

大电流传感器的精确标定

饶赛

电源和通用产品市场经理

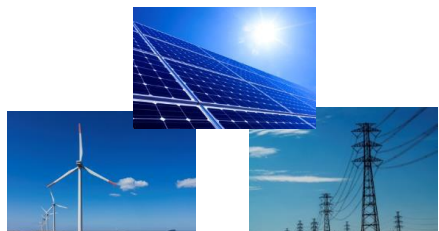
2022年

新能源驱动下的能源变革

机遇与挑战



绿能和安全



风、光、储



汽车、高铁、重工

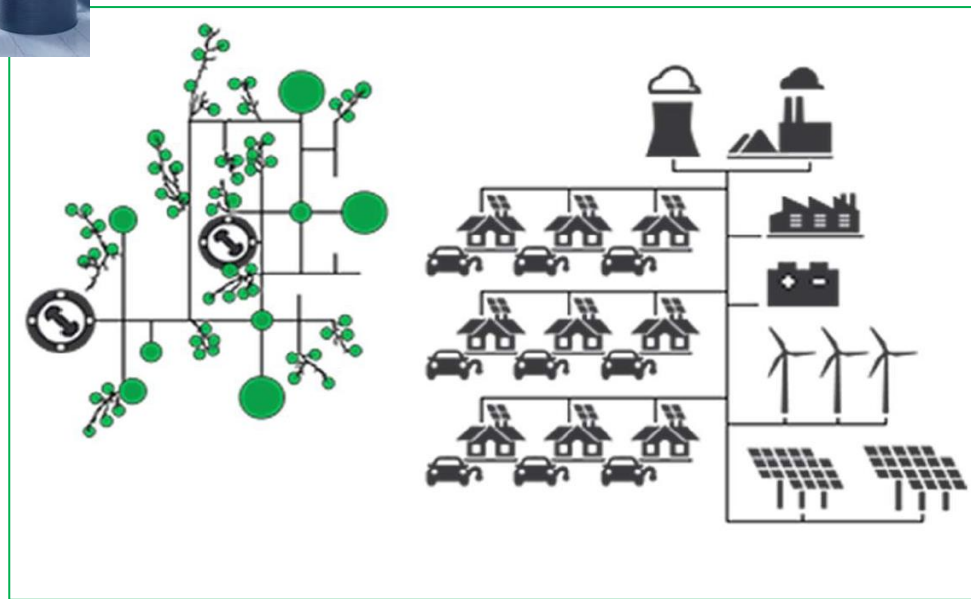
WBG/3代半导体



5G、云数据中心



手机、笔记本消费电子

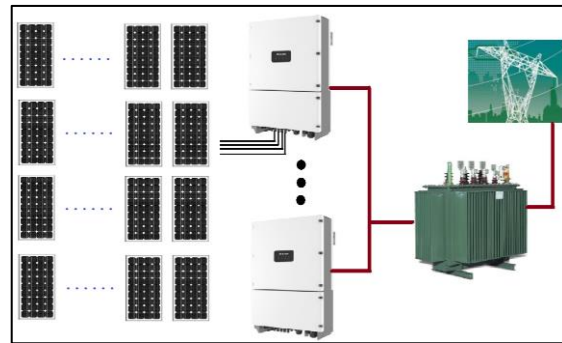


电力电子的高速发展

功率和电流等级不断攀升

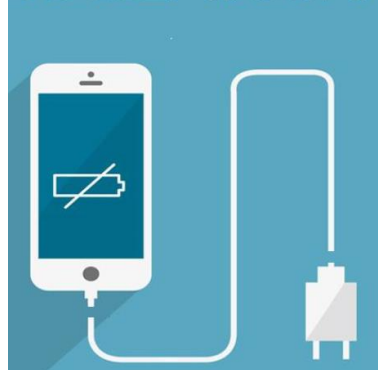


超级充电桩 -> 400KW



多MPPT光伏逆变器 -> 300KW

充电进入快时代



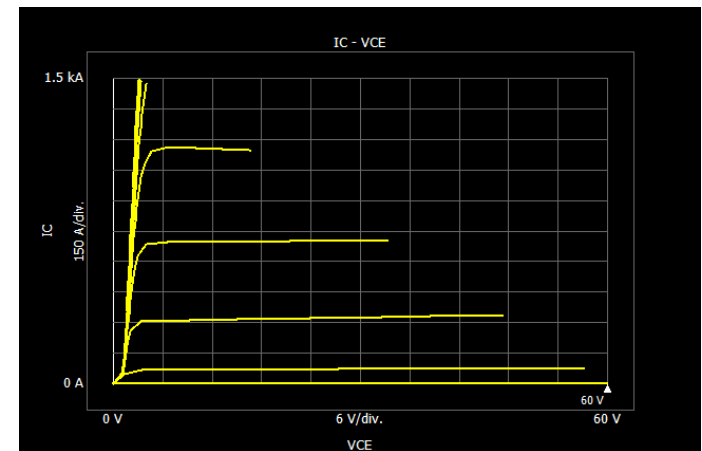
智能手机快充 -> 200W



家用储能 & 储能电站



B1505A功率器件分析仪
电压电流范围宽 (10kV / 1500A)



是否可以拓展更大电流?

我们今天的内容：

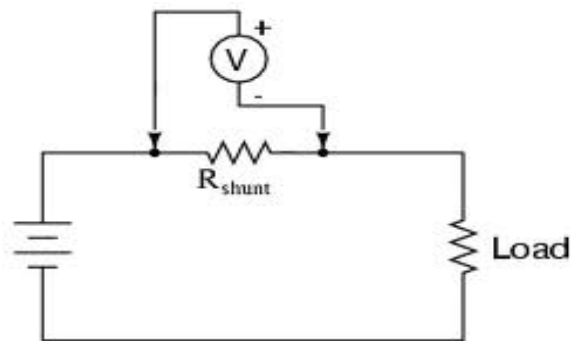
- ✓ 常用电流传感器种类和基本知识
- ✓ 电流测量方法和精确大电流测试的挑战
 - ✓ 大电流分流器超低电阻的精确测试
 - ✓ 电流互感器的测试
- ✓ 演示



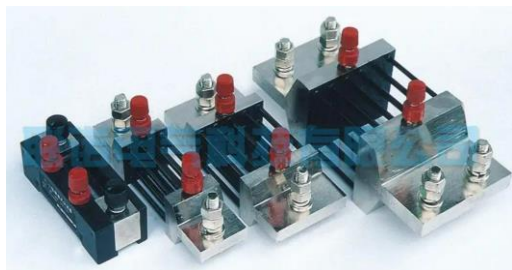
电流测量方法和传感器类型

欧姆定律和磁效应

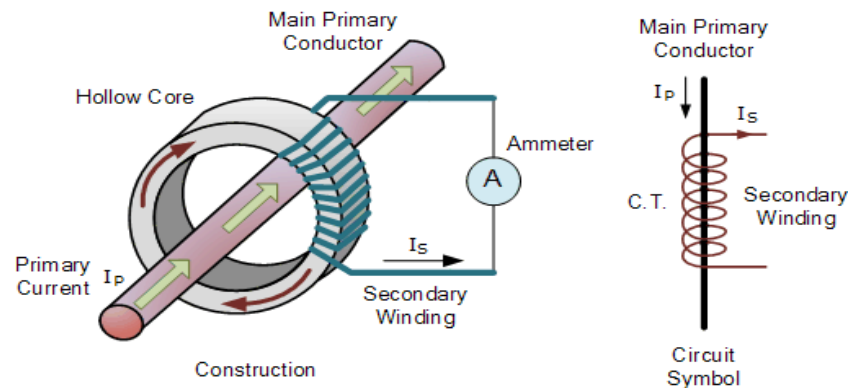
欧姆定律, $I = U/R$



取样电阻“Rshunt”串联到回路，通测试其端电压U， $I = U / R$



电磁互感



依据电流的磁效应，将待测大电流转换为测试仪表可量测的小电流 I_s 或电压 U_s



罗氏线圈



霍尔感应



互感器

我们今天的内容：

驱动、功耗分析和电池评估

✓ 常用的大电流传感器

✓ 分流器的精确测试

✓ 大电流分流器超低电阻和直流特性的精确标定

✓ 动态和交流测试特性的验证

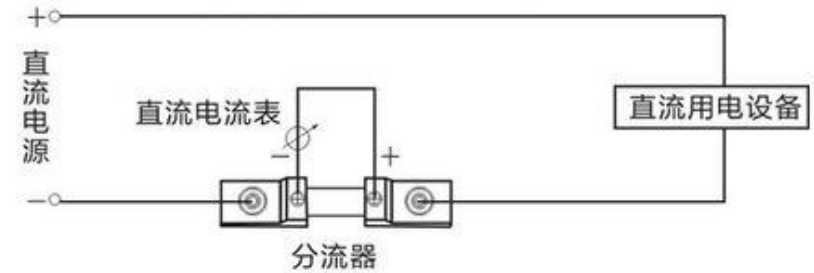
✓ 演示



电阻分流器

从安培级到数千安培电流的精密测量

- 根据直流电流通过电阻时在电阻两端产生电压的原理制成，用来测量十至数千安培的电流
- 结构简单、精度高、响应速度快、线性度好，易安装
- 毫欧和微欧级的电阻，需要四线测量
- 存在热效应，发热量与电流的平方成正比，需要散热装置，同时降低系统直播、转换效率
- 宽动态范围，适用于高宽带脉冲电流
- 需要串入电流回路，造成回路上的压降，不太适合低电压的应用



高精度分流器测试的挑战

典型的车用分流器



图像仅供参考

车规认证
AEC-Q200

参数描述:

阻值范围 50 $\mu\Omega$

额定功率 25W

最高精度 $\pm 0.5\%$

温飘 $\pm 100\text{ppm}$

安装方式 螺丝固定

电阻技术 锰铜合金

最大电流 840A

额定电流 700A

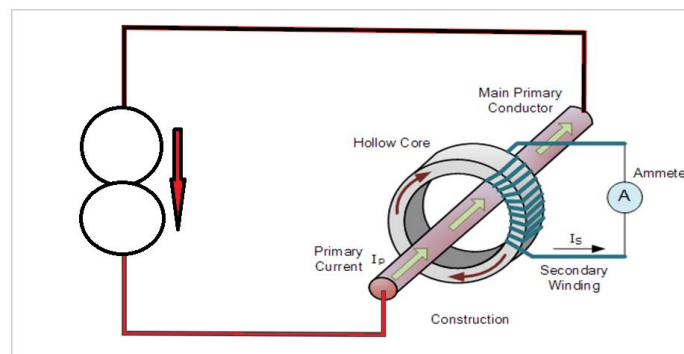
输出电压 35mV

热电势 0.5 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$

工作温度范围 -55°C 至 $+175^\circ\text{C}$

认证 AEC-Q200

- 高精度的小电阻的测量能力 – n Ω 级的测量精度
- 测量系统的综合精度 – 0.1%
- 测试过程中，需要控制自然现象，并对精确监控温度
- 需要超过800A的高精度电流源
- 对输出电压能够精确检测
- 消除热电势的精确测量



系列: ARCS6918-L050 睿思公司的分流器

通用高性能数字万用表测量微小电阻的问题

10 mΩ小电阻测量的疑惑



相同的被测电阻和测试治具



34465A 6 1/2 万用表, ?A, 16.5mΩ

Range ² /frequency		1 year T _{CAL} ± 5 °C
DC voltage		
100 mV		0.0050 + 0.0035
1 V		0.0040 + 0.0007
10 V		0.0035 + 0.0005
100 V		0.0045 + 0.0006
1000 V		0.0045 + 0.0010
Resistance ⁷	Test current	
100 Ω	1 mA	0.010 + 0.004
1 kΩ	1 mA	0.010 + 0.001
10 kΩ	100 μA	0.010 + 0.001
100 kΩ	10 μA	0.010 + 0.001
1 MΩ	5 μA	0.010 + 0.001
10 MΩ	500 nA	0.040 + 0.001
100 MΩ	500 nA 10 MΩ	0.800 + 0.010

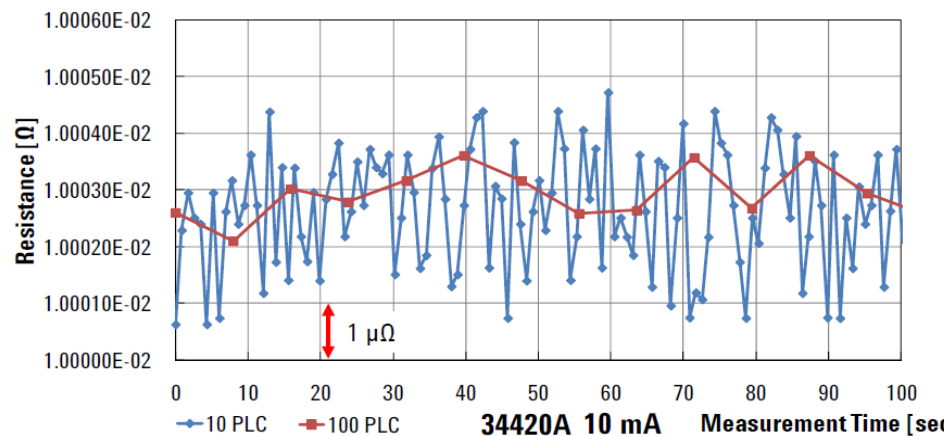
$$50\text{m}\Omega \times 1\text{mA} = 50\mu\text{V}$$

34420A 纳伏微欧表10mΩ电阻测量数据

传统的小电阻测量手段



34420A, 内置10mA电流源, 测量孔径10、100PLC



10PLC , 测试结果波动小于4 uΩ

技术指标

精度指标 ± (% 读数 + % 量程)¹

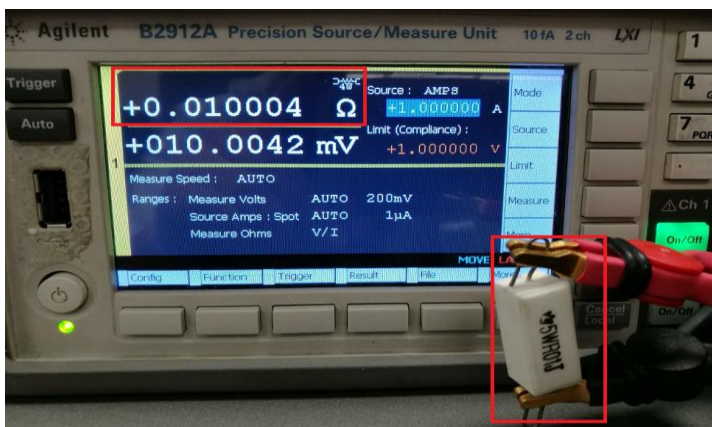
功能	量程 ²	测试电流	24 小时 23°C±1°C
dc 电压	1.000000mV ³		0.0025+.0020
	10.000000mV ³		0.0025+.0002
	100.00000mV		0.0015+.0003
	1.000000V		0.0010+.0003
	10.000000V		0.0002+.0001
	100.00000V		0.0010+.0004
电阻 ⁵	1.000000Ω	10mA	0.0015+.0002
	10.000000Ω	10mA	0.0015+.0002
	100.00000Ω	10mA	0.0015+.0002
	1.000000kΩ	1mA	0.0015+.0002
	10.000000kΩ	100μA	0.0015+.0002
	100.00000kΩ	10μA	0.0015+.0003
	1.000000MΩ	5μA	0.0020+.0003

小电阻测量需要更大的电流源

B2900电流源可输出 3A连续、10A高精度脉冲电流



100mA 激励电流
10.0090 mΩ



1A 激励电流
10.0004 mΩ

电压测量技术指标

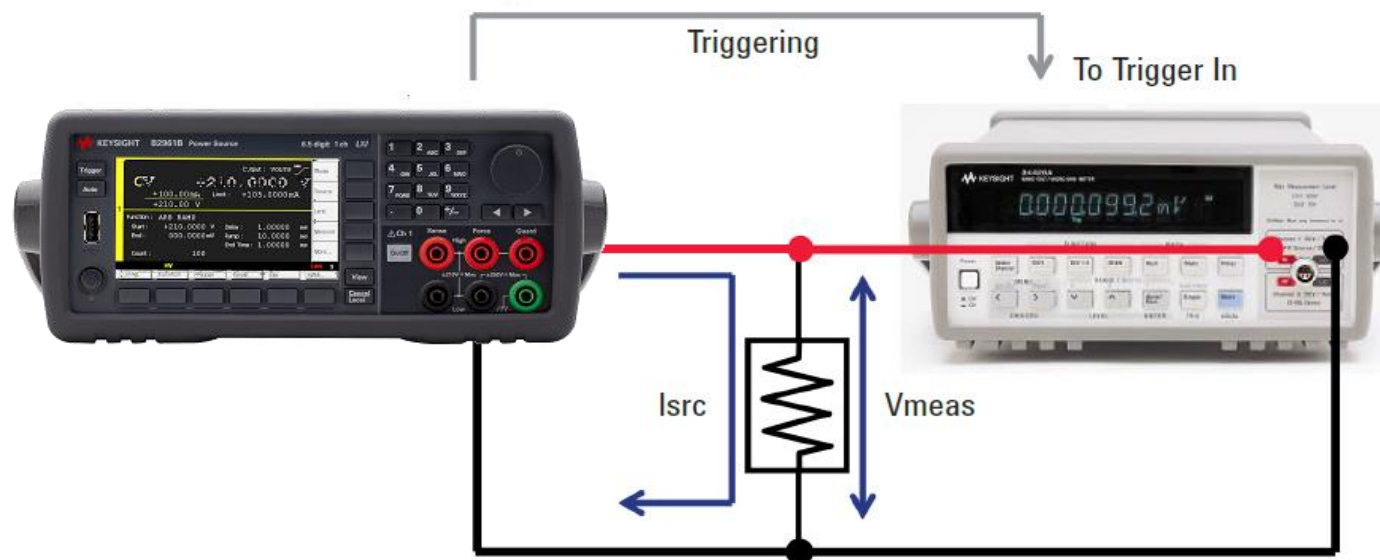
量程	测量分辨率	精度
	B2911A/B2912A	(读数百分比 + 偏置)
±200 mV	100 nV	±(0.015% + 225 μV)
±2V	1 μV	±(0.02% + 350 μV)
±20V	10 μV	±(0.015% + 5 mV)
±200V	100 μV	±(0.015% + 50 mV)

自动电阻测量的典型性能(4线), 2V量程

量程	分辨率	测试电流	总误差 (读数百分比 + 偏置)
2 Ω	1 μΩ	1 A	0.0% + 0.00035 Ω
20 Ω	10 μΩ	100 mA	0.06% + 0.0035 Ω
200 Ω	100 μΩ	10 mA	0.065% + 0.035 Ω
2 kΩ	1 mΩ	1 mA	0.06% + 0.35 Ω
20 kΩ	10 mΩ	100 μA	0.065% + 3.5 Ω
200 kΩ	100 mΩ	10 μA	0.06% + 35 Ω
2 MΩ	1 Ω	1 μA	0.095% + 350 Ω
20 MΩ	10 Ω	100 nA	0.18% + 3.5 kΩ
200 MΩ	100 Ω	10 nA	1.08% + 35 kΩ

更高的激励电流和电压测量的组合

B2960 电流源 + 34420A nV 表的组合



B2960B 纯净电源提供激励

- 最佳的 6.5 位分辨率
- (100 nV/10 fA 最小分辨率)
- 宽广的双极 (4 象限) 电压/电流范围
- (210 V/3 A 直流, 10.5 A 脉冲)
- 超低噪声滤波器 (10 μ Vrms, 10 kHz 时为 1 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$)

34420 7 $\frac{1}{2}$ 纳伏电压表测量输出

Function	Range ²	1 Year 23 °C \pm 5 °C
dc Voltage	1.0000000 mV ³ 10.000000 mV ³	0.0050 + .0020 0.0050 + .0003
Resistance ⁵	1.0000000 Ω 10.000000 Ω	0.0070 + .0002 0.0060 + .0002

消除热偏置的手段

正、负脉冲电流

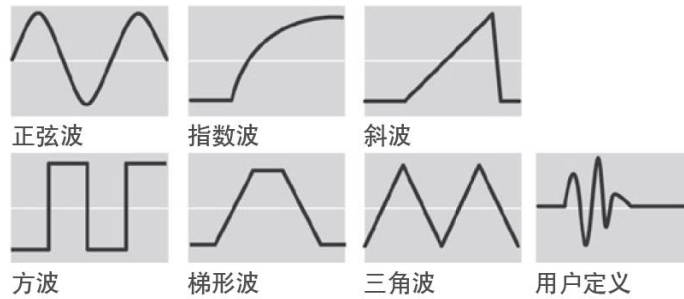
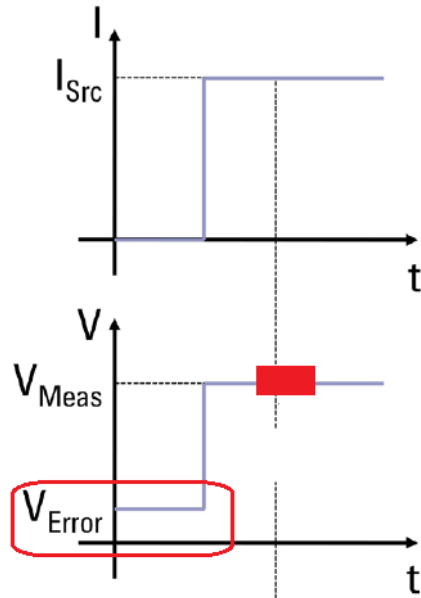
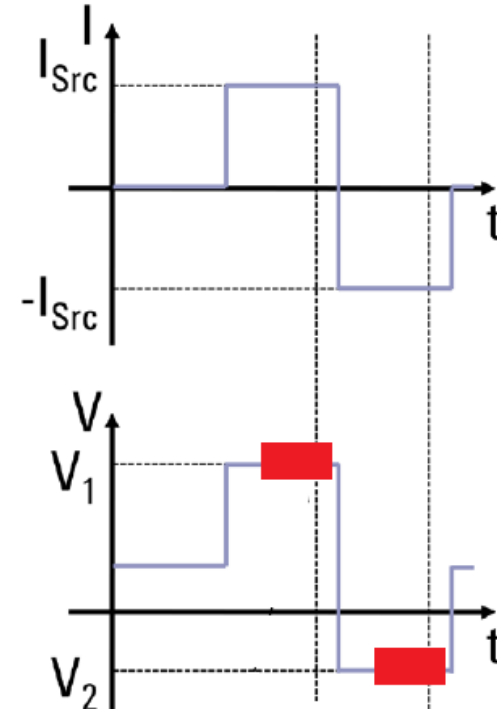


图10. 方便的内置波形生成能力

- ✓ B2961A 四象限输出
- ✓ 可输出任意波形电流或电压



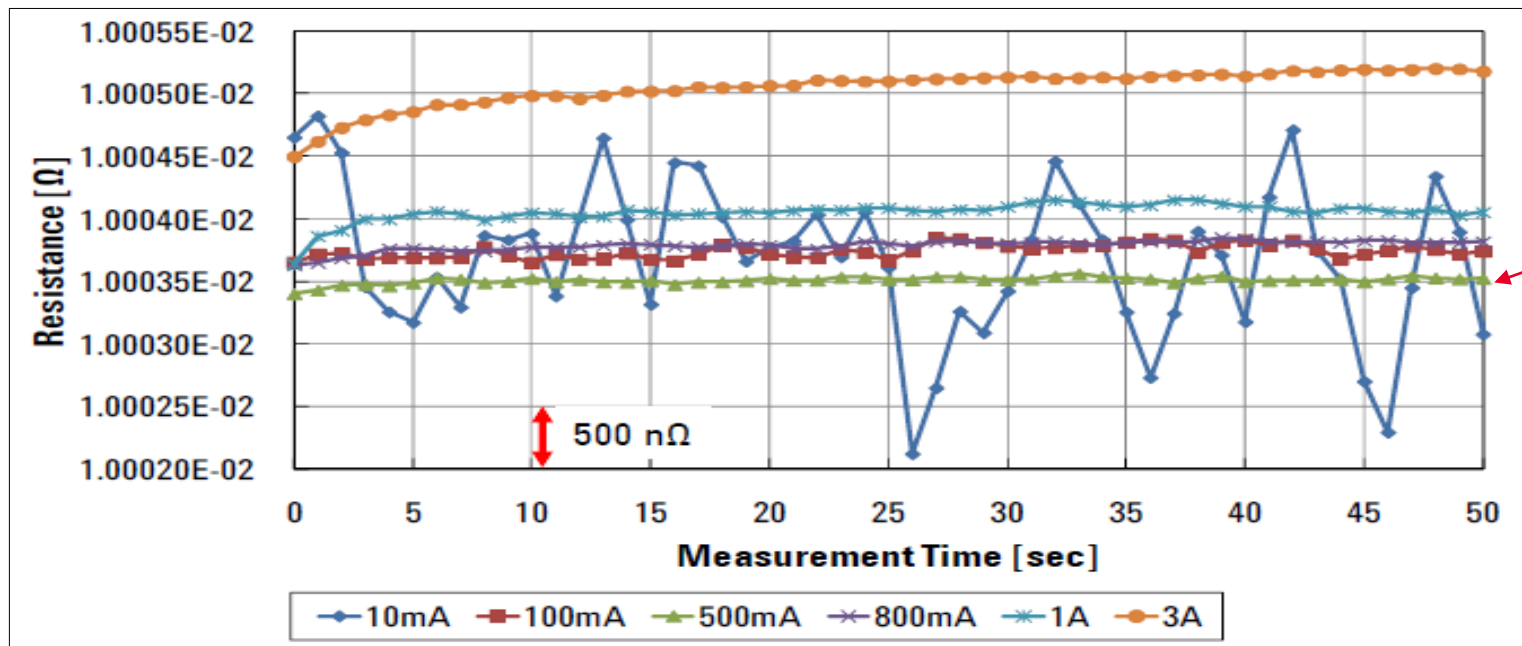
$$R_{Meas} = \frac{V_1 - V_2}{2 \times I_{Src}} = R_{DUT}$$

$$R_{Meas} = \frac{V_{Meas}}{I_{Src}} = \frac{V_{DUT}}{I_{Src}} + \frac{V_{Error}}{I_{Src}} = R_{DUT} + R_{Error}$$

EMF热电动势-Thermal Electromotive Force

选择合适的注入电流，减少热效应

获得0.01 $\mu\Omega$ 的测量稳定性



该电阻实测结果,
500mA测试结果最优

电流小，电压测量分辨率低，
测量误差较大



电流大，电阻的发热也高，电阻的阻
值变化引起较大测量误差

更高注入电流的精确标定

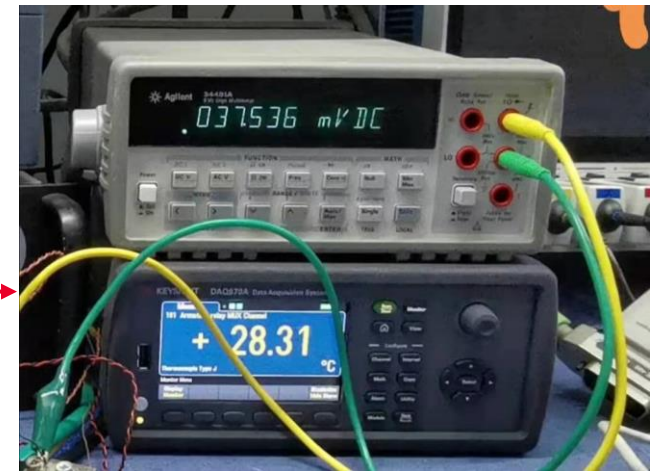
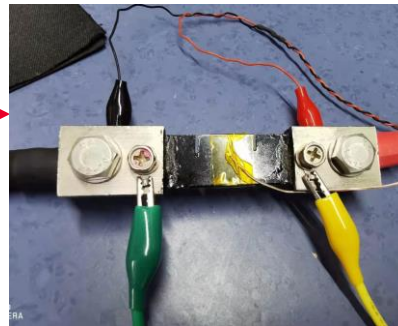
高精度大功率电流源+ 高性能数字表 + 温度检测



RP7943 APS先进电源系统

- 单机电流：800A
- 电流编程和测量精度：0.04%
- 电压编程和策略精度：0.02%

Specification	RP7931A/ RP7941A	RP7932A/ RP7942A	RP7933A / RP7943A
DC ratings			
Voltage source	0 to 20 V	0 to 80 V	0 to 20 V
Current source and sink	0 to ± 400 A	0 to ± 125 A	0 to ± 800 A
Power	0 to ± 5 kW	0 to ± 5 kW	0 to ± 10 kW
Output ripple and noise			
CV peak-to-peak ¹	30 mV	80 mV	30 mV
CV rms ²	3 mV	8 mV	3 mV
Load regulation			
Voltage	1 mV	3 mV	1 mV
Current	25 mA	13 mA	50 mA
Voltage programming and measurement accuracy ³			
	0.02% + 2 mV	0.02% + 8 mV	0.02% + 2 mV
Current programming and measurement accuracy ³			
	0.04% + 45 mA	0.03% + 13 mA	0.04% + 90 mA

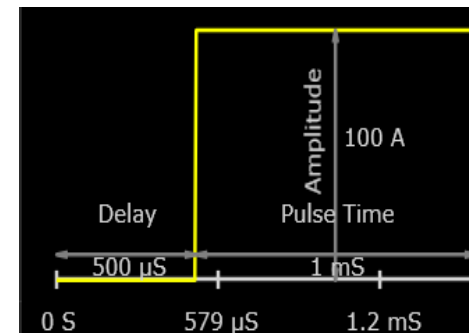
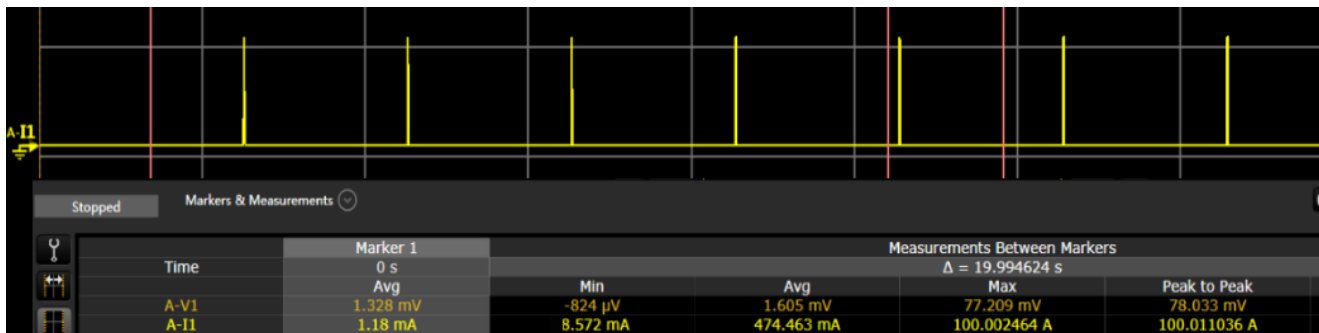


电压和温度连续记录

- 电压测量：34401A
- 温度测量：DAQ970A + DAQM901A 模块

小电阻测量如何再改善

通过调整注入电流的占空比，减少自热现象



RP7943A APS先进电源系统

- 最大单机电流：800A
- 电流编程和测量精度：0.03%
- 电压编程和策略精度：0.02%

电压和温度连续记录

- 电压测量：34401A
- 温度测量：DAQ970A



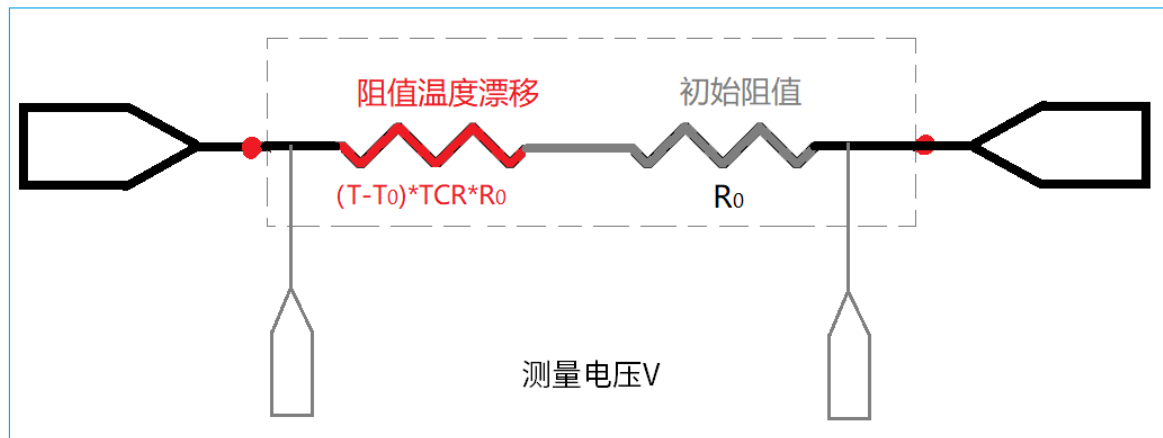
提升分流器测量的精度更多需要考虑的问题

影响电流测试精度因素：

- 选择合适的电阻的阻值
- 选择合适的分流电阻精度
- 避免引线电阻的影响
- 保持电阻自身热平衡
- 电阻温度系统的动态修正
- 避免极耳感应电动势EMF
- 均衡动态电流测量性能

.....

自热平衡设计



9230A SPECIFICATIONS (12 MONTHS) CONTINUED								
Model	Temperature Coefficient ⁸ ± μΩ/Ω (ppm)	Power Coefficient ⁹ (± μΩ/Ω (ppm))			Size (W x L x H)		Weight	
		92310 OPTION	AMBIENT AIR	FLOWING OIL	mm	inches	kg	lbs
9230A-10	4	2	8	0.5	114 x 356 x 85	4.5 x 14 x 3.4	1.4	3.1
9230A-1000	20	8	20	2	117 x 539 x 145	4.6 x 21.2 x 5.3	13.0	28.7

额定电流1000A，阻值=100μΩ，精度=0.025%，温度系数=0.002%

9230A SPECIFICATIONS (12 MONTHS)								
Model ¹	Nominal Resistance Value (Ω)	Initial Tolerance ² ± μΩ/Ω (ppm)	Full Rated Current (A) ³		Full Rated Current Accuracy ⁴ ± μΩ/Ω (ppm) @ 23 °C ± 1 °C	Stability ⁵ ± μΩ/Ω (ppm)	Time Constant (Minutes) ⁶	
			AMBIENT AIR (22W TO 31 W)	W/COOLING (90W TO 125 W)			92310 Option	Ambient Air
9230A-10	1.0	100	5	10	100	10	3	6
9230A-1000	0.1m	250	500	1000	250	25	15	30

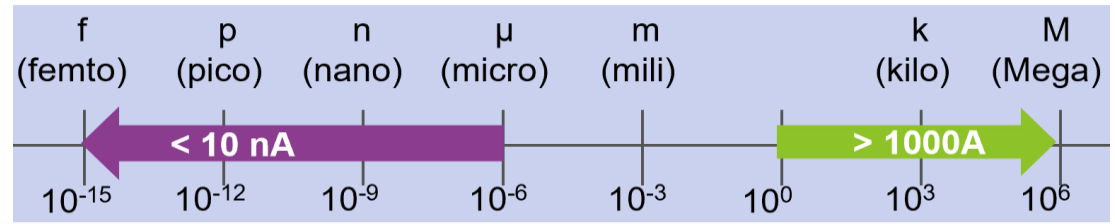
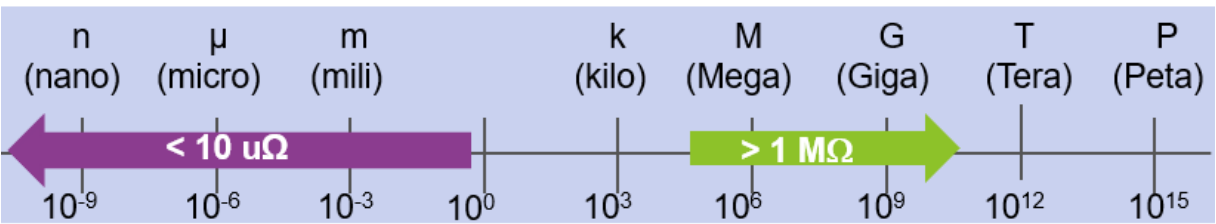


9230A SERIES

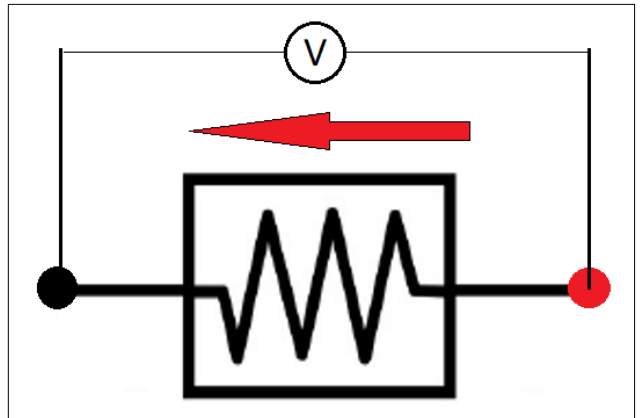
PRECISION DC CURRENT SHUNT STANDARDS



取样电阻的选取：电流测量 VS. 电阻测量



$$R = \frac{V_{\text{测量}}}{I_{\text{Ref}}}$$



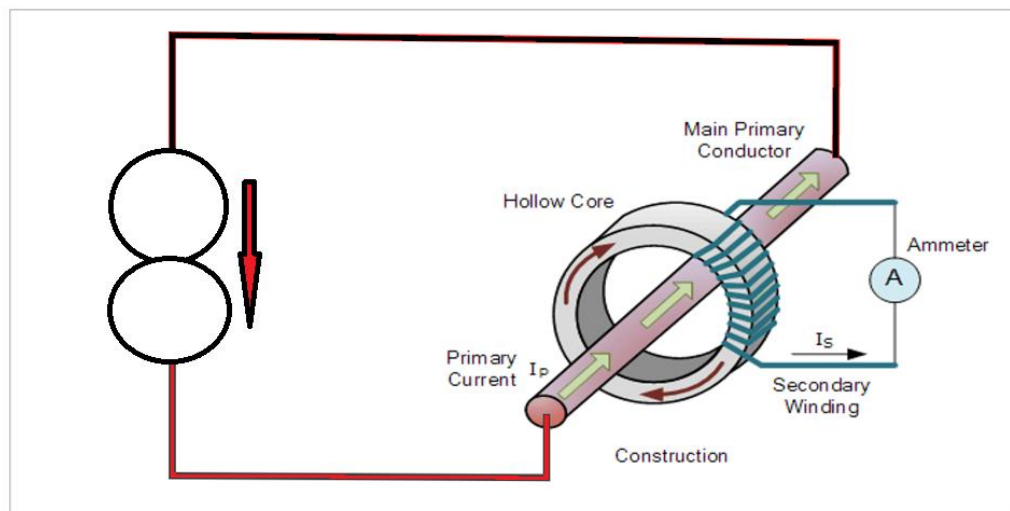
恰当的电流激励 I 和 分流电阻 R 使得电压测量 ($V_{\text{测量}}$) 更精准

$$I = \frac{V_{\text{测量}}}{R_{\text{Ref}}}$$

小电阻测量：
 电流源激励越大，增加电压幅值，提供更好的测量精度。
 $1\mu\Omega \times 100A = 100\mu V$.
 避免电阻温升和感应电动势对电压的影响！

大电流测量：
 精密 $m/\mu\Omega$ 分流电阻，保证电阻的精度以及温升影响。
 $1\mu\Omega \times 100A = 100\mu V$.
 减小电压幅度和对线路压降影响。

电流互感器的标定方案框图



□ 精度和分辨率

□ 输出范围

□ 直流、脉冲、交流

□ 脉冲宽度和频率

□ 测量和示波器



基础性能高电压/限流源方案



N5700/N8700 系列电源



N8900 系列电源

	N5741A	N5761A	N8731A	N8951A
最大电流	100A	180A	400A	510A
输出电压范围	6V		8V	80V
功率范围	600W	1080W	3200W	15KW
额定输出电流精度	0.1% +100mA	0.1% +180mA	0.1% +800mA	1100mA
精度: Rd%+FS%	0.1%Rd+0.1%FS		0.1%Rd+0.2%FS	
100%额定值精度	0.20%		0.30%	0.22%
50%额定值精度	0.30%		0.50%	0.43%
10%额定值精度	1.10%		2.10%	2.20%
电流源模式	无			
示波器模式				
采样率				
分辨率				

型号	N8731A
最大电流	400A
输出电压范围	8V
输出精度指标1	0.1% +0.2% FS
输出精度指标2	0.1% +800mA
10	8.100%
20	4.100%
30	2.767%
40	2.100%
50	1.700%
60	1.433%
70	1.243%
80	1.100%
90	0.989%
100	0.900%
120	0.767%
200	0.500%
300	0.367%
400	0.300%

APS精密电流源方案



- ✓ 电流源模式
- ✓ 电流范围：±800A
- ✓ 电流精度：0.04% +0.011% FS
- ✓ 18比特垂直分辨率（1/262,144）
- ✓ 示波器和采样率：200Ka/S
- ✓ 任意波形和 64Ka波形点数
- ✓ 电流斜率：2.5MA/S, （如RP7943A ,800A/300uS）

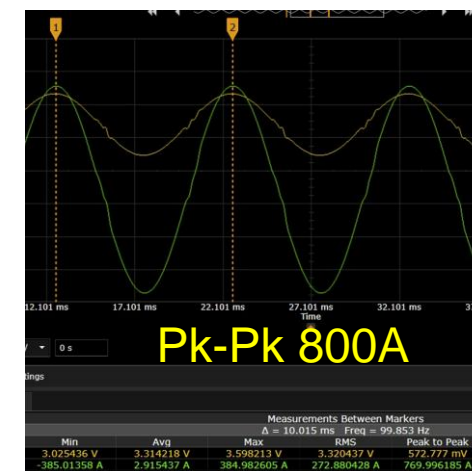
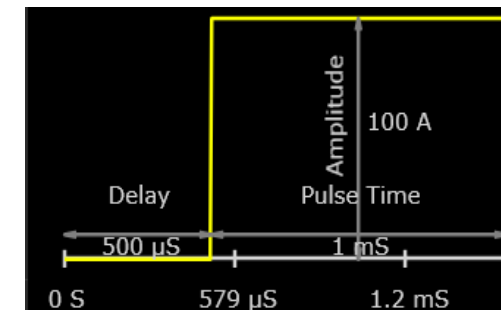
	型号	RP7941A	RP7943A	N7950A
	最大电流	400A	800A	100A
	输出电压范围	20V	20V	9V
	输出精度指标1	0.04% +0.011% FS	0.04% +0.011% FS	0.04% + 0.015% FS
	输出精度指标2	0.04% +45mA	0.04% +90mA	0.04%+15mA
各 电 流 设 定 值 的 精 度	10	0.490%	0.940%	0.190%
	20	0.265%	0.490%	0.115%
	30	0.190%	0.340%	0.090%
	40	0.153%	0.265%	0.078%
	50	0.130%	0.220%	0.070%
	60	0.115%	0.190%	0.065%
	70	0.104%	0.169%	0.061%
	80	0.096%	0.153%	0.059%
	90	0.090%	0.140%	0.057%
	100	0.085%	0.130%	0.055%
	120	0.078%	0.115%	
	200	0.063%	0.085%	
	300	0.055%	0.070%	
400	0.051%	0.063%		
500		0.058%		
600		0.055%		
700		0.053%		
800		0.051%		

APS系列电流源的波形编辑和测量

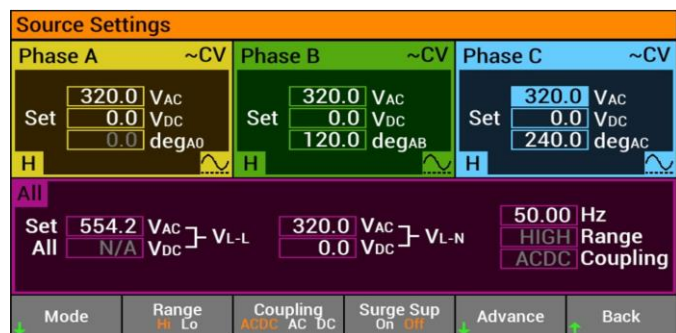


BV9200 APS分析软件

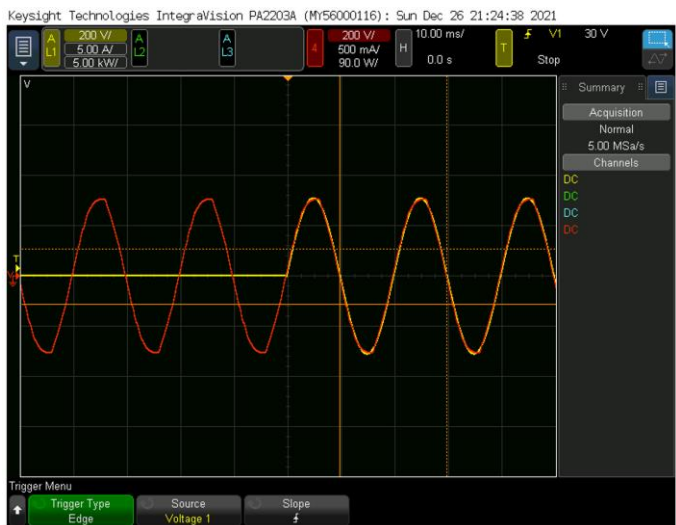
- ✓ 同时控制4台 N6705 /N7900 /RP7900
- ✓ 4种操作模式：ARB (64KSa波形编辑)，Scope (短时间波形分析); Data logger (长时间波形分析), 和 CCDF (统计分析):
 - ✓ Scope示波器模式，200KSa/s，18比特，精确捕获电压和电流的瞬态变化。
 - ✓ Data Logger记录仪模式，长达1000小时连续数据直接保存到PC。
 - ✓ 64K ARB, 实现复杂波形编辑，支持内置标准波形，公式，波形导入等。
- ✓ 支持API函数调用，用户可进行软件二次开发。



新型AC6900 三/单相交直流电源

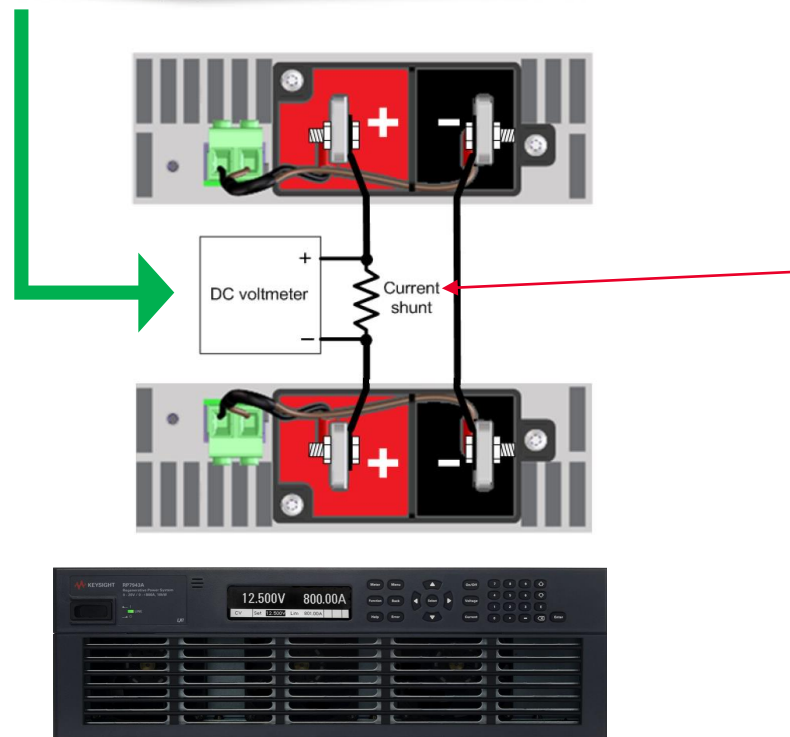


型号	AC6918L/H	AC6912L/H	AC6906L/H	AC6903L/H
AC 功率	18KVA	12KVA	6KVA	3KVA
高度	12U	9U	6U	3U
AC电压量程	160V/320V			
DC电压量程	±226V/452V			
AC 单相最大电流	180/90A	120/60A	60/30A	30/15A
DC 最大电流	180/90A	120/60A	60/30A	30/15A
DC 功率	18KW	12KW	6KW	3KW
频率范围	DC, 1至5000Hz (L型号550Hz)			
AC 电压测量精度	0.03% +100mV (45-100Hz)			
DC 电压测量精度	0.05% + 150mV			
RMS 电流测量精度	0.15% + 0.2% FS (45-65Hz)			
输入电压类型	3相			单相
输入电压范围	380-480V			100-120V 或 200-240V
谐波测量	5-50次谐波 (基波频率 10-1000Hz)			
电网模拟	五段式参数定义			
序列编辑和输出	AC、DC, 突变, 斜率控制等			
并联扩展功能和数量	1-4台			无



APS 系列大电流的精确计量方法

来自官方产品操作手册



标准电流分流器

9230A SPECIFICATIONS (12 MONTHS)

Model ¹	Nominal Resistance Value (Ω)	Initial Tolerance ² $\pm \mu\Omega/\Omega$ (ppm)
9230A-100	0.01	100
9230A-150	0.005	100
9230A-300	0.001	100
9230A-500	0.5m	100
9230A-1000	0.1m	250
9230A-1500	0.05m	250
9230A-3000	10 μ	500
9230A-5000	5 μ	600
9230A-10,000	1 μ	1000

1000A: 阻值100 $\mu\Omega$, 精度0.02%

如何提升分流器测量的精度?

影响电流测试精度因素:

- 选择合适的电阻的阻值
- 选择合适的分流电阻精度
- 避免引线电阻的影响
- 保持电阻自身热平衡
- 电阻温度系统的动态修正
- 避免极耳感应电动势EMF
- 均衡动态电流测量性能

.....

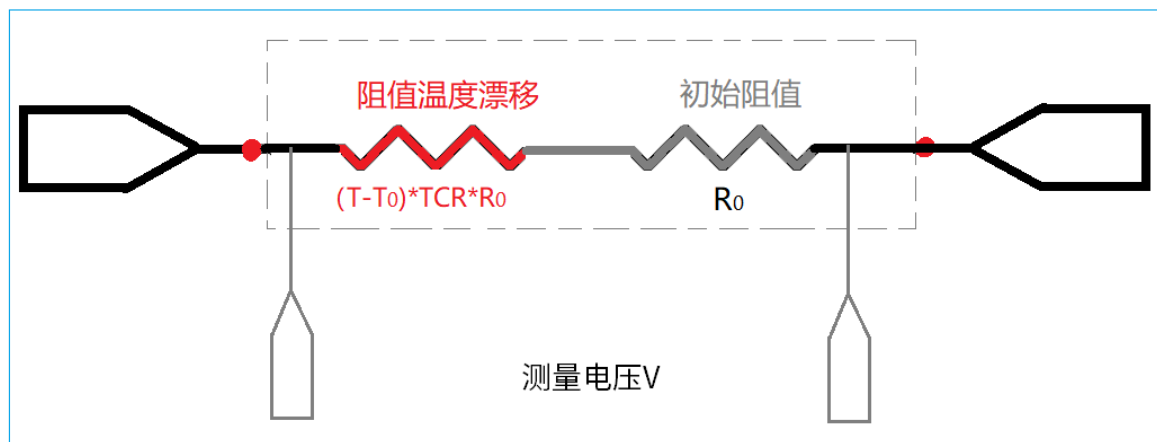


9230A SERIES

PRECISION DC CURRENT SHUNT STANDARDS



自热平衡设计



额定电流1000A, 阻值=100uΩ, 精度=0.025%, 温度系数=0.002%

9230A SPECIFICATIONS (12 MONTHS)

Model ¹	Nominal Resistance Value (Ω)	Initial Tolerance ² ± μΩ/Ω (ppm)	Full Rated Current (A) ³		Full Rated Current Accuracy ⁴ ± μΩ/Ω (ppm) @ 23 °C ± 1 °C	Stability ⁵ ± μΩ/Ω (ppm)	Time Constant (Minutes) ⁶	
			AMBIENT AIR (22W TO 31 W)	W/COOLING (90W TO 125 W)			92310 Option	Ambient Air
9230A-10	1.0	100	5	10	100	10	3	6
9230A-1000	0.1m	250	500	1000	250	25	15	30

9230A SPECIFICATIONS (12 MONTHS) CONTINUED

Model	Temperature Coefficient ⁸ ± μΩ/Ω (ppm)	Power Coefficient ⁹ (± μΩ/Ω (ppm))			Size (W x L x H)		Weight	
		92310 OPTION	AMBIENT AIR	FLOWING OIL	mm	inches	kg	lbs
9230A-10	4	2	8	0.5	114 x 356 x 85	4.5 x 14 x 3.4	1.4	3.1
9230A-1000	20	8	20	2	117 x 539 x 145	4.6 x 21.2 x 5.3	13.0	28.7

我们今天的内容:

驱动、功耗分析和电池评估

- ✓ 常用的大电流传感器
- ✓ 分流器的精确测试
 - ✓ 大电流分流器超低电阻和直流特性的精确测试
 - ✓ 动态和交流测试特性的验证
- ✓ 演示



电流互感器的标定手段

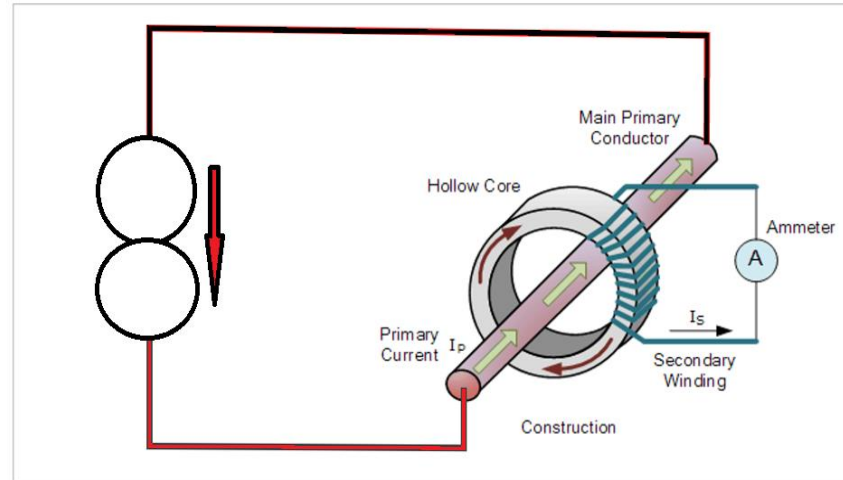
交流和直流注入和测量



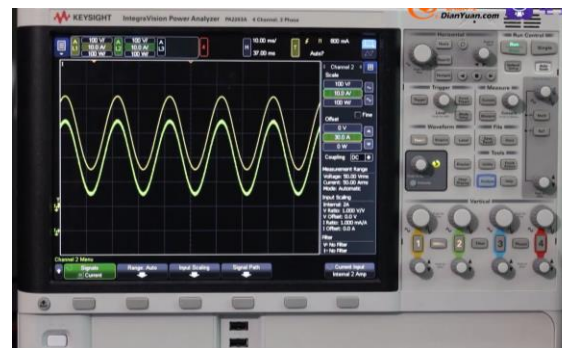
N79/RP79 直流注入



AC6900 交流注入



- ❑ 幅度精度和分辨率
- ❑ 测量范围
- ❑ 直流和交流特性
- ❑ 脉冲测量特性
- ❑ 频率和相位特性



功率分析仪



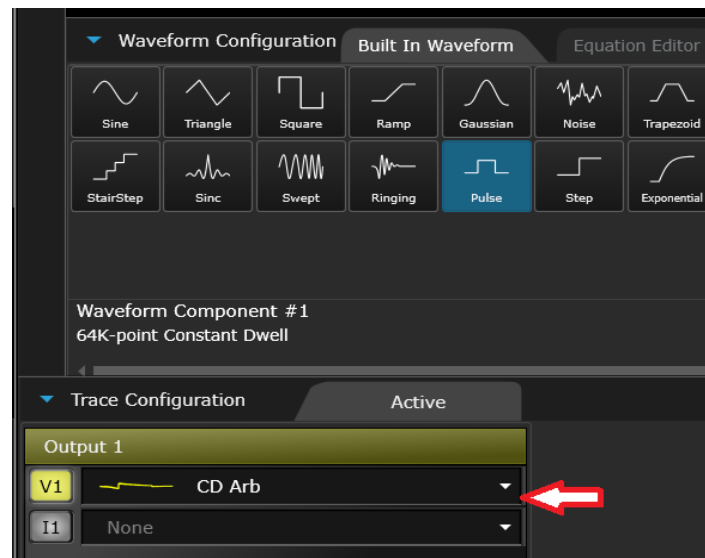
示波器

APS直流大电流注入

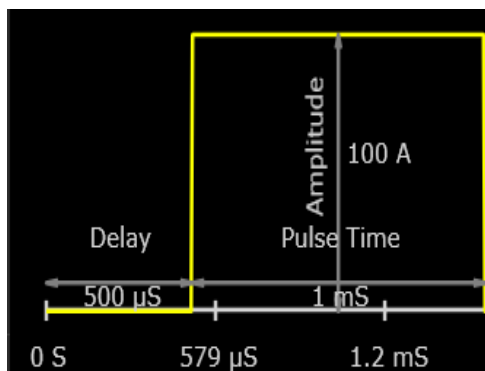
脉冲



RP79843A, 20V/800A/10KW



- 电流编程和测量精度：0.04% + 90 mA
- 0.1% 设定值内，电流脉冲建立时间：960uA



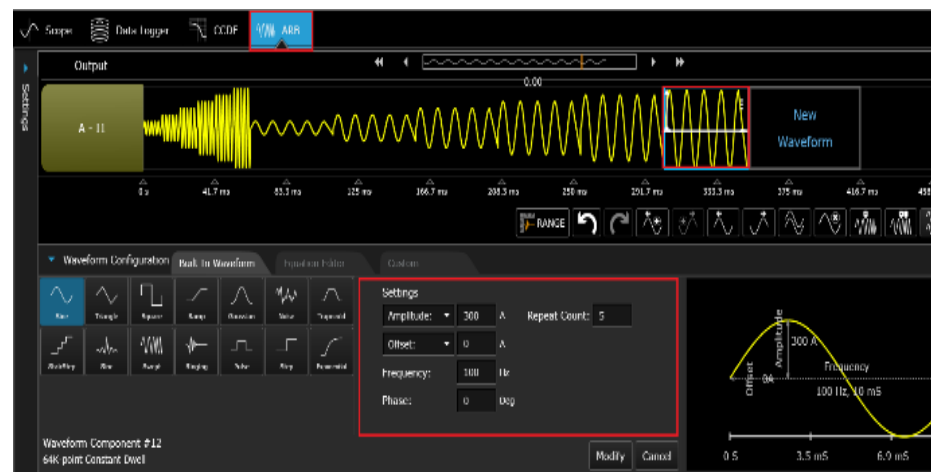
APS直流大电流注入

任意波形



	RP943A	RP7945A	RP7946A
电压范围	0-20V	80V	160V
电流范围	0- ±800A	0- ±250A	0- ±125A
功率范围	0-10KW	0-10KW	0-10KW
高度	3U		
电压纹波(CV)	3mV	8mV	20mV
电压精度	0.02%+2mV	0.02%+8mV	0.02%+16mV
电压分辨率(18bit)	191uV	800 μV	1.6mV
电流精度	0.04%+90mA	0.03% + 25 mA	0.03% +13 mA
电流分辨率 (18bit)	15.5mA	5mA	2.5mA
OVP保护响应时间	30uS		
电压上升/下降时间	80uS	75uS	75uS
电流上升/下降时间	300uS	180uS	190uS
瞬态响应时间	300uS		
正负电流无缝切换	是		
内置任意波形点数	64KSa		
内置示波器采样率	200KSa/s		
数据记录仪时长	1000小时		

波形编辑

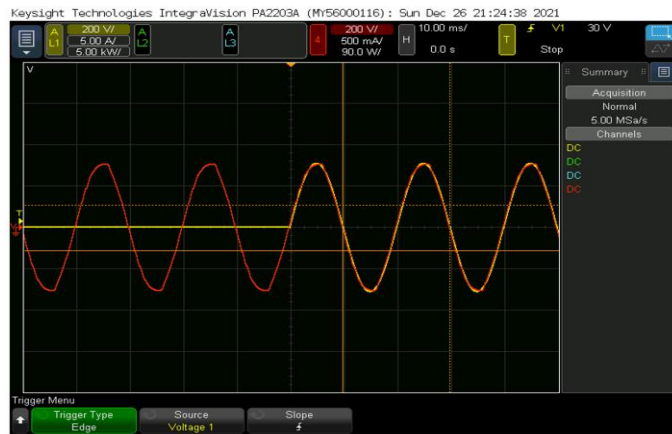


波形测试



新型AC6900 三/单相交直流电源

直流、1-5KHz单向和三相交流注入



型号	AC6918L/H	AC6912L/H	AC6906L/H	AC6903L/H
AC 功率	18KVA	12KVA	6KVA	3KVA
高度	12U	9U	6U	3U
AC电压量程	160V/320V			
DC电压量程	±226V/452V			
AC 单相最大电流	180/90A	120/60A	60/30A	30/15A
DC 最大电流	180/90A	120/60A	60/30A	30/15A
DC 功率	18KW	12KW	6KW	3KW
频率范围	DC, 1至5000Hz (L型号550Hz)			
AC 电压测量精度	0.03% +100mV (45-100Hz)			
DC 电压测量精度	0.05% + 150mV			
RMS 电流测量精度	0.15% + 0.2% FS (45-65Hz)			
输入电压类型	3相			单相
输入电压范围	380-480V			100-120V 或 200-240V
谐波测量	5-50次谐波 (基波频率 10-1000Hz)			
电网模拟	五段式参数定义			
序列编辑和输出	AC、DC, 突变, 斜率控制等			
并联扩展功能和数量	1-4台			无

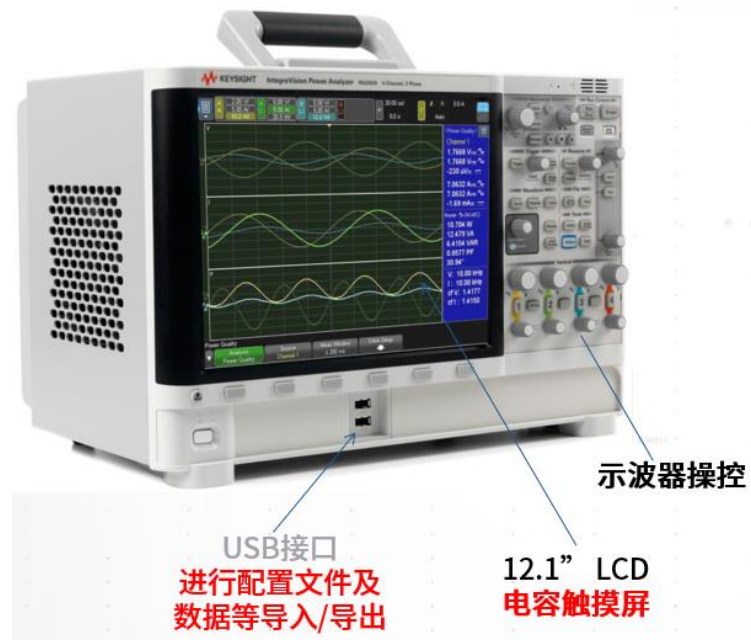
PA2200A 主要技术参数

- ✓ 隔离及浮地电压 1000 V (Cat II)
- ✓ 支持 AC, DC 及 AC+DC 测量
- ✓ 测试精度 0.05% (@ 50/60 Hz)
- ✓ 16 比特, 5 MSs/s (每个独立波形)
- ✓ 记录存储: 4M 点 (每个独立波形)
- ✓ 时基: 50 s/div (500s) 最大; 20 μ s/div (200 μ s) 最小

- ✓ 电压测量: 1000 Vrms
- ✓ 电压带宽: BW = 2.5 MHz

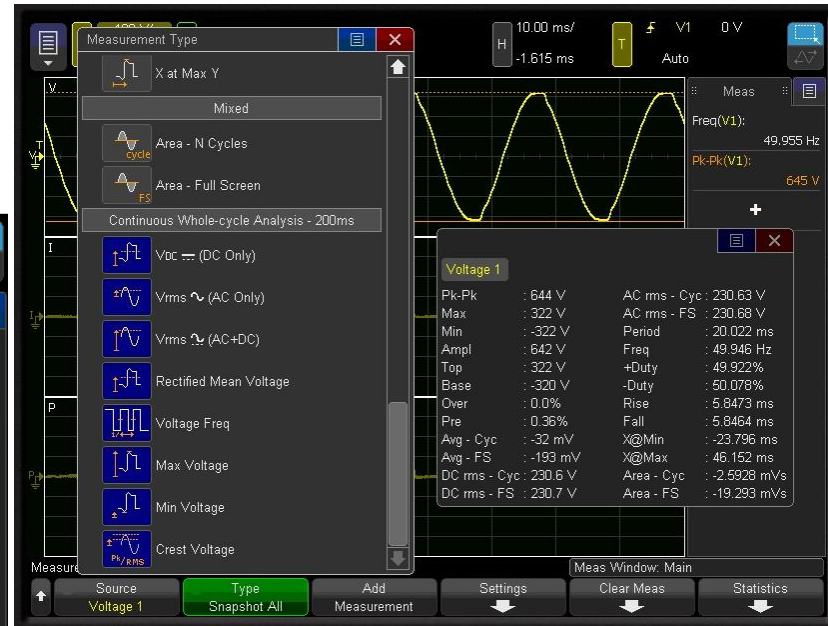
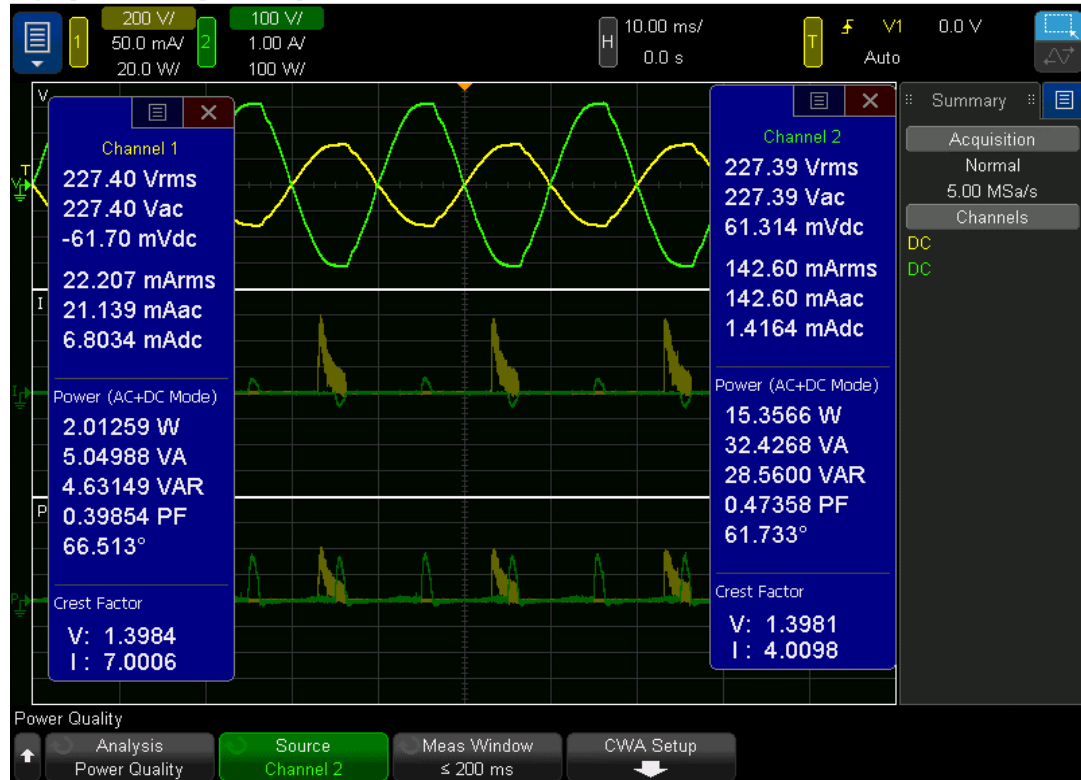
- ✓ 电流测量: 内置 2 组电流测量 (2 Arms 和 50 Arms)
- ✓ 电流带宽: BW = 100 KHz

- ✓ 支持外部电流探头, 电流转换和变换器, 最大电压 10V
- ✓ 外部电流带宽: BW = 2.5 MHz



电压、电流、功率等各种测量功能

Keysight Technologies IntegraVision PA2201A (LP2VMSI107): Sun Jan 24 12:46:50 2016



✓ 支持所有的示波器标准的测量功能

- ✓ 峰峰值Pk-Pk
- ✓ 最大值Max
- ✓ 最小值Min
- ✓ 有效值Rms
- ✓ 平均值Avg
- ✓ 频率Freq
- ✓ 周期Period
- ✓ 上升沿Rise Time
- ✓ 下降沿Fall Time
- ✓

✓ 支持全参数快照

✓ 支持功率分析测量的CWA

我们今天的内容:

驱动、功耗分析和电池评估

- ✓ 常用的大电流传感器
- ✓ 分流器的精确测试
 - ✓ 大电流分流器超低电阻和直流特性的精确测试
 - ✓ 动态和交流特性的测试
- ✓ 演示



演示一：

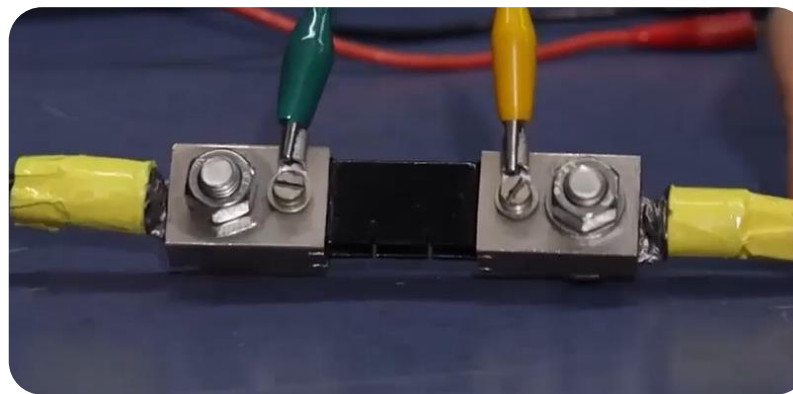
分流器的精密小电阻测试

测试设备

- RP7943A – 800A APS 电源
- 34465A数字万用表
- B2902B 精密源表
- BenchVue 软件



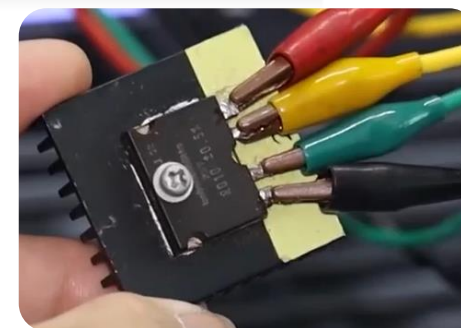
被测件



250uΩ 300A 分流器



10Ω 碳膜电阻



10mΩ 10mA 4线分流器

演示二

电流互感器和霍尔电流传感器的频响特性和相位特性

测试设备

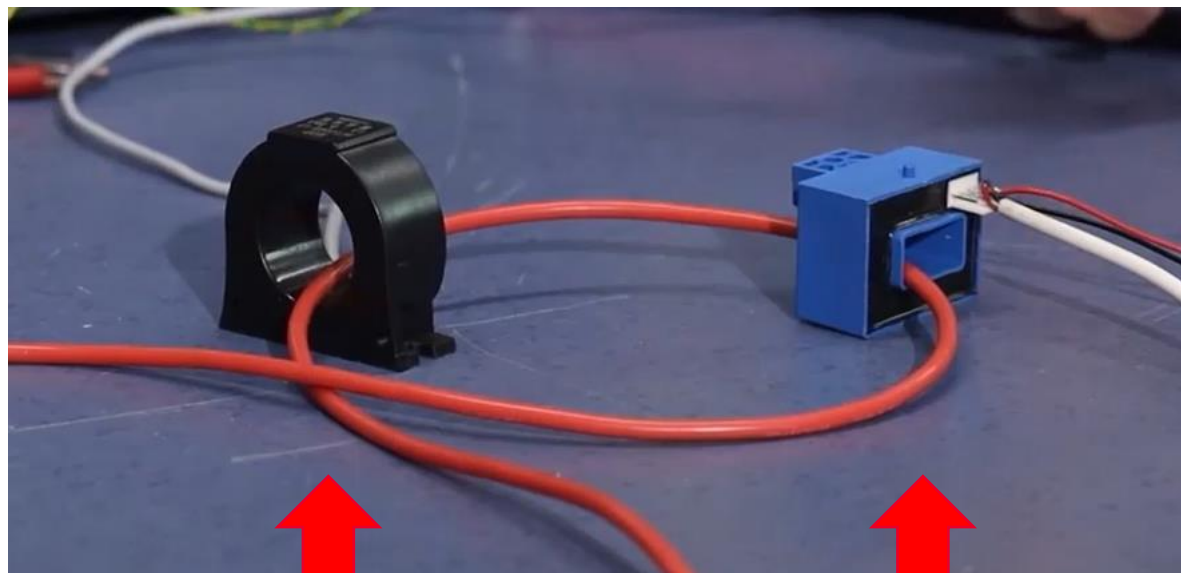


AC6912A 交流源和负载



DSO3000G 示波器

被测件



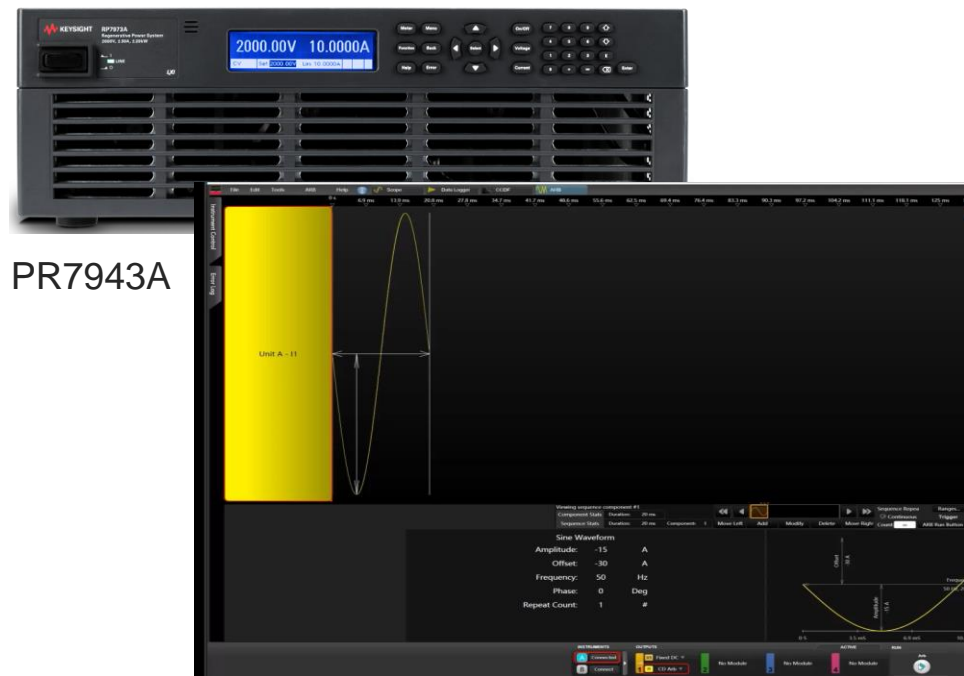
电流互感器

霍尔电流传感器

演示三

电流互感器和霍尔电流传感器的交流和直流测量特性

测试设备

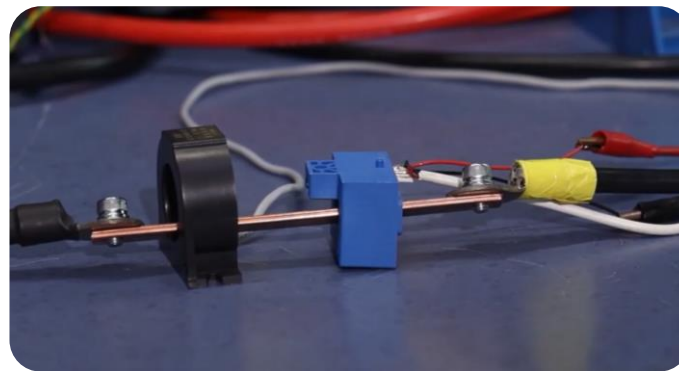


PR7943A

BenchVue 软件

在30A的电流偏置上，注入幅度15A，50-1KHZ的交流

被测件



DSO3000G 示波器观察两个传感器的输出波形

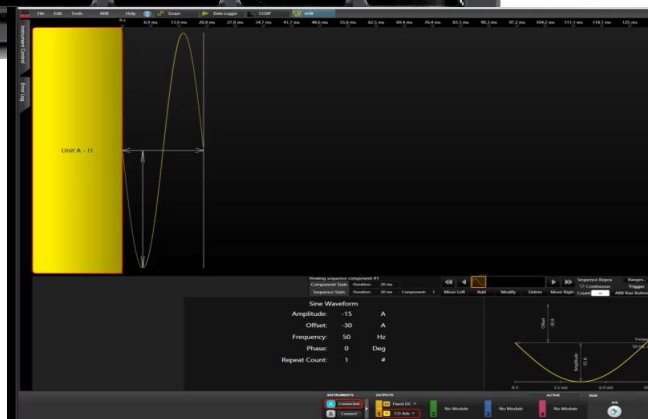
演示四

磁通门电流传感器和分流器的比较

测试设备

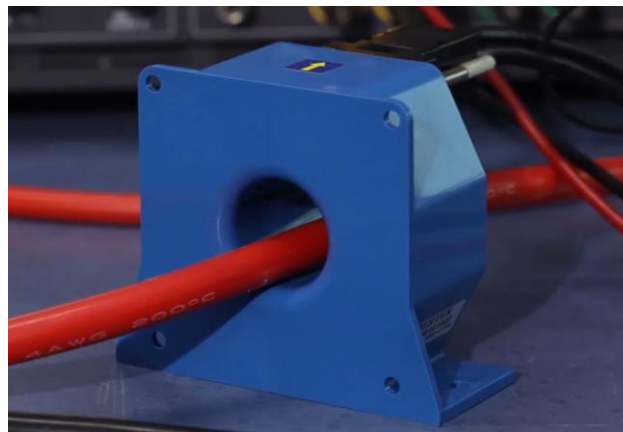


PR7943A

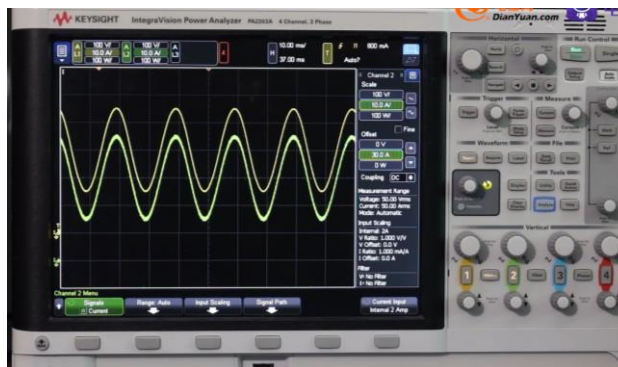


在30A的电流偏置上，注入幅度15A，50/1KHZ的电流

被测件



磁通门电流传感器



功率分析仪和内部的分流器

演示更精彩

