【附件 2-1】

國科會工程處 116 年度學門主題式
「次世代AI 資料中心之高性能電源轉換與系統管理技術」
計畫徵求公告

壹、計畫背景

自 2022 年以 ChatGPT 為代表的大型語言模型問世後，人工智慧(Artificial Intelligence, AI)從傳統的資料辨識正式邁入生成式 AI(Generative AI)時代，推動算力需求迎來爆發式成長。作為 AI 發展的關鍵基礎建設，資料中心與伺服器正面臨前所未有的能耗挑戰。國際能源署(International Energy Agency, IEA)預測，全球資料中心用電量將從 2022 年的約 4,600 億度，倍增至 2026 年突破 10,000 億度。由於 AI 模型的訓練與推論運算具備極高負載，單次大型模型訓練即可消耗數百萬度電，使資料中心成為高用電密度的核心負載，對電網供電穩定度與能源轉換效率帶來嚴峻考驗。在此趨勢下，電源技術已不再僅是輔助角色，而是決定 AI 算力能否持續擴展的關鍵瓶頸。高效穩定的供電系統與先進電源轉換架構，不僅能兼顧電網韌性與能效表現，更為電源供應器產業開創了龐大商機。因此，加速研發次世代高性能電源解決方案，已成為未來人工智慧永續發展的核心課題。

傳統 AI 伺服器電源系統架構中，輸入之交流電網電源先經由功率因數校正器(Power Factor Correction, PFC)轉換為中間直流 400V 電壓，再透過隔離型 DC-DC 轉換器降壓至 48V 低壓匯流排，再經二級非隔離直流轉換器降壓供給晶片等負載。然而，隨著算力密度與功耗急遽攀升，造成 48V 低壓匯流排嚴重的銅損。NVIDIA 於 2025 年 5 月提出次世代 800V 高壓直流(HVDC)供電架構，並導入固態變壓器(Solid State Transformer, SST)，以高頻 AC-DC 整流器串接隔離型 DC-DC 轉換器取代傳統低頻變壓器，將中壓交流配電電壓(如 34.5kV / 13.2kV)轉換為 800V 直流匯流排電壓，供電予機櫃伺服器以降低傳輸損耗。

隨著 AI 資料中心之電力需求不斷提升，未來之直流匯流排電壓將提升至 1200 V/1500 V，另外將使用單級非隔離型轉換器直接將 54 V 轉為 1.8-3.3V 低壓供給 CPU 及 GPU 等負載，以提高整體系統效率。為提高系統運性之穩定度，供電架構內使用電池備援單元(Battery Backup Unit, BBU)，併接於 1200 V/1500 V 匯流排上，當發生電網事故時協助持續供電確保資料安全，如圖 1 所示。另外，大量 AI 資料中心也成為電力系統中的重要用電節點，AI 資料中心間協同運轉技術及在直流供電架構之電力電

子控制與電網支援技術，也是未來支撐人工智慧長遠發展的關鍵基石。對於直流供電架構中，為保護直流相關系統元件，研發專用固態斷路保護元件至關重要。

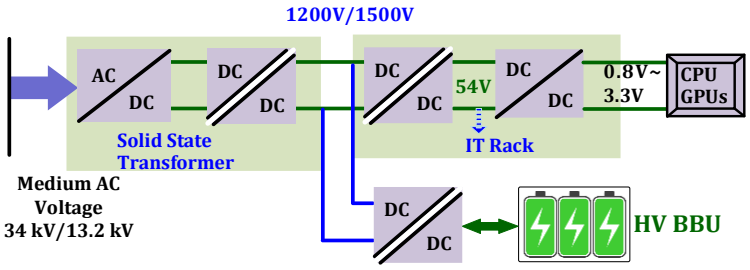

圖 1 未來 AI 伺服器系統之供電架構

因此工程處為鼓勵學門主動發掘前瞻技術之研究，特以重點出題方式研提學門主題式計畫題目，經審查遴選出 116 年度學門主題「次世代 AI 資料中心之高性能電源轉換與系統管理技術」，期望透過多年期計畫補助，鼓勵學門學者勇於挑戰具前瞻性的研究，以深耕領域先進技術及培養該領域傑出研究團隊，並營造學門學者研發前瞻性技術之風氣。

貳、計畫目標與主要研究議題

工程處針對國內外產業現況之技術缺口、領域前瞻重點目標以及學界的優勢研發能量，整合國內電力專業研發能量，透過本計畫之執行以累積相關專業研究經驗合作傳承，發展「次世代 AI 資料中心之高性能電源轉換與系統管理技術」為目標，推動之重點議題如下：

1. AI 資料中心直流微電網協同運轉支援技術

在 AI 資料中心與微電網協同運轉，已由單純的備援供電轉向智慧能源節點的主動調度。隨著大型語言模型驅動算力需求暴增，1200V/1500V 直流配電架構變為次世代主流。AI 運算的領導者 Nvidia 正引領此架構的商用化，強調直流供電能減少多層級整流損耗，並整合主動電網支援功能，以精確調節實虛功率支援量，從單純的高耗能負載轉型為具備調節能力的智慧能源節點，有效應對 AI 負載瞬間峰值對電網產生的衝擊。

計畫目標：頻率最大偏移量≤±0.5 Hz，頻率恢復時間≤ 2 秒，穩態頻率誤差≤ ±0.1 Hz。功率分配誤差率≤5%, 各逆變器輸出標準差≤5%。AI 資料中心可變動負載比例≥30%。 LVRT 0.5~0.9 p.u.、HVRT 1.1~ 1.2 p.u.，效降低頻率變化率(RoCoF)，作為驗證 AI 資料中心與微電網協同運轉效能之依據。

2. 固態變壓器 SST 技術

固態變壓器是實現資料中心高效高功率密度供電的關鍵核心， SST 在 AI 伺服

器應用中的研發重點在於「高頻化與模組化」，解決高功率密度下的散熱瓶頸。

計畫目標：模擬分析及實作驗證電路輸入電壓規格分別為 3 相交流電壓 34/13.2 kV，輸出電壓規格為 1200/1500V，輸入電流總諧波失真(THDi)低於 5%。實作驗證之系統需超過 12kW，直流輸出電壓穩態誤差於 ±2% 以內，暫態電壓偏移不超過 ±5%，且恢復時間小於 5 ms；系統峰值效率需達 97%，額定負載下效率達 96%以上，並具備持續 10 秒 120%額定功率之過載能力。

3. 高效能直流轉換技術(1200/1500V 轉 54V 及 54V 轉 1.8V)

隨著資料中心與儲能系統需求激增，**1200/1500V 轉 54V 直流轉換器**之研發重點為 SiC/GaN 元件的三階或多階隔離電路架構，以因應超高輸入電壓對功率元件壓力的挑戰，透過模組化並聯技術提升總輸出功率，並開發電源模組之主動均流技術。**54V 轉 1.8V 直流轉換器**研發聚焦於發展創新之電路架構，開發 GaN 功率開關元件應用之高頻平面變壓器與磁性元件整合技術、MHz 級之高頻閘極驅動技術，利用磁性元件分析軟體優化變壓器設計與諧振電感整合技術，提高系統功率密度。

計畫目標：，**1200/1500V 轉 54V 直流轉換器之額定功率達 12kW**， 輸出直流電壓規格為 54~48V，系統峰值效率需達 98%，直流輸出電壓誤差小於 ±5%；模組間之輸出電流誤差小於 ±5%；利用磁性元件分析軟體優化變壓器設計與諧振電感整合技術，提高系統功率密度。**54V 轉 1.8V 直流轉換器**需符合 OCP V3 資料中心標準的 40V–60V 輸入，提供 1.8V/100A 輸出。峰值轉換效率需突破 90%，滿載轉換效率大於 88%，功率密度目標挑戰 1000 W/in³ 。

4. 直流供電系統儲能與保護技術

1200V/1500V 的高壓直流供電系統之電池備援模組(BBU)為確保 AI 運算不中斷的核心。研發雙向 DC-DC 轉換器的效率最佳化與電池充放電管理，因應資料中心之負載快速變化，提供快速雙向電能調節功能，對電池進行高精度恆流/恆壓混合充電。另外，透過演算法預測電池健康度(State-of-Health, SOH)與剩餘電量(State-of-Charge, SOC)，與直流供電系統協同調控，使 BBU 儲存的能量能參與電網頻率調節。

具備微秒級開斷能力的直流固態斷路器(Solid-State Circuit Breaker, SSCB)為 AI 資料中心電源之研發重點。研發電路架構與電流快速偵測演算法，以抑制暫態過電壓，並確保斷路器之功率元件在截止瞬間之直流電流耐受能力，並正建立 AI 資料中心的直流保護協調規範。

計畫目標：1200V/1500V 的高壓直流供電系統之電池備援模組(BBU)之電池模組電壓範圍 600V-800V，額定功率達 12kW，峰值效率達 98%，額定功率下效率達 97%以上，並具有定電流/定電壓混合充電功能，電流與電壓控制穩態誤差低於 2%，功率密度

目標超過 3 kW/L。動態響應方面，負載動態變化由 50%載至 100%載時，電壓恢復時間小於 2 ms，電壓偏差控制於±2%以內，雙向切換反應時間需小於 10ms。

直流供電系統之固態電路保護元件之最大限制電壓(Clamping Voltage) 需低於額定電壓的 1.5 倍；研發快速偵測演算法與故障電流抑制法， 1200V/1500V 直流固態斷路器具備小於 25μs 之啟斷時間。

參、計畫申請及審查

一、計畫申請

(一) 申請機構、計畫主持人及共同主持人資格須符合「國家科學及技術委員會補助專題研究計畫作業要點」之規定。

(二) 計畫主持人已申請 1 件本項學門主題式計畫為限。

計畫主持人除了申請本項學門主題式計劃之外，亦可再同時申請學門大批專題研究計畫，惟請留意計畫內容之差異性，並應將本項學門主題式計畫列為第一優先執行。

(三) 本項學門主題式計畫請以三年期單一整合型計畫進行規劃。

1. 單一整合型計畫係指由總計畫主持人將所有子計畫彙整成一本計畫申請書(總計畫主持人須執行 1 件子計畫)，且至少需包含 3 件子計畫(含總計畫主持人執行之子計畫)以上，並由總計畫主持人任職之機構提出申請。
2. 計畫經審查通過、核定補助後，主持人列入執行國科會專題研究計畫計算件數，共同主持人不列入執行國科會專題研究計畫計算件數。
3. 每一年度預計達成之技術指標及目標需說明進步性或應用連貫性，並針對研發之主題提出相關之應用場域規劃。請加強說明整合型計畫之總計畫與各子計畫之關聯性、分工合作架構、整體應用情境等，以強化整合之必要性。
4. 有關計畫書表 CM03「三、研究計畫內容」之篇幅上限為至多 40 頁。超頁部分不予審查。

(四) 計畫主持人及團隊成員以電力學門為主，並鼓勵跨領域合作，共同組成研究團隊。請於表 CM04「四、整合型研究計畫項目及重點說明」中說明總計畫主持人及各子計畫主持人之所屬學門、專長領域與分工合作規劃。

(五) 計畫書中須詳述預計研發之目標技術、國內外發展現況以及與標竿技術之比較、查核點及最終效益。

1. 目標技術之國內發展現況、國際發展現況、與國際標竿技術之比較(需有明確規格與數據)。
2. 藉由本項學門主題式計畫之投入，每季及每年度預計達成之技術指標及查核

點，目標技術預期可提升程度(分年達成目標以及 3 年全程之最終效益)、與國際標竿技術之比較(需有明確規格與數據)；並應以補強關鍵技術缺口、具體可行的產業應用情境、明確之產業需求為目的。

(六) 為能充份展現本項學門主題式計畫之執行成效，請具體說明我國人工智慧伺服器電源及電力產業所欲解決之問題、技術突破、國內外技術水準比較，並明列其所衍生之技術規格。說明計畫執行中與計畫執行結束後之技術落地情形(例如衍生產學合作計畫、技術轉移等)、以及智慧財產產出(例如專利、論文發表等)。在研究計畫申請書中，需明列：技術亮點、自訂可供查核其效率提升的評量指標、及研發成果驗證方式。

(七) 本項學門主題式計畫以強化產學合作、落實產業應用為目標，故本項學門主題式計畫鼓勵國內業界參與共同執行，並提供「合作企業參與計畫意願書」(格式詳如附件 2，請附於 CM04「四、整合型研究計畫項目及重點說明」之後)，請具體敘明合作企業參與方式、合作內容，例如提供軟硬體設備、提供實測場域、提供研發人力、投入配合款…等。

(八) 本項學門主題式計畫每年度申請總經費以新臺幣 700 萬元為上限。

1. 基於資源有限，本項學門主題式計畫以不補助購置大型硬體設備或軟體為原則，請強化學界現有設備及平台之共用與協調支援，以使有限資源發揮最大效益。此外，鼓勵業界及校方投入資源，與國科會共同推動。
2. 除 CM05「五、申請補助經費」之外，請一併上傳 CM05-2，以便審查委員瞭解總計畫及各項子計畫之經費編列情形。

(九) 申請程序：

1. 請計畫主持人及團隊成員依「國家科學及技術委員會補助專題研究計畫作業要點」及國家科學及技術委員會專題研究計畫申請書格式，研提計畫申請書(請於國科會網站 (https://www.nstc.gov.tw/) 登入「學術研發服務網」，完成線上申請作業)。計畫申請人之任職機構應於國科會規定之申請截止日期前函送國科會提出申請(請彙整造冊後專案函送)，逾期恕不受理。
2. 線上申請時，計畫類別請選「專題類-隨到隨審計畫」項下之「一般研究計畫」，研究型別請選「整合型計畫」；計畫歸屬請選「工程處」，學門代碼請選「E91 學門主題式計畫」項下之「E9107 次世代 AI 資料中心之高性能電源轉換與系統管理技術」。
3. 請於計畫名稱前加註「學門主題式計畫：」，以便於識別為申請本項學門主題式計畫。

二、計畫審查與考評

(一) 計畫審查重點

1. 計畫主持人之研究績效表現、產業應用面之研發成果與協助業界之實際效益、計畫執行經驗、領導與協調能力。計畫共同主持人之研究績效表現、產業應用面之研發成果與協助業界之實際效益。
2. 計畫主持人及共同主持人之所屬學門、專長領域與分工合作規劃，團隊（總計畫、子計畫主持人及參與成員）在電力電子及電力系統相關技術發展之資歷與專長互補性，同時亦鼓勵計畫成員中包括年輕學者，以利經驗傳承。計畫書中必須附帶說明團隊成員間在資源分配、經驗共享及工作項目分工上之進行方式。
3. 總計畫與各子計畫間整合之邏輯性與必要性，其研究主題必須具有關鍵性、創新性及可行性。其中技術自主與即時可應用性需以每 3 個月為期訂立詳細之技術里程碑、查核點及評量指標，研發成效須著重實際產出之軟體、硬體或系統整合等之技術對學術或產業之貢獻，及與國際標竿之比較。
4. 計畫之研究主題應著重於創新性、前瞻性及應用性，對於我國人工智慧伺服器電源及電力產業應用的重要性、需求性、實務性，並結合學界研發能量及產業技術需求。計畫書應敘述國內外研究與技術發展現況，導引規劃多年期之技術平台發展藍圖。尤以解決我國人工智慧伺服器電源及電力產業之關鍵突破點，以精進及完善其運作效力，提高技術之落地應用性為要。
5. 整體計畫分工架構，各子計畫之關聯性與整合程度。經費申請及人力規劃之合理性。
6. 預期完成之工作項目與預期成果之妥適性，除一般性學術成果指標外，應提供具體技術指標，尤其是場域應用驗證規劃、產業應用之具體性與可行性、解決產業實務問題的達成度等，若有業界實際參與計畫執行將有助於計畫之通過。

(二) 計畫考評機制

1. 本項學門主題式計畫經審查通過者，補助分年核定之多年期計畫 (至多為 3 年期計畫)。每年辦理期中考評與期末考評，考評未獲通過者，將予退場，不補助下一年度計畫。此外，國科會得依據審查結果，調整計畫執行內容及經費(含刪除計畫共同主持人、刪減經費等)或提前終止計畫。
2. 期中考評與期末考評之重點包含：計畫執行進度與成果、研發之技術項目是否為業界需要之關鍵技術、研發技術相較國內外標竿技術之進步性、技術成熟度、技術落地及產業應用之可行性、實際場域應用之規劃及實測情形、合作企業之實質參與程度… 等。

3. 請依國科會通知，繳交計畫執行進度與成果，參加計畫審查會議、計畫觀摩、技術媒合、成果展示等相關活動，配合辦理實地訪視等。
4. 計畫主持人應於每年計畫執行期滿前 2 個月至國科會網站線上繳交期中進度報告，並於全程計畫執行期限結束後 3 個月內至國科會網站線上繳交完整版成果報告。