完整的Cybenetics冗餘伺服器PSU測試協議，包括能源效率、輸出噪音及冗餘伺服器AC-DC電源供應器的整體性能計算

修訂版 1.3

作者：**Aristeidis Bitziopoulos**

賽普勒斯，尼古西亞

2026 年 11 月

本文件衍生自並對齊於 Cybenetics PSU Test Protocol，Revision 3.9。本文件未規定之處，適用桌上型（Desktop）協定。

目錄

目錄 2
修訂歷史 3
序言與範圍 4
CRPS / M-CRPS 外形規格概覽 4
定義（新增與修改） 5
與桌面 PSU 協議的關係 5
測試設置與測量條件 6
輸入電壓 7
Thermal Conditions 7
效率測量程序（ETA 冗餘） 7
Efficiency Grading (ETA Redundant) 7
輸出雜訊量測（LAMBDA, CRPS 適應） 8
Differences for Server Modules 8
Noise Grading 8
EMI Emissions 9
Module Performance and Protection Tests 9
Standby (12 VSB) 9
Hold-up Time and Timings 9
Transient / Load-Step Response 10
浪涌電流 10
保護功能 10
整體效能計算（伺服器模組適配） 11
負載區間結果（僅供參考） 12
伺服器認證的有效性 15
Uncertainty Estimations 15
參考文獻 15
結語 15

修訂歷史

版本	發布日期	備註
1.0	2026 年 6 月	專為冗餘伺服器 PSU 模組設計的方法學首稿，源自 Cybenetics PSU 測試協議 Rev 3.7 的調整。確立單模組效率（ETA Redundant）、伺服器模組的噪音（LAMBDA）適應，以及獨立模組性能和保護測試電池。
1.1	2026 年 8 月	量測不確定度更新為現行受控預算（P19）。
1.2	2026 年 8 月	標題頁整理：第 1 頁不再顯示頁眉與頁尾。已發布德文、繁體中文與簡體中文版本。標題頁上的母規範參照已由 Revision 3.7 更正為 Revision 3.9，即目前已發布且本文件參考文獻已引用之版本。
1.3	2026 年 11 月	新增僅供參考的負載區間效率與功率因數結果及高負載指數；噪音區間待伺服器模組的風扇轉速被記錄後隨之提供。新增章節：伺服器認證的有效性（依據本修訂版所核發的認證自認證日期起 24 個月；較早的認證不受影響）。無任何量測值、測試、不確定度或所公布的評級改變。

本協議不會重複列舉已發表於桌面協議中的所有定義、公式及儀器要求。僅記載針對冗餘伺服器電源供應器新增、修改或刪除的內容。所有沿用的程序、不確定度預算及計算仍受第3.7版規範。

序言與範圍

除了用於一般桌面電腦的非冗餘電源供應器，Cybenetics也會評估安裝於伺服器、儲存系統及網路設備中的冗餘電源供應器，這些設備需全天候（24/7）運作。本協議適用於所有提供單一主電路（通常為12 V）加待機電路，或僅主電路的冗餘伺服器電源供應器——常見冗餘電源供應器（CRPS）及其現代繼任者模組化常見冗餘電源供應器（M-CRPS）為主要標準化範例。若單元無待機電路，則下列待機特定項目不適用。

Cybenetics單獨評估單一電源模組。模組透過其金手指（卡緣）輸出連接器連接到Cybenetics測試治具，或連接到隨單元提供的治具；不使用主機架。認證測量模組的能源效率（ETA Redundant）與輸出噪音（LAMBDA），並新增一系列獨立性能與保護測試——暫態/負載步進回應與標稱峰值功率偏移、保持時間與時序、浪湧電流、紋波與負載調節、待機，以及保護功能（OCP/OPP/OVP/OTP/SCP，風扇故障，突波/浪湧部件）。

範圍外：數位管理介面（PMBus / SMBus / SPDM）不進行測試，且多模組功能——電流共享、ORing、熱插拔及冗餘行為——不進行測試，因為每個模組是獨立評估，而非安裝於主機架中與其他模組一起使用。

與桌面協議相同，此方法論的撰寫方式使任何具備同等校準設備的ISO/IEC 17025:2017認證實驗室都能重複結果。Cybenetics作為認證機構，將接受遵循此方法論的評估實驗室的數據。預期隨著資料庫的擴充，冗餘-PSU要求將被進一步精煉；標註為暫定的門檻值僅為起始點，可能隨後進行修訂。

CRPS / M-CRPS 外形規格概覽

下列表格總結了這些電源模組的外形規格作為背景資訊。較新的M-CRPS基礎規格由Open Compute Project（OCP）維護；舊版CRPS源自Intel/SSI伺服器電源指南。標註為管理或多模組功能的項目描述裝置類別，但不在Cybenetics測試範圍內（參見序言與範圍）。

CRPS / M-CRPS 外形規格屬性（背景）

屬性	CRPS / M-CRPS 特性
架構	主機架 + 2 個或更多可熱插拔電源模組；冗餘模式 1+1、2+1 和 N+1。Cybenetics 單獨測試一個模組。
主要輸出	單一高電流 12 V 軌道。次要系統電壓由主機架/電源分配板上的 DC-DC 轉換器產生，而非由模組產生。
待機輸出	12 VSB 連接至 M-CRPS（較舊型 CRPS 可能使用 12 V 或 5 V 待機電壓），或主電源軌僅供電單元無此配置。
輸出連接器	2x25 (50-pin) 金手指卡緣連接器；此處為測試夾具安裝位置。舊版 CRPS 型號使用其他金手指接線方式。
外型尺寸	1U等級，標稱寬度73.5 mm x 185 mm深度（長度依功率等級而異）。2U及更寬模組亦存在。

屬性	CRPS / M-CRPS 特性
管理 (未測試)	PMBus / SMBus / I2C 遙測與 FRU/EEPROM；M-CRPS 可能新增 SPDM。Cybenetics 不使用這些介面。
多模組功能 (未測試)	電流共享 (ISHARE)、ORing、熱插拔及冗餘功能需使用主機架，且超出此單模組認證範圍。
輸入變體	AC輸入 (100-127 / 200-240 Vac)；高電壓專用高功率型號；部分平台的HVDC變體。認證僅適用於230 V（請參閱輸入電壓）。
冷卻	每個模組內含一個或多個高轉速風扇，由PWM控制。模組自身的風扇電力已包含在效率測量中。

定義（新增與修改）

桌面協議的定義保持不變（AC/DC信號、環境溫度、視在功率、AWG、效率、紋波、真實功率因數、峰值因數、RMS、穩態、THD、UUT）。以下術語針對冗餘伺服器模組新增或重新定義：

主機架（機箱/背板/PDB）— 安裝電源模組並分配12 V總線的機殼子組件。此處作為背景說明；Cybenetics在不使用主機架的情況下測試模組。

電源模組（PSM）— 單一熱插拔冗餘電源單元。除非另有說明，本協議中的UUT為透過金手指連接器單獨測試的電源模組。

冗餘（N+1 / N+N）— 一種模組數量超過負載需求的運作配置。作為背景資訊；此處不測試冗餘運作本身。

12 VSB（待機電路）— 模組中始終啟用的待機輸出，若存在。僅主電路的模組無待機電路，並跳過待機特定項目。

PSON# / PWOK — 模組連接器上的遠端開關控制（PSON#）與電源良好狀態（PWOK）信號，用於時序與保持測試中。

金手指（卡緣）連接器 — 模組的2x25 / 50針邊緣連接器，用於服務中的背板接合；測試時接合至Cybenetics或提供的治具。

與桌面 PSU 協議的關係

下列矩陣將桌面協議（第3.7版）的每個主要元件對應至本冗餘伺服器 PSU 協議中的處理方式。「沿用」表示直接套用；「修改」表示根據參考章節描述進行調整；「移除」表示不適用；「範圍外」表示Cybenetics不測試的裝置功能。

桌面至伺服器模組對應

桌面元件	狀態	理由
校準設備 & Faganas ATE	延續	相同儀器類別與不確定性規範；模組透過金手指測試夾具連接。
熱箱 / 高溫環境	修改	熱傳遞輪廓調整至伺服器進氣條件。
>1450 負載組合，平均效率	修改	負載矩陣簡化為單一 12 V 主電源軌 (+ 12 VSB 若存在)；範圍 2-100%。
115 V / 100 V / 230 V 測試輸入	修改	230 V 僅認證方案；無 115 V 表格。低電壓/HVDC 僅檢查生存能力。
5 V / 3.3 V 輔助電源軌測試	移除	輔助電源軌由主機架 DC-DC 產生，而非模組。
Vampire power (no-load standby)	移除	模組設計用於連續運作；待機空載並非有意義的模式。
Average 5VSB efficiency term	移除	待機負載及其效率影響相對於總負載可忽略。
LAMBDA noise grading	修改	相同能量平均方法；高轉速伺服器風扇的暫定 CRPS 噪音等級。
EMI (CISPR 32 / EN 55032)	延續	Class A 標準適用於資料中心 IT 設備。
ATX v3.x peak power excursions	取代	伺服器動態負載步進加上宣告的峰值功率層級，而非 ATX 過衝階梯。
Hold-up time, PWR_OK, timings	修改	依據伺服器需求進行評估。
保護措施 (OCP/OPP/OTP/SCP, fan-fail)	修改	單 12 V 環境；已添加 OVP。
整體效能演算法	修改	針對 12 V (+ 12 VSB) 重新加權。
PMBus/SMBus/SPDM 遙測；電流共享、ORing、熱插拔、冗餘	超出範圍	需要主機架 / 多模組設定或數位管理；不屬於此單一模組認證的一部分。

測試設置與測量條件

桌面協議的儀器類別與準確度要求（可程式化AC電源 ≥ 4 kVA，多通道DC電子負載，≤ ±0.1%功率分析器，≥ 100 MHz / ≥ 1 GS/s示波器，Class 1聲學鏈，≤ ±0.5 °C溫度，轉速計，台式DMM，線上UPS與隔離變壓器）全部適用。以下新增與變更內容針對冗餘伺服器模組：

- **模組測試治具（金手指）。模組透過其2x25 / 50針卡緣輸出連接器連接到Cybenetics測試治具，或連接到隨單元提供的治具。不使用主機架；每個模組獨立評估。治具提供12 V主電路、12 VSB（如存在）以及時序與保護測試所需的PSON#/PWOK信號。**
- **高電流DC負載能力。設計用於高功率伺服器模組的完整12 V輸出（通常每模組800 W-3000 W）。**

- **高壓DC / 48 V電源（適用時）。額定輸入為240/336 Vdc或48 Vdc模組的DC電源，除AC電源外。**
- **風扇功率。模組自身的風扇功率消耗包含在效率測量中（風扇為模組的一部分）。測試中無主機架風扇，因為模組在不使用主機架的情況下進行測試。**
- **不使用。不需要PMBus/SMBus/SPDM主機介面卡及主機架/多模組治具，因為遠端監控與多模組行為在範圍外。**

輸入電壓

冗餘伺服器電源供應器計畫為僅支援230 V的方案：所有效率與噪音認證測量均在230 V輸入下執行，符合ETA（冗餘）標準。無115 V認證表格（與桌面型ETA計畫不同，後者在115 V與230 V下均進行認證）。功能啟動與在SKU額定交流電壓範圍低端的生存能力，以及任何額定HVDC輸入，仍需進行保護/穿越檢查，但不會產生認證等級。標籤額定值決定最大瓦數；我們額外驗證110%負載下的行為，並施加如下的高環境應力。

Thermal Conditions

測試開始於約30 °C，模組置於模擬伺服器進氣環境的熱箱中；腔體被驅動至模組額定運作範圍的上限，以在真實資料中心壓力下特徵化風扇行為、高溫下的效率及保護措施，而非在不切實際的低環境溫度下進行。每個負載點維持數分鐘，所有讀數由Faganas（C#資料擷取層）平均後作為最終結果，完全如同桌面協議所示。

效率測量程序（ETA 冗餘）

我們在模組上應用至少1450種不同的負載組合，涵蓋其操作範圍的2%至100%。由於伺服器模組僅暴露單一12 V主電源軌，加上（如存在）12 VSB待機電源，負載矩陣比三軌桌面掃描簡單得多：12 V電源軌在其整個範圍內逐步調整，而任何待機負載則保持在固定且具代表性的值。整體效率和功率因數結果是所有測量點的算術平均值，這（經插值）在整個操作範圍內產生數萬個有效點。平均整個範圍使得無法針對少量固定負載水平進行單元調諧。

符合ETA（冗餘），Cybenetics不測量待機功耗，也不為這些模組包含平均待機效率項：待機負載相對於總負載可忽略不計。任何待機電源軌仍會被記錄並報告，且會標記總體異常。

Efficiency Grading (ETA Redundant)

認證使用以下230 V效率及功率因數門檻。若單元僅略低於限值（在0.1%以內），我們可能要求進行第二次測試，必要時可進行第三次測試，依標準重新評估規則；與上限的差異≤ 0.05%時，四捨五入至較高類別。若單元未達功率因數要求，則降為符合其功率因數要求的類別，與效率無關。

ETA (冗餘) 效率等級 — 230 V 輸入

效率等級 (230 V)	整體效率	功率因數
DIAMOND	≥ 95%	≥ 0.950
TITANIUM	≥ 93% & < 95%	≥ 0.940
PLATINUM	≥ 91% & < 93%	≥ 0.930

效率等級 (230 V)	整體效率	功率因數
GOLD	≥ 88% & < 91%	≥ 0.920
SILVER	≥ 85% & < 88%	≥ 0.910
BRONZE	≥ 82% & < 85%	≥ 0.900

輸出雜訊量測（LAMBDA, CRPS 適應）

LAMBDA量測方法保留：我們將模組的風扇轉速範圍對應至噪音。在模組安裝於夾具上時，我們記錄負載矩陣中風扇轉速（RPM）範圍，同時以轉速計監測；隨後在半消音室中，於模組關閉且風扇由外部電源驅動的情況下，以小轉速間隔（例如每50 RPM）測量dB(A)值，消除電子負載噪音。Faganas為每個記錄的風扇轉速分配dB(A)值，並進行能量平均。

能量平均值不變：由於dB為對數單位，每個A加權等級會轉換為線性聲壓，平均後再轉換回dB(A)，依ISO 7779及ECMA-74。背景噪音（K1）修正依桌面協議實施。

Differences for Server Modules

- **麥克風位置。使用單一固定麥克風，與桌面方法相同：一個旁觀者位置，水平距離1公尺，高度1.5公尺，約30°入射角，依ISO 7779 / ECMA-74及ISO 11201。測試室幾何形狀與背景噪音修正與桌面協議相同。**
- **作業點。伺服器風扇轉速由負載和進氣溫度共同控制。因此，噪音報告中會標註負載/熱力作業點，平均值反映在指定環境下，負載矩陣中觀察到的真實風扇轉速範圍。**
- **線圈噪音。電子噪音篩選（> 6-6.5 dB(A)）依桌面測試協議使用被動冷卻負載測試器執行。**

Noise Grading

桌面LAMBDA量表（A++ < 15 dB(A) … 標準40-45 dB(A)）對於高轉速1U伺服器風扇而言不切實際，這些風扇通常會超過此標準。以下是兩種參考量表：已建立的桌面量表（供參考）及暫定的伺服器量表，其頻率範圍上移約20 dB。伺服器量表僅為起點，將隨著資料庫擴充而最終確定，符合ETA（冗餘）理念，即需求會隨時間演進。

LAMBDA 噪音等級（伺服器規模暫定）

等級	桌面型 LAMBDA (參考)	建議伺服器規模 (暫定)
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 Emissions

conducted and radiated EMI are evaluated against CISPR 32 / EN 55032 using the equipment and pass/fail method of the Desktop protocol (peak detector first; quasi-peak and average if needed; separate Phase and Neutral runs for conducted EMI). Server modules are data-center IT equipment and are assessed against the Class A limits; the ATX 4 dB margin allowance does not apply, so the unit is held to the CISPR 32 / EN 55032 limits directly. Conducted limits (Class A): 79/66 dBµV (QP/Avg) for 0.15-0.50 MHz and 73/60 dBµV for 0.50-30 MHz.

Module Performance and Protection Tests

除了效率和噪音外，獨立模組的特性與桌上型電源供應器相同，適用於單一12　V拓撲結構，並具備相同的性能與保護特性。所有測試均透過測試夾具單獨對模組進行。

Standby (12 VSB)

若模組具備待機電源軌，12 VSB 會針對其負載範圍進行穩壓與紋波特性測試，並在主電源軌開關切換期間進行測試，測試結果用於資訊提供及穩壓合規性報告。僅具主電源軌的模組可跳過此測試。

Hold-up Time and Timings

Hold-up time is the interval the module maintains the 12 V rail in regulation after AC loss at full load. The M-CRPS requirement is ≥ 11 ms hold-up at full load (legacy CRPS units commonly specify ≥ 10 ms), measured at nominal input. PWOK must de-assert before the 12 V rail leaves regulation (a “fake” power-good is penalized, as in the Desktop algorithm). PSON# on/off timing and PWOK assertion delays are measured at light and full load, and the output rise time must fall within the 10-70 ms window. These pass criteria follow the OCP M-CRPS base specification and the SKU’s design spec; reporting follows the Desktop convention.

關鍵 CRPS / M-CRPS 時序與電氣要求（典型）

Timing / parameter	CRPS / M-CRPS requirement (typical)
Hold-up time (12 V, full load)	≥ 11 ms (M-CRPS); ≥ 10 ms 常見於舊型 CRPS
PWOK de-assert vs. regulation	PWOK 必須在 12 V 離開規範前下降 ≥ 1 ms
Output rise time (12 V & 12 VSB)	10 - 70 ms
AC-on delay / PWOK rising	≤ 3 s AC-on / ≤ 50 ms rising (SKU-dependent)
12 V / 12 VSB regulation (static & dynamic)	±5% total output regulation window
Output ripple & noise	≤ 1% of nominal (≈ ≤ 120 mV on 12 V)
Inrush current	< 35 A peak cold start (< 55 A warm start on some SKUs)
OCP (12 V)	階段式斷電，例如額定電流的125% / 135%
OVP (12 V & 12 VSB)	< 15 V (latch-off on 12 V; hiccup on 12 VSB)

依OCP M-CRPS基準規格及代表性符合規格之資料表；特定單元的精確數值依其設計規格而定。

Transient / Load-Step Response

瞬態行為以兩種互補方式進行評估——動態負載步進（斜率）測試和單元聲明的峰值功率偏移。

兩者均有伺服器指南：OCP M-CRPS 基礎規格在動態加載和峰值負載保護下涵蓋它們。其結構與 ATX v3.1 電源偏移階梯不同，但確實存在。

動態負載步進。在指定輸出電容下，以 0.5 A/µs 的斜率將最大輸出 50% 的階梯負載施加於 12 V 軌；軌道必須保持在 ±5% 內，過衝/欠衝 ≤ 5% 且乾淨恢復。任何待機軌道均以自身較小的階梯進行測試。與 ATX 不同，CRPS 不提供放寬的瞬態窗口（ATX 在 PCIe 上允許 -8%，其他地方允許 -7%）；相同的 ±5% 同時適用於靜態和動態。

峰值功率偏移。伺服器模組在其負載表中聲明峰值輸出級別，我們針對它們進行測試。通常有兩個級別高於連續等級：短暫峰值約 10 ms 和持續峰值約 20 秒，後者受溫度傳感器限制。我們驗證 12 V 軌在每個聲明的偏移中保持調節，無錯誤保護觸發，且恢復乾淨。這是 ATX v3.x 電源偏移的伺服器類比——但 ATX v3.1 規定固定百分比/ duty 階梯（110/120/160/180/200% 在 100 µs 到 100 ms 之間，針對通過 12V-2x6 連接器的 GPU 閃電），CRPS 峰值大小和持續時間按 SKU 聲明並受溫度保護限制，因為模組為背板供電，下游 DC-DC 和大容量電容緩衝 CPU/GPU 閃電。

CRPS 輸出負載級別（每 SKU 的大小；來自 2.6 kW / ~210 A 模組的範例值）

Tier	Magnitude (12 V main)	Duration	備註
Continuous (Pmax)	Rated current (e.g., ~211 A)	Indefinite	認證環境下的額定連續輸出。
Sustained peak (CLST)	Rated + ~6 A (example)	≥ 20 s	熱限制；必須在最高操作溫度下保持 ≥ 20 秒。
Short peak (Pmax app)	Rated + ~30 A (example)	≈ 10 ms	瞬時偏移；軌道保持在規範內，無保護跳閘。
Dynamic step	50% of max @ 0.5 A/µs	Transient	斜率測試；輸出在±5%以內，過衝/下衝 ≤ 5%。

CRPS 以額定電流加上固定附加值來表達峰值能力，而非百分比：在上述代表性 2.6 kW / ~210 A 模組中，+6 A 持續約 20 秒和 +30 A 持續約 10 ms 僅約為幾百分比持續和短脈衝約 10-15%——遠低於 ATX v3.1 階梯。精確附加值和持續時間來自每個模組的負載表；不適用 ATX 12VHPWR / 12V-2x6 偏移表。

浪涌電流

冷啟動時的峰值浪涌電流在高電壓（低電壓支援時）和最壞情況 AC 相位角下捕獲，且必須保持在模組的額定範圍內——通常 < 35 A 冷啟動峰值，暖啟動浪涌電流也記錄在案（合規模組指定 < 55 A）。與旁路繼電器 / NTC 方案的行為備註。

保護功能

保護功能在單 12 V 環境下進行評估。以下項目均需檢查，且在性能計算中授予獎勵分數：

- **12 V 軌上的 OCP / OPP — 伺服器模組通常將 OCP 階段設置為在額定電流約 125%（OCP1）和 135%（OCP2）時鎖定關閉；觸發點必須足夠高以承受真實閃電，但又足夠低以在高溫下保護模組。**
- **12 V（及 12 VSB）上的 OVP / UVP — OVP 通常 < 15 V（12 V 鎖定關閉；12 VSB 短暫中斷）；必須在規格窗口內保護負載。**
- **OTP — 在二次側超過安全溫度前關閉模組（暫定：< 190 °C 二次側），對 24/7 運行至關重要。**
- **SCP — 12 V 輸出短路會關閉模組，並在重複/延長短路測試後乾淨恢復；任何待機軌道在短路移除後恢復。**
- **風扇故障保護 — 若模組風扇停止，模組必須在內部元件受損前自我保護（降速 / 降額 / 關閉）。**
- **浪涌 / 浪涌零件（MOV/TVS, NTC + 旁路繼電器）——存在且有效。**

AC輸入：模組必須在額定輸入範圍的低端於滿載下啟動並運行，且必須在該範圍以下的短暫偏移後存活（正常恢復），遵循適應SKU額定範圍的桌面法。這些低電壓/HVDC檢查僅為功能/存活測試，不進行評級，因為認證方案僅適用於230 V。

整體效能計算（伺服器模組適配）

桌面性能演算法針對單主電源軌拓撲重新加權。與缺失電源軌或不適用模式相關的術語已移除。與桌面演算法相同，我們從完美的100分開始，減去加權懲罰，然後加上容量歸一化和時序/保護獎勵。顯示的加權為暫定，將根據資料庫進行調整。

Penalty terms (subtracted):

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

負載調節 — 小電源軌已移除；12 V 電源軌主導。

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 信號 — 懲罰電源正常信號持續時間超過規範。

移除與桌面型：平均5VSB效率項與待機/電源漏電項被刪除，+5 V / +3.3 V 貢獻消失，因為這些電壓軌不在模組上。

Capacity normalization (added):

Eq10 = 0.4 x (Rated_Module_Watts / 100)

容量 — 按桌面法規範小單元的調節/紋波優勢。

獎金（附加）：保護獎金遵循適用於單一12 V環境的桌面方案調整。

- 0.25 — 12 V OCP / total OPP staged within the server margin (provisional: latch-off by ≤ 135% of rated).
- 0.25 — OTP關閉模組於 < 190 °C 次級。
- 0.25 — SCP on 12 V (and any standby rail) with clean recovery after repeated short tests.
- 0.25 — MOV/TVS 雷擊保護裝置存在且有效。
- 0.25 — NTC熱敏電阻 + 開關繼電器突波保護。
- 0.25 — 風扇故障保護（模組在風扇停止時會自我保護）。

Final rating:

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

結果為該單元整體性能評分。如同桌面演算法，由於所有基礎資料均被保留，可針對整個資料庫重新套用所有權重變更，以維持歷史比較的一致性。

負載區間結果（僅供參考）

除了單一的 ETA (Redundant) 平均效率與平均功率因數之外，我們還計算五個負載區間的這兩項結果，以及一項高負載指數（High-Load Index）。這些結果僅供參考：它們不屬於 ETA (Redundant) 或 LAMBDA 評級的一部分，不會改變任何等級，也不作為認證之用。它們描述的是單一平均值所掩蓋的行為。

這些結果是什麼。我們將模組的額定輸出劃分為五個各佔 20% 的負載區間。由於本協議的效率平均值涵蓋運作範圍的 2% 至 100%，最低的區間從 2% 開始：2-<20%、20-<40%、40-<60%、60-<80% 與 80-100%。80% 或以上的每一個量測點都歸屬於最後一個區間，其中包含少數量測輸出略高於額定輸出的量測點。量測點的負載是指其總直流輸出功率佔模組額定功率的比例。對於每一個區

間，在 230 V（本方案唯一的輸入電壓）下，我們報告量測點數量、平均效率與平均功率因數。高負載指數則針對額定輸出 70% 或以上的所有量測點提供相同的數據。

各區間的噪音、噪音最大的量測點、風扇停轉的量測點佔比以及高負載噪音指數，都需要掃描中每一個量測點的風扇轉速。當伺服器模組在掃描中每一個量測點的風扇轉速都被記錄後，這些結果便會隨之產生；在此之前，模組的噪音會顯示為尚未量測。

我們如何計算。各區間使用構成 ETA (Redundant) 平均值所用的資料：認證掃描中實測的負載組合，至少 1450 組，並排除測試 0（零負載列）。我們僅用於繪製圖表的內插資料絕不會被使用。區間的效率與功率因數為其量測點的單純算術平均，與整個掃描的平均值相同。當噪音區間可供使用時，區間的噪音將為其量測點的能量平均，10*log10(mean(10^(L/10)))，其中 L 為每一個量測點的 A 加權位準，與 LAMBDA 相同；它絕不會是 dB(A) 值的算術平均。

掃描中額定輸出 2% 或以上的每一個量測點都恰好歸屬於一個區間。範例模組的掃描從 3 W 開始，為其額定輸出的 0.15%，其低於 2% 的 24 個量測點不屬於任何區間。在範例模組的報告中，所公布的平均值為其整個掃描的平均值，並包含這些量測點，因此五個區間的平均值合計與所公布的平均值略有差異（表 1）。本節不會改變所公布的平均值或效率量測程序所涵蓋的範圍。

這些結果為何重要。平均值掩蓋了運作點。圖 1 與表 1 顯示一台實際的 2000 W 模組，我們稱之為範例模組，在 230 V 下的情況。其整個掃描的平均效率為 93.337%，但其各區間從最低區間的 91.73%，到 20-<40% 區間的 95.27%，再到最高區間的 92.32%：最佳與最差區間之間相差 3.5 個百分點。效率並非平坦，功率因數也隨負載而變化，從最低區間的 0.970 到最高區間的 1.000。所公布的平均值賦予每一個量測點相同的權重，因此每一個區間的貢獻與其包含的量測點數量成正比，在此介於 292 與 326 之間。若模組僅在其範圍的某一部分運作，則涵蓋該部分的區間比整個範圍的平均值更能貼切描述它。高負載指數——488 個量測點上的效率 92.68% 與功率因數 1.000——描述的是範圍的上段。

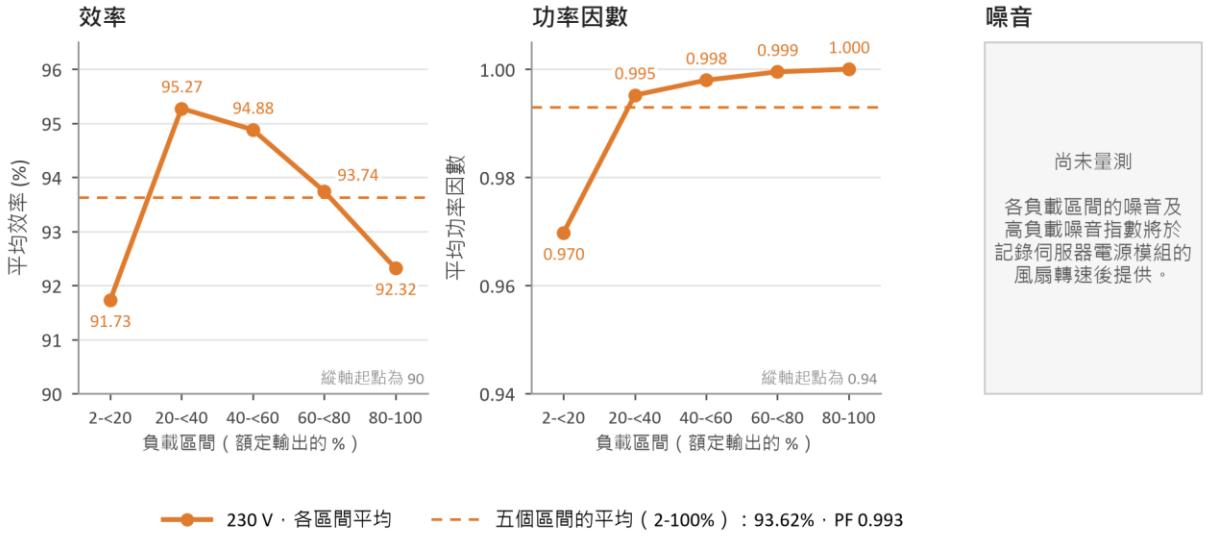

圖 1 – 範例模組（2000 W，230 V）依負載區間的效率與功率因數；噪音區間尚未量測。

表 1. 範例模組（2000 W，230 V）的負載區間結果

負載區間	量測點	效率	功率因數	噪音
2-<20%	292	91.73%	0.970	尚未量測
20-<40%	325	95.27%	0.995	尚未量測
40-<60%	324	94.88%	0.998	尚未量測
60-<80%	325	93.74%	0.999	尚未量測
80-100%	326	92.32%	1.000	尚未量測
70-100%（高負載指數）	488	92.68%	1.000	尚未量測
2-100%（五個區間合計）	1592	93.62%	0.993	尚未量測
整個掃描（所公布的平均值）	1616	93.337%	0.987	尚未量測

整個掃描：所公布的平均值，精確度比照所公布的值。

如何解讀這些結果。請閱讀對應模組實際使用負載的那一列，而非平均值。在表 1 中，80-100% 區間顯示效率 92.32% 與功率因數 1.000，而 2-<20% 區間顯示 91.73% 與 0.970。2-100% 那一列是五個區間合計的平均值；最後一列是範例模組所公布的平均值，即其整個掃描的平均值。比較兩台模組時，請比較同一列。

限制。這些結果描述的是我們所測試的樣品，在 230 V 下的情況。它們僅供參考：它們不屬於 ETA (Redundant) 或 LAMBDA 評級、效能評分或任何其他等級的一部分，亦無任何認證決定以其為依據。在伺服器模組的風扇轉速被記錄之前，不會提供任何區間的噪音結果。

伺服器認證的有效性

依據本協議本修訂版所核發的冗餘伺服器電源供應器 Cybenetics 認證，自認證日期（即報告日期）起有效 24 個月，並於該期間結束時到期。認證不會展延：僅能透過依重測時有效之協議對該電源供應器的新生產樣品進行完整重測來更新。本修訂版之前所核發的冗餘伺服器電源供應器認證不受其影響，並維持其現行狀態。桌上型電源供應器的認證（受 Cybenetics PSU 測試協議規範）不會到期。Cybenetics 可透過發布本協議的修訂版來變更新認證的有效期限。

Uncertainty Estimations

桌面協議中建立的擴展不確定度（k = 2，約 95% 信賴水準，依 JCGM 100:2008 / GUM）將沿用，因為使用了相同的校準儀器鏈：

Carried-Over Measurement Uncertainties

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

參考文獻

[1] Cybenetics PSU 測試協議，修訂版 3.9，2026 年 8 月（母文件）。

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

[3] Cybenetics LAMBDA (PSUs) 噪音要求 — cybenetics.com.

[4] 開放計算計畫，模組化通用冗餘電源供應器（M-CRPS）基礎規格。

[5] Intel / SSI 伺服器系統基礎設施，電源供應設計指南 (CRPS)。

[6] ISO 7779:2018 — 音學：IT 及通訊設備所發射空氣傳播噪音的測量。

[7] ISO 11201:2010 — 噪音學：在基本上自由場中測定輻射聲壓級的方法。

[8] ECMA-74 — 電腦及通訊設備所發射空氣傳播噪音的測量。

[9] CISPR 32 / EN 55032 — 多媒體設備電磁相容性：輻射要求。

[10] ISO/IEC 17025:2017 — 測試及校準實驗室能力的一般要求。

[11] JCGM 100:2008 (GUM) — 測量資料評估：測量不確定度表達指南。

[12] IEC 62301 / EN 50564 — 待機功率測量（用於待機方法的參考）。

結語

本協議透過重複使用桌面協議中仍適用的所有內容，並調整或替換不適用的部分，將 Cybenetics 方法學擴展至冗餘伺服器 PSU 模組。每個模組均透過其金手指連接器單獨測試，無需主機架：單一 12 V 拓撲結構、僅 230 V 方案，以及移除電源耗電和次要電壓軌的術語，驅動效率和性能的變化；而伺服器適當的噪音處理和獨立保護/暫態電池完成方法學。數位管理

（PMBus/SMBus/SPDM）和多模組功能（電流共享、ORing、熱插拔、冗餘）被故意排除在範圍之外。暫定閾值——尤其是伺服器噪音尺度和獎勵權重——將標記為此類，並將隨著資料庫的擴大而最終確定，正如 ETA（冗餘）計劃所意圖的那樣。