交/直流两用电源供应器应用白皮书

前言：

过去使用交流电源供应器的目的是提供各国市电的电压与频率及仿真各种电力质量异常的现象。随着新能源的发展，通讯与服务器电源除了使用交流电源作为输入外亦可直接输入来自 UPS 或储能设备的直流电源(HVDC 或 LVDC)以节省因交流转换为直流所产生的功耗，再加上交流电源的直流模式具备较快速的电压变化响应时间(相较于直流电源供应器)，这个特性可对应车载电装品的测试需要，本文将完整说明这些应用。

测试仪器的天职：以已知探索未知

测试仪器(Test instruments)为输出型仪器，提供的输出有两个用途，第一个用途是提供已知误差的输出来激励(Stimulate)待测物(DUT)的输入让待测物得以运作；第二个用途是模拟(Simulation)可能的故障现象，输入到待测物以便观察待测物的容错能力或重现故障以利电路除错。

为什么不能直接用市电做功能性测试?

以一台笔记本电脑的充电器规格为例，输入端的规格为：

- 额定输入电压 AC 100~240V
- 操作电压范围 AC 90~264V
- 额定频率 50/60Hz±3Hz

市电无法提供全球泛用型充电器的额定输入电压范围 100~240V，还必须提供± 10%的稳态电压容许区，所以必须能够提供 90~264V 的操作电压做为输入的激励源。

自耦变压器比交流电源便宜也能提供 90~264V 的电压，为什么不能取代交流电源?

自耦变压器无法取代交流电源的原因有五点：

1. 无电气隔离功能

2. 做实验或产品验证除了需要控制变因外，必须以已知观察未知，市电本身的电压就是不稳定的，即使您用电表确认了自耦变压器的输出是 90V，难保下一秒因为邻居负载的变动导致自耦变压器的输出变为 88V，以未知观察未知无法达成实验目的。

3. 自耦变压器无法提供额定频率 50/60Hz±3Hz 的频率范围。

GW INSTEK

固纬电子(苏州)有限公司

4. 自耦变压器的输出阻抗大会造成输出正弦波的失真，导致电源电路的 PFC(功率因子补偿)电路追踪一个有问题的波形。

5. 会产生 50Hz 或 60Hz 低频电磁幅射干扰周边电路。

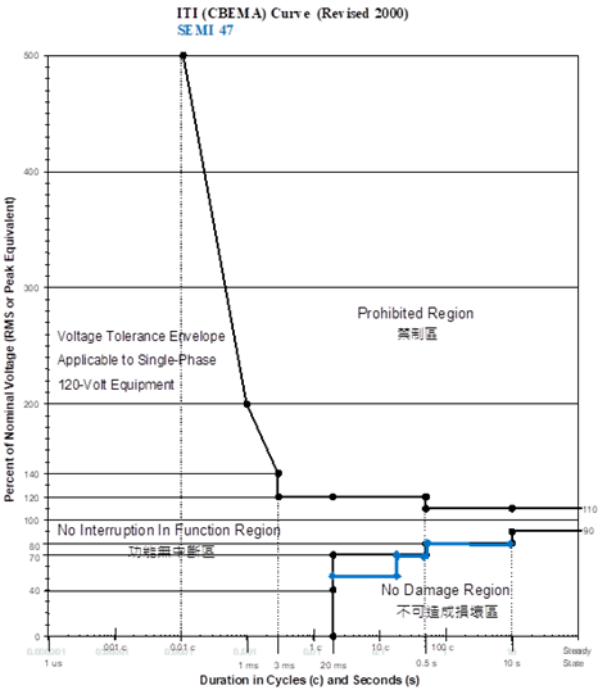
电力质量相关标准

ITI[1](CBEMA[2]) 信息科技产业委员会(计算机与商业设备制造商协会)：成立于 1916 年，1973 年委员会旧称缩写为 CBEMA[2]，1994 年改为现在的名称 ITI[1]，委员会的成立宗旨是鼓励创新，信息科技业界的巨头几乎都是会员，本文将以 ITI 委员会 2000 年更新的电力质量曲线作为解说案例。

注 1： ITI 为 Information Technology Industry Council 的缩写简称

注 2： CBEMA 为 Computer and Business Equipment Manufacturers Association 的缩写简称。

除了 ITI 外，电力质量的相关标准还有 IEEE 1159 Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality； IEC 61000-4-11； IEC 61000-4-34；Semi47 ：半导体制程电压骤降抗扰力规格(Specification for semiconductor processing voltage sag immunity)。



图(1)： ITI Curve (本图参考自 ITI 应用文章并加注中文及 SEMI47 规格)

註 3 ： OVP Over Voltage Protection

註 4 ： UVLO Under Voltage Lockout

图(1)是 ITI Curve，此图的电压裕度(Voltage Tolerances)包络线适用于单相 120V 设备，图中有三个区域，第一区为功能无中断区(No interruption in function region)；第二区为禁制区(Prohibited region)；第三区为不可造成损坏区(No damage region)

电源电路的设计对策：

- 功能无中断区：保持电容(Hold-up capacitor)；前馈；回授控制；突波吸收。
- 禁制区：过电压保护(OVP[3])
- 不可造成损坏区：低电压保护(UVLO[4])

电能转换器控制机制包含：电压回授；电流回授；输入电压前馈；输入电流前馈；温度前馈；负载变动前馈等。

功能无中断区的电力质量议题

从 ITI curve 功能无中断区的电压裕度包络线又可以细分为几个区域，这些区域又有各自的电力质量议题与因应对策，这些细分区域包含：

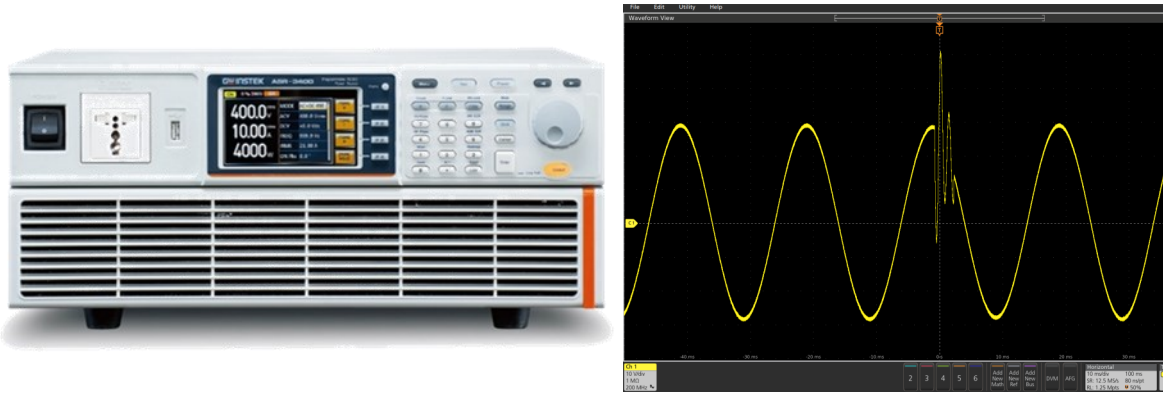
1. ± 10%的稳态容许区：以图(1)100V 为额定值，90~110V 为稳态容许区，在这个区间必须永远保持设备能正常运作。

2. 电压骤降(Voltage Sag)：电压骤降的成因包含电动机启动期间、线路故障或受影响干扰(短路、损毁、雷击)、供电设备故障、瞬时负载变化等。可能的影响包含照明闪烁、电压敏感设备跳脱(例如电磁接触器 MC 或电磁电驿 Relay)，设备无法正常运转(可程序逻辑控制器 PLC、高压气体放电灯 HID)。对于电压骤降的耐受度符合 Semi47 规格的产品优于 ITI 及 IEC-61000-4-11 规格。ITI 的规格为电压骤降至额定值的 70%必须维持设备正常运作 0.5 秒；骤降至额定值的 80%必须维持设备正常运作 10 秒。Semi47 额外要求电压骤降至额定值的 50%必须维持设备正常运作 0.2 秒；其余规格与 ITI 相同。

3. 电压中断(Voltage Interruptions)：短时间的电压中断 ITI 的规格要求设备必须容许 20ms 之内的中断设备依然需正常运作

4. 电压暂升(Voltage Swell)：电压暂升的成因包含瞬时大量负载跳脱、系统故障。可能的影响包含照明闪烁、电压敏感设备跳脱，设备无法正常运转。ITI 的规格为额定值 120%必须维持设备正常运作 0.5 秒。

5. 低频衰减振铃波(Low-Frequency Decaying Ringwave)：交流配电系统中功率因子修正(PFC)的电容导致的振铃，这个具备电容器的设备在台湾电力公司称为 STATCOM 或者 SVC，谐振频率可从 200Hz 到 5kHz，**模拟此现象交流电源必须具备 5kHz 的输出能力**，最大振铃峰值是以额定电压的峰值百分比，140%峰值；频率 200Hz 开始到 200%峰值；频率 5kHz，峰值的变化与频率的变化以线性递增方式设定。**固纬电子 2022 年推出的 ASR-3400HF 提供 5kHz 的输出频率，便可仿真 ITI 的低频衰减振铃波**。



图(2) 左图为 ASR-3400；右图为低频衰减振铃示意波形

6. 高频衰减振铃波(High-Frequency Decaying Ringwave)为雷击的瞬时，已经超过交流电源能测试的应用范围。交流电源并不能直接对应这种测试，是透过外加〞雷击测试设备〞(Lightning Surge Simulator) 来达成。测试的条件与方法请参见 ANSI/IEEE C62.41-1991，电路的对策是使用突波吸收器(TVSS[5])，ITI 应用文献的数据提到设备至少要有 80 焦耳的瞬时突波耐受能力。

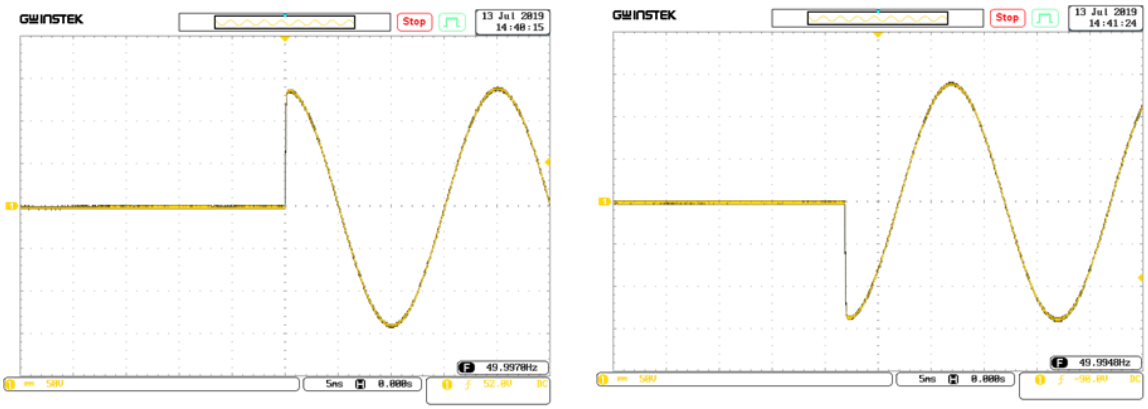
注 5： TVSS Transient Voltage Surge Suppressor

图(3) 功能无中断区电力质量议题示意图

交流电源测试电源供应器的其他应用

浪涌电流(Inrush current)

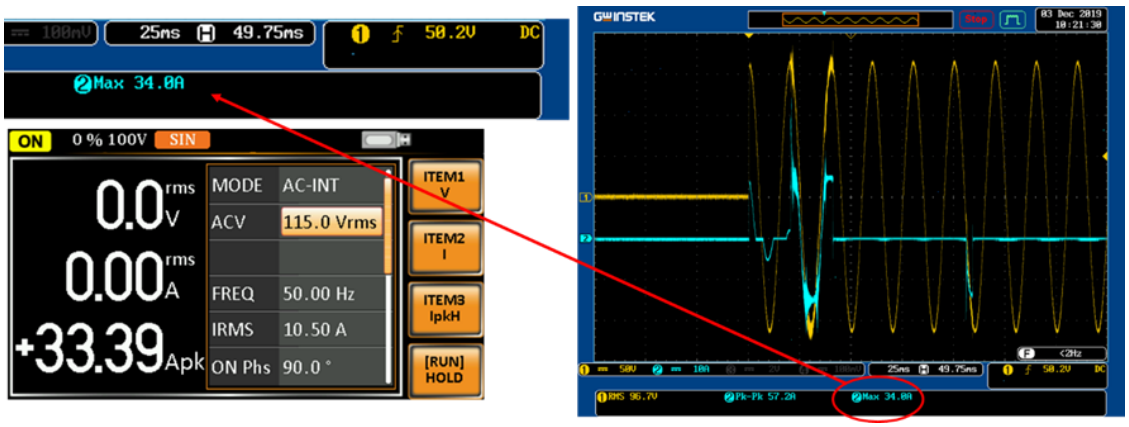
从结果来看，当电源供应器在交流输入正弦波的任一点开启时，浪涌电流不得造成电源供应器损坏或造成保险丝熔断。电源应该限制交流开关、桥式整流电路、保险丝、EMI 滤波器件能承受浪涌水平。过去确认最大浪涌电流的随机开关作法非常耗时，而最大浪涌电流通常发生在最大电压开启时，现在使用交流电源的指定相位开关功能可快速搞定这个量测任务。



图(4) 左图设定交流电源输出启动在 90 度，右图设定输出启动在 270 度

交流电源的 Ipeak 量测功能

浪涌电流的量测需要示波器与电流探头，图(5)左上方为电流探頭量测结果的放大截图，量到的最大电流为 34A，图(5)左下方为交流电源透过 Ipeak 量测功能的量测结果为 33.39A，虽然与电流探頭之间还是有些许差异，但是在手边恰巧没有电流探頭时，交流电源如果有此量测功能，还是可以作为简易的判断。

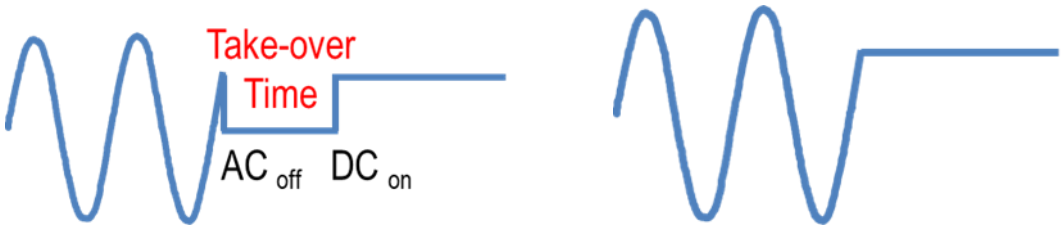


图(5) 交流电源 Ipeak 量测功能与示波器电流探头补捉浪涌电流的比较

交流电源的直流模式应用：测试 LVDC，HVDC 电源

电信机房所使用的电源供应器或数据中心的服务器电源，除了传统交流电源当作输入外，也可以将再生能源或不断电系统的直流电源当作输入，这类的电源供应器分为 LVDC 或 HVDC，LVDC 用于电信机房，电压沿用机房所需的 48V，HVDC 的电压则有 180V~400V 或 336V，固纬的 ASR-2000/3000 系列交/直流两用电源除可满足这些电压的应用外，规格中的额定功率，直流的额定功率与交流额定功率相等，市场上类似的设计大多数直流额定功率仅有交流额定功率的 0.5~0.8 之间，此时为了满足功率需求，同样 3kVA 直流额定功率的需要，如果是 0.5 的设计则需要交流 6kVA 的机型才能有 3kVA 直流的能力，因此会提高采购的成本，而足功率的设计则不会有此问题。

除此之外，交流转换为直流时大多数的设计是先停止交流的输出再转为直流的输出模式，这样的转换可能造成设备待测物关机再重启，固纬的 ASR-2000/3000 系列则采取无缝式转换的设计，不会有此议题。图(6)为两种转换设计的示意图。

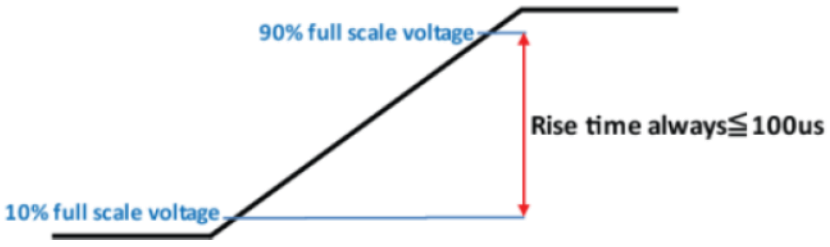


图(6) 左图为可能造成停机的转换模式；右图为无缝转换模式

交流电源的直流模式应用：弥补直流电源反应速度不够快的应用

以固纬 ASR-2000/3000 系列规格为例：

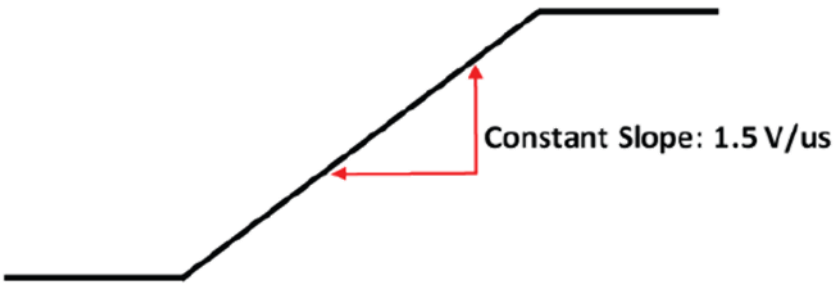
Time Mode：时间模式，上升时间小于等于 100us 图(7)



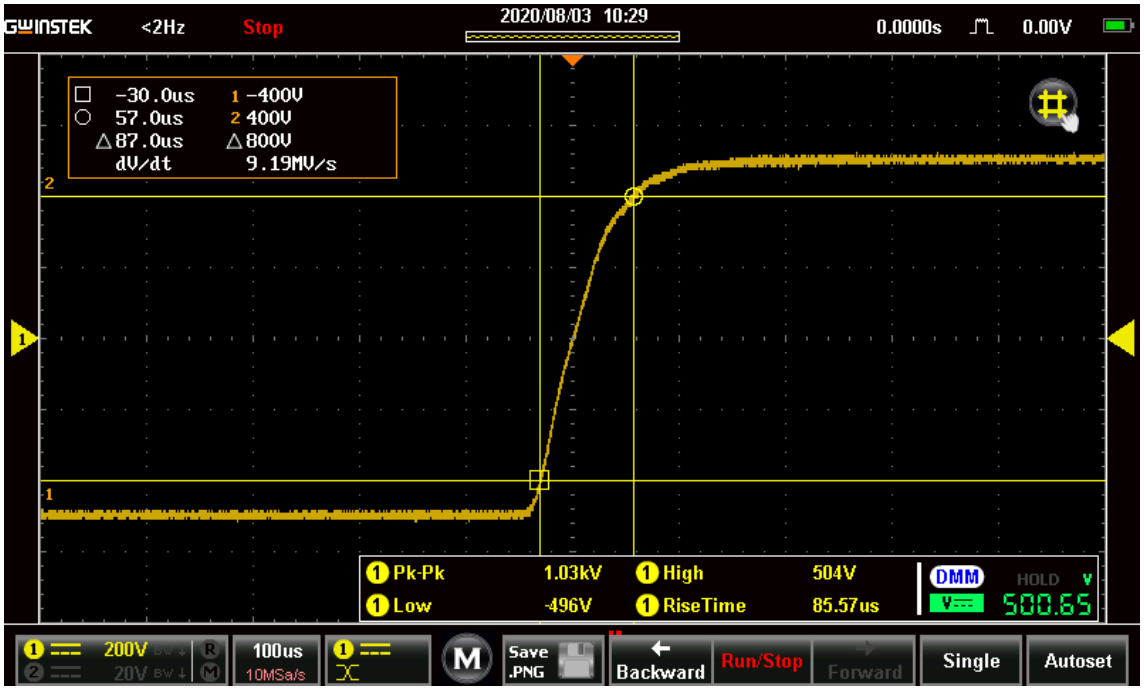
图(7)

Time mode 时间模式反应速度

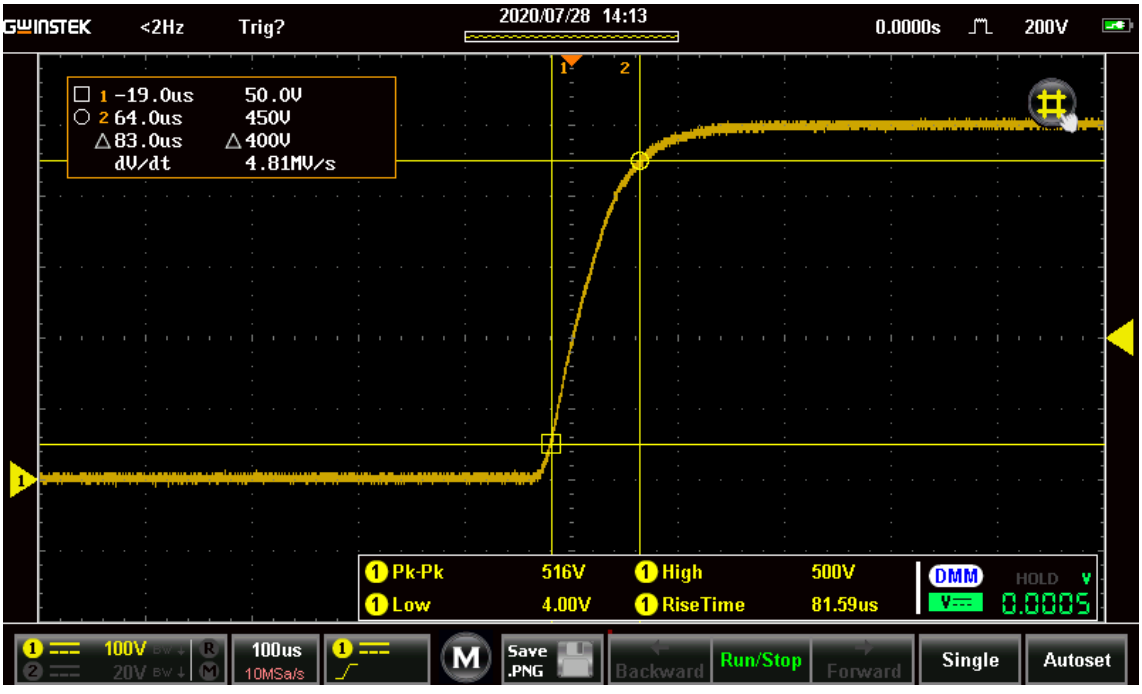
Slope



Mode：斜率模式，以固定斜率方式上升，每 1us 上升 1.5V (图 8)



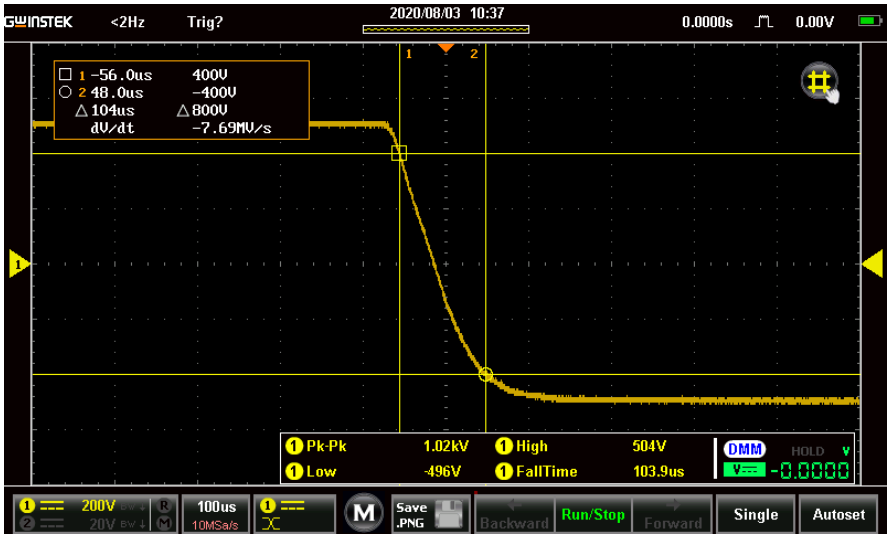
图(9)ASR-2000 Time Mode 实测的上升反应时间（自-500 伏至+500 伏）



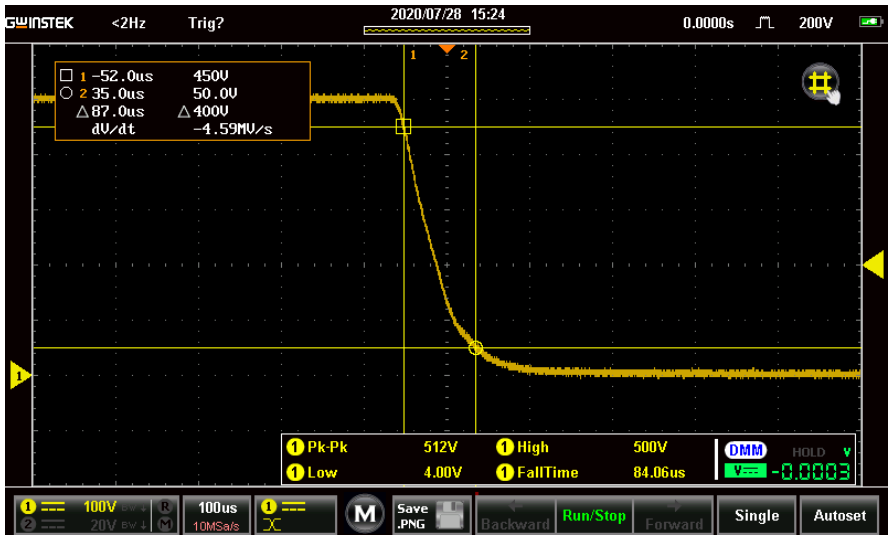
图(10)ASR-2000 Slope Mode 实测的上升反应时间

对于需要快速反应的自动化测试，交流电源的直流模式可弥补直流电源的不足，这样的能力可验证前馈控制机制或验证开机/上电响应。

但是交流电源直流模式的纹波(Ripple)及噪声(Noise)会大于直流电源，也不会有直流电源的 CC 定电流模式。



图(11)ASR-2000 Time Mode 实测的下降反应时间（自-500 伏至+500 伏）



图(12)ASR-2000 Slope Mode 实测的下降反应时间

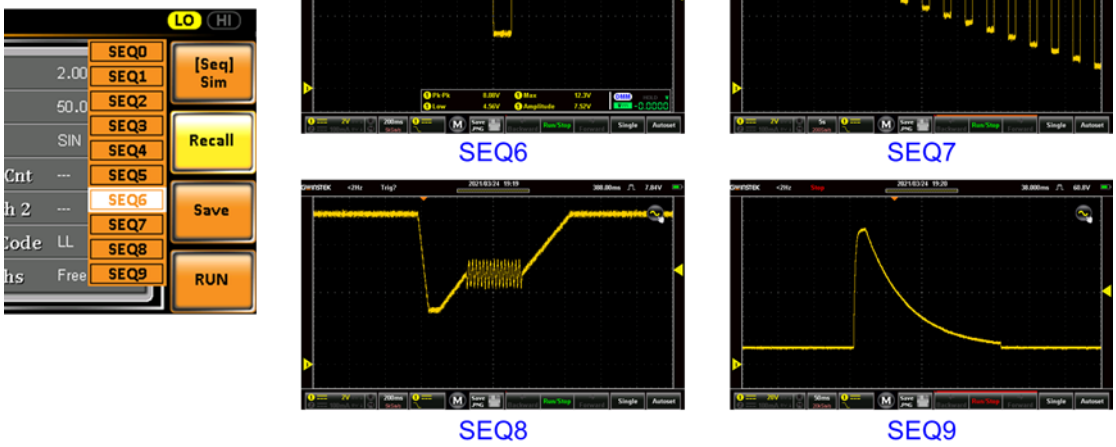
交流电源的其他应用

以车用电子测试为例需搭配直流电源(如固纬的 PSW、PSU 系列)进行 Overvoltage, Slow decrease and increase, discontinuous 等测试，当对应到相对复杂的测试项目如 Reverse Voltage, Ground reference offset, Superimposed alternating voltage 亦或特殊波形（Load Dump pulse 5a, 5b, Voltage Drop pulse 4)等需要精确控制任意波则要用上 AC+DC 交直流电源。

交流电源的任意波应用： ISO16750-2/2003 车辆电机电子环境试验/电力负载试验标准

- SEQ6 (4.5.1): Momentary drop in supply voltage 电压瞬间中断试验曲线，仿真其他回路之保险丝损毁所产生的影响。

- SEQ7(4.5.2): Reset behavior at voltage drop 降压重置试验曲线，证明装置在不同压降下其重置行为对产品之影响。
- SEQ8(4.5.3): Starting profile 启动电压曲线试验，评估在不同电压变化对产品的影响。
- SEQ9: Load dump without centralized load dump suppression 负载突降，不集中抛负载测试。

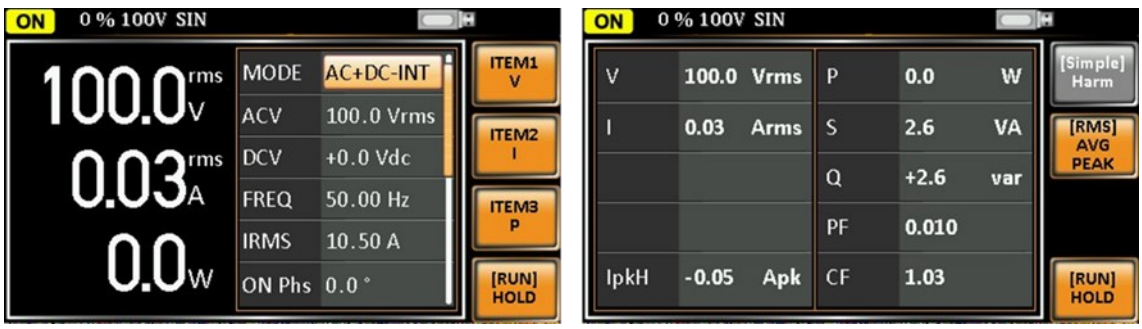


图(13)固纬 ASR 系列交流电源内建的任意波型范例

交流电源的量测功能

在高准确度的功率分析需要使用功率计或功率分析仪，但是对于准确度要求较低的产线测试，交流电源的量测功能是一机多用的经济选择。

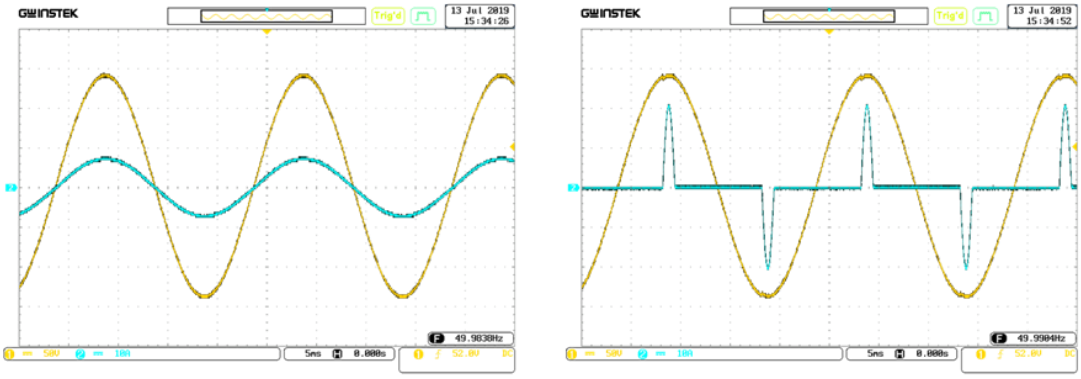
- 基本量测(Basic)包含：交、直流输出的电压、电流及功率
- 常用量测(Useful)包含：输出电压及电流的真均方根植（true RMS), 峰值（peak) 及平均值（DC)
- 进阶量测(Advance)包含：视在功率 apparent power (VA), 虚功 reactive power (VAR), 功率因子 power factor (PF), 波峰因子 crest factor (CF) 及最大峰



固纬的 ASR-2000/3000 系列除了上述的量测外还内建电压及电流谐波分析功能，目前的量测结果可达 100 阶。下图为图(15)交流源的量测结果范例

交流电源的电流波峰因子 CF (Crest Factor)

电源服务负载，电流波峰因子越高支持负载的能力越强。



100VAC, 5A, PF=1, CF=1.414　　100VAC, 5A, PF=1, CF=4

图(16)电流波峰因子的波形范例

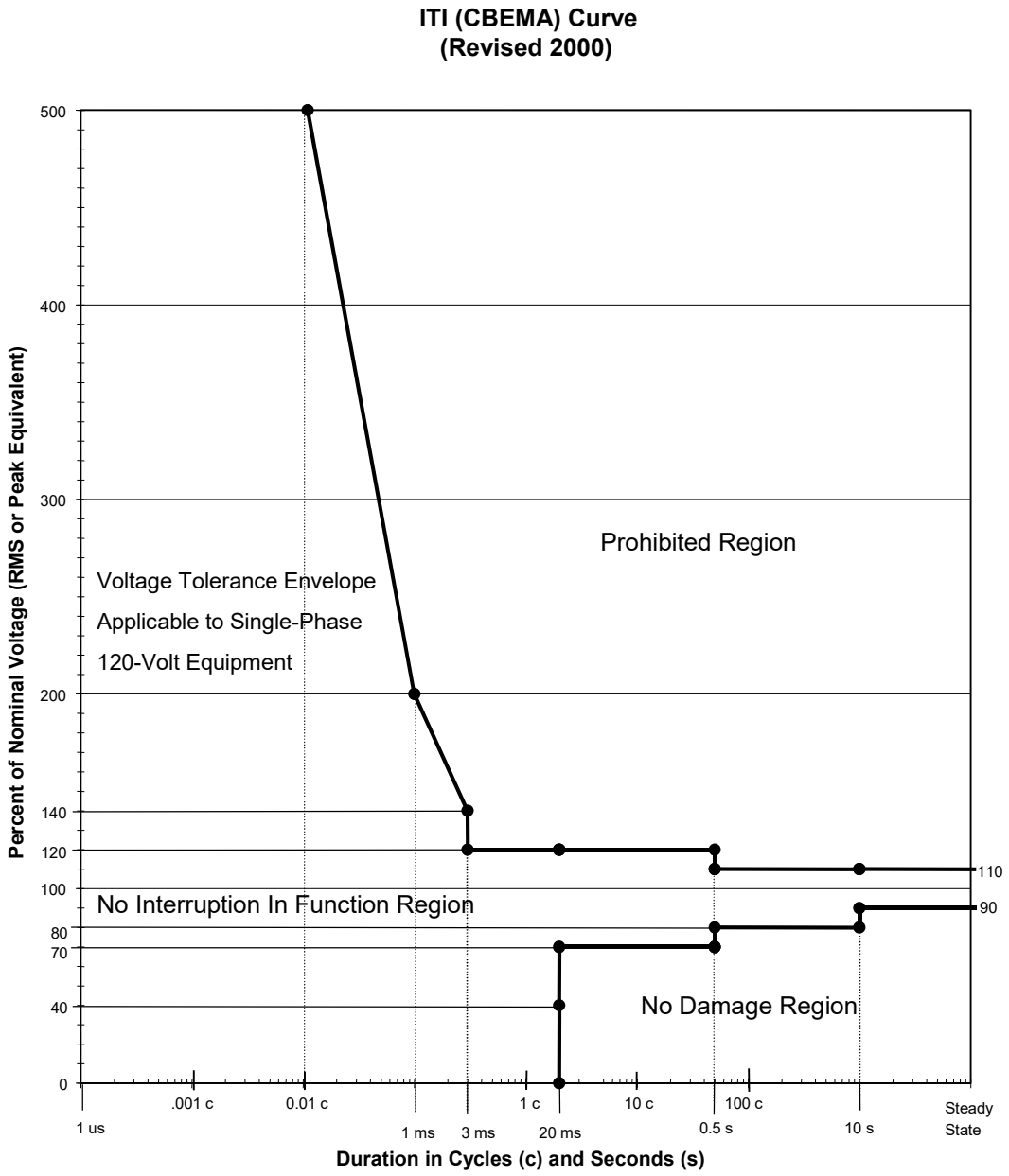
在同样的额定功率下，越高阶的交流源电流波峰因子便越大，固纬的 ASD-1300，1600，1900 电流波峰因子 CF 为 3，ASD-1150 及 ASR-2000 系列电流波峰因子 CF 为 4，ASR-3000 系列电流波峰因子 CF 为 6。

结论：孟子曾经用三句话描述大丈夫，富贵不能淫，贫贱不能移，威武不能屈。我们可以模拟一下，一台好的电源供应器与孟子描述的大丈夫有相同的特质，富贵不能淫，贫贱不能移有如电源供应器的线电压调整率，我们期待不管输入端的电源质量如何变动都不影响电源的输出，威武不能屈如同负载调整率，我们期待负载的变动也不影响电源的输出，本文涵盖了测试电源供应器输入端的特性，后续我们将有专文探讨电子负载的应用。

参考文献：

1. ITI (CBEMA) CURVE APPLICATION NOTE
2. 财团法人台湾大电力研究试验中心 2022 年 7 月 27 日应固纬邀请在线研讨会演讲稿。
3. 国立中山大学电机工程学系硕士论文：敏感性设备受电压骤降影响分析 陈志强撰 94 年 7 月

图(17) ITI (CBEMA) CURVE APPLICATION NOTE 文件中的原始曲线图



AC/DC Source

图(18)固纬电子交流电源家族

表一：固纬交流源家族应用区隔

APS-7000 系列	ASD-1000 系列	ASR-2000 系列	ASR-3000 系列
输出容量： APS-7050 (500VA) 310Vrms、4.2Arms APS-7100 (1000VA) 310Vrms、8.4Arms APS-7200 (2000VA) 310Vrms、16.8Arms APS-7300 (3000VA) 310Vrms、25.2Arms 可选购 600Vrms/1000Vrms/45~1000Hz 机种(北美有 480Vrms 的应用) **新能源并网应用(APS-7000 可有条件地承受电流倒灌)**	输出容量： **ASD-1150**（1500VA、150/300Vrms、15/7.5 Arms) 具直流模式，CF=4 1.0~1000.0Hz (AC+DC Mode) **ASD-1300**（3000VA、150/300Vrms、30/15 Arms) **ASD-1600**（6000VA、150/300/600Vrms、60/30/15 Arms) 可串联扩增输出范围至 600V(北美有 480Vrms 的应用) **ASD-1900**（9000VA、150/300Vrms、90/45 Arms 单相、30/15 Arms 三相）可输出单相或三相 30~1000.0Hz (AC Mode)	输出容量： ASR-2050 (500VA) 175/350Vrms、5/2.5 Arms) ASR-2100 (1000VA) 175/350Vrms、10/5 Arms) 40~999.9Hz (AC Mode) 1.0~999.9Hz (AC+DC Mode)	输出容量： ASR-3200 (2000VA) 200/400Vrms、20/10 Arms) ASR-3300 (3000VA) 200/400Vrms、30/15 Arms) ASR-3400 (4000VA) 200/400Vrms、40/20 Arms) 40~999.9Hz (AC Mode) 1.0~999.9Hz (AC+DC Mode)
支持小电流量测 2mA ~ 35A，最小分辨率 0.01mA (APS- 7050& APS-7100)	除 ASD-1150 外其他机型 CF=3	**具备直流模式(可编辑快速任意波)，CF=4**	**具备直流模式(可编辑快速任意波)，CF=6**
具备 APS-7000E 经济型机种	蓝色为各型号特殊功能，同系列其他型号不具备		注意：因输入端接线每个客户的环境差异大，ASR-3000 系列标配附件不包含输入端电源线及负载线

White Paper

固緯電子電源測量相關產品

PEL-5000C系列 直流電子負載

電壓 150V、600V、1200V

並聯最大功率24kW*8台(主1僕7)=192kW

USB 選購介面 | LAN 選購介面 | RS-232C 選購介面 | GPIB 選購介面

額定功率為足功率

他牌產品在1200V時，額定功率僅剩50%。

內建緩啟動電路、簡化測試不炸機

600V/1200V的應用中，無緩啟動易造成瞬間電壓超過MOSFET工作電壓而炸毀負載

直覺式的五個點波盪模式(Surge Mode)可簡化模擬電容性負載的測試

業界俗稱的CZ模式，需要昂貴的阻抗分析儀來確認等效的阻抗特性

CV模式可並聯

品質：生產過程必須通過10次搭接

TAIWAN EXCELLENCE 2021

2021 台湾精品奖 GPM-8310

交直流功率计

2019 台湾精品奖 GDM-906X 系列

PEL-2000 多信道电子负载

2022 台湾精品奖 GDS-3000A

数字储存示波器

2020 台湾精品奖 GPT-12000 系列

安规分析仪

2017 台湾精品奖 GSP-9330

3.25GHz 频谱分析仪

全球營運及支援據點

固纬全球营运总部
固纬电子实业股份有限公司
地址:236 新北市土城区中兴路 7-1 号
TEL:+886-2-2268-0389
FAX:+886-2-2268-0639
http://www.gwinstek.com.tw
Email: marketing@goodwill.com.tw

● 台中营业部（苗栗、台中、彰化、南投、云林）
地址:403 台中市五廊街 124 号 9 楼之 2
TEL : +886-4-2372-2809
FAX : +886-4-2372-5802
Email: kungchilo@goodwill.com.tw

● 高雄营业部（高雄、屏东、嘉义、台南、台东）
地址: 806 高雄市前镇区新衙路 286 之 4 号 7 楼之 1
TEL : +886-7-831-7317
FAX: +886-7-831-7327
Email: nancy_liu@goodwill.com.tw

苏州(大陆营运)总部
固纬电子(苏州)有限公司
江苏省苏州市新区珠江路 521 号（或）鹿山路 69 号
TEL: +86-512- 6661-7177
FAX: +86-512- 6661-7277
http://www.gwinstek.com.cn
Email: marketing@instek.com.cn

固纬电子(苏州)有限公司深圳分公司
深圳市宝安区西乡街道共乐路西乡商会大厦 1105
TEL: +86-755-2919-0632
FAX: +86-755-2907-6570

固纬电子(上海)有限公司
上海市宜山路 889 号 2 号楼 8 楼
TEL:+86-21-6485-3399
FAX: +86-21-5450-0789

固纬电子马来西亚子公司
GOOD WILL INSTRUMENT (SEA) SDN. BHD.
地址: No.1-3-18, Elite Avenue, Jalan Mayang Pasir 3, 11950 Bayan Baru, Penang, Malaysia
TEL : +604-6111122 FAX : +604-6115225

固纬电子韩国子公司
GOOD WILL INSTRUMENT KOREA CO., LTD.
地址: #503, Ace Hightech-City B/D 1Dong, Mullae-Dong 3Ga 55-20, Yeongduengpo-Gu, Seoul, Korea
TEL : +82-2-3439-2205 FAX : +82-2-3439-2207

固纬电子印度分公司
GW INSTEK INDIA LLP
No. 2707/B&C, 1st Floor, UNNATHI Building, E-Block, Sahakara Nagar, Bengaluru 560 092, India
TEL:+91-80-68110600 FAX:+91-80-68110626

固纬电子日本子公司
TEXIO TECHNOLOGY CORP.
地址: 7F Towa Fudosan Shin Yokohama Bldg, 2-18-13 Shinyokohama, Kohoku-ku, Yokohama, Kanagawa, 222-0033 JAPAN
TEL : +81-45-620-2305 FAX : +81-45-534-7181

固纬电子美国子公司
INSTEK AMERICA CORP.
地址: 5198 Brooks Street, Montclair, CA. 91763, U.S.A.
TEL : +1-909-399-3535 FAX : +1-909-399-0819

固纬电子欧洲子公司
GOOD WILL INSTRUMENT EURO B.V.
地址: De Run 5427A, 5504DG Veldhoven, THE NETHERLANDS
TEL : +31(0)40-2557790 FAX : +31(0)40-2541194

GW INSTEK

信赖超值 测量首选

WP-AC Source_V1_CN

2022/09/27