

磁器件中国制造2025，还缺什么？

磁仿真，磁测量....

孙俊超

2018-7-27 苏州

安博磁商贸（北京）有限公司

www.abcstone.com.cn

内容

- 感性元件产业，中国制造2025的技术瓶颈
- 瓶颈1 磁器件设计软件
- 瓶颈2 磁测量技术和认知
 - 磁绕组脉冲测量技术
 - 磁芯功耗测量
 - 磁材料直流叠加条件下功耗
- 可靠设计，可靠生产 – 保证质量
 - 铁氧体质和量保证 – 高纯铁红TKS-HP
 - 最高饱和磁通密度的铁氧体材料D9B
- 总结

软磁-至今的中国制造

- 中国成为世界软磁磁芯生产基地，
无论产量和产能，其中
90% 铁氧体-中国制造
80% 磁粉芯-中国制造
60% 铁基非晶纳米晶卷带磁芯-中国制造
- 中国企业积极参与TC51和TC68 标委会工作
磁粉芯纳入TC51工作正在进行

中国设计的技术瓶颈

- 磁器件设计软件

Gecko, Simplis, Plexim, Ansys, PSIM...

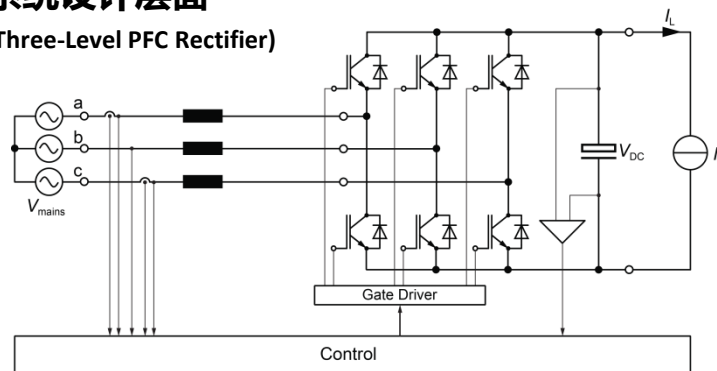
- 磁测量技术 – 功耗测量

TC68	IEC 60404-8	MPS/BROCKHAUS
TC51	IEC 62044-3	Bs&T/IWATSU

磁建模，仿真

系统设计层面

(Three-Level PFC Rectifier)

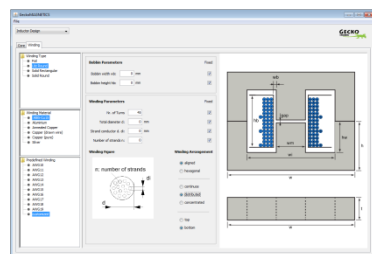


磁性器件的模拟和设计:

GeckoMAGNETICS

2016 大比特 安博磁

GeckoMAGNETICS

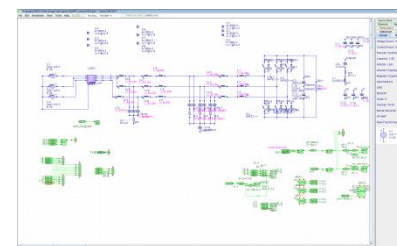


输出 L^* 设计电感



读入仿真励磁波形

GeckoCIRCUITS



优化 保证 L^* 在电流尖峰.

GeckoMAGNETICS

设计流程 – 电感设计 1

设计电感

- ↓
- 1) 设定 L^* , $T_{\max}$
- ↓
- 2) 选择不同尺寸
选择不同材料
- ↓
- 3) 选择不同绕组
- ↓
- 4) 选择波形
- ↓
- 5) 选择冷却方案
- ↓
- 6) 计算

user selects:

1. Several Core Geometries
(either **several** pre-defined cores OR
user sets the ranges of core geometry parameters for
one Core Type)
2. Several Core Materials

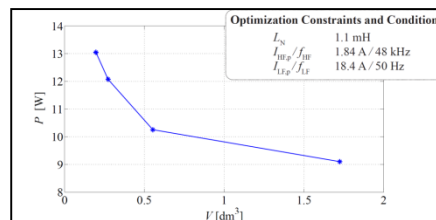
→ n_1 磁芯

user selects:

1. Several pre-defined wires (e.g. AWG16) OR
sets the range of wire geometry properties
(Round Wire, Litz, Foil, Rectangular)
(design based on the filling factor
OR diameter of wire)
2. Several Winding Materials

→ n_2 绕组

→ $n_1 \cdot n_2$ 设计



GeckoMAGNETICS

设计流程- 电感设计 2

Procedure

- 磁阻模型的引入. $L = f(i)$.

• 铁损



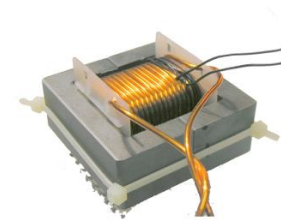
• 铜损



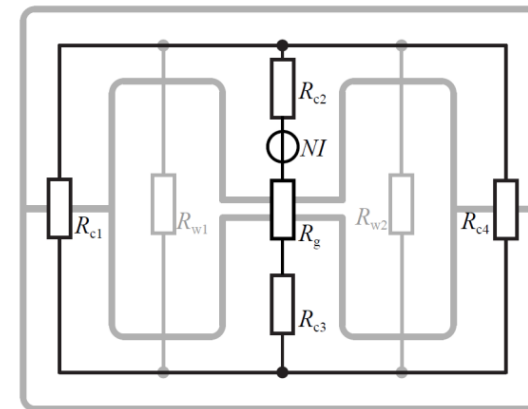
• 温升



• 收敛



磁阻模型 IEC60205



磁性材料非线性，展示饱和特性

非线性效应通常不直观，用数学模型计算非常困难。

从线路解 (如 GeckoCIRCUITS):
得到电流, 电压波形:

振幅电感:
$$L_s(i) = \frac{N \cdot \Phi}{i} = \frac{\Psi}{i}$$

增量电感:
$$L_d(i) = \frac{d(N \cdot \Phi)}{di} = \frac{d\Psi}{di}$$

$$v(t) = L_d(i) \cdot \frac{di}{dt} = \frac{d\Psi}{di} \cdot \frac{di}{dt} = \frac{d\Psi}{dt} =$$

$$\frac{d[i \cdot L_s(i)]}{dt} = L_s(i) \cdot \frac{di}{dt} + i \cdot \frac{dL_s(i)}{dt} =$$

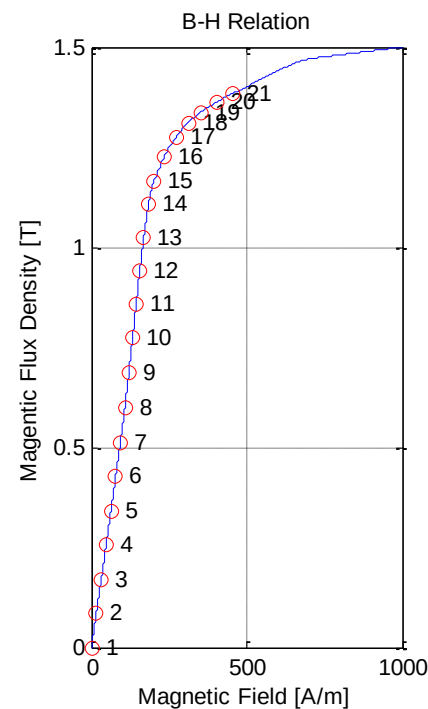
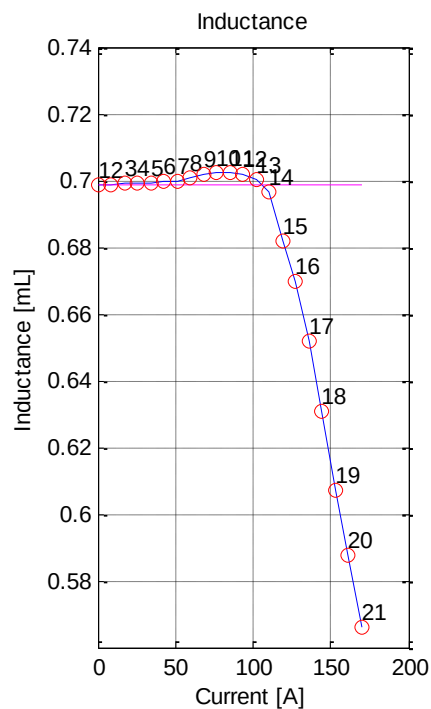
$$\rightarrow L_s(i) = \frac{1}{i} \int_0^i L_s(i') di'$$

储能电感:

$$L_e(i) = \frac{2}{i^2} \int_0^i i \cdot L_s(i') di'$$

„磁阻世界“:
非线性电感值的计算

$$L = \frac{N^2}{R_{\text{tot}}(I)}$$



磁测量技术 – 功耗

磁芯

Sinus Magnetization AC

高激励

IEC 62044-3

loss, μ_a 磁通密度驱动

B_{peak} , 励磁电流驱动

小激励

IEC 62044-2

直流偏置

BsT-Pro

loss map (f, B, T, H_{DC})

μ_{rev}

major, and biased minor loop

绕组

Pulse Magnetization

fast transit of magnetic state

dB/dt

瞬间磁通变化率

大比特2015-2017 会议 – 安博磁

BsT-Pulse

differential and amplitude L 振幅和增量电感

energetic L, loss 储能电感

第一代脉冲仪

Clear, simple and intuitive

The LI-Control app provides an easy and intuitive handling. Just enter the rated data of the choke and start measuring. Save the results, open another measurement as a reference or verify the results with the aid of limit values.

Create protocols and export your test data.



3-Phase Extension Unit

The best way to test 3-phase chokes automatically.

Accelerate your testing speed in production environments.

The 3-Phase Extension Unit allows you to attach all phases at once in order to run all tests on a single 3-phase choke automatically. This also reduces the likelihood of measurement failures through wrong connected test objects.

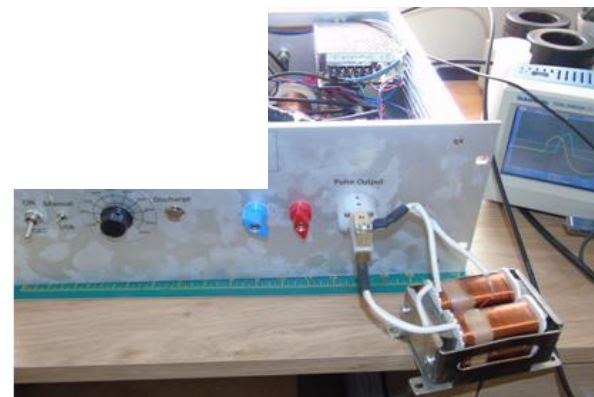
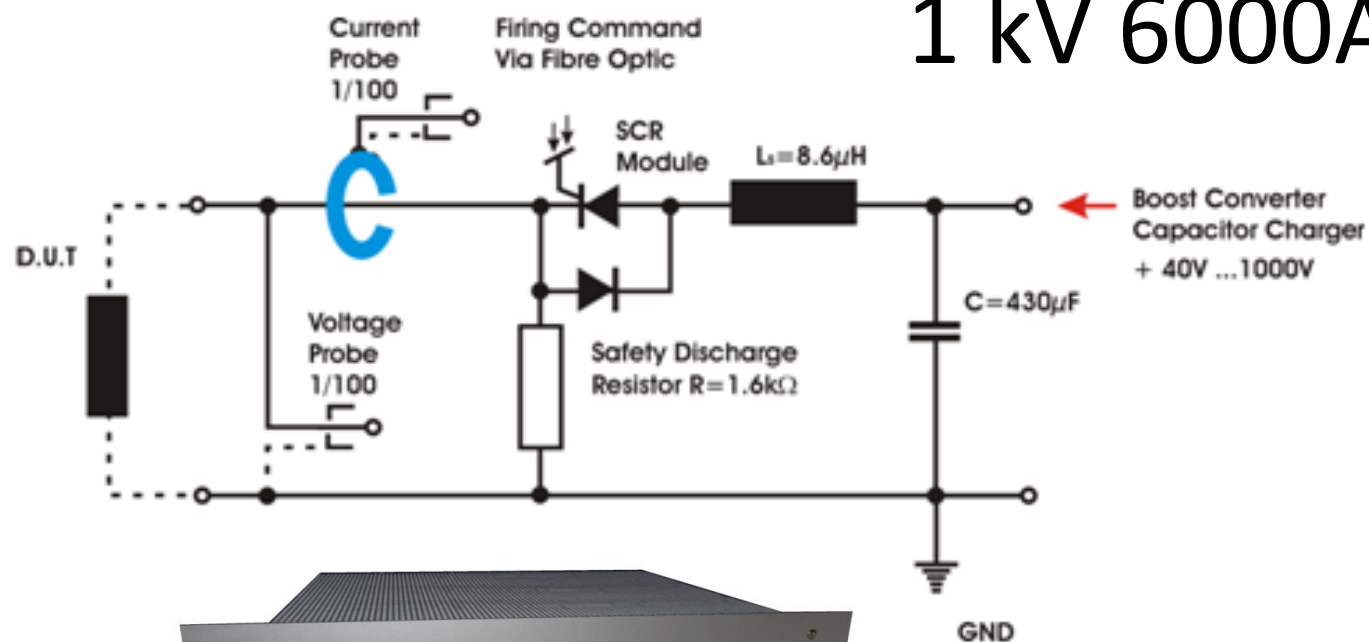
For every LI-model we offer a dedicated 3-Phase Extension Unit



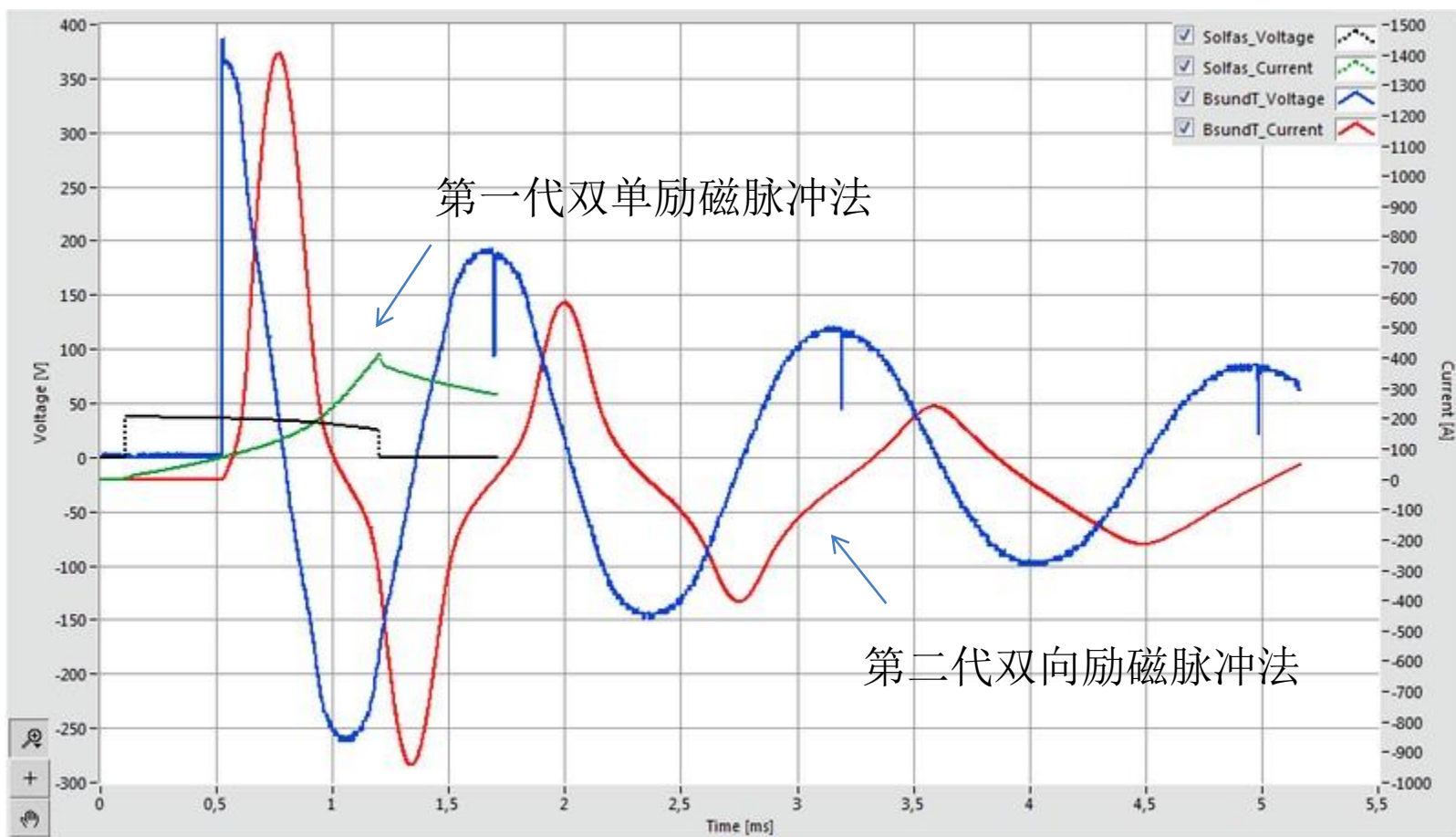
9 kJ 6000A 3相

第二代脉冲仪

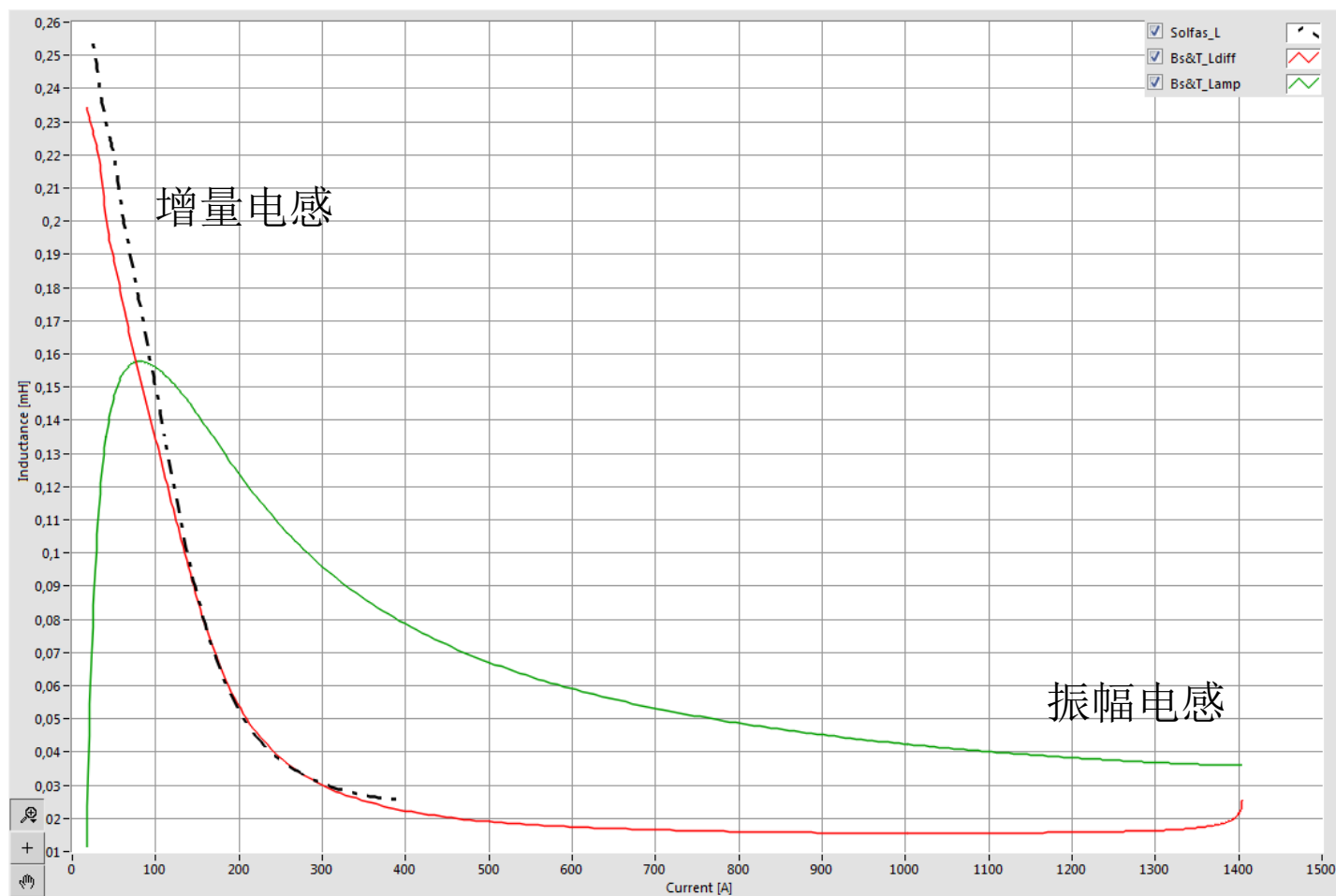
1 kV 6000A & 3相



电压电流时间图



励磁电感和电流图

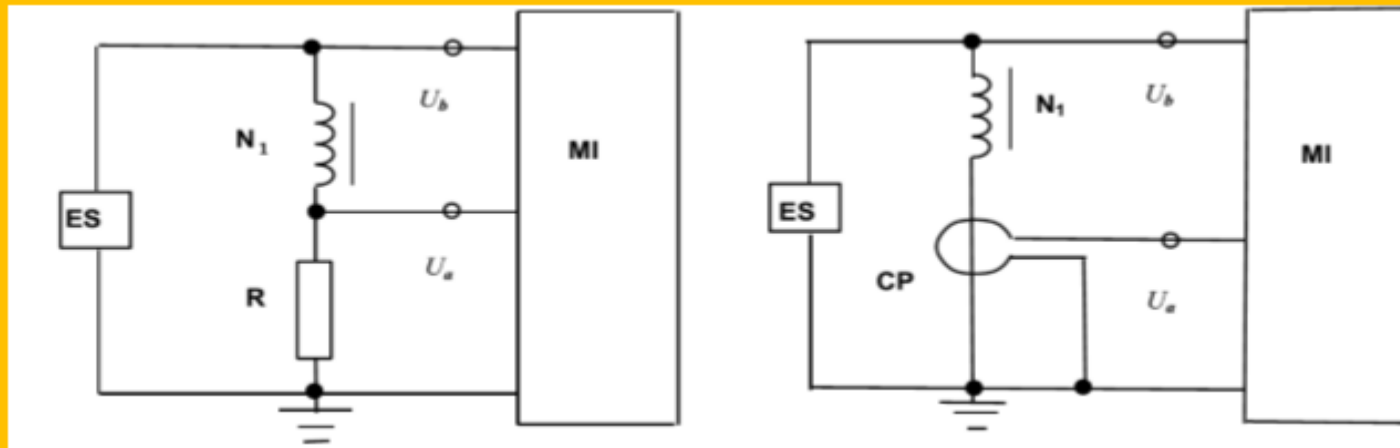


Core loss measurement according to IEC 62044-3

Power loss

Table 1 – Some multiplying methods and related domains of excitation waveforms, acquisition, processing

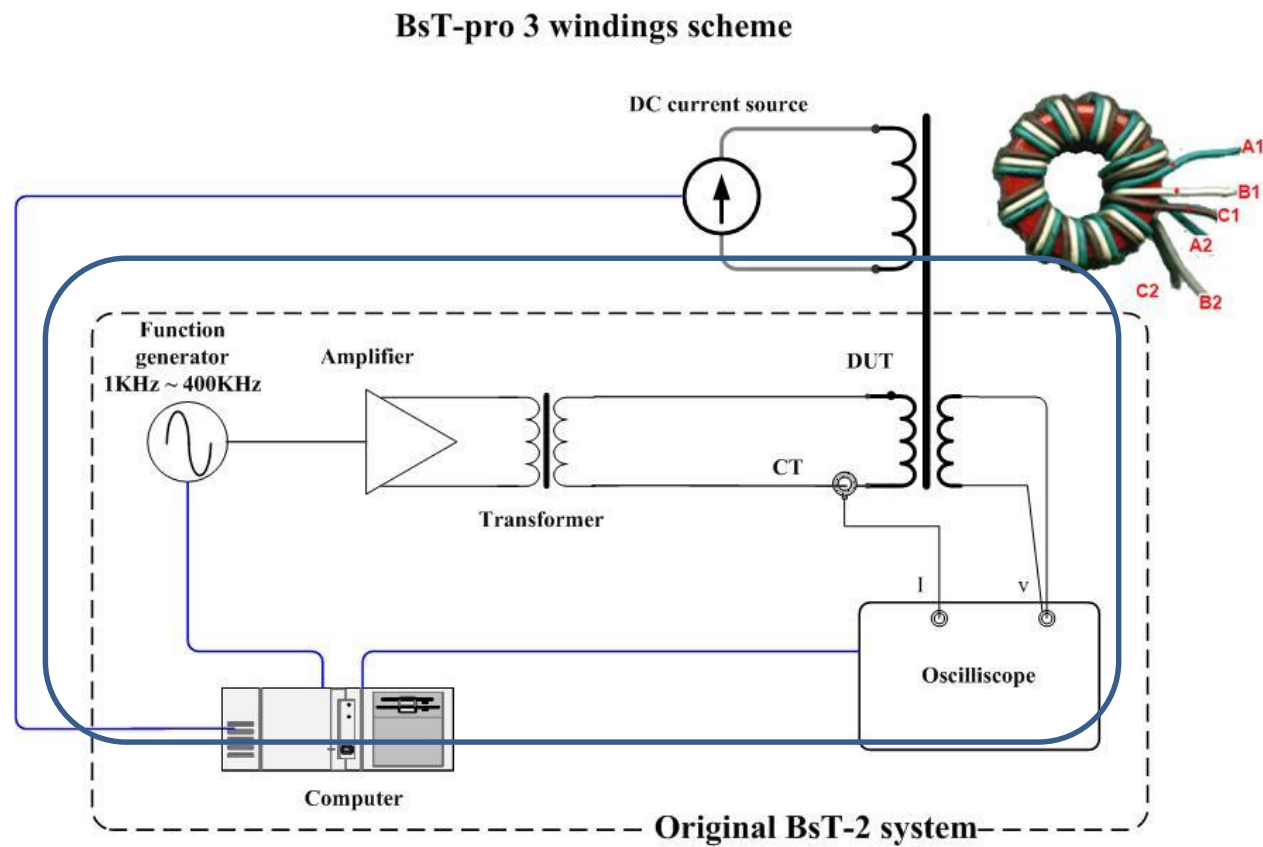
Measuring method	Domain of			Subclause of annex C
	useable excitation waveform	acquisition	processing	
V-A-W meter	Sinusoidal	Time	Time	C.1.1
Impedance analyser	Sinusoidal	Not applicable	Not applicable	C.1.2
Digitizing	Arbitrary	Time	Time	C.1.3
Vector spectrum	Arbitrary	Frequency	Frequency	C.1.4
Cross-power	Arbitrary	Time	Frequency	C.1.5



Part of IEC62044-3

Configuration BsT-Pro

安博磁 2016 大比特



示波器
功放
直流源
控制器
主机
/控温箱/

保证质和量

- 可靠设计和生产的目的在于持续保证质量
 - 绕组 – 自动化
 - 磁芯质量的保证需要
 - 具备符合IEC**功耗测量系统**
 - 完善管理流程
 - 原材料**的稳定性 – 如铁氧体
- 铁氧体70%价格和性能取决于高质量的**铁红**,
一流铁氧体生产企业TDK和FERROXCUBE铁红
稳定性奠定了持续保证质量的基础

铁红质量的保证

- 盐酸去硅
 - RUTHNER流程
 - CHEMIRITE流程
- 化学成分和物理性能
- 铁红
 - 蒂森-克虏伯 TKS HP
 - EG 众多牌号
 - ◦ ◦ ◦

最高Bs铁氧体材料

- IEEE文章最新铁氧体材料发展趋势
- 碳化硅驱动系统需要高磁通，低损耗的材料，最高Bs铁氧体材料**D9B**，结合大磁芯的生产技术，给**碳化硅**频率段提供了除合金以外的铁氧体磁芯的选择。通过掺入氧化镍，提高了饱和磁通密度，同时提高居里温度，和合金粉芯如铁硅铝比起来，依然具备良好的功耗性能，又兼顾了高直流叠加需求。

总结

- 稳定的铁红供应 蒂森-克虏伯 高纯
- 符合IEC62044-3 功耗测量系统 **Bs&T**
- 第一，第二代电感脉冲测量仪
- 壁虎磁器件的设计软件 **Gecko**

所有这些资源可以帮助生产基地中国成为磁技术大国

„德国技术“ 服务于„中国制造2025“

请联系北京安博磁

Tel:010-82790190

Email: abctradingbj@163.com



合作伙伴

