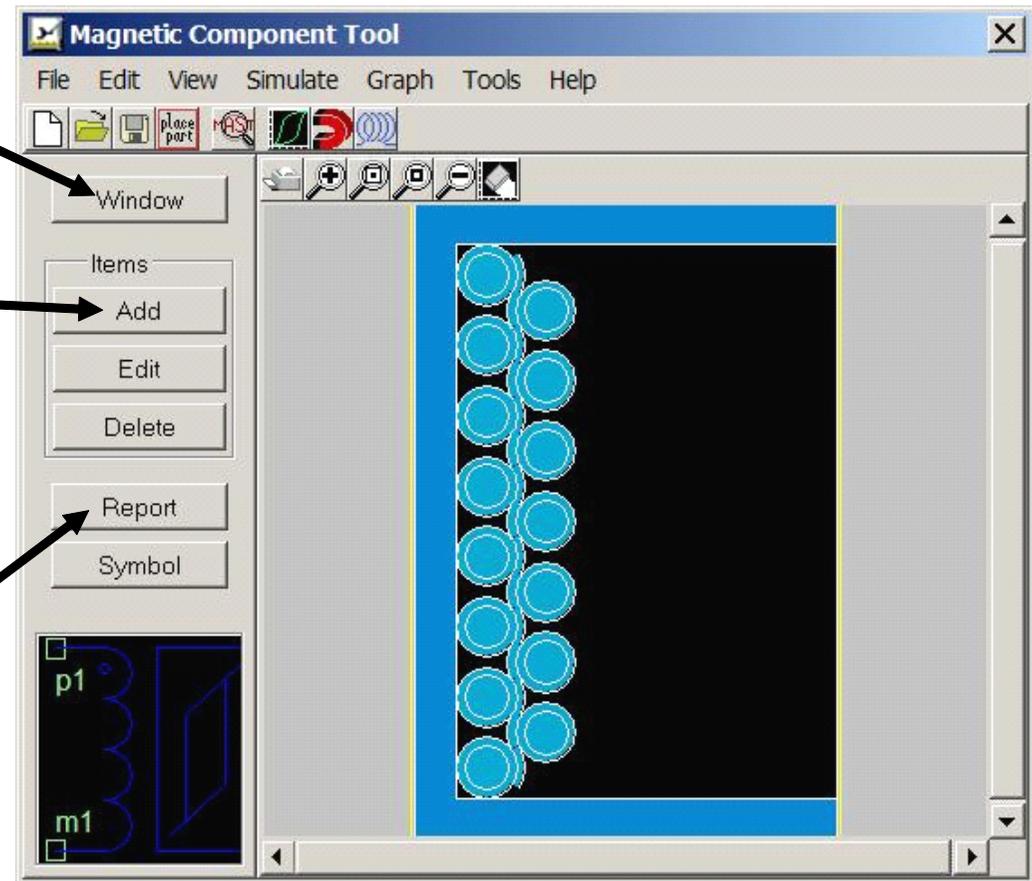
ØSaber磁性器件建模工具（MCT）的使用

ü定义线圈设置

定义线圈缠绕的窗口尺寸

添加线圈

报告线圈的长度、直流阻抗、
自感量、耦合电容



主要内容

三. 电源系统仿真的趋势 - 鲁棒性仿真

电源系统仿真的趋势-鲁棒性仿真

q 电源系统的鲁棒性仿真

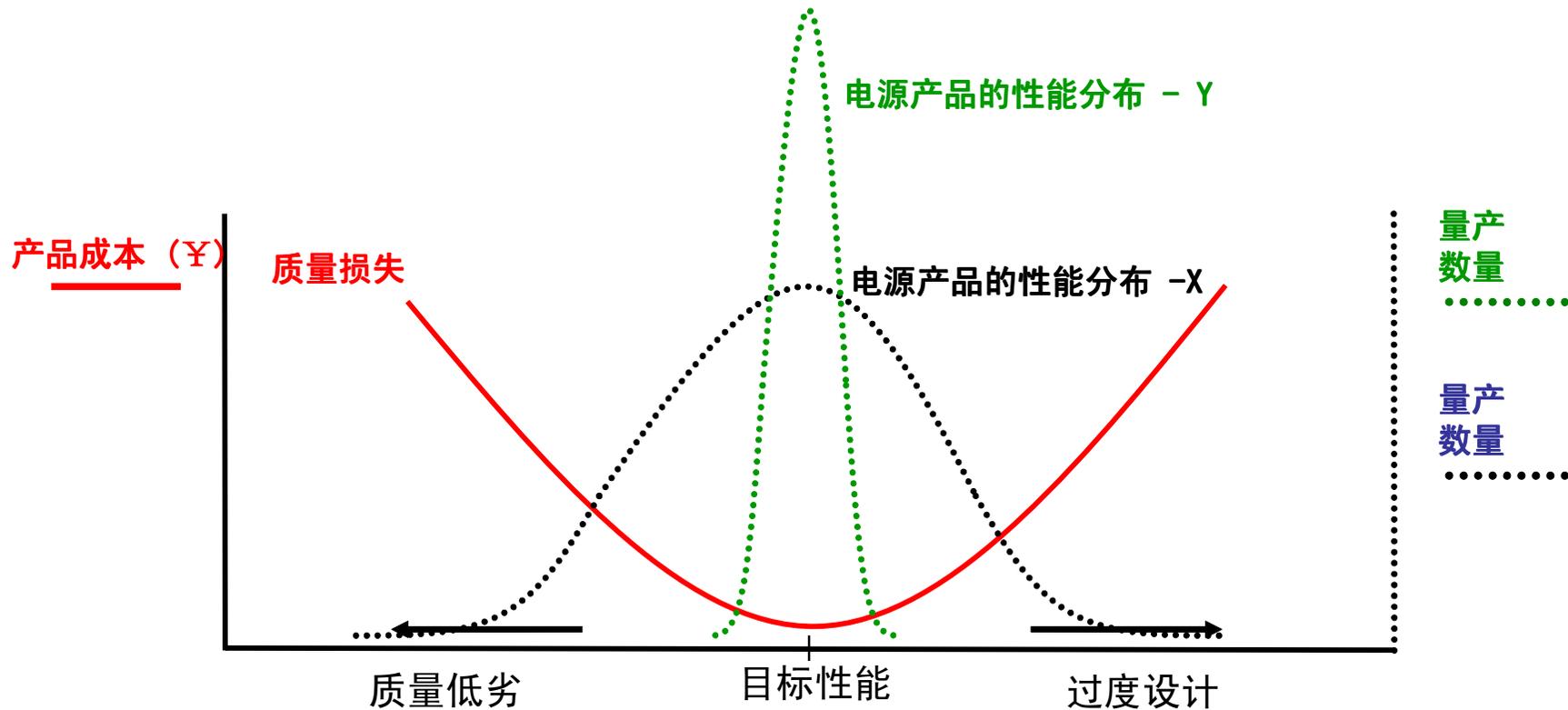
∅ 仿真重点的转变

- ü 由针对设计理论验证转变为设计的鲁棒性分析;

∅ 仿真目标的转变

- ü 由辅助产品样机设计，提高设计效率转变为辅助产品量产设计，为优化设计，降低成本、提高设计可靠性提供需要的分析数据;

电源系统仿真的趋势-鲁棒性仿真(续)

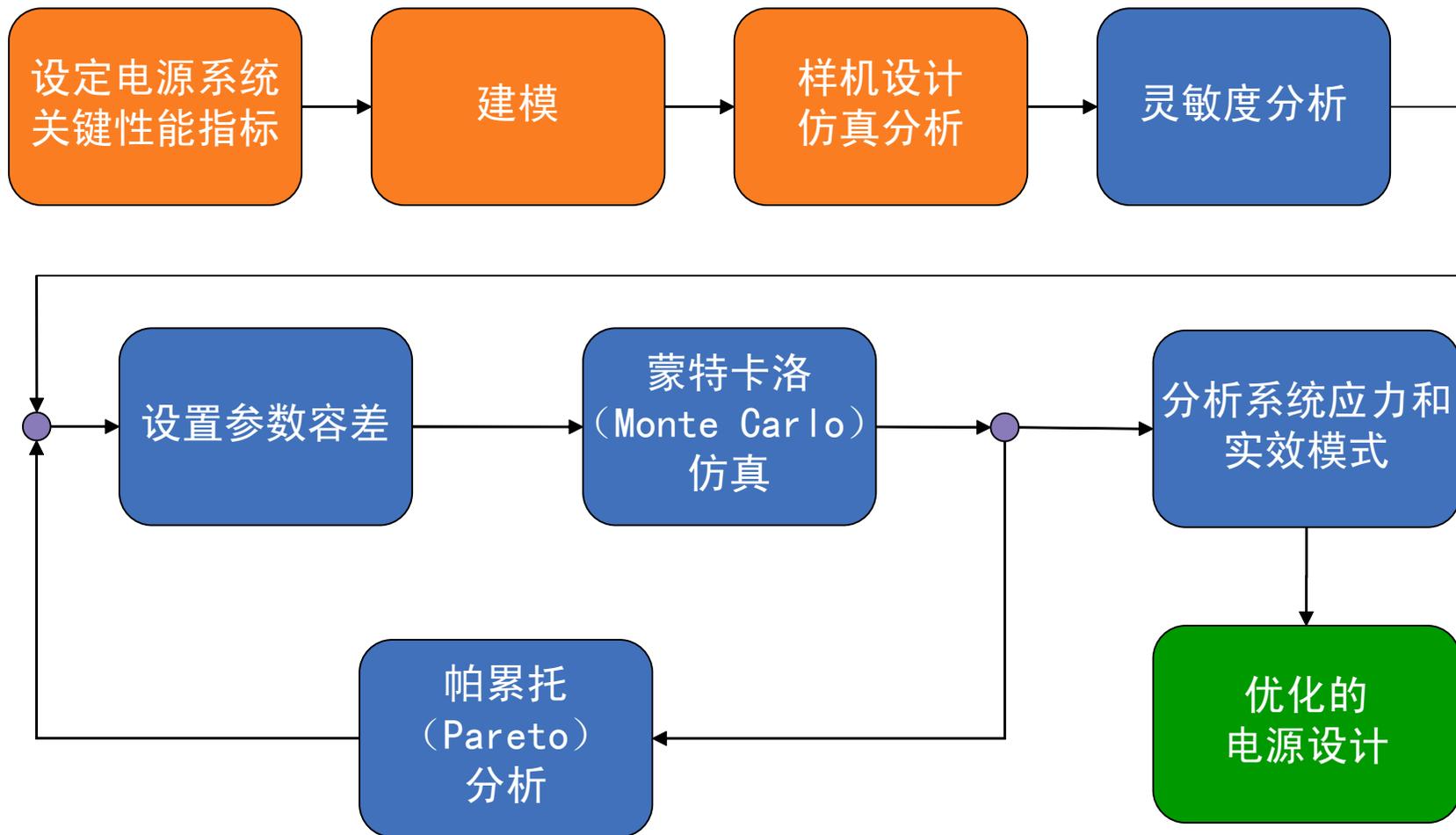


Ø 电源系统的鲁棒性仿真关注

- ü 确定系统或者子系统的影响性能的核心器件
- ü 减小系统中各种可能的变化因素对系统性能的影响
- ü 优化设计参数，提高电源设计生产质量，降低成本

电源系统仿真的趋势-鲁棒性仿真(续)

Ø引入鲁棒性仿真之后的电源仿真流程



电源系统仿真的趋势-鲁棒性仿真(续)

Saber

确定需要评估的行为和参数
建立相应模型加入系统

控制、数字信号、软件及物理器件建模

验证系统的设计思想

直流工作点、时域、频域分析

找出影响系统性能
的关键器件

灵敏度分析

评估引入变化量时对
系统关键性能的影响

参数和统计分析
(Monte Carlo)

优化系统参数容差
提高设计质量、降低设计成本

分析系统应力和
实效模式

应力分析、实效模式分析



主要内容

四. 演示

演示

- q **Saber**软件分析开关电源环路响应
- q **Saber**软件磁性器件设计工具的应用