

## 知識物件上傳表

計畫名稱：淨零排放—液流電池儲能系統技術驗證計畫(2/2)

上傳主題：區域電能管理系統通訊與調度技術研析

提報機構：工業技術研究院綠能與環境研究所

提報時間：2024年08月26日

與計畫相關	<input checked="" type="checkbox"/> 1.是 <input type="checkbox"/> 2.否
國別	<input checked="" type="checkbox"/> 1.國內 <input type="checkbox"/> 2.國外：美國
能源業務	<input checked="" type="checkbox"/> 1.能源政策(包含政策工具及碳交易、碳稅等) <input type="checkbox"/> 2.石油及瓦斯 <input type="checkbox"/> 3.電力及煤碳(包含電力供應、輸配、煤炭、核能) <input checked="" type="checkbox"/> 4.新及再生能源 <input type="checkbox"/> 5.節約能源(包含工業、住商、運輸等部門) <input type="checkbox"/> 6.其他
能源領域	<input type="checkbox"/> 1.能源總體政策與法規 <input type="checkbox"/> 2.能源安全 <input type="checkbox"/> 3.能源供需 <input type="checkbox"/> 4.能源環境 <input type="checkbox"/> 5.能源價格 <input type="checkbox"/> 6.能源經濟 <input checked="" type="checkbox"/> 7.能源科技 <input type="checkbox"/> 8.能源產業 <input type="checkbox"/> 9.能源措施 <input type="checkbox"/> 10.能源推廣 <input type="checkbox"/> 11.能源統計 <input type="checkbox"/> 12.國際合作
決策知識類別	<input type="checkbox"/> 1.建言(策略、政策、措施、法規) <input checked="" type="checkbox"/> 2.評析(先進技術或方法、策略、政策、措施、法規) <input type="checkbox"/> 3.標竿及統計數據：技術或方法、產業、市場等趨勢分析 <input type="checkbox"/> 4.其他：
重點摘述	<p>鈦液流電池儲能系統在電力系統中的應用主要考量安全性和耐久性，特別適合長期使用。全鈦液流電池因其可深度充放電，且循環壽命可達10,000至20,000次，成為一種長壽命的儲能技術選擇。在歐美等地的多種應用場景中得到實踐。然而，在建置過程中需注意系統規劃、選型、佈置及佔地、安全防護和環境影響等因素，以確保系統長久穩定運作。</p> <p>為了確保電網安全為前提下，提升區域電力網所能併入的再生能源設置容量，尤其針對地域屬性較為明顯的太陽光電能發電系統與風力發電系統，針對區域電網所需具備的系統運轉功能架構，以及其通用通訊模式等主題進行國內外相關資料蒐集彙整，以作為後續六甲區域電力管理系統規劃建置之參考。</p>
詳細說明	<p>傳統的電力系統透過互連方式傳輸和分配電力，並通過通訊網絡涵蓋電力傳輸、發電機組和負載，以實現相互溝通、下達指令及讀取所有電力傳輸的數據。然而，由於實際電力傳輸涉及的數據量龐大，常常導致通訊傳輸的限制和安全性問題。因此，數據共享和通訊系統通常設計為覆蓋子系統而非整個電網。在典型的電力系統中，存在多個標準通信協議，每個協議覆蓋特定區域並接收特定數據。如圖1典型電力系統通訊傳輸架構。</p>

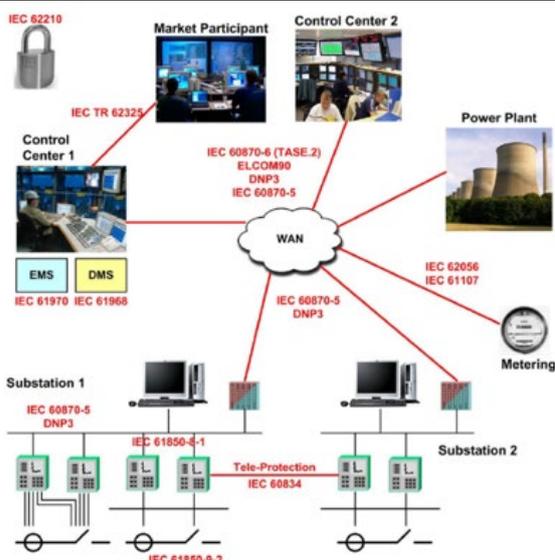


圖1、典型電力系統通訊傳輸架構

圖2為區域電網電能管理技術架構示意圖，詳細的模組功能將會視實際區域電網範圍而有所差異，然而，其基本功能將包含區域預測技術、狀態估測技術、機組排程，以及最佳化電力潮流控制技術等技術項目。

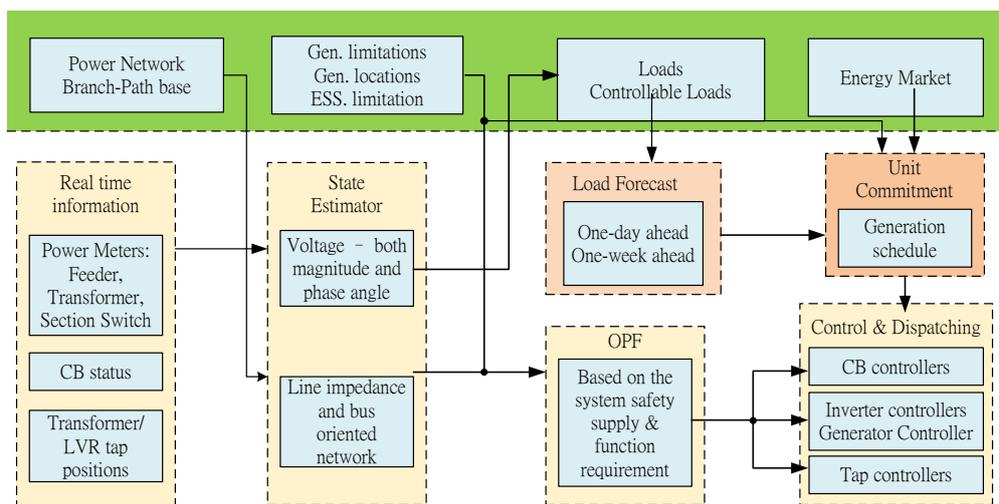


圖2、區域電網電能管理技術架構示意圖

當變電站接收到調度中心的指令後，作為電力分配的核心，其通訊系統可能涉及數十種至數百種不同的保護和控制設備，因此需要通過 IEC 60870-5、DNP3、IEC 61850及 IEC 60834等標準協議進行管理、協調和數據共享。雖然單純的數據採集要求較為簡單，但電力公司採集數據的最終目的是優化電能管理系統，以達到最具經濟效益的用電和節能目標，因此對於通訊讀取資料的速度及控制命令的下達必須設有最低標準規範。各國電力公司也可根據不同需求，要求當地配電公司或發電業者遵守相對應的電力通訊傳輸規定如表1，表2為美國 PJM(Pennsylvania-Jersey-Maryland)電力通訊傳輸簡要規範。

表1、概述各種智慧電網通信要求

Application	Bandwidth	Latency	Reliability
-------------	-----------	---------	-------------

<b>Advanced metering infrastructure</b>	500kbps for backhaul (10-100 kbps per device on the premises)	2s or more	Medium
<b>Demand and response</b>	14-100kbps per device/node	500ms-serveral minutes	Medium
<b>Distributed energy resources</b>	9.6-56kbps	300ms to 2s Fault protection 20ms	High
<b>Wide-area situational awareness</b>	600-1500kbps	20-200ms	High
<b>Substation automation</b>	9.6-56kbps	15-200ms	High
<b>Distribution automation</b>	9.6-56kbps	20-200ms	High

表2、PJM 電網通信要求

Connection Type	Aggregate Generator Size	Intelligent Electronic Device	Data Model	Configuration	Monitoring Period	Protocol
<b>Internet SCADA</b>	Very Small (<10MW)	Data Concentrator	All data types available or collect MWh and MVARh only	Dedicated TCP/IP with encryption gateway over secure internet	Varies	DNP 3.0
<b>Internet SCADA</b>	Small (10-100MW)	Data Concentrator	All data types available	Dedicated TCP/IP with encryption gateway over secure internet	Varies	DNP 3.0
<b>PJMnet</b>	Medium(>100-500MW)	Data Concentrator	All data types available	Dedicated TCP/IP with single router to redundant PJMnet	2-10 Second Periodic	DNP 3.0 or ICCC

<b>PJMnet</b>	Large(>500MW)	Data Concentrator, SCADA, EMS or GMS	All data types available	Dedicated TCP/IP with dual routers to redundant PJMnet-Single Local Area Network	2-10 Second Periodic	DNP 3.0 or ICCP
---------------	---------------	--------------------------------------	--------------------------	--	----------------------	-----------------

在電力調度中，電力公司的通訊管理至關重要。為了確保電網系統的穩定性，調度決策必須在符合這一條件的前提下，尋求最佳的能量分配方案。當擴展到區域電力管理系統時，決策需要依據多種準確的資訊來源，以確保系統運轉符合預期的調度規劃。因此，了解區域電力管理中通訊系統的整合變得尤為重要。規章方面，可以參考如 IEEE Std. 2030 等國際標準來指導分散型能源電力通訊網路的建設和管理。其中，IEEE Std. 2030 中將電力、通訊、資訊之三階層觀點如圖3所示，並說明智慧電網互通性電力與通訊架構，以及針對微電網互通性架構頗析，CI-IAP (communications technology interoperability architecture perspective) 架構圖如圖4。圖4中 CT14 等符號表示為項目之間連接介面(Interface)，於規範中針對各項目均提供通訊方式，但並無規定一定要使用哪一種通訊連結方式;例如系統中負載(Load)與分散式能源資源網路(Distributed Energy Resources Network)部份，均說明可藉由不同技術之區域網路進行溝通與管理資訊交換，通訊連結方式包括 Line、Wireless 或是 IP。因此，管理整合人員或是建置區域電網者，可依照通信線路類型和數據特性如下表3，選用適合或配合上層調度者之電力通訊傳輸連結方式。

表3通信線路類型和數據特性

Link type	Speed	Range	Delay
RS links	Low	Short but can be extended with repeaters	Long delays
T1/E1	Medium	Medium but can be extended with routers and repeaters	Medium delays and also delay dependent on load
Optical links	High	Long distances	Short but also dependent on load
Wireless links	Depending on technology of choice, either medium or high	Medium distances	Short delay but also dependent on load

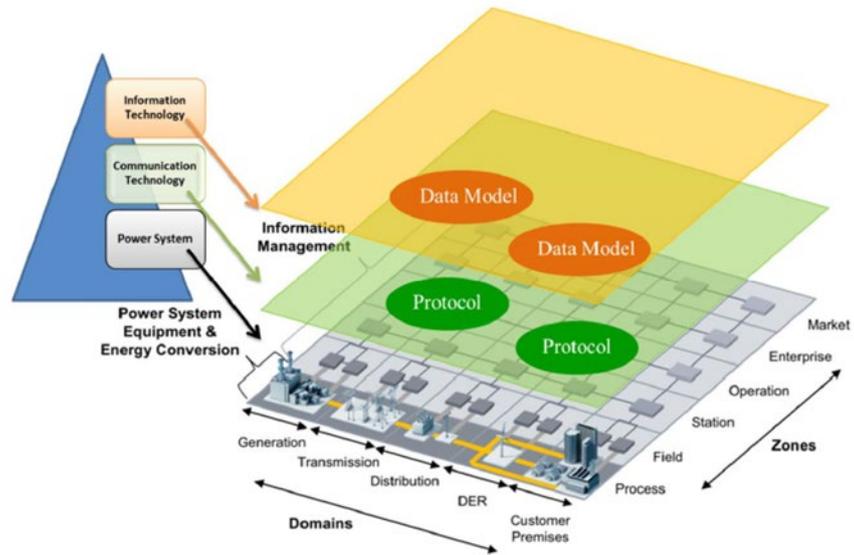


圖3、縱向剖析智慧電網電力通訊網路技術涵蓋實體(Entity)與協定(Protocol)介面

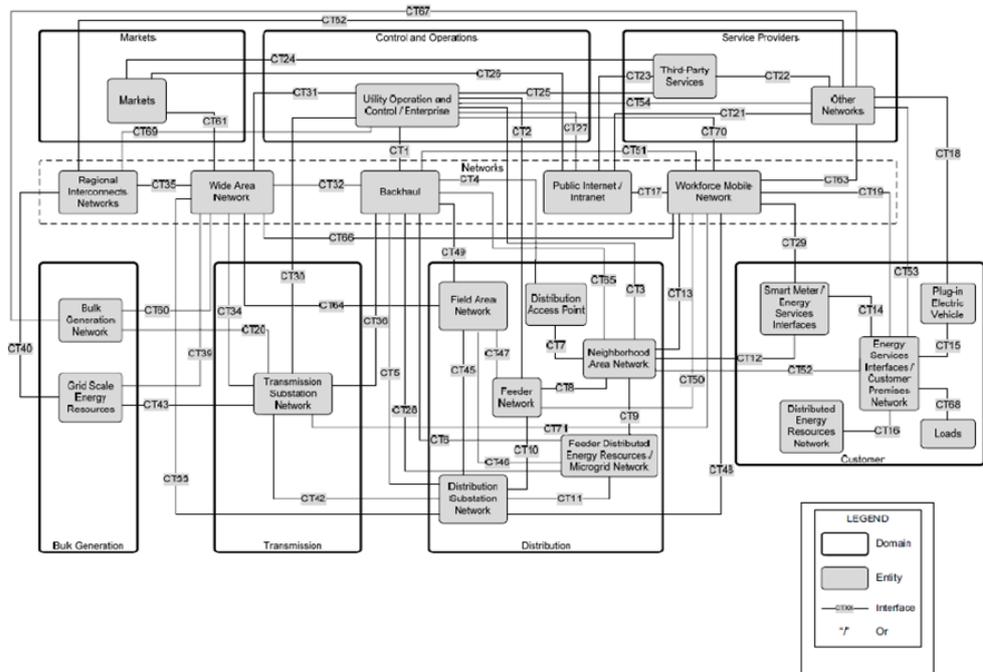


圖4、IEEE CI-IAP 架構

區域電網系統架構大致可分為需求端 (Customer Side)、供給端 (Grid Side) 和運轉決策 (EMS) 三個部分。其中，儲能系統較為特殊，能根據運轉決策需求在不同時段或目標下扮演需求端或供給端的角色。如圖5所示，依據單元能源管理系統的功能，可以將其分為系統預測 (包括負載和再生能源預測)、資料分析、最佳化演算法應用於系統決策調度，以及通過人機介面讓使用者或操作者進行操作互動和下达決策命令，如圖6所示。

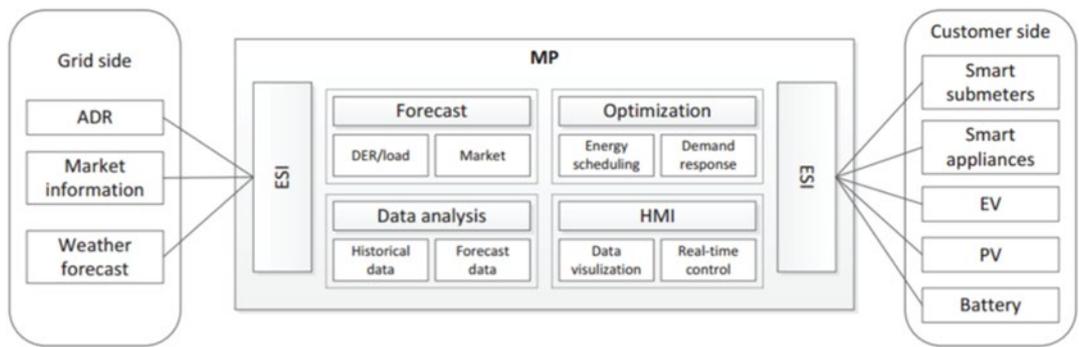


圖5、電能管理測試平台架構示意圖

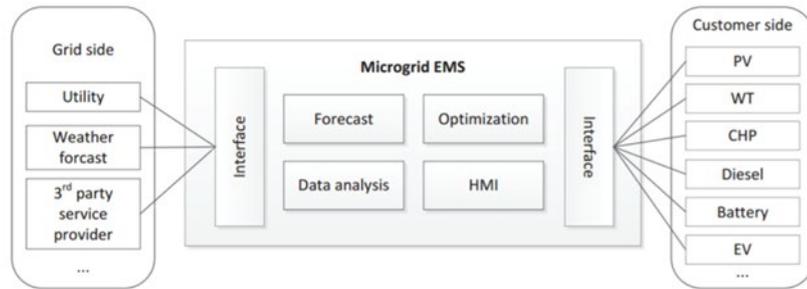


圖6、電能管理技術架構示意圖

當區域電網涵蓋範圍擴展至變電所及其主變壓器的控制範圍時，可能會在用戶與電網之間出現一個 Aggregator 角色，未來將與分散式系統操作者 (Distributed System Operator) 進行溝通，蒐集電力市場資訊，並利用轄內的彈性調度資源進行最佳化分配。區域集中式能源管理系統 (EMS) 的主要功能是參考外部電網資訊，根據命令維持區域電網的供需平衡，涉及實/虛功率分配、再生能源發電控制、傳統發電機組控制及負載管理等項目如圖7所示。依 EMS 操作時間可分為長時運轉控制功能 ( $\geq 1$ 小時)，包括再生能源出力預測、負載管理與卸載策略、規劃備用容量及維運區間等；和短時功率平衡控制 ( $< 1$ 小時)，如電壓調節、頻率控制 (獨立運轉) 及內部資源即時調配，如圖8所示。一般而言，處理長時運轉控制的 EMS 屬於區域集中式控制，而處理短時功率平衡的 EMS 則設置於設備端進行即時補償控制。

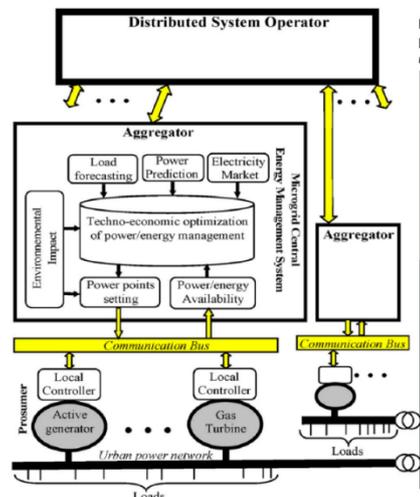


圖7、包含電力交易機制的集中式控制 EMS 架構

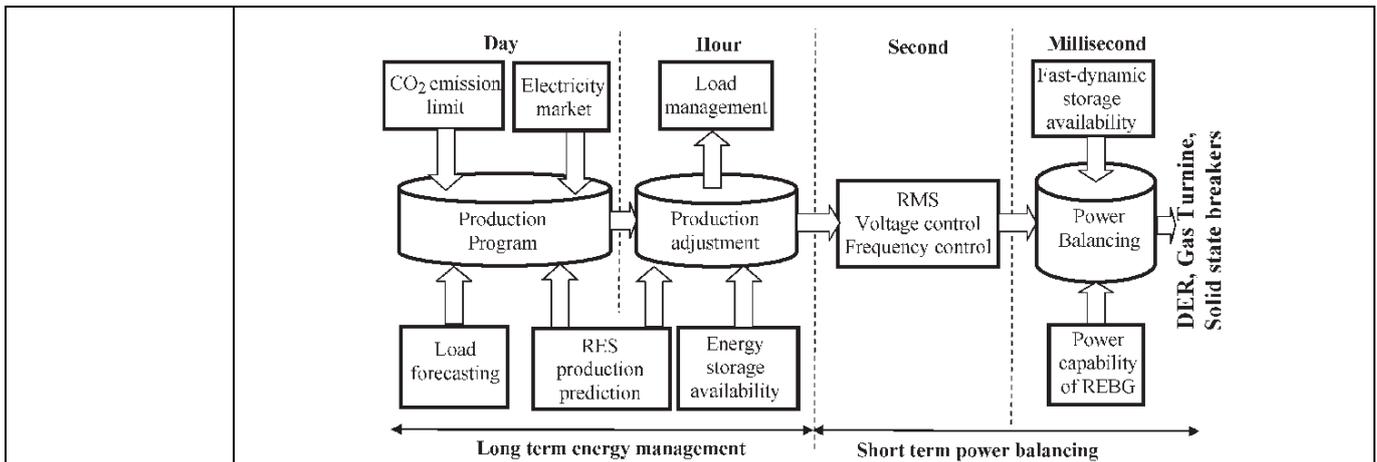


圖8、依操作時間劃分 EMS 控制功能

針對獨立運轉型電池系統，必須同時平衡區域電網的供需並應對再生能源輸出功率的波動，以滿足負載需求。為此，電池 EMS 系統包含兩個主要功能模組：DC bus 電壓穩定控制和 SOC 最佳化管理，結構如圖9所示。DC 電壓穩定控制模組的主要任務是維持供需平衡，而 SOC 最佳化管理模組則根據發電預測和負載曲線，規劃最佳的 SOC 操作策略，以避免電池過充或過放。在 SOC 最佳化管理中，運轉規劃時間可達45小時，並每15分鐘進行一次計算修正，以減少誤差。實際規劃 SOC 修正時，還需考慮再生能源在系統中的占比、再生能源輸出變動及負載需求等因素。

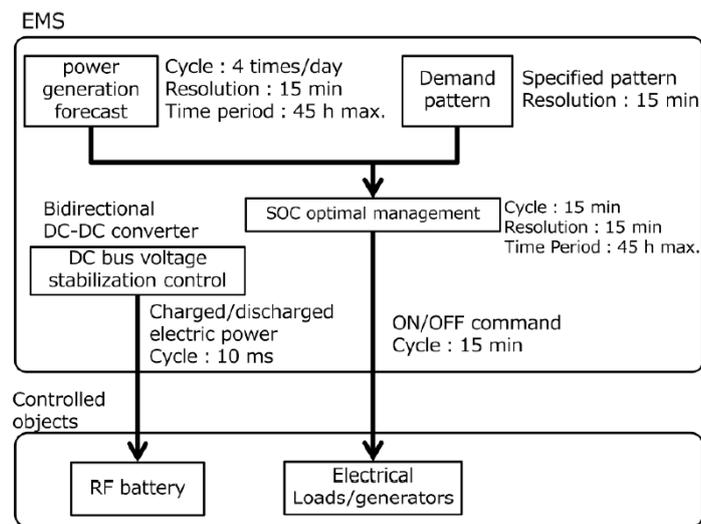


圖9、電池 EMS 系統控制模組示意圖

資料提供者／機構：郭書瑋／工研院綠能與環境研究所

連絡電話：06-3636954

Email: S.W.Kuo@itri.org.tw

註：1.請計畫執行單位上傳提供較具策略性的知識物件，不限計畫執行有關內容。

2.請計畫執行單位每季更新與上傳一次，另有新增政策建議可隨時上傳。

3.文字精要具體，量化數據盡量輔以圖表說明。