

儲能系統介紹及應用

作者: 陳建勳電機博士

一、儲能系統 (Energy Storage System, ESS) 介紹

儲能系統 (ESS, Energy Storage System) 是一種將電能存儲起來，並在需要時釋放的技術，可應用於電力調度、電網穩定、再生能源整合及備用電源等領域。隨著可再生能源（如太陽能、風能）比例提高，儲能系統在電力系統中的重要性日益增加。

(1) 儲能系統的基本架構

儲能系統主要由以下幾個核心部分組成：

1. 電池儲能系統 (Battery Energy Storage System, BESS)

- 最常見的儲能技術，使用鋰離子電池、鉛酸電池、鈉硫電池等。
- 主要負責存儲與釋放電能，決定系統的容量與壽命。

2. 電力轉換系統 (Power Conversion System, PCS)

- 將交流電 (AC) 轉換為直流電 (DC) 進行充電，或將 DC 轉換為 AC 供電給電網或負載。
- 影響儲能系統的效率與響應速度。

3. 能源管理系統 (Energy Management System, EMS)

- 負責監控與控制整個儲能系統，包含電池管理 (BMS)、PCS 控制及與電網的協調運作。
- 根據需求決定何時充電、放電或待機。

4. 變壓器與配電設備

- 負責將儲能系統的電壓轉換至合適的電網電壓。
- 保障電能傳輸的安全與穩定。

5. 監控與安全保護系統

- 監控電池狀態、溫度、電壓及電流，確保系統安全。
- 配備消防系統（如氣體滅火、煙霧探測）以應對潛在風險。

(2) 儲能技術分類

1. 電池儲能技術 (Battery Energy Storage)

最常見的儲能方式，利用化學能存儲電能，主要技術包括：

● 鋰離子電池 (Li-ion)

- 高能量密度、長壽命、效率高，應用最廣泛。
- 適用於電網調頻、再生能源儲能、電動車等。

● 鉛酸電池 (Lead-Acid)

- 成本低、技術成熟，但能量密度低、壽命較短。
- 適用於不頻繁充放電的備用電源系統。

● 鈉硫電池 (NaS)

- 高能量密度、適合長時間放電，但運行溫度高。
- 適用於大規模儲能系統。

●液流電池 (Flow Battery)

- 充放電循環壽命長，適用於大規模長時儲能。
- 缺點是系統體積較大，初期成本較高。

2. 機械儲能技術 (Mechanical Energy Storage)

利用機械運動存儲能量，主要包括：

●抽水蓄能 (Pumped Hydro Storage, PHS)

- 透過高低水位差進行能量存儲與釋放，技術成熟，效率高 (約 70-85%)。
- 適用於大規模長時儲能，但受地理條件限制。

●飛輪儲能 (Flywheel Energy Storage, FES)

- 透過高速旋轉的飛輪存儲動能，響應速度快。
- 適用於短時間的電力調頻，但能量密度較低。

●壓縮空氣儲能 (Compressed Air Energy Storage, CAES)

- 利用壓縮空氣存儲能量，釋放時驅動發電機發電。
- 適用於大規模儲能，但系統效率較低 (約 40-60%)。

3. 熱能儲能技術 (Thermal Energy Storage)

將電能轉換為熱能存儲，主要應用於供暖或發電，包括：

●熔鹽儲能 (Molten Salt Storage)：應用於太陽能熱發電 (CSP)，可存儲高溫熱能。

●相變材料儲能 (Phase Change Material, PCM)：利用材料的相變 (如冰-水) 存儲能量，應用於空調系統。

二、儲能系統應用 (Energy Storage System Applications)

儲能系統 (Energy Storage System, ESS) 透過電池、機械、熱能等技術儲存電能，並在適當時機釋放，提升電網穩定性、優化能源管理、支援再生能源發展。隨著全球能源轉型，儲能已成為智慧電網與再生能源發展的關鍵技術。

儲能系統應用發展路徑



(1) 儲能系統的主要應用場景

1. 電網側儲能 (Grid-Scale Storage) ⚡

用於提升電力系統韌性、支援電網穩定運作，主要應用包括：

① 調頻服務 (Frequency Regulation)

- 電網需維持穩定頻率 (台灣 60Hz)，儲能系統可在毫秒內快速釋放或吸收電力，補償頻率波動。

- 案例：

- 台灣輔助服務市場開放儲能系統參與電網調頻 (AFC, Automatic Frequency Control)。

- 美國 PJM 電網使用電池儲能提供調頻服務，提高再生能源滲透率。

② 削峰填谷 (Peak Shaving & Valley Filling)

- 在電力需求高峰時放電，減少電網負擔；在低谷時段充電，提高發電設備利用率。

- 案例：

- 台電 2025 年前建置 1.5GW 儲能，減少尖峰時段燃氣機組啟動，提高電網效率。

③ 緊急備用電源 (Backup Power)

- 當電網故障時，儲能系統可快速供電，減少停電影響。

- 案例：

- 日本 311 地震後，大量建置電網級儲能，以提升抗災能力。

④ 再生能源併網調節 (Renewable Integration)

- 風力與太陽能發電不穩定，儲能可吸收過剩電力，並在發電不足時釋放，平衡供需。

- 案例：

- 德國搭配儲能系統提高太陽能併網比例，減少傳統發電依賴。

2. 商業與工業用儲能 (C&I Storage)

大型企業與工業設施可透過儲能系統降低電費、提高能源自主性。

① 需量管理 (Demand Charge Management)

- 台電電價採時間電價 (TOU, Time-of-Use Pricing)，企業可在電費低時充電，高峰時放電，降低電費。

- 案例：

- 台積電投資儲能技術，透過智慧調度降低電力成本。

② 提高電力品質 (Power Quality)

- 儲能可提供即時電壓調節，減少電壓閃變、突波對設備的影響。

- 應用：

- 半導體、醫療、金融產業對穩定電源需求高，可搭配儲能提高供電品質。

③ 緊急備援電源 (UPS, Uninterruptible Power Supply)

- 企業可使用儲能系統作為 UPS，在停電時保持設備運作。

- 應用：

- 數據中心 (如 Google、AWS) 配置儲能系統，確保伺服器不受電力中斷影響。

3. 家用儲能與微電網 (Residential & Microgrid Storage)

透過家庭儲能系統提高能源自主性，降低對傳統電網的依賴。

① 太陽能自發自用 (Self-Consumption)

- 搭配太陽能發電，白天儲存電力，晚上使用，提高能源獨立性。

- 案例：

- Tesla Powerwall 在美國、歐洲普及，讓住戶透過太陽能+電池降低電費。

② 備援電源 (Backup Power)

- 在停電時提供緊急電力，特別適用於颱風、地震多發地區。

- 案例：

- 日本離島地區，透過家用儲能確保停電時仍有電力可用。

③ 社區微電網 (Microgrid)

- 多個家庭或社區共用儲能，可與電網互動，提升能源自主與穩定性。

- 案例：

- 台南安平漁光島試點建置微電網，結合太陽能+儲能，提高綠電使用率。

4. 電動車與儲能 (EV & Energy Storage)

電動車 (EV) 與儲能系統結合，可優化電網與用電管理。

① 車輛到電網 (V2G, Vehicle-to-Grid)

- 電動車電池可作為移動儲能裝置，當電網需求高時放電，需求低時充電。

- 案例：

- 日本日產 (Nissan) 推動 V2G 試驗，EV 車主可將剩餘電力賣回電網。

② 電動車快充站儲能 (EV Charging + Storage)

- 快充站瞬間負載高，可透過儲能系統降低對電網的衝擊。

- 案例：

- **特斯拉超級充電站 (Supercharger) ** 搭配儲能，減少對主電網影響。

(2) 全球儲能應用案例 🌐

國家	儲能應用	案例
美國 US	電網調頻、削峰填谷	加州建置 1.2GW 電池儲能支援電網
德國 DE	再生能源調節	太陽能+儲能，提高併網穩定性
台灣 TW	電力調度、企業儲能	台電規劃 1.5GW 儲能、工業用戶導入儲能
澳洲 AU	住宅儲能、微電網	南澳 Tesla 大電池支援再生能源發電

三、台灣儲能案場實例

彰濱1MW/1MWh儲能監控系統

我國併網型儲能示範案



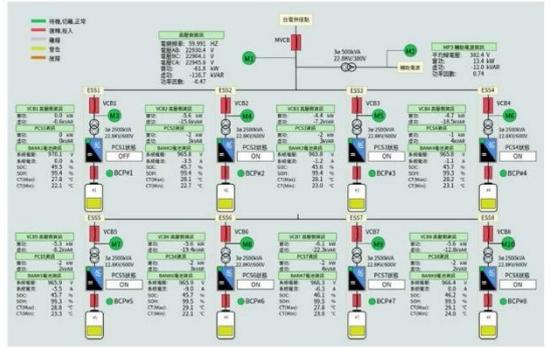
- 年份：2020上線
- 名稱：彰濱1MW/1MWh儲能監控系統
- 地點：彰化
- 功能：調頻、太陽光電平滑化、削峰填谷、負載轉移、實虛功控制等 **7種控制功能**



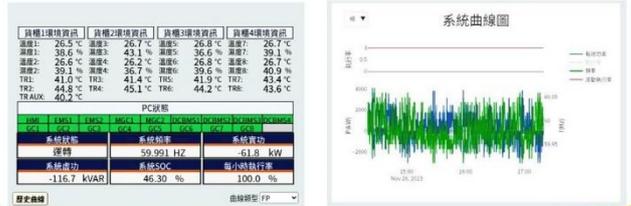
20MW/20.8MWh AFC儲能監控系統 大型dReg案場



目前實績中最大案場
Canadian Solar儲能案場
20MW/20.8MWh



- 年份：2022上線
- 名稱：20MW/20.8MWh AFC儲能監控系統
- 地點：雲林
- 功能：AFC dReg



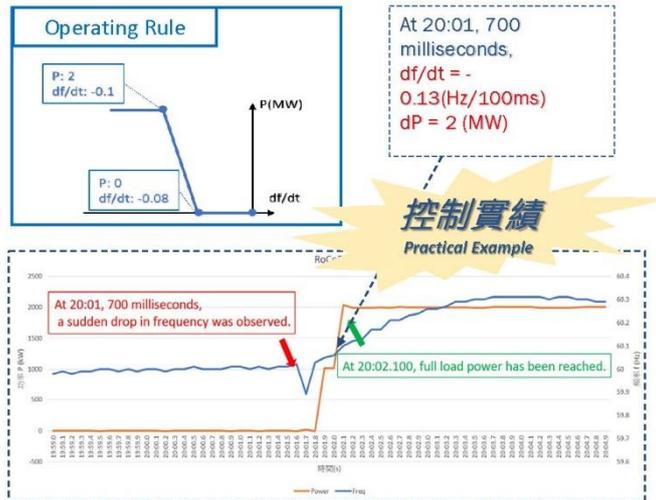
金門虛擬慣量暨長短效儲能系統

儲能多元應用 - RoCoF 虛擬慣量控制法、調頻、能量移轉



- 年份：2024上線
- 名稱：2.1MW/3.2MWh 短效儲能
+ 4MW/24MWh 長效儲能監控系統
- 地點：金門古寧
- 功能：調頻、能量移轉、RoCoF控制 (虛擬慣量控制法)

RoCoF Control Performance

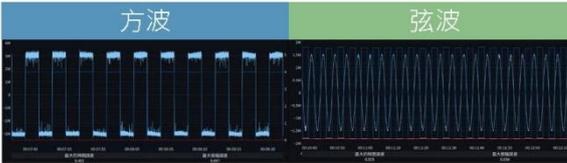
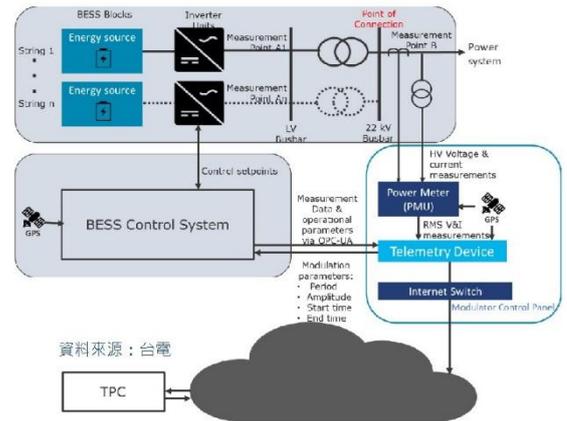


RoCoF : Rate of Change of Frequency

台電 60MW/85MWh 儲能監控系統

儲能多元應用 – 台電即時慣量量測 FPPM調變、調頻、能量移轉

儲能系統導入
週期性功率調變功能
(Function of Periodic Power
Modulation, FPPM) 協助
電力系統慣量估算



四、儲能案場設備維護保養

1. 電池系統 (Battery System)

(適用於鋰電池、鉛酸電池、液流電池等)

● 日常巡檢

- 檢查電池櫃 (Rack) 或電池模組外觀是否有異常 (變形、漏液、異味、鼓脹)。
- 監控電池管理系統 (BMS) 的電壓、溫度、SOC (剩餘電量)、SOH (健康狀態)。
- 確認通風散熱系統是否正常運行，避免過熱。
- 檢查消防系統 (如氣體滅火、熱失控監測) 是否正常。

● 定期維護

- 測量並記錄單體電池電壓和內阻，確保一致性。
- 清潔電池端子，檢查有無氧化或鬆動，必要時緊固或更換連接片。
- 測試電池均衡功能，確保 SOC 平衡。
- 進行電池組模擬負載測試，檢查放電性能。

2. 電力轉換系統 (PCS, Power Conversion System)

●日常巡檢

- 檢查 PCS 運行狀態，確認轉換效率及是否有異常報警。
- 測試輸入、輸出電壓與電流，確保符合規格。
- 確認冷卻系統（風扇、水冷等）是否正常運行。
- 聽取設備運行聲音是否異常（如異常震動、異常噪音）。

●定期維護

- 測試 PCS 的開關動作、直流母線電壓、功率因數。
- 清理散熱器與濾網，確保散熱良好。
- 進行輸出波形與諧波測試，確保功率品質符合標準。
- 驗證與 EMS（能源管理系統）及 BMS 的通訊是否正常。

3. 變壓器及配電設備

●日常巡檢

- 監測變壓器油位、油溫（適用於油浸式變壓器）。
- 檢查變壓器套管是否有裂紋或放電痕跡。
- 測試高壓及低壓側電壓、電流，確保無異常。

●定期維護

- 變壓器絕緣油測試（介電強度、含水量、酸值）。
- 測試繞組電阻、變比，確保變壓器性能正常。
- 檢查開關櫃、斷路器觸點狀況，測試回路電阻。
- 測試避雷器的泄漏電流，確保過壓保護功能正常。

4. 儲能系統輔助設備

●消防系統

- 測試煙霧、溫度、氣體偵測器，確保及時警報。
- 測試滅火設備（如七氟丙烷、CO₂系統），確認滅火功能正常。

●冷卻與通風系統

- 檢查空調或液冷系統是否正常運行，確保電池溫度維持在安全範圍。
- 清潔風扇、濾網，確保氣流順暢。

●監控與通訊系統

- 測試 EMS（能源管理系統）通訊，確保數據準確傳輸。
- 確認 BMS、PCS 與 EMS 的協同運作正常。

五、儲能設備試驗項目

1. 電池性能測試

- 容量測試**：透過充放電測試確認電池組的實際容量與額定容量是否一致。
- 內阻測試**：測量單體電池的內阻，判斷老化情況。
- 循環壽命測試**：長期監測電池的充放電循環，評估 SOH（健康狀態）。
- 熱失控測試（選擇性）**：模擬異常狀況下的溫度變化，以評估安全性。

2. PCS 性能測試

- 效率測試**：測量 PCS 的轉換效率，確保符合標準。
- 諧波分析**：測試輸出電壓波形，避免對電網產生過多諧波。
- 啟動與關機測試**：確認 PCS 在不同工作模式下的穩定性。

3. 絕緣與耐壓測試

- 電池組絕緣測試**：測試電池與外殼的絕緣阻值，確保無漏電風險。
- PCS 耐壓測試**：測試 PCS 的耐壓強度，確保不會發生內部擊穿。
- 電纜絕緣測試**：測試高壓電纜的絕緣性能。

4. 接地測試

- 接地電阻測試**：確保設備接地良好，避免異常電位差。
- 等電位測試**：測試不同設備間的接地電位，避免地電位差造成設備損壞。

5. 系統聯調與功能測試

- 並網測試**：測試儲能系統併入電網的穩定性及電能品質。
- 孤島保護測試**：模擬電網故障，確保儲能系統能夠安全斷開電網。
- 功率調節測試**：測試系統的充放電控制能力。
- 遠端監控測試**：測試監控平台與現場設備的通訊，確保數據準確。

六、維護與試驗頻率建議

設備類別	日常巡檢	定期保養	主要測試項目	測試頻率
電池系統	每日	每季	容量測試、內阻測試、均衡測試	每年
PCS (變流器)	每日	每季	效率測試、諧波測試、耐壓測試	每年
變壓器	每周	每年	變比測試、絕緣測試	3年
配電設備	每周	每半年	絕緣測試、回路電阻測試	每年
消防系統	每周	每半年	感測器與滅火系統測試	每年
接地系統	每月	每年	接地電阻測試	每年

七、未來發展趨勢

- **電池技術突破**：固態電池、鋰-鐵電池降低成本、提升壽命。
- **儲能市場成長**：全球儲能市場預計 2030 年達 **500GW**，台灣同步發展。
- **智慧調度 AI 應用**：AI 優化儲能運作，提高效率與經濟效益。
- **企業綠電需求增加**：科技產業、製造業將持續投資儲能+再生能源。

儲能技術已成為**電力系統不可或缺的核心技術**，不論在電網調頻、企業節能、家用儲能或電動車應用，都發揮重要作用。隨著**電池技術進步、政策支持與市場需求增加**，儲能系統將持續成長，推動全球能源轉型與電力韌性提升。

參考來源：

- 1.台灣電力公司綠網網站
- 2.戴大欣，台灣再生能源政策與背景，台達電子，2020
- 3.胡毅，儲能技術與微電網的重要發展，大同大學，2021
- 4.邱炳欽，儲能系統在能源轉型扮演角色與發展方向，中技社，2022