

开关电源的测试综述

常规功能和保护特性测试

安全(Safety)规格测试

电磁兼容(Electromagnetic Compliance)测试

可靠性(Reliability)测试

其他测试

开关电源的测试：

良好的开关电源必须符合所有功能规格、保护特性、安全规范（如 UL、CSA、VDE、DEMKO、SEMKO，长城等等之耐压、抗燃、漏电流、接地等安全规格）、电磁兼容能力（如 FCC、CE 等之传导与辐射干扰）、可靠性（如老化寿命测试）、及其他之特定需求等。

开关电源包括下列之型式：

- AC-DC：如个人用、家用、办公室用、工业用(电脑、周边、传真机、充电器)
- DC-DC：如可携带式产品(移动电话、笔记本电脑、摄影机、通信交换机二次电源)
- DC-AC：如车用转换器(12V~115/230V)、通信交换机振铃信号电源
- AC-AC：如交流电源变压器、变频器、UPS 不间断电源

开关电源的设计、制造及品质管理等测试需要精密的电子仪器设备来模拟电源供应器实际工作时之各项特性(亦即为各项规格)，并验证能否通过。开关电源有许多不同的组成结构(单输出、多输出、及正负极性等)和输出电压、电流、功率之组合，因此需要具弹性多样化的测试仪器才能符合众多不同规格之需求。

电气性能(Electrical Specifications)测试

当验证电源供应器的品质时，下列为一般的功能性测试项目，详细说明如下：

*功能(Functions)测试：

- 输出电压调整(Hold-on Voltage Adjust)
- 电源调整率(Line Regulation)
- 负载调整率(Load Regulation)

- 综合调整率(Commine Regulation)
- 输出涟波及杂讯(Output Ripple & Noise, RARD)
- 输入功率及效率(Input Power, Efficiency)
- 动态负载或暂态负载(Dynamic or Transient Response)
- 电源良好/失效(Power Good/Fail)时间
- 起动(Set-Up)及保持(Hold-Up)时间

***保护动作(Protections)测试：**

- 过电压保护(OVP, Over Voltage Protection)
- 短路保护(Short)
- 过电流保护(OCP, Over Current Protection)
- 过功率保护(OPP, Over Power Protection)

***安全(Safety)规格测试：**

- 输入电流、漏电电流等
- 耐压绝缘：电源输入对地，电源输出对地；电路板线路须有安全间距。
- 温度抗燃：零组件需具备抗燃之安全规格，工作温度须於安全规格内。
- 机壳接地：需於 0.1 欧姆以下，以避免漏电触电之危险。
- 变压输出特性：开路、短路及最大伏安(VA)输出
- 异常测试：散热风扇停转、电压选择开关设定错误

***电磁兼容(Electromagnetic Compliance)测试：**

电源供应器需符合 CISPR 22、CLASS B 之传导与辐射的 4dB 馀裕度，电源供应器需在以下三种负载状况下测试：

每个输出为空载、每个输出为 50%负载、每个输出为 100%负载。

- 传导干扰/免疫：经由电源线之传导性干扰/免疫
- 幅射干扰/免疫：经由磁场之幅射性干扰/免疫

***可靠性(Reliability)测试：**

老化寿命测试：高温(约 50-60 度)及长时间(约 8-24 小时)满载测试。

***其他测试：**

- ESD：Electrostatic Discharge 静电放电(人或物体经由直接接触或间隔放电引起)在 2-15KV 之 ESD 脉波下，待测物之每个表面区域应执行连续 20 次的静电放电测试，电源供应器之输出需继续工作而不会产生突波 (Glitch)
- 或中断(Interrupt)，直接 ESD 接触时不应造成过激(Overshoot)或欠激(Undershoot)之超过稳压范围之状况、及过电压保护(OVP)、过电流保护(OCP)等。另外，於 ESD 放电电压在高达 25KV 下，应不致造成元件故障

(Failure)。

·EFT: Electrical Fast Transient or burst 一串切换杂讯经由电源线或 I/O 线路之传导性干扰(由供电或建筑物内引起)。

·Surge: 经由电源线之高能量暂态杂讯干扰(电灯之闪动引起)。

·VD/I: Dips and Interrupts 电源电压下降或中断(电力分配系统之故障或失误所引起,例如供电过载或空气开关跳动所引起)

·Inrush: 开机输入冲击电流,开关电源对供电系统的影响。

常规功能(Functions)测试

输出电压调整:

当制造开关电源时,第一个测试步骤为将输出电压调整至规格范围内。此步骤完成后才能确保后续的规格能够符合。通常,当调整输出电压时,将输入交流电压设定为正常值(115Vac 或 230Vac),并且将输出电流设定为正常值或满载电流,然後以数字电压表测量电源供应器的输出电压值并调整其电位器(VR)直到电压读值位於要求之范围内。

电源调整率:

电源调整率的定义为电源供应器於输入电压变化时提供其稳定输出电压的能力。此项测试系用来验证电源供应器在最恶劣之电源电压环境下,如夏天之中午(因气温高,用电需求量最大)其电源电压最低;又如冬天之晚上(因气温低,用电需求量最小)其电源电压最高。在前述之两个极端下验证电源供应器之输出电压之稳定度是否合乎需求之规格。

为精确测量电源调整率,需要下列之设备:

·能提供可变电压能力的电源,至少能提供待测电源供应器的最低到最高之输入电压范围,(KIKUSUI PCR 系列电源能提供 0--300VAC 5-1000Hz 的稳定交流电源,0---400V DC 的直流电源)。

·一个均方根值交流电压表来测量输入电源电压,众多的数字功率计能精确计量 V A W PF。

·一个精密直流电压表,具备至少高於待测物调整率十倍以上,一般应用 5 位以上高精度数字表。

·连接至待测物输出的可变电子负载。

*测试步骤如下:於待测电源供应器以正常输入电压及负载状况下热机稳定後,分别於低输入电压(Min),正常输入电压(Normal),及高输入电压(Max)下测量并记录其输出电压值。

电源调整率通常以一正常之固定负载(Nominal Load)下,由输入电压变化所造成其输出电压偏差率(deviation)的百分比,如下列公式所示:

$$V0(\max)-V0(\min) / V0(\text{normal})$$

电源调整率亦可用下列方式表示之：於输入电压变化下，其输出电压之偏差量须於规定之上下限范围内，即输出电压之上下限绝对值以内。

负载调整率：

负载调整率的定义为开关电源於输出负载电流变化时，提供其稳定输出电压的能力。此项测试系用来验证电源在最恶劣之负载环境下，如个人电脑内装置最少之外设卡且硬盘均不动作(因负载最少，用电需求量最小)其负载电流最低和个人电脑内装置最多之外设卡且硬盘在动作(因负载最多，用电需求量最大)其负载电流最高的两个极端下验证电源供应器之输出电压之稳定度是否合乎需求之规格。

*所需的设备和连接与电源调整率相似，唯一不同的是需要精密的电流表与待测电源供应器的输出串联。示：

测试步骤如下：於待测电源供应器以正常输入电压及负载状况下热机稳定後，测量正常负载下之输出电压值，再分别於轻载(Min)、重载(Max)负载下，测量并记录其输出电压值(分别为 V_{\max} 与 V_{\min})，负载调整率通常以正常之固定输入电压下，由负载电流变化所造成其输出电压偏差率的百分比，如下列公式所示：

$$V0(\max)-V0(\min) / V0(\text{normal})$$

负载调整率亦可用下列方式表示：於输出负载电流变化下，其输出电压之偏差量须於规定之上下限电压范围内，即输出电压之上下限绝对值以内。

综合调整率：

综合调整率的定义为电源供应器於输入电压与输出负载电流变化时，提供其稳定输出电压的能力。这是电源调整率与负载调整率的综合，此项测试系为上述电源调整率与负载调整率的综合，可提供对电源供应器於改变输入电压与负载状况下更正确的性能验证。综合调整率用下列方式表示：於输入电压与输出负载电流变化下，其输出电压之偏差量须於规定之上下限电压范围内(即输出电压之上下限绝对值以内)或某一百分比界限内。

输出杂讯(PARD)：

输出杂讯(PARD)系指於输入电压与输出负载电流均不变的情况下，其平均直流输出电压上的周期性与随机性偏差量的电压值。输出杂讯是表示在经过稳压及滤波後的直流输出电压上所有不需要的交流和噪声部份(包含低频之 50/60Hz 电源倍频信号、高於 20 KHz 之高频切换信号及其谐波，再与其他之随机性信号所组成))，通常以 mV_{p-p} 峰对峰值电压为单位来表示。一般的开关电源的规格均以输出直流输出电压的 1%以内为输出杂讯之规格，其频宽为 20Hz 到 20MHz(或其他更高之频宽如 100MHz 等)。开关电源实际工作时最恶劣的状况(如输出负载电流最大、输入电源电压最低等)，若电源供应器在恶劣环境状况下，其输出直流电压加上杂讯後之输出瞬时电压，仍能够维持稳定的输出电压不超过输出高低电压界限情形，否则将可能会导致电源电压超过或低於逻辑电路(如 TTL 电路)之承受电源电压而误动作，进一步造成死机现象。

例如 5V 输出，其输出杂讯要求为 50mV 以内(此时包含电源调整率、负载调整率、动态负载等其他所有变动，其输出瞬时电压应介於 4.75V 至 5.25V 之间，才不致引起 TTL 逻辑电路之误动作)。在测量输出杂讯时，电子负载的 PARD 必须比待测之电源供应器的 PARD 值为低，才不会影响输出杂讯之测量。同时测量电路必须有良好的隔离处理及阻抗匹配，为避免导线上产生不必要的干扰、振铃和驻波，一般都采用双同轴电缆并以 50Ω 於其端点上，并使用差动式量测方法(可避免地回路之杂讯电流)，来获得正确的测量结果，日本计测 KEISOKU GEIKEN 的 PARD 测试仪具备此种功能。

输入功率与效率：

电源供应器的输入功率之定义为以下之公式：

$$\text{True Power} = P_{av}(\text{watt}) = \int V_i A_i dt = V_{rms} \times A_{rms} \times \text{Power Factor}$$

即为对一周期内其输入电压与电流乘积之积分值，需注意的是 $\text{Watt} \neq V_{rms} A_{rms}$ 而是 $\text{Watt} = V_{rms} A_{rms} \times \text{P.F.}$ ，其中 P.F.为功率因素(Power Factor)，通常电源供应器的功率因素在 0.6~0.7 左右，而大功率之电源供应器具备功率因素校正器者，其功率因素通常大於 0.95，当输入电流波形与电压波形完全相同时，功率因素为 1，并依其不相同之程度，其功率因素为 1~0 之间。

电源供应器的效率之定义为：

$$\Sigma V_{out} \times I_{out} / \text{True Power (watts)}$$

即为输出直流功率之总和与输入功率之比值。通常个人电脑用电源供应器之效率为 65%~80%左右。效率提供对电源供应器正确工作的验证，若效率超过规定范围，即表示设计或零件材料上有问题，效率太低时会导致散热增加而影响其使用寿命。由於近年来对于环保及能源消耗愈来愈重视，如电脑能源之星「Energy Star」对开关电源之要求：於交流输入功率为 30Wrms 时，其效率需为 60%以上(即此时直流输出功率必须高於 18W)；又对于 ATX 架构开关电源於直流失能(DC Disable)状态其输入功率应不大於 5W。因此交流功率测试仪表需要既精确又范围宽广，才能合乎此项测试之需求。

动态负载或暂态负载

一个定电压输出的电源，於设计中具备反馈控制回路，能够将其输出电压连续不断地维持稳定的输出电压。由於实际上反馈控制回路有一定的频宽，因此限制了电源供应器对负载电流变化时的反应。若控制回路输入与输出之相移於增益(Unity Gain)为 1 时，超过 180 度，则电源供应器之输出便会呈现不稳定、失控或振荡之现象。实际上，电源供应器工作时的负载电流也是动态变化的，而不是始终维持不变(例如硬盘、软驱、CPU 或 RAM 动作等)，因此动态负载测试对电源供应器而言是极为重要的。可编程序电子负载可用来模拟电源供应器实际工作时最恶劣的负载情况，如负载电流迅速上升、下降之斜率、周期等，若电源供应器在恶劣负载状况下，仍能够维持稳定的输出电压不产生过高激(Overshoot)或过低(Undershoot)情形，否则会导致电源之输出电压超过负载元件(如 TTL 电路其输出瞬时电压应介於 4.75V 至 5.25V 之间，才不致引起 TTL 逻辑电路之误动作)之承受电源电压而误动作，进一步造成死机现象。

电源良好/失效时间(Power Good、Power Fail 或 Pok)

电源良好信号，简称 PGS(Power Good Signal 或 Pok High)，是电源送往电脑系统的信号，当其输出电压稳定後，通知电脑系统，以便做开机程序之 C 而电源失效信号(Power Fail 或 Pok Low)是电源供应器表示其输出电压尚未达到或下降超过於一正常工作之情况。以上通常由一「PGS」或「Pok」信号之逻辑改变来表示，逻辑为「1 或 High」时，表示为电源良好(Power Good)，而逻辑为「0 或 Low」时，表示为电源失效(Power Fail)，请参考图 5 之时序图：

电源的电源良好(Power Good)时间为从其输出电压稳定时起到 PGS 信号由 0 变为 1 的时间，一般值为 100ms 到 2000ms 之间。电源的电源失效(Power Fail)时间为从 PGS 信号由 1 变为 0 的时间起到其输出电压低於稳压范围的时间，一般值为 1ms 以上。日本计测 KEISOKU GEIKEN 的电子负载可直接测量电源良好与电源失效时间，并可设定上下限，做为是否合格的判别。

启动时间(Set-Up Time)与保持时间(Hold-Up Time)

启动时间为电源供应器从输入接上电源起到其输出电压上升到稳压范围内为止的时间，以一输出为 5V 的电源供应器为例，启动时间为从电源开机起到输出电压达到 4.75V 为止的时间。

保持时间为电源供应器从输入切断电源起到其输出电压下降到稳压范围外为止的时间，以一输出为 5V 的电源供应器为例，保持时间为从关机起到输出电压低於 4.75V 为止的时间，一般值为 17ms 或 20ms 以上，以避免电力公司供电中於少了半周或一周之状况下而受影响。

启动时间与保持时间的时序如图 6 所示。

其他

·Power Up delay：+5/3.3V 的上升时间(由 10%上升到 90%电压之时间)

·Remote ON/OFF Control：遥控「开」或「关」之控制

·Fan Speed Control/Monitor：散热风扇之转速「控制」及「监视」

保护功能测试

过电压保护(OVP)测试

当电源供应器的输出电压超过其最大的限定电压时，会将其输出关闭(Shutdown)以避免损坏负载之电路元件，称为过电压保护。过电压保护测试系用来验证电源供应器当出现上述异常状况时(当电源供应器内部之回授控制电路或零件损坏时，有可能产生异常之输出高电压)，能否正确地反应。过电压保护功能對於一些对电压敏感的负载特别重要，如 CPU、记忆体、逻辑电路等，因为这些贵重元件若因工作电压太高，超过其额定值时，会导致永久性的损坏，因而损失惨重。电源供应器於过电压情形发生时，其输出电压波形

如图 7 所示。

短路保护测试

当电源供应器的输出短路时，则电源供应器应该限制其输出电流或关闭其输出，以避免损坏。短路保护测试是验证当输出短路时(可能是配线连接错误，或使用电源之元件或零组件故障短路所致)，电源供应器能否正确地反应。

过电流保护 OCP 测试

当电源供应器的输出电流超过额定时，则电源供应器应该限制其输出电流或关闭其输出，以避免负载电流过大而损坏。又若电源供应器之内部零件损坏而造成较正常大的负载电流时，则电源供应器也应该关闭或限制其输出，以避免损坏或发生危险。过电流保护测试是验证当上述任一种状况发生时，电源供应器能否正确地反应。

过功率保护 OPP 测试

当电源的输出功率(可为单一输出或多组输出)超过额定时，则电源应该限制其输出功率或关闭其输出，以避免负载功率过大而损坏或发生危险。又若电源内部零件损坏而造成较正常大的负载功率时，则电源也应该关闭或限制其输出，以避免损坏。过功率保护测试是验证当上述任一种状况发生时，电源能否正确地反应。本项测试通常包含两组或数组输出功率之功率限制保护，因此较上述单一输出之保护测试(OVP、OCP、Short 等)稍具变化。

如对以上意见有不同认识或更深入看法，请 Email:info@newesp.com.