

脉冲式大电流电感测试仪IPT1000/IPT1500培训资料



深圳市知用电子有限公司

www.cybertek.cn

目录

1-电感知识

2-电感测量方法

3-IPT1000系列产品介绍

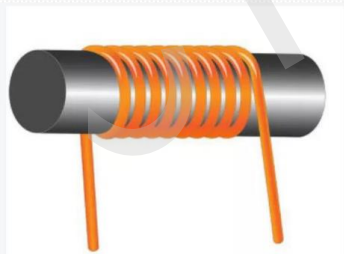
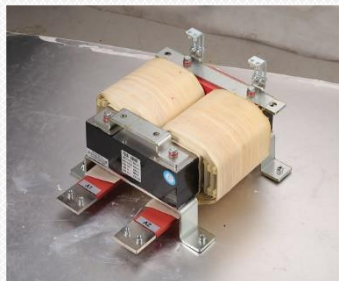
4-产品优势

5-应用案例

6-结论

1

电感知知识



一般是用金属导线绕制而成的，所以有绕线电阻。对于磁芯电感还应包括磁性材料插入的损耗电阻

电感的测量主要包括电感量和损耗

电感是啥样的

电感的作用

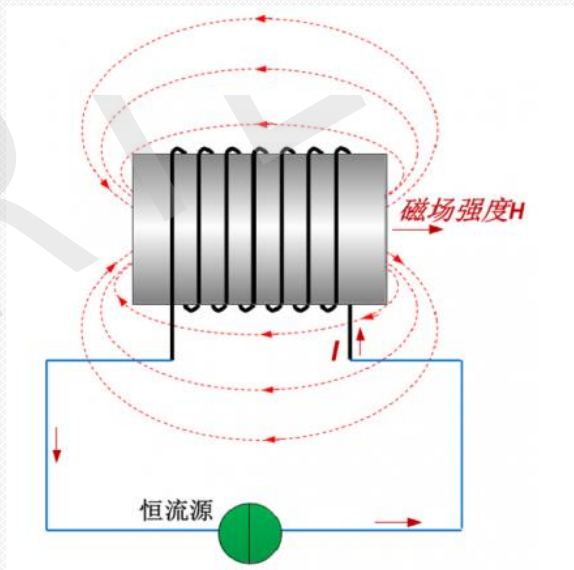
- 1 储能
- 2 滤波
- 3 振荡



电感用比较形象的语言说就是通直流，阻交流

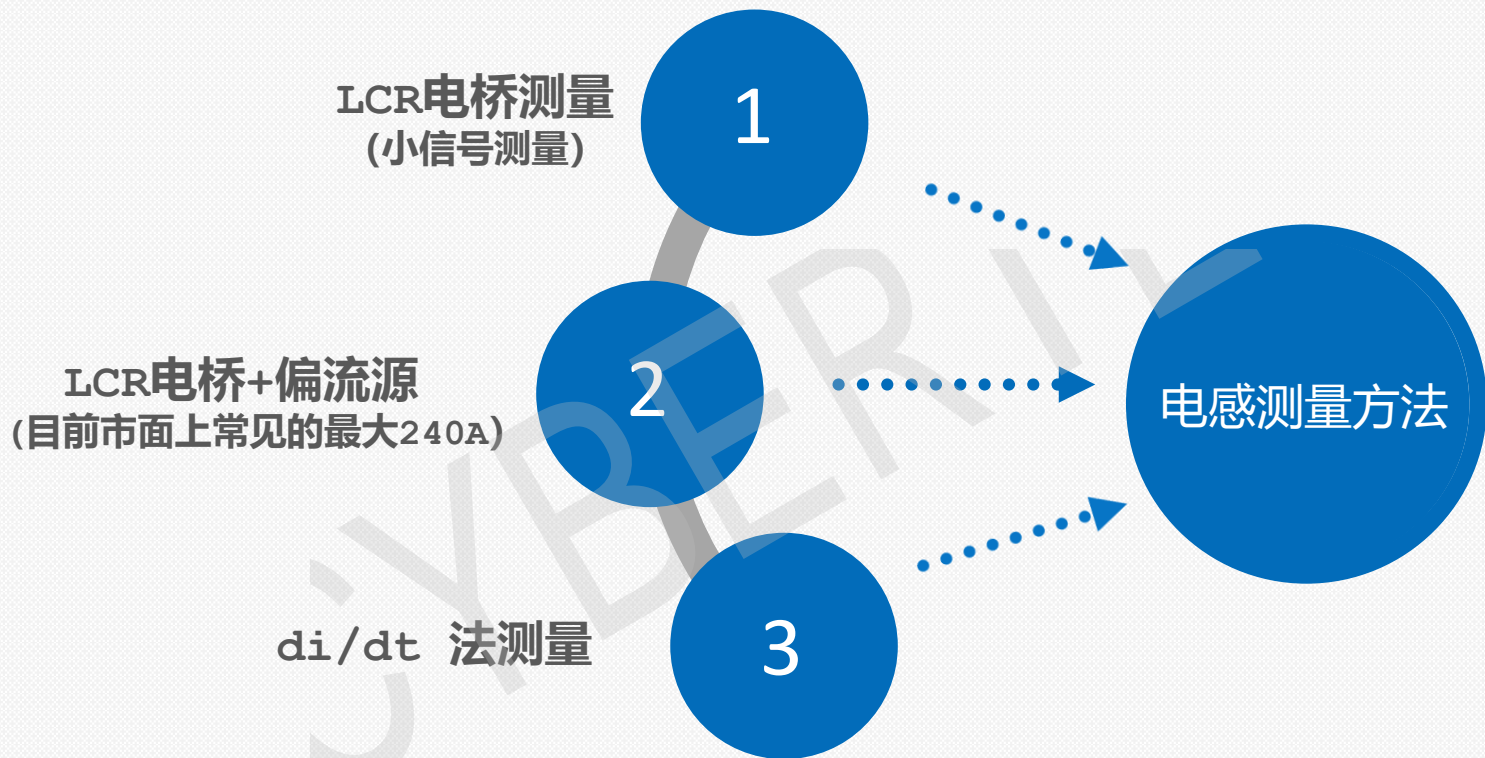
电感为何往往都有磁芯的

- 空心线圈中加入磁芯后电感量会增大很多，那是因为一般的磁芯导磁率相比空气的导磁率大十几倍、上百倍或更多，电感量相比空心线圈当然会大很多
- 储能公式： $W = 1/2 L I^2$

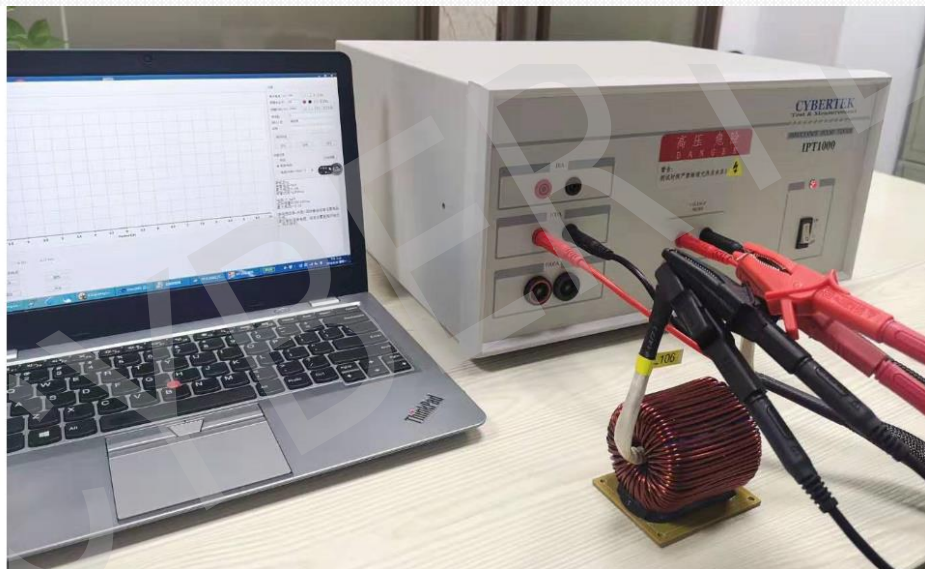


2

电感测量方法



随着电力电子和新能源产品的高速发展，已经有超过1000A电流的电感应用的需求，传统的测量仪器没有办法测量这种大电流下的电感性能是否符合设计要求。



各类测量电感的仪器

1



2



3



各类电感测量仪器的优缺点对比

	LCR电桥	直流偏置源+LCR电桥	IPT1000/1500
优点	测量参数全面	可测量大电流（目前市面上能看到最大直流偏置电流240A）的电感的实际感量。	可测试1500A的大功率电感
缺点	小信号测量结果和大信号感值有偏差。	体积大、价格高	只能测量电感的感值和内阻，不能设置测试频率。

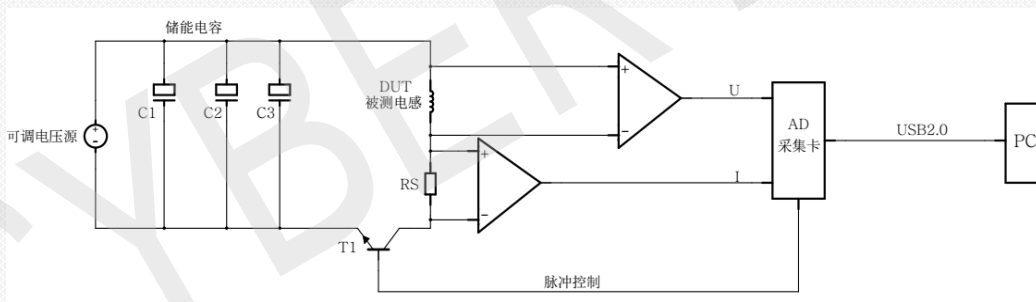
3

IPT1000系列产品介绍

IPT1000/IPT1500测量电感的原理

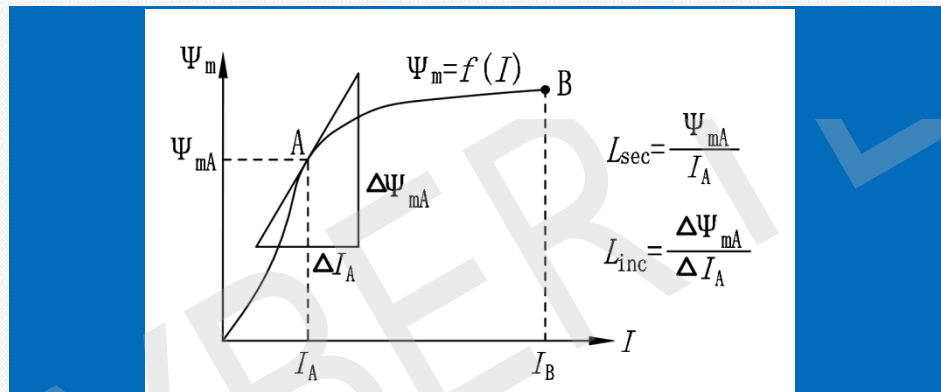
di/dt 法的基本原理是对电感器件施加恒定的直流脉冲电压，通过测量电感 di/dt 的变化，计算出对应电感量和其他参数。基本公式如下：

$$U = L \frac{di}{dt}$$



基本原理框图

IPT1000/IPT1500测量出来的增量电感与我们常用的LCR电桥所测得的电感量是一致的。
割线电感这个参数LCR电桥无法测量。



增量电感

$$L_{inc} = \frac{\Delta\Psi_{mA}}{\Delta I_A}$$



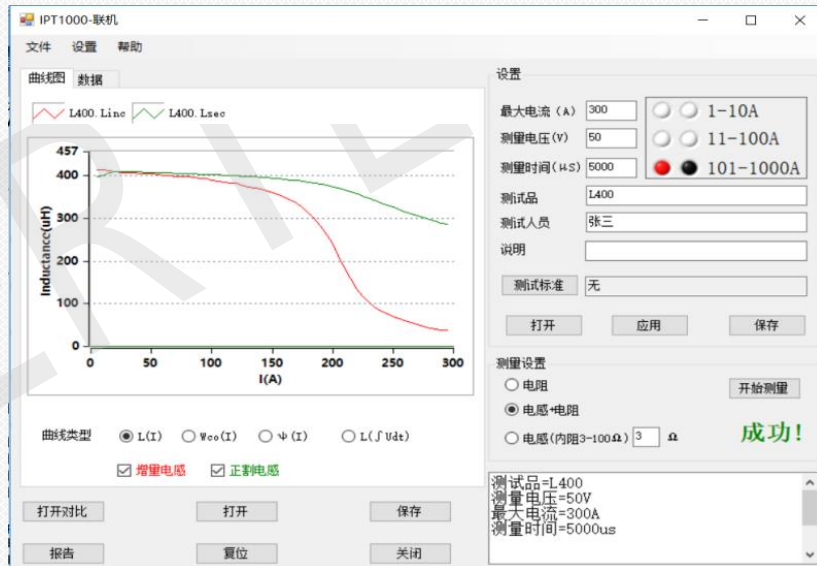
割线电感

$$L_{sec} = \frac{\Psi_{mA}}{I_A}$$



如何使用IPT1000/IPT1500测量电感

- 1、IPT1000/1500需配合电脑进行测试。首次使用必须安装USB驱动和应用程序
- 2、测试软件启动后，设定测量的电流，测量的电压和测量时间。还要选测量电阻还是电感+电阻，电感的内阻如果大于3欧姆，需要手动输入电阻值
- 3、选择测量的曲线类型，一般比较常用的是电感对电流的曲线，关注增量电感居多。



如何使用IPT1000/IPT1500测量电感

4、使用开尔文接法（4线）连接到被测电感

5、确认电流的档位无误后点击开始测量按钮，测试软件开始工作，几秒后测试曲线会显示在电脑上。

注意

- 不允许将电压检测夹子和电流夹子连接在一起后再夹到被测电感的引线，这会加大夹子的接触电阻，降低测试精度。
- 正确的四线法的电压检测夹子和电流夹子的布置如上图，分别放置被测电感的两侧。这个布置的电压和电流测试线之间的电磁耦合最弱，测试精度最好，特别小感值测量。



当心
CAUTION

高压危险
请勿触摸



4

产品优势



1

电容的放电可以很容易得到极大的偏置电流

2

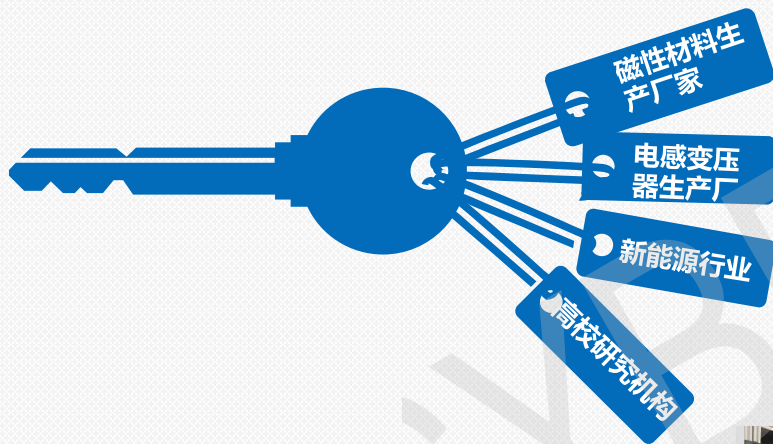
测量条件与电力电子实际应用中的电感元件的方波脉冲电压的工作条件是一致的

3

IPT1000/1500在几秒时间内可以把整个电流偏置下的电感曲线测量出来

5

应用场合



对比测试

测试平台:

进口大功率电感测试仪

知用产品: IPT1000/1500

LCR电桥

标准空心电感、客户产品



测试数据对比

电感型号：标准电感7号（100uH）

仪器型号	电感(100Hz)	电感(1KHz)	电感(10KHz)
LCR电桥	100uH	100.6uH	99.95uH

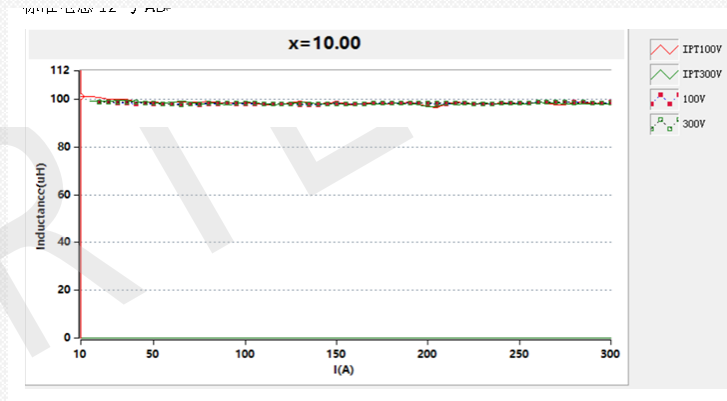
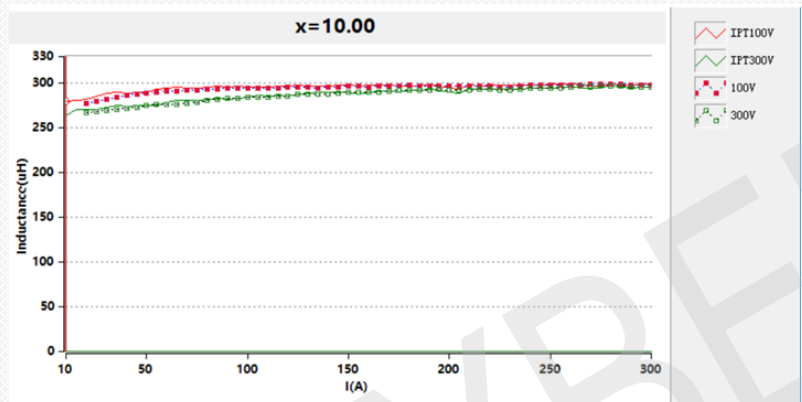
测试条件	100A, 300V, 1000us	
电流(A)	进口设备(uH)	IPT1000(uH)
10	99.6	99.6
30	100	100.6
50	100	100.8
70	100	100.9
90	101	101.3

100A量程的电感电流曲线

测试条件	1000A, 300V, 2000us	
电流(A)	进口设备(uH)	IPT1000(uH)
100	102	101.6
300	101	100.9
500	101	100.4
700	101	99.6
900	101	100.6

1000A量程的电感电流曲线

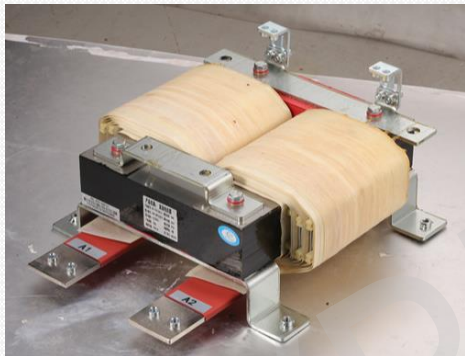
测试数据对比



进口设备与IPT产品在不同电压下的测量曲线

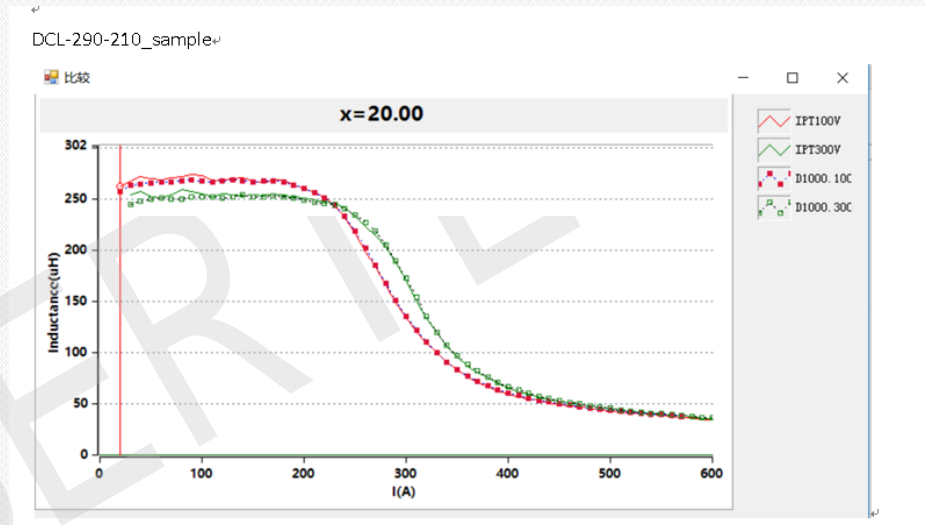
进口设备与IPT产品的测试曲线是一致的，测试精度符合指标

测试数据对比



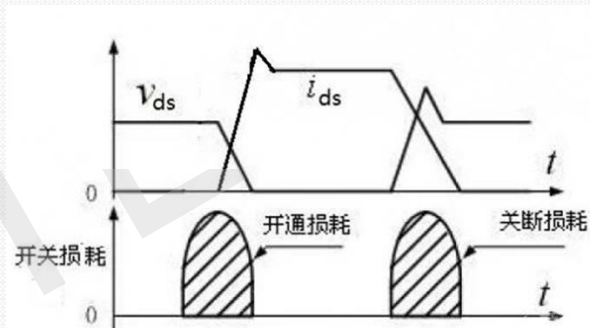
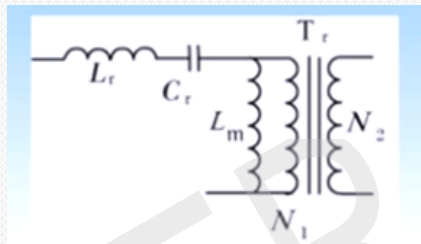
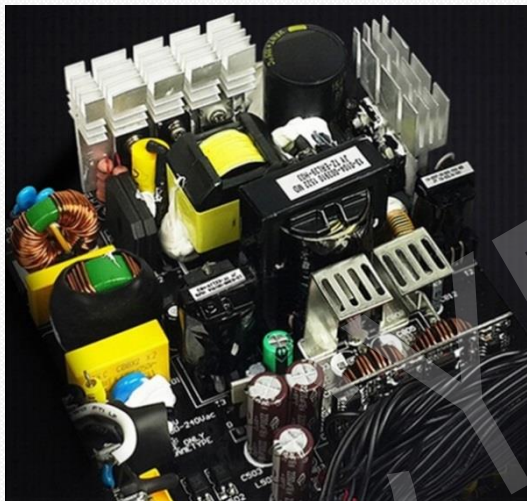
注意

这个测试样品是客户提供的，分布电容比较大，不同的电压下测试值会有不同，这个在跟客户交流的时候要注意。

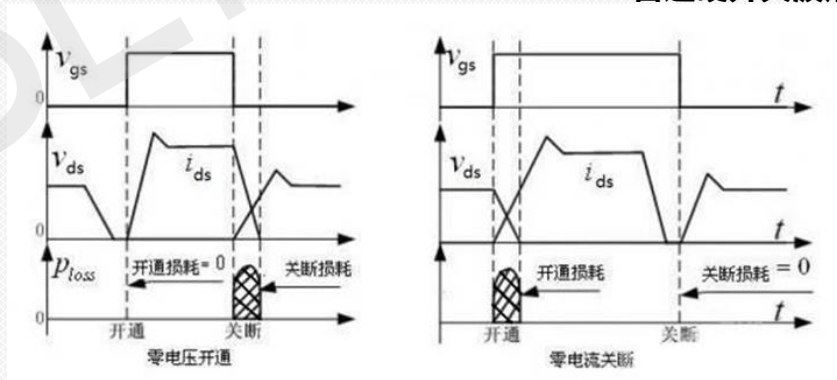


进口设备与IPT产品在不同电压下的测量曲线

应用案例：IPT1000/1500在LLC谐振电源设计中的应用



普通硬开关波形



IPT1000/1500在LLC谐振电源设计中的应用

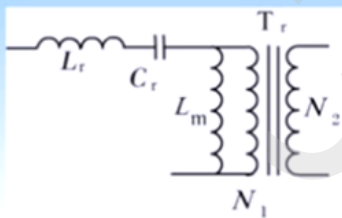
串联谐振频率1

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_r C_r}}$$

谐振电容 C_r 谐振电感 L_r

串联谐振频率2

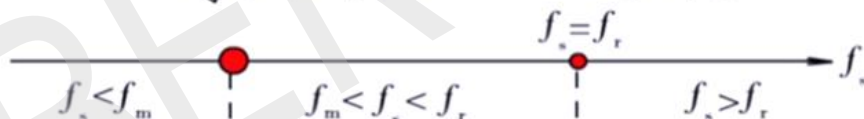
$$f_m = \frac{1}{2\pi\sqrt{(L_r + L_m)C_r}}$$

其中：激磁电感 L_m LLC的工作频率 f_s 有3种可能，即

$$f_s < f_m \quad f_m < f_s < f_r \quad f_s = f_r \quad f_s > f_r$$

$$f_m = \frac{1}{2\pi\sqrt{(L_r + L_m)C_r}}$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_r C_r}}$$

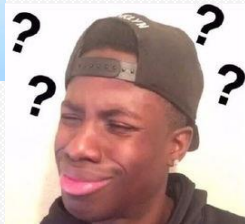
输入电压滞后输入
电流，无法实现ZVS输入阻抗可能容性，也可
能阻性，部分无法实现
ZVS，部分实现ZVS。输入电压超前输入电
流，一定能实现ZVS

区域3

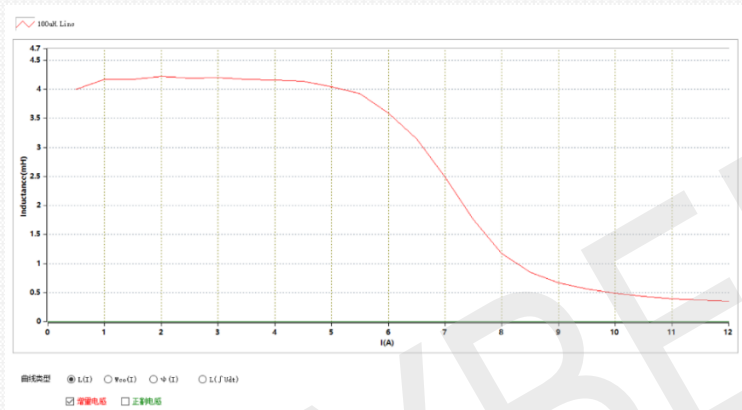
区域2

区域1

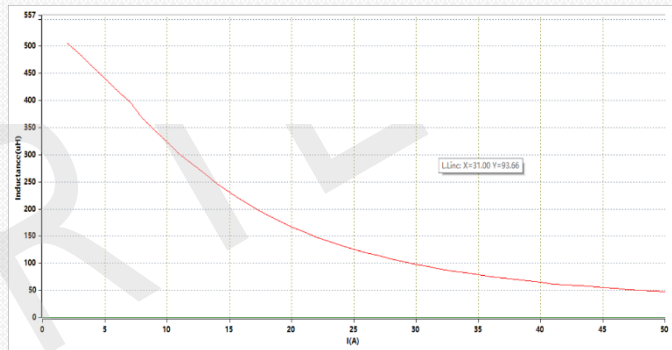
必须让其工作在区域1和区域2，绝对不能在区域3。



IPT1000/1500在LLC谐振电源设计中的应用



加气隙的铁氧体电感



铁硅铝电感

结论

感值在比较宽电流范围内稳定的电感容易满足LLC谐振的条件，客户在设计电源时采用两种不同材料点电感做的电源效率差异很大，通过IPT1000测试很方便直观的帮助用户找到原因。不同的磁性材料，电感的电流衰减特性是不一样的。

IPT1000/1500在电抗器厂家的应用

客户专注于各种电力电子装备用的特种变压器和电抗器的研发和生产，应用于轨道交通行业（铁路、高速铁路、地铁、轻轨），新能源（风力发电变流器、光伏发电变流器），电动汽车及充电桩，储能与能量回馈、智能电网、电能质量治理装置等行业



IPT1000/1500在电抗器厂家的应用



客户原有180A直流偏置+LCR电桥测试系统



客户现场测试

客户原有的系统已不能满足测试要求，需要引入新设备

IPT1000/1500在电抗器厂家的应用

IPT1000/
1500的优
势

测试标准空心电感 500uH

电感型号	标准电感 (500uH)
内阻(Fluke5080A+Keysight 34401A)	391.3 毫欧
IPT1000	390.31 毫欧

电桥测试数据

仪器型号	电感(100Hz)	电感(1KHz)	电感(10KHz)	电感(100KHz)
LCR 电桥 1	499uH	498.0uH	494.49 uH	
LCR 电桥 2	496.2 uH	495.2 uH	494.4 uH	489.6 uH

对比测试数据(10A)

测试条件	10A, 100V, 100us			
电流(A)	进口设备 1(uH)	IPT1000(uH)	进口设备 2(uH)	
1	490	498.3	498	
3	492	499.9	496	
5	492	498.0	495	
7	492	496.5	494	
9	496	500.5	497	

各种设备测试数据对比

IPT1000/1500在电抗器厂家的应用



➤ IPT1000/1500的优势

➤ 本地化计量

➤ 客户已有进口设备，目前国内没有办法计量，在实际应用中存在超差风险

对比测试数据(100A)

测试条件	100A, 100V, 1000us			
电流(A)	进口设备 1(uH)	IPT1000(uH)	进口设备 2(uH)	
10	498	498.6	502	
30	498	497.6	497	
50	500	497.5	497	
70	501	496.3	497	
90	504	501.3	499	

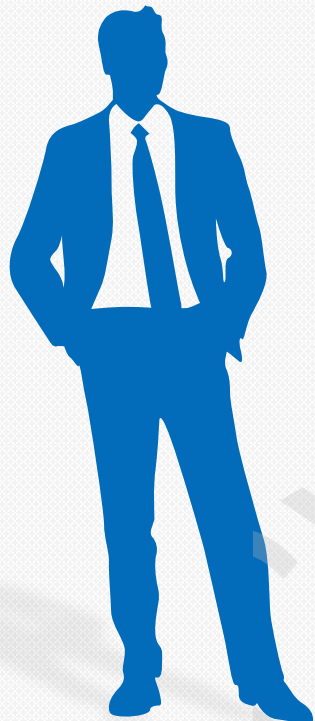
对比测试数据(400A)

测试条件	400A, 400V, 3000us(因为内阻大, 无法测试 1000A)			
电流(A)	进口设备 1(uH)	IPT1000(uH)	进口设备 2(uH)	
100	503	502.3	467	
200	503	500.7	460	
300	502	503.6	460	
400	506	504.0	454	

各种设备测试数据对比

6

结论



知用IPT1000系列产品：

- 1、已达到国外同类设备的水平
- 2、是大功率电感测量的最优选择

感谢您的聆听!

深圳市知用电子有限公司

www.cybertek.cn

TEL: 400 852 0005