完整的Cybenetics冗余服务器电源测试协议，包括能源效率、输出噪声及冗余服务器交流-直流电源的整体性能计算

修订版 1.3

作者：Aristeidis Bitziopoulos



塞浦路斯，尼科西亚

2026 年 11 月

本文档衍生自并对齐于 Cybenetics PSU Test Protocol，Revision 3.9。本文档未规定之处，适用桌面型（Desktop）协定。

目录

目录 2
修订历史 4
Prologue and Scope 5
CRPS / M-CRPS Form Factor Overview 5
Definitions (Additions and Changes) 6
与桌面电源协议的关系 7
测试设置和测量条件 8
输入电压 8
热条件 8
能效测量程序（ETA 冗余） 9
能效等级（ETA 冗余） 9
输出噪声测量（LAMBDA, CRPS 适应） 9
服务器模块的差异 10
噪声分级 10
EMI辐射 10
模块性能与保护测试 11
待机（12 VSB） 11
保持时间与定时 11
瞬态/负载阶跃响应 12
浪涌电流 13
保护功能 13
整体性能计算（服务器模块适配） 13
负载区间结果（仅供参考） 15
服务器认证的有效性 17
Uncertainty Estimations 17

参考文献 17

结语 18

修订历史

版本	发布日期	备注
1.0	2026 年 6 月	专用冗余服务器电源模块方法的初稿，改编自Cybenetics电源测试协议Rev 3.7。确立单模块效率（ETA 冗余）、服务器模块的噪声（LAMBDA）适应性，以及独立模块性能和保护测试电池。
1.1	2026 年 8 月	测量不确定度更新为当前受控预算（P19）。
1.2	2026 年 8 月	标题页整理：第 1 页不再显示页眉与页脚。已发布德文、繁体中文与简体中文版本。标题页上的母规范参照已由 Revision 3.7 更正为 Revision 3.9，即目前已发布且本文档参考文献已引用之版本。
1.3	2026 年 11 月	新增仅供参考的负载区间效率和功率因数结果及高负载指数；噪声区间将在服务器模块的风扇转速被记录后给出。新增章节：服务器认证的有效性（依据本修订版签发的认证自认证日期起 24 个月；此前的认证不受影响）。任何测量值、测试、不确定度或公布的评级均无变化。

This protocol does not restate every definition, equation, and instrument requirement already published in the Desktop protocol. It documents only what is added, modified, or removed for redundant server power supplies. All carried-over procedures, uncertainty budgets, and calculations remain governed by Rev 3.7.

Prologue and Scope

除了典型台式电脑中使用的非冗余电源外，Cybenetics 还评估服务器、存储系统和网络设备中安装的冗余电源，这些设备全天候（24/7）运行。本协议适用于所有提供单一主轨（通常为 12 V）加备用轨，或仅提供主轨的冗余服务器电源——通用冗余电源（CRPS）及其现代继任者模块化通用冗余电源（M-CRPS）是主要的标准化示例。如果设备没有备用轨，则以下与备用轨相关的项目不适用。

Cybenetics对单个电源模块进行独立评估。该模块通过其金手指（卡边）输出连接器连接至Cybenetics测试夹具，或连接至随设备提供的夹具；不使用主框架。认证测量模块的能效（ETA冗余）和输出噪声（LAMBDA），并添加一系列独立性能和保护测试——瞬态/负载阶跃响应和声明的峰值功率波动、保持时间及定时、浪涌电流、纹波和负载调节、待机，以及保护功能（OCP/OPP/OVP/OTP/SCP、风扇故障、浪涌/浪涌部件）。

超出范围：数字管理接口（PMBus / SMBus / SPDM）未被测试，多模块功能——电流共享、ORing、热插拔和冗余行为——未被测试，因为每个模块是单独评估的，而非安装在带有其他模块的主框架中。

与台式机协议相同，本方法旨在使任何具备等效校准设备的ISO/IEC 17025:2017认证实验室能够复现结果。Cybenetics作为认证机构，将接受遵循本方法的评估实验室提供的数据。冗余电源要求预计会随着数据库的增长而细化；当阈值标记为暂定状态时，它只是一个起点，可能会被修订。

CRPS / M-CRPS Form Factor Overview

The table below summarizes the form-factor characteristics of these power modules as background. The newer M-CRPS base specification is maintained under the Open Compute Project (OCP); legacy CRPS derives from the Intel/SSI server power guidelines. Items marked as management or multi-module features describe the device class but are not part of the Cybenetics test scope (see Prologue and Scope).

CRPS / M-CRPS 形状因子属性（背景）

属性	**CRPS / M-CRPS 特性**
架构	主框架 + 2个或更多热插拔电源模块；冗余模式1+1、2+1和N+1。Cybenetics单独测试一个模块。
主输出	单个高电流12 V轨。次要系统电压由主框架/电源分配板上的DC-DC转换器产生，而非由模块产生。
待机输出	M-CRPS 上的 12 VSB（旧版 CRPS 可能使用 12 V 或 5 V 待机），或主电源轨仅支持的单元无待机。

属性	CRPS / M-CRPS 特性
输出连接器	2x25（50针）金手指卡边连接器；这是测试夹具连接的位置。旧版 CRPS 变体使用其他金手指引脚布局。
外形尺寸	1U 类型，标称宽度 73.5 mm x 深度 185 mm（长度随功率等级变化）。也存在 2U 及更宽的模块。
管理（未测试）	PMBus / SMBus / I2C 传感器数据和 FRU/EEPROM；M-CRPS 可能增加 SPDM。Cybenetics 不使用这些接口。
多模块功能（未测试）	电流共享（ISHARE）、ORing、热插拔和冗余需要主框架，并超出本单模块认证范围。
输入变体	交流输入（100-127 / 200-240 Vac）；仅高电压线路的高功率 SKU；以及部分平台上的 HVDC 变体。认证仅支持 230 V（参见输入电压）。
冷却	每个模块内部有一个或多个高转速风扇，由 PWM 控制。模块自身的风扇功耗已包含在效率测量中。

Definitions (Additions and Changes)

The Desktop protocol definitions apply unchanged (AC/DC signal, ambient temperature, apparent power, AWG, efficiency, ripple, true power factor, crest factor, RMS, steady state, THD, UUT). The following terms are added or redefined for redundant server modules:

主框架（机笼/背板/PDB）—— 机箱子组件，用于安装电源模块并分配12 V总线。此处作为背景描述；Cybenetics在不使用主框架的情况下测试模块。

电源模块（PSM）——一个可热插拔的冗余电源单元。除非另有说明，本协议中的被测设备（UUT）是指通过其金手指连接器单独测试的一个电源模块。

冗余（N+1 / N+N）— 一种操作配置，其中存在比承载负载所需的更多模块。作为背景信息提供；冗余操作本身在此不进行测试。

12 VSB（备用轨）— 模块的始终开启的备用输出，如存在。仅主轨模块没有备用轨，并跳过备用特定项目。

PSON# / PWOK — 模块连接器上的远程开/关控制（PSON#）和电源良好状态（PWOK）信号，用于定时和保持测试期间。

金手指（卡边）连接器 — 模块的2x25 / 50针边缘连接器，与服务中的背板匹配；在测试中，它与Cybenetics或提供的夹具匹配。

与桌面电源协议的关系

下表将桌面协议（第3.7版）的每个主要元素映射到此冗余服务器电源协议中的处理方式。"保留"表示原样应用；"修改"表示按引用部分描述进行调整；"移除"表示不适用；"超出范围"表示Cybenetics不测试的设备功能。

桌面到服务器模块映射

桌面元素	状态	理由
校准设备 & Faganas ATE	延续	相同仪器类别和不确定度规范；模块通过金手指测试夹具连接。
热箱 / 升高环境温度	修改	热 profile 调整至服务器进气条件。
>1450 负载组合，平均效率	修改	负载矩阵简化为单个 12 V 主轨（+ 12 VSB 如存在）；范围 2-100%。
115 V / 100 V / 230 V 测试输入	修改	仅 230 V 认证方案；无 115 V 表格。低线/HVDC 仅检查生存能力。
5 V / 3.3 V 辅助轨测试	移除	辅助轨由主框架 DC-DC 生成，而非模块。
待机功耗（无负载待机）	移除	模块专为连续运行设计；待机空闲并非有意义的模式。
平均5VSB效率术语	移除	待机负载及其效率影响与总负载相比可忽略。
LAMBDA噪声分级	修改	相同的能量平均方法；高转速服务器风扇的临时CRPS噪声等级。
EMI（CISPR 32 / EN 55032）	延续	A类限值适用于数据中心IT设备。
ATX v3.x峰值功率波动	已替换	服务器动态负载步进加上声明的峰值功率层级，而非ATX波动阶梯。
保持时间，PWR_OK，时序	修改	根据服务器要求进行评估。
保护措施（OCP/OPP/OTP/SCP，风扇故障）	修改	单12 V上下文；已添加OVP。

桌面元素	状态	理由
整体性能算法	修改	针对12 V（+ 12 VSB）重新加权。
PMBus/SMBus/SPDM遥测；电流共享、ORing、热插拔、冗余	超出范围	需要主框架/多模块设置或数字管理；不属于此单模块认证的一部分。

测试设置和测量条件

桌面协议的仪器类别和精度要求（可编程交流源 ≥ 4 kVA，多通道直流电子负载，≤ ±0.1% 功率分析仪，≥ 100 MHz / ≥ 1 GS/s 示波器，1级声学链路，≤ ±0.5 °C 温度，转速计，台式万用表，在线不间断电源和隔离变压器）完全适用。以下附加和更改特定于冗余服务器模块：

- **模块测试夹具（金手指）。模块通过其2x25 / 50针卡边输出连接器连接到Cybenetics测试夹具，或连接到随设备提供的夹具。不使用主框架；每个模块单独评估。夹具引出12 V主轨、12 VSB（如存在）以及定时和保护测试所需的PSON#/PWOK信号。**
- **高电流直流负载能力。为高功率服务器模块的完整12 V输出设计（通常每模块800 W-3000 W）。**
- **HVDC / 48 V源（适用时）。用于额定输入为240/336 Vdc或48 Vdc的模块的直流源，除交流源外。**
- **风扇功率。模块自身的风扇功耗包含在效率测量中（风扇是模块的一部分）。测试中没有主框架风扇，因为模块在无主框架的情况下进行测试。**
- **不使用。不需要PMBus/SMBus/SPDM主机适配器和主框架/多模块夹具，因为遥测和多模块行为超出范围。**

输入电压

冗余服务器电源模块计划仅支持230 V输入：所有能效和噪声认证测试均在230 V输入条件下进行，与ETA（冗余）一致。不存在115 V认证表格（与桌面ETA计划不同，桌面ETA计划在115 V和230 V下均进行认证）。SKU额定交流输入范围低端的功能启动和生存能力，以及任何额定HVDC输入，仍作为保护/穿越检查进行测试，但不会产生认证等级。标签额定值决定最大功率；我们额外验证110%负载下的行为，并施加如下的高温环境应力。

热条件

测试从接近30 °C开始，模块置于模拟服务器进气环境的热箱中；腔体被驱动至模块额定工作范围的上限，以便在真实数据中心压力下表征风扇行为、高温下的能效和保护功能，而非在不切实际

的低温环境下进行。每个负载点保持数分钟，所有读数由Faganas（C#数据采集层）平均作为最终结果，与桌面协议完全一致。

能效测量程序（ETA 冗余）

我们在模块上应用至少1450种不同的负载组合，覆盖其工作范围的2%至100%。由于服务器模块仅提供单个12 V主轨（如存在）加上12 VSB待机轨，负载矩阵比桌面三轨扫描简单得多：12 V轨在其整个范围内逐步变化，而任何待机负载保持在固定、有代表性的值。整体能效和功率因数结果是所有测量点的算术平均值，（经插值后）在整个工作范围内产生数万个有效点。对整个范围进行平均使得无法针对少量固定负载点进行调校。

与ETA（冗余）一致，Cybenetics不测量待机功耗，也不为这些模块包含平均待机能效项：待机负载相对于总负载可忽略不计。任何待机轨仍被记录并报告，严重异常会被标记。

能效等级（ETA 冗余）

认证使用以下230 V能效和功率因数阈值。如果单元仅略低于限值（在0.1%范围内），我们可能会要求第二个样本，如需要，甚至第三个样本，根据标准重新评估规则；与上限的差值≤ 0.05%时，四舍五入至更高类别。如果单元未能满足功率因数要求，则降至其满足功率因数要求的类别，无论能效如何。

ETA（冗余）能效等级 — 230 V 输入

效率等级（230 V）	整体效率	功率因数
DIAMOND	≥ 95%	≥ 0.950
TITANIUM	≥ 93% & < 95%	≥ 0.940
PLATINUM	≥ 91% & < 93%	≥ 0.930
GOLD	≥ 88% & < 91%	≥ 0.920
SILVER	≥ 85% & < 88%	≥ 0.910
BRONZE	≥ 82% & < 85%	≥ 0.900

输出噪声测量（LAMBDA, CRPS 适应）

LAMBDA测量方法保留：我们将模块的风扇速度范围映射到噪声。在模块安装在夹具上时，我们记录风扇速度（RPM）范围，同时用转速计监测，覆盖负载矩阵；然后，在半消声室中，以小

RPM间隔（例如每50 RPM）进行dB(A)测量，模块关闭，风扇由外部电源驱动，消除电子负载噪声。Faganas为每个记录的风扇速度分配dB(A)值，并进行能量平均。

能量平均方法不变：因为dB是对数的，每个A加权级别转换为线性声压，平均后，再转换回dB(A)，依据ISO 7779和ECMA-74。背景噪声（K1）校正按桌面协议应用。

服务器模块的差异

- **麦克风位置。使用单个固定麦克风，与桌面方法相同：根据ISO 7779/ECMA-74和ISO 11201，在1米水平距离、1.5米高度、约30°入射角处设置一个旁观者位置。腔体几何形状和背景噪声校正与桌面协议相同。**
- **工作点。服务器风扇速度由负载和进气温度共同决定。因此，噪声以指定的负载/热工作点报告，平均值反映了在指定环境温度下负载矩阵中观察到的真实风扇速度范围。**
- **线圈噪声。电子噪声屏蔽（> 6-6.5 dB(A)）按照台式机协议使用被动冷却负载测试仪进行。**

噪声分级

台式机LAMBDA标准（A++ < 15 dB(A) … 标准 40-45 dB(A)）对于高转速1U服务器风扇不切实际，这些风扇通常会超过该标准。下面展示了两个参考标准：已建立的台式机标准（用于参考）和一个临时服务器标准，该标准上移了约20 dB。服务器标准仅作为起点，随着数据库的增长将最终确定，与ETA（冗余）的不断演变要求理念一致。

LAMBDA噪声水平（服务器标准临时版）

等级	台式LAMBDA（参考）	建议的服务器规模（暂定）
A++	< 15 dB(A)	< 35 dB(A)
A+	15 - < 20 dB(A)	35 - < 40 dB(A)
A	20 - < 25 dB(A)	40 - < 45 dB(A)
A-	25 - < 30 dB(A)	45 - < 50 dB(A)
Standard++	30 - < 35 dB(A)	50 - < 55 dB(A)
Standard+	35 - < 40 dB(A)	55 - < 60 dB(A)
Standard	40 - < 45 dB(A)	≥ 60 dB(A)

EMI辐射

传导和辐射EMI按照台式机协议的设备和合格/不合格方法，依据CISPR 32 / EN 55032进行评估（首先使用峰值检测器；如需要，使用准峰值和平均值；传导EMI需分别进行相线和中性线测试）。

服务器模块是数据中心IT设备，需依据Class A限值进行评估；ATX的4 dB裕量不适用，因此设备直接遵循CISPR 32 / EN 55032限值。传导限值（Class A）：0.15-0.50 MHz为79/66 dBµV（QP/Avg），0.50-30 MHz为73/60 dBµV。

模块性能与保护测试

除效率和噪声外，独立模块根据单12 V拓扑结构，针对与台式机电源相同的性能和保护方面进行表征。所有测试均通过测试夹具单独对模块进行。

待机（12 VSB）

若模块具有待机轨，12 VSB将在其负载范围内及主轨开关转换期间进行稳压和纹波表征，并用于信息和稳压合规性报告。仅主轨模块跳过此测试。

保持时间与定时

保持时间是指模块在满载时交流电丢失后维持12 V轨稳压的间隔。M-CRPS要求为满载时≥ 11 ms保持时间（旧版CRPS单元通常规定≥ 10 ms），在额定输入下测量。PWOK必须在12 V轨离开稳压前解除断言（“假”电源良好信号将被处罚，如同台式机算法）。PSON#开关时间和PWOK断言延迟在轻载和满载下测量，输出上升时间必须落在10-70 ms窗口内。这些通过标准遵循OCP M-CRPS基础规范和SKU设计规范；报告遵循台式机惯例。

关键CRPS / M-CRPS定时与电气要求（典型）

Timing / parameter	CRPS / M-CRPS requirement (typical)
Hold-up time (12 V, full load)	≥ 11 ms (M-CRPS); ≥ 10 ms 常见于旧版 CRPS
PWOK de-assert vs. regulation	PWOK 必须在 12 V 离开稳压前下降 ≥ 1 ms
输出上升时间 (12 V & 12 VSB)	10 - 70 ms
AC 开机延迟 / PWOK 上升	≤ 3 s AC 开机 / ≤ 50 ms 上升 (SKU 依赖)
12 V / 12 VSB 稳压 (静态与动态)	±5% 总输出稳压窗口
输出纹波与噪声	≤ 1% 额定值 (≈ ≤ 120 mV on 12 V)
浪涌电流	< 35 A 峰值冷启动 (< 55 A 温启动在部分 SKU 上)
OCP (12 V)	分阶段锁存关断，例如，额定电流的 125% / 135%
OVP (12 V & 12 VSB)	< 15 V (12 V 锁存关断；12 VSB 跳动)

依据OCP M-CRPS基础规范和代表性合规数据表的数值；给定单元的确切数值遵循其设计规范。

瞬态/负载阶跃响应

瞬态行为通过两种互补方式评估——动态负载步进（斜率）测试和单元声明的峰值功率波动。两者均遵循服务器指南：OCP　M-CRPS基础规范在动态加载和峰值负载保护下涵盖它们。其结构与ATX v3.1电源波动阶梯不同，但确实存在。

动态负载步进。在指定输出电容下，以0.5　A/µs的斜率将最大输出50%的阶跃负载施加到12　V轨上；该轨必须保持在±5%范围内，过冲/下冲≤5%且能干净恢复。任何待机轨均使用其自身的较小阶跃进行测试。与ATX不同，CRPS不提供宽松的瞬态窗口（ATX允许PCIe上-8% / 其他位置-7%）；相同的±5%同时适用于静态和动态。

峰值功率波动。服务器模块在其负载表中声明峰值输出层级，我们据此进行测试。通常有两个高于连续额定值的层级：一个短峰值约10 ms和一个持续峰值约20秒，后者由热传感器限定。我们验证12 V轨在每个声明的波动中保持调节，无误保护触发，且恢复干净。这是服务器对ATX v3.x电源波动的对应——但ATX　v3.1强制规定固定百分比/占空比阶梯（110/120/160/180/200%在100　µs至100　ms之间，旨在应对通过12V-2x6连接器的GPU尖峰），而CRPS峰值幅度和持续时间按SKU声明并受热保护限制，因为模块为背板供电，下游DC-DC和大容量电容缓冲CPU/GPU尖峰。

CRPS输出负载层级（按SKU的幅度；来自2.6 kW / ~210 A单元的示例值）

Tier	Magnitude (12 V main)	Duration	备注
Continuous (Pmax)	Rated current (e.g., ~211 A)	Indefinite	认证环境下的额定连续输出。
Sustained peak (CLST)	Rated + ~6 A (example)	≥ 20 s	热限；必须在最高工作温度下保持≥20秒。
Short peak (Pmax app)	Rated + ~30 A (example)	≈ 10 ms	瞬时偏移；轨道保持在规定范围内，无保护跳闸。
Dynamic step	50% of max @ 0.5 A/µs	Transient	斜率测试；输出在±5%范围内，过冲/下冲≤5%。

CRPS将峰值能力表示为额定电流加上固定增量，而非百分比：在上述代表性2.6 kW / ~210 A单元中，+6 A持续约20 s和+30　A持续约10　ms仅相当于几百分比的持续值和短脉冲约10-15%——远低于ATX　v3.1阶梯。精确增量和持续时间来自每个单元的负载表；不适用ATX 12VHPWR / 12V-2x6波动表。

浪涌电流

冷启动时的峰值浪涌在高线（低线支持时也包括）和最坏情况交流相位角下捕获，且必须保持在模块额定范围内——通常冷启动峰值< 35 A，同时记录暖启动浪涌（合规单元指定< 55 A）。与旁路继电器/NTC方案的行为被记录。

保护功能

保护功能在单12 V上下文中评估。以下各项被检查，并在性能计算中给予额外分数：

- **12 V轨上的OCP / OPP — 服务器单元通常将OCP分级为额定电流约125%（OCP1）和135%（OCP2）的锁断；触发点必须足够高以应对真实尖峰，但足够低以在高温下保护模块。**
- **12 V（及12 VSB）上的OVP / UVP — OVP通常< 15 V（12 V锁断；12 VSB间歇）；必须在规格窗口内保护负载。**
- **OTP — 在次级侧超过安全温度前关闭模块（暂定：< 190 °C次级），对24/7运行至关重要。**
- **SCP — 12 V输出短路会关闭模块，并在重复/长时间短路测试后干净恢复；任何待机轨在短路移除后恢复。**
- **风扇故障保护 — 若模块风扇停止，模块必须在内部元件受损前自我保护（降频/降额/关机）。**
- **浪涌/浪涌部件（MOV/TVS, NTC + 旁路继电器）——存在且有效。**

AC输入：模块必须在额定输入范围的最低端，在满载条件下启动并运行，并且必须在额定范围以下的短暂波动后正常恢复（存活）。这些低线/HVDC检查仅用于功能/存活测试，不进行评分，因为认证方案仅支持230 V。

整体性能计算（服务器模块适配）

The Desktop performance algorithm is re-weighted for the single-main-rail topology. Terms tied to absent rails or non-applicable modes are removed. As with the Desktop algorithm, we start from a perfect score of 100, subtract weighted penalties, then add the capacity normalization and the timing/protection bonuses. Weightings shown are provisional and will be tuned against the database.

Penalty terms (subtracted):

Eq1 = 1.2 x V.Reg(+12V) + 0.4 x V.Reg(+12VSB)

负载调节——次要电源轨已移除；12 V电源轨占主导。

Eq2 = 0.10 x Ripple(+12V) + 0.04 x Ripple(+12VSB)

Ripple suppression — from the 100% load test.

Eq3 = 2 x Max.Dev(+12V, load-step) + 0.3 x Max.Dev(+12VSB)

Transient response — server load-step.

Eq4 = 1.25 x (overshoot(+12V) + overshoot(+12VSB))

Turn-on transient voltage overshoots.

Eq5 = 0.8 x (100 - Average_Efficiency)

Average efficiency — ETA Redundant average.

Eq6 = 0.03 x (100 - Efficiency_at_2%_load)

Efficiency at 2% load.

Eq7 = 6 x (1 - Average_PF)

Average power factor.

Eq8 = 0.15 x (Required_holdup - Holdup_ms)

Hold-up time — Required_holdup = 11 ms (M-CRPS); 10 ms common on legacy CRPS.

Eq9 = 0.15 x (PWOK_holdup - (Holdup - 1))

Power-OK 信号 — 惩罚超出调节时间的电源良好信号。

移除与台式机对比：平均5VSB效率项和待机/幽灵功耗项被删除，+5 V / +3.3 V贡献项消失，因为这些轨线不在模块上。

Capacity normalization (added):

Eq10 = 0.4 x (Rated_Module_Watts / 100)

容量 — 按台式机方法，对小型单元的调节/纹波优势进行归一化。

奖金（附加）：保护奖金遵循适用于单12 V环境的台式机方案。

- 0.25 — 12 V OCP / total OPP staged within the server margin (provisional: latch-off by ≤ 135% of rated).
- 0.25 — OTP在< 190 °C时关闭模块。
- 0.25 — SCP在12 V（及任何待机电源轨）上，经过多次短时测试后干净恢复。
- 0.25 — MOV/TVS浪涌保护存在且有效。
- 0.25 — NTC热敏电阻 + 备用继电器浪涌保护。
- 0.25 — 风扇故障保护（模块在风扇停止时自我保护）。

Final rating:

Eq11 = 100 - (Eq1 + ... + Eq9) + Eq10 + Timing_Bonus + Protection_Bonus

结果是设备的整体性能评级。与台式机算法相同，由于所有底层数据均被保留，可以对整个数据库重新应用权重的任何更改，以保持历史比较的一致性。

负载区间结果（仅供参考）

除单一的 ETA (Redundant) 平均效率和平均功率因数外，我们还计算五个负载区间及高负载指数（High-Load Index）的这两项结果。它们仅供参考：不属于 ETA (Redundant) 或 LAMBDA 评级的一部分，不改变任何等级，也不用于认证。它们描述了单一平均值所掩盖的行为。

结果是什么。我们将模块的额定输出划分为五个各占 20% 的负载区间。由于本协议的平均效率覆盖运行范围的 2% 至 100%，最低区间从 2% 开始：2-<20%、20-<40%、40-<60%、60-<80% 和 80-100%。80% 及以上的每个测量点都属于最后一个区间，其中包括少数实测输出略高于额定输出的测量点。测量点的负载是其总直流输出功率占模块额定功率的比例。对于每个区间，在 230 V（本方案唯一的输入电压）下，我们报告测量点数量、平均效率和平均功率因数。高负载指数给出额定输出 70% 及以上所有测量点的相同数据。

每个区间的噪声、噪声最大的测量点、风扇停转的测量点占比以及高负载噪声指数需要扫描中每个测量点的风扇转速。当服务器模块在扫描的每个测量点都记录风扇转速后，这些结果才会给出；在此之前，模块的噪声显示为尚未测量。

我们如何计算。各区间使用构成 ETA (Redundant) 平均值的数据：认证扫描中实测的负载组合，至少 1450 个，排除测试 0（零负载行）。仅用于绘制图表的插值数据从不使用。区间的效率和功率因数是其测量点的纯算术平均，与整个扫描的平均值相同。当噪声区间可用时，区间的噪声将是其测量点的能量平均，10*log10(mean(10^(L/10)))，其中 L 为每个测量点的 A 计权声级，与 LAMBDA 相同；它绝不会是 dB(A) 值的算术平均。

扫描中额定输出 2% 及以上的每个测量点恰好属于一个区间。示例模块的扫描从 3 W 开始，即其额定输出的 0.15%，其低于 2% 的 24 个测量点不属于任何区间。在示例模块的报告中，公布的平均值是整个扫描的平均值并包含这些测量点，因此五个区间的平均值合计与公布值略有差异（表 1）。本节不改变公布的平均值或效率测量程序的范围。

为什么重要。平均值掩盖了工作点。图 1 和表 1 展示了一台真实的 2000 W 模块，我们称之为示例模块，在 230 V 下。其整个扫描的平均效率为 93.337%，但其各区间从最低区间的 91.73% 到 20-<40% 区间的 95.27%，以及最高区间的 92.32%：最好与最差区间之间相差 3.5 个百分点。效率并非平坦，功率因数也随负载变化，从最低区间的 0.970 到最高区间的 1.000。公布的平均值赋予每个

测量点相同的权重，因此每个区间的贡献与其包含的测量点数量成正比，此处介于 292 与 326 之间。在其工作范围的某一部分运行的模块，用覆盖该部分的区间来描述，比用整个范围的平均值描述更为贴切。高负载指数——488 个测量点上 92.68% 的效率和 1.000 的功率因数——描述了工作范围的上部。

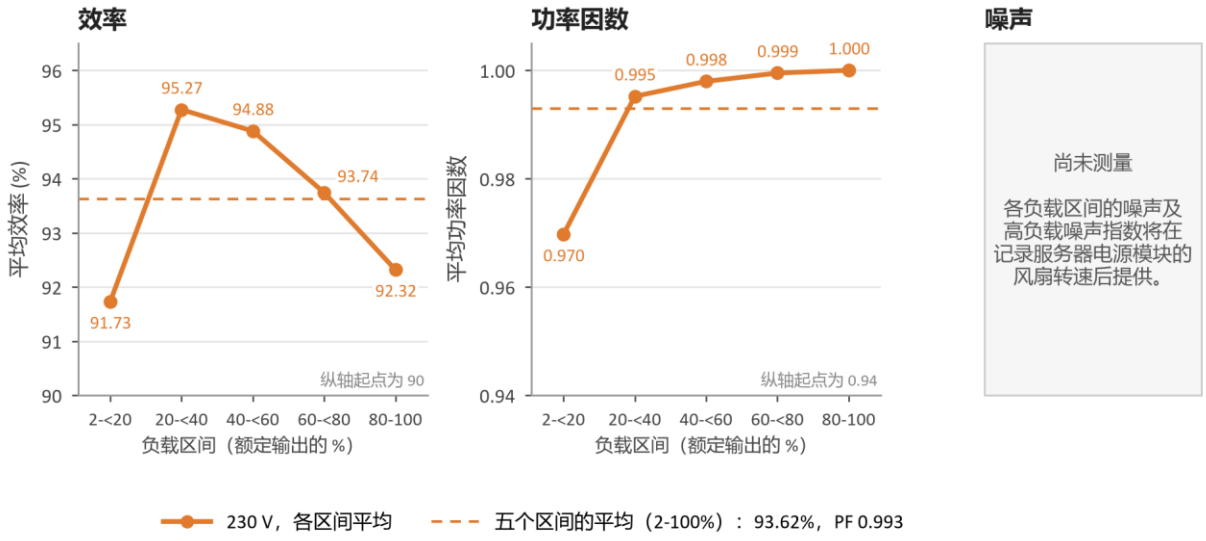


图 1 – 示例模块（2000 W，230 V）按负载区间的效率和功率因数；噪声区间尚未测量。

表 1. 示例模块（2000 W，230 V）的负载区间结果

负载区间	测量点	效率	功率因数	噪声
2-<20%	292	91.73%	0.970	尚未测量
20-<40%	325	95.27%	0.995	尚未测量
40-<60%	324	94.88%	0.998	尚未测量
60-<80%	325	93.74%	0.999	尚未测量
80-100%	326	92.32%	1.000	尚未测量
70-100%（高负载指数）	488	92.68%	1.000	尚未测量
2-100%（五个区间的合计）	1592	93.62%	0.993	尚未测量
整个扫描（公布的平均值）	1616	93.337%	0.987	尚未测量

整个扫描：公布的平均值，采用公布值的精度。

如何解读结果。读取与模块将使用的负载相匹配的行，而不是平均值。在表 1 中，80-100% 区间显示 92.32% 的效率和 1.000 的功率因数，2-<20% 区间显示 91.73% 和 0.970。2-100% 行是五个区间

的合计平均值；最后一行是示例模块公布的平均值，即其整个扫描的平均值。比较两个模块时，请比较同一行。

限制。这些结果描述的是我们测试的样品，在 230 V 下。它们仅供参考：不属于 ETA (Redundant) 或 LAMBDA 评级、性能评分或任何其他等级的一部分，任何认证决定均不基于它们。在服务器模块的风扇转速被记录之前，不给出任何区间的噪声结果。

服务器认证的有效性

依据本修订版协议签发的冗余服务器电源的 Cybenetics 认证，自认证日期（即报告日期）起有效期为 24 个月，并在该期限结束时到期。认证不予延长：只能通过对该电源的新生产样品按照复测时生效的协议进行全面复测来续期。本修订版之前签发的冗余服务器电源认证不受其影响，并保持其当前状态。台式电源的认证由 Cybenetics PSU 测试协议管辖，不会到期。Cybenetics 可通过发布本协议的修订版来更改新认证的有效期。

Uncertainty Estimations

桌面协议中建立的扩展不确定度（k = 2，≈ 95% 置信度，依据 JCGM 100:2008 / GUM）继续适用，因为使用了相同的校准仪器链：

Carried-Over Measurement Uncertainties

Measurement	Expanded uncertainty (k = 2)
效率	±0.18%
Output noise	±1.23 dB
Conducted EMI	±2.35 dB

参考文献

[1] Cybenetics PSU测试协议，修订版3.9，2026年8月（父文档）。

[2] Cybenetics ETA（冗余）效率要求 — cybenetics.com。

[3] Cybenetics LAMBDA (PSUs) 噪声要求 — cybenetics.com.

[4] 开放计算项目，模块化通用冗余电源（M-CRPS）基础规范。

[5] Intel / SSI 服务器系统基础设施，电源设计指南（CRPS）。

[6] ISO 7779:2018 — 声学：信息技术和电信设备发射的空气噪声测量。

[7] ISO 11201:2010 — 声学：在基本自由场中确定发射声压级的方法。

[8] ECMA-74 — 信息技术和电信设备发射的空气噪声测量。

[9] CISPR 32 / EN 55032 — 多媒体设备的电磁兼容性：发射要求。

[10] ISO/IEC 17025:2017 — 检测和校准实验室能力的一般要求。

[11] JCGM 100:2008 (GUM) — 测量数据的评估：测量不确定度表达指南。

[12] IEC 62301 / EN 50564 — 待机功率测量（待机方法参考）。

结语

本协议通过重用桌面协议中仍适用的所有内容，并调整或替换不适用的部分，将Cybenetics方法扩展到冗余服务器电源模块。每个模块通过其金手指连接器单独测试，无需主框架：单12 V拓扑、仅230 V方案，以及移除僵尸电源和次要轨术语驱动了效率和性能的变化，而服务器适当的噪声处理和独立保护/瞬态电池完成了该方法。数字管理（PMBus/SMBus/SPDM）和多模块功能（电流共享、ORing、热插拔、冗余）被故意排除在范围之外。临时阈值——特别是服务器噪声等级和奖金权重——将被标记为临时，并将随着数据库的增长而最终确定，正如ETA（冗余）计划所意图的那样。