

知識物件上傳表

計畫名稱：112年度「淨零排放-MW 等級儲能電池健康檢測及評估技術優化」(1/2)

上傳主題：儲能電池安全保護設計

提報機構：工業技術研究院綠能所/資通所

提報時間：2023年9月5日

與計畫相關	☒ 1.是 ☐ 2. 否
國別	☒ 1.國內 ☐ 2. 國外：
能源業務	☐ 1.能源政策(包含政策工具及碳交易、碳稅等) ☐ 2.石油及瓦斯 ☐ 3.電力及煤碳(包含電力供應、輸配、煤炭、核能) ☒ 4.新及再生能源 ☐ 5.節約能源(包含工業、住商、運輸等部門) ☐ 6.其他
能源領域	☐ 1.能源總體政策與法規 ☐ 2.能源安全 ☐ 3.能源供需 ☐ 4.能源環境 ☐ 5.能源價格 ☐ 6.能源經濟 ☒ 7.能源科技 ☐ 8.能源產業 ☐ 9.能源措施 ☐ 10.能源推廣 ☐ 11.能源統計 ☐ 12.國際合作
決策知識類別	☐ 1.建言(策略、政策、措施、法規) ☒ 2.評析(先進技術或方法、策略、政策、措施、法規) ☐ 3.標竿及統計數據：技術或方法、產業、市場等趨勢分析 ☐ 4.其他：
重點摘述	節能減碳已是公認的普世價值，我國完成2025年再生能源政策與2050淨零碳排路徑目標，將加速電動載具的推動以及建置儲能設施，克服再生能源產出之不穩定，增進整體電網的強韌性。 然而因電池電化學運作複雜性與材料特性，一旦形成熱失控將造成難以撲滅的火災意外。現階段各國的電池相關意外時有所聞，造成民眾強烈的不信任感，使相關能源政策推動具很大阻力。 基於放任異常的電池狀態會造成電池過充過放、容量損壞以及過熱等問題，故系統需能做到精確的監測與正確的控制。為此本文將就電池關鍵參數、意外成因進行分析，並簡介各式保護電路設計，其中包含單/多模組電池保護方案功能，源對源、高低側以及過載保護電路，並分析其優劣點，以做為儲能電池管理系統設計之參考。
詳細說明	鋰離子電池的高功率密度使其非常受歡迎，應用的層面也日益增長。然而，鋰離子電池的意外一直以來都是各方極為在意的問題，而意外的發生與否，關鍵在於電池管理系統(Battery Management System, BMS)系統是否能設計適當電池保護電路(如下圖1)，以及對於電池關鍵參數做精確的監測與正常的控制，達到危險反應的電池關鍵參數下斷開電池與充電器或負載的連接，以防止電池損壞和電池故障。

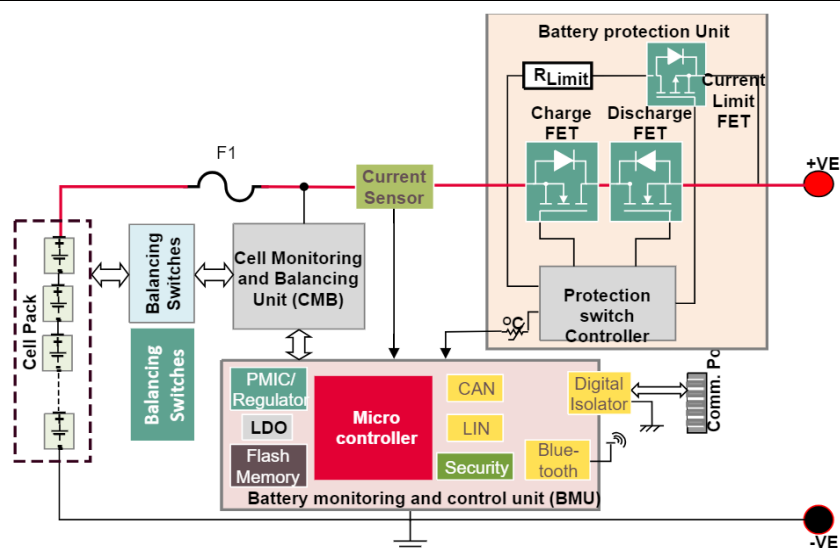


圖1、電池管理系統與電池保護電路單元

● 電池關鍵參數

電池關鍵參數主要包含過充過放、異常高低溫、過電流、極性反接等，說明如下表：

表1、電池關鍵參數說明

關鍵參數	說明
過充過放	電池充電超過允許的最大容量或放電超過充電的最小容量，長時間會造成電池損壞或容量損失。
異常高低溫	電池芯的內部溫度超過其安全工作最高最低溫度範圍。
過電流	當電池短路狀態或系統啟動時產生之高浪湧電流，並超過額定電流限值。
極性反接	電池端子錯誤插入設備時，例如將正負極接反誤動作。

● 電池系統異常成因

如果系統未能正確處理異常電池關鍵參數，長期必定造成電池系統電芯、電池組或設備的問題，進而產生不同的之電池系統異常，如下所示：

表2、電池系統異常成因說明

成因	說明
熱失控	由於電池過度充電、撞擊、內短線等原因所造成。熱失控一般已進入無法恢復的狀態，若不能即時進行相對應處理將導致火災。
電池芯容量損壞	通常是由於電池放電低於其指定閾值所致，一般而言鋰電池放電應不低於容量之30%，以增進使用壽命。
負載設備損壞	通常是由於浪湧電流管理不當或不正確的設備連接所造成電池，例如電極之極性接反。

● **電池保護方案設計**

根據不同的應用需求以及電壓範圍，可進行不同的電池保護方案設計，包含單模組電池保護方案以及多模組電池保護方案，說明如下：

表3、電池組保護電路架構設計方案

架構	說明
單模組電池保護方案	單模塊電池通常適用於電壓範圍不超過150 V 的應用，例如：電池供電工具、吸塵器、多旋翼飛行器、機器人、電動滑板車、電動自行車。
多模組電池保護方案	多模塊電池通常適用於高壓電池應用，包括：汽車、電動堆高機、電動船、住宅和公用事業規模的儲能系統和不斷電系統(Uninterruptible Power Supply, UPS)。

● **電池組保護電路設計分析**

進一步細分不同架構下之電池保護電路設計，針對不同需求如：價格、切換速度、實施難度等，可再分為源對源保護電路、高側保護、低側保護及漏極保護電路等，其相關說明以優劣點分析如下：

表4、電池組保護電路設計分類

架構	說明	優劣點
源對源保護電路	在共源(Source)極配置中，金屬氧化物半導體場效電晶體(Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor, MOSFET) 串聯連接，其源極相互連接，MOSFET 的漏(Drain)極端子形成保護電路的內部和外部。MOSFET 的這種配置也可以稱為背對背配置。	優點： • 切換速度快。 • 便宜。 • 僅需要一個電荷泵或隔離源。 • 一個柵極(Gate)驅動器即可驅動兩個MOSFET。 • 設計簡單。 缺點： • 採用標準漏極封裝的MOSFET 的散熱面積小。 • 散熱不良影響控制和傳感解決方案的準確性和效率。
高側保護	在高側保護設計，斷開MOSFET 與電池組的正極端子串聯。	優點： • 不繞地，不懸地。 缺點：

			需要帶有電荷泵的柵極驅動器來驅動 MOSFET。
低側保護	在低側保護設計，斷開 MOSFET 與電池組的負極端子串聯。	優點： - 易於實施，柵極驅動器不需要電荷泵。 缺點： - 因懸掛接地的原因造成通過電池外殼形成接地旁路的可能性，會對通訊和操作產生影響。	
漏極保護電路	在共漏極配置中，MOSFET 串聯連接，其漏極相互連接，並且 MOSFET 的源極端子形成保護電路的內部和外部。MOSFET 的這種配置也可以稱為背對背配置。	優點： - 可以獨立控制 FET，控制機制單純。 - 由於需要單獨的柵極驅動器來驅動 MOSFET，因此安全性更高。 缺點： - 需要一個高級昂貴的電荷泵來驅動兩個 MOSFET。 - 設計複雜。	
獨立的充電和放電端口	在這種類型的拓撲中，電池充電器和負載端口是分開的。這種拓撲通常在以下情況下使用： - 充電電流和放電電流不同（充電電流通常遠低於放電電流）。 - 充電時電池與負載分離。	優點： - 由於路徑阻力較低，不易發熱。 - 成本較低，僅需更少 MOSFET。 缺點： - 安全性較性，因可輕鬆繞過反極性保護。 - 源極拓撲只能用在高側，而漏極拓撲可以用在低側。	
● 電池組保護功能 如儲能等大型電池系統，足夠的保護設計需求乃是重中之重，一般而言啟動階段負載浪湧電流保護，以及系統運作中的即時短路保護都是必須實現的安全設計，其細部相關說明如下：			

表5、保護功能及解決方案

功能方案	說明
負載浪湧電流保護	啟動期間會出現浪湧電流，主要是在電池首次連接到負載時。由於過流或短路警報的錯誤指示，浪湧電流可能會變得足夠高，從而燒斷保護熔絲或導致保護 MOSFET 關閉。浪湧電流限制電路限制開機階段的浪湧電流並保護電池和負載。當滿足以下任一條件時，就需要預充電電路： • 負載具有較高的輸入電容，會被浪湧電流損壞。 • 如果導通電流超過保險絲的極限，主保險絲就會熔斷。 • 接觸器將被浪湧電流損壞。 • 電池單元沒有額定浪湧電流。 • MOSFET 沒有額定浪湧電流。 • 預充電電路通常由具有高電阻路徑的 MOSFET 組成。
短路保護	在短路情況下，MOSFET 不僅必須承受電流的上升，而且還必須承受關斷期間雪崩電流的可能性。檢測故障並斷開電池或負載的 MOSFET 和電路稱為電子保險絲。由於短路期間 MOSFET 需要快速關斷，因此可能會發生電子保險絲熔斷。反過來會導致短而高的電流脈衝流入電感，電感是由連接電池組和負載的電線以及負載本身產生的。而寄生電感可以感應足夠的電壓，導致 MOSFET 發生雪崩電流，從而將負載的電感轉變為電壓發生器，使保護解決方案上的電壓升高到超過最大允許電壓。

參考資料

1. <https://www.infolink-group.com/energy-article/tw/A-look-at-safety-for-energy-storage-systems>
2. <https://www.synst.com.tw/zh-tw/a3-2084/%E4%BF%9D%E8%AD%B7%E9%9B%BB%E8%B7%AF.html>
3. <https://www.edntaiwan.com/20210517ta71-choose-the-right-protection-for-your-circuit/>
4. <https://www.infineon.com/cms/en/applications/solutions/battery-management-system/industrial-and-consumer-bms/battery-protection/#!/trainings>
5. <https://www.eettaiwan.com/20221026ta31-circuit-protection-when-one-plus-one-is-more-than-four/>
6. <https://www.powerctc.com/zh-hant/node/4488>

	7. https://www.powerctc.com/zh-hant/node/5508 8. https://www.deltaww.com/zh-TW/news/energy-storage-security
--	--

- 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。