



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201618368 A

(43)公開日：中華民國 105 (2016) 年 05 月 16 日

(21)申請案號：103138786

(22)申請日：中華民國 103 (2014) 年 11 月 07 日

(51)Int. Cl.：

*H01M10/44 (2006.01)**H01M6/00 (2006.01)**G01R31/36 (2006.01)*

(71)申請人：財團法人工業技術研究院 (中華民國) INDUSTRIAL TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE (TW)

新竹縣竹東鎮中興路 4 段 195 號

(72)發明人：凌守弘 LING, SHOU HUNG (TW)；梁世豪 LIANG, SHIH HAO (TW)

(74)代理人：洪堯順；侯德銘

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：12 項 圖式數：9 共 29 頁

(54)名稱

基於老化調適電池運作區間的電池調控方法

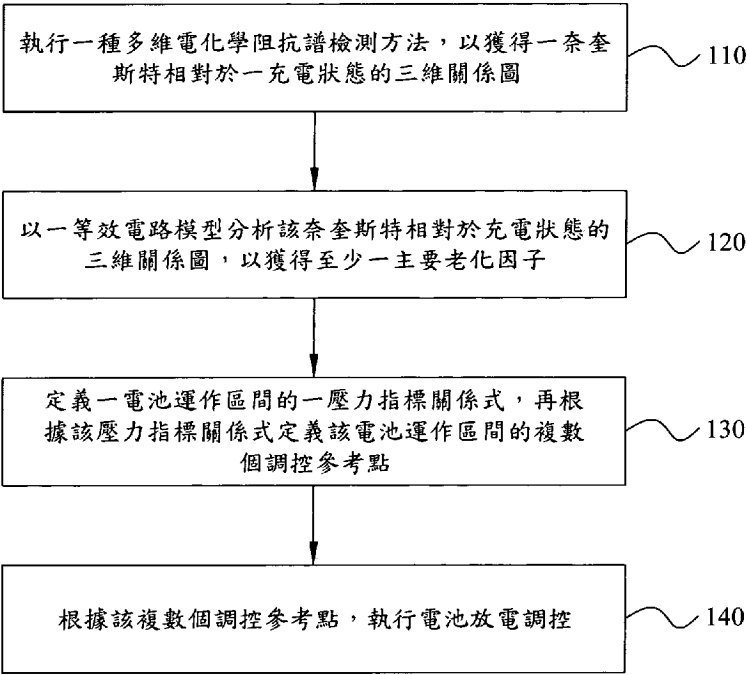
BATTERY CONTROL METHOD BASED ON AGEING-ADAPTIVE OPERATION WINDOW

(57)摘要

本發明主要係提供一種有關基於老化調適電池運作區間的電池調控方法，其包含下列步驟：執行一種多維電化學阻抗譜檢測方法，以獲得一奈奎斯特相對於一充電狀態的三維關係圖；利用一等效電路模型分析該奈奎斯特相對於該充電狀態的該三維關係圖，藉以獲得至少一主要老化因子；定義一電池運作區間的一壓力指標關係式，再根據該壓力指標關係式定義該電池運作區間的複數個調控參考點；以及根據該複數個調控參考點，執行一電池放電調控。

A battery control method based on ageing-adaptive operation window is provided, including: performing a multi-dimensional electrochemical impedance spectrum method to obtain a three-dimensional Nyquist-vs-SoC relation diagram; using an equivalent circuit model to analyze the Nyquist-vs-SoC diagram to obtain at least a major ageing factor; defining an operation window stress index, and based on the stress index defining a plurality of control reference points for the battery operation window; and based on the plurality of control points, performing the control of battery discharging.

指定代表圖：



第一圖

符號簡單說明：

- 110 . . . 執行一種多維電化學阻抗譜檢測方法，以獲得一奈奎斯特相對於一充電狀態的三維關係圖
- 120 . . . 以一等效電路模型分析該奈奎斯特相對於充電狀態的三維關係圖，以獲得至少一主要老化因子
- 130 . . . 定義一電池運作區間的一壓力指標關係式，再根據該壓力指標關係式定義該電池運作區間的複數個調控參考點
- 140 . . . 根據該複數個調控參考點，執行電池放電調控

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

基於老化調適電池運作區間的電池調控方法

BATTERY CONTROL METHOD BASED ON
AGEING-ADAPTIVE OPERATION WINDOW

【技術領域】

本發明主要係提供一種有關基於老化調適電池運作區間(Ageing-adaptive Operation Window, AOW)的電池調控(battery control)方法。

【先前技術】

電池的放電特性會隨著長期的使用而產生變化，一般稱為電池的老化現象；電池的老化現象包含了容量的衰退與效率的降低。傳統的電池檢測方式必須將電池完整充放電，以測得實際電容量。一般來說，檢測所花費時間將長達 1(1C)~10(0.1C)小時。對於使用者而言，返廠檢修電池需要較長時間，將無法被接受。因此，為了增進對於電池使用健康狀態的辨別，將電池使用於正常安全的操作參數下，進而延長使用壽命及增加安全性，業界與學界分別提出各種電池老化研究的技術。

常見的電池老化研究技術通常是利用分析工具針對電池描述並界定所遭遇的問題，再對電池的電特性進行預

測，最後再找出因應電池老化的解決方案。其中，常見的描述工具包括如：剩餘容量(Remaining capacity (decay))、阻抗(Impedance (1k Hz; DC-IR))、等效電路模型(Equivalent Circuit Model, ECM)、電化學阻抗譜(Electrochemical Impedance Spectrum, EIS)等；常用的預測工具如壽命模型(Lifetime model)、剩餘有用壽命(Remaining Usable Life, RUL)。由於在預測電池老化時的電特性的工具往往需要大量的資料運算，例如上述的壽命模型與剩餘有用壽命，因此缺乏效率。

有一技術利用 SOC 量測數據、溫度、以及其它參數，配合智慧型演算法，從而推估電池目前的老化狀態。有一技術揭示一種電池狀態及參數(例如加壓阻抗、電壓、電流、溫度等)評估方法及系統，來估計電池之充電狀態及健康狀態。有一技術揭示一種用於確定電池組健康狀態的系統和方法，係將電池組充電至最大充電電位後，確認電池組的開路電壓，從而確定電池組的健康狀態。

在上述及現行的電池老化研究技術中，在實施上仍存在著面臨檢測的缺點。舉例來說，現行的電化學阻抗譜(EIS)檢測在實施上面臨檢測的缺點，其主要原因包括如(1)檢測時間長：量測電池各個容量狀態下的 EIS 需耗費較的充放電準備時間；(2) 檢測的再現性不佳：因量測接

線需重新連接，因接觸阻抗造成的量測準確性將打折扣。

因此，如何設計出能讓電池操作在合適應力較小的環境的電池老化研究技術，是值得研究與發展。

【發明內容】

本發明主要係提供一種有關基於老化調適電池運作區間的電池調控方法，此電池調控方法可包含：執行一種多維電化學阻抗譜檢測方法，以獲得一奈奎斯特相對於一充電狀態的三維關係圖；利用一等效電路模型分析該奈奎斯特相對於該充電狀態的該三維關係圖，藉以獲得至少一主要老化因子(major ageing factor)；定義一電池運作區間的一壓力指標關係式，再根據該壓力指標關係式定義該電池運作區間的複數個調控參考點；以及根據該複數個調控參考點，執行一電池放電調控。

此基於老化調適電池運作區間的電池調控方法並非利用實驗試誤法，而是基於電池電化學組抗理論，在定義電池的較佳操作區間可節省時間與成本。本方法可離線使用、週期性的對電池組作測試，或是隱含在電池管理系統(Battery Management System, BMS)裡，進而計算提供電池的操作區間參數，延長電池使用壽命。本方法不需額外增加硬體，可用於如現有手持、行動裝置、電動車系統、智慧電網電池二次利用篩選技術等。

茲配合下列圖示、實施例之詳細說明及申請專利範圍，將上述及本發明之其他優點詳述於後。

【圖式簡單說明】

第一圖是根據本發明的一實施例，說明一種基於老化調適電池運作區間的電池調控方法。

第二圖是根據本發明的一實施例，說明使用多維電化學阻抗譜檢測時所用的測試載波為 $100\text{kHz} \sim 1\text{mHz}$ 的一示意圖。

第三圖是根據本發明的一實施例，說明多維電化學阻抗譜之實部阻抗與 $V\text{-Ah}$ 圖的特徵。

第四圖是根據本發明的一實施例，說明一等效電路模型的一示意圖。

第五圖是根據本發明的一實施例，說明遵循第四圖之等效電路模型轉換的運作流程。

第六圖所示為利用等效電路模型以及第五圖中的步驟決定質傳係數 W_d 之示意圖。

第七圖是根據本發明的一實施例，說明應力因子隨隨著 SoC 變化的趨勢的一示意圖。

第八圖是根據本發明的一實施例，說明隨電池老化而調整調控區間的定義方式。

第九圖是根據本發明的一實施例，說明調控效益的一示意圖。

【實施方式】

以下，參考伴隨的圖式，詳細說明依據本發明的實施例，俾使本領域者易於瞭解。所述之發明創意可以採用多種變化的實施方式，當不能只限定於這些實施例。本發明省略本領域者已熟知部分(well-known part)的描述，並且相同的參考號於本發明中代表相同的元件。

第一圖是根據本發明的一實施例，說明一種基於老化調適電池運作區間的電池調控方法。請參考第一圖，本電池調控方法執行一種多維電化學阻抗譜(Multi-Dimensional Electrochemical Impedance Spectrum, MD-EIS)檢測方法，以獲得一奈奎斯特相對於一充電狀態(Nyquist vs. State-of-Charge (SoC))的三維關係圖(步驟 110)；然後以一等效電路模型(Equivalent Circuit Model, ECM)分析該奈奎斯特相對於該充電狀態的該三維關係圖，藉以獲得至少一主要老化因子(步驟 120)；並且定義一電池運作區間的一壓力指標(Operation Window Stress Index)關係式，再根據該壓力指標關係式定義該電池運作區間的複數個調控參考點(步驟 130)；以及根據該複數個調控參考點，執行一電池放電調控(步驟 140)。

在步驟 110 中，執行該多維電化學阻抗譜檢測方法係將一電化學電池完全充電後，於一放電過程中用一放電電流基礎上複合一電化學阻抗譜測試載波，直到該電化學電池放電至一最低電位，以獲得該奈奎斯特相對於該充電狀態的該三維關係圖。該測試載波為一可設定的範圍，例如可為 100kHz ~1mHz，或 10kHz ~10mHz。

第二圖是根據本發明的一實施例，說明使用多維電化學阻抗譜檢測時所用的測試載波為 100kHz ~1mHz 的一示意圖。其中，曲線 201~209 之每一條曲線代表先將電池充電至飽電狀態，在放電過程中進行 EIS 檢測所獲得的結果。第 1 次測試的結果為曲線 201，此為飽電狀態下的奈奎斯特圖，曲線 201 包括了 10kHz ~ 0.0158Hz 的頻譜響應。其中， Z' 係為實部阻抗，而 Z'' 係為虛部阻抗。放電過程中可在選定特定的放電容量(Discharge capacity)再次進行 EIS 檢測，就可分別獲得如第二圖中的 201~209 曲線，這些曲線隨放電容量的變化就可得到電池從飽電狀態到低電量狀態的電池特徵，曲線 201~209 的集合就稱為 MD-EIS 曲線圖，亦即該奈奎斯特相對於該充電狀態的該三維關係圖。

在獲得該奈奎斯特相對於該充電狀態的該三維關係圖後，觀察多維電化學阻抗譜之實部阻抗與 V-Ah 圖的特徵，

如第三圖所示，可得到電池低 SoC 的電壓陡降與多維電化學阻抗譜的實部阻抗陡升有相對應關係；而在電池越趨近飽電狀態，也有阻抗越大的現象。其中，曲線 301 為電池的電壓-放電容量曲線，曲線 301 代表電池從飽電狀態下定電流放電到低電量時的電壓變化特徵，約在放電容量 3Ah 後有陡降的現象。然而，由第二圖的奈奎斯特圖再轉換成阻抗實部-放電容量關係圖，可觀察到曲線 201 到曲線 209 的放電過程中，電池的實部阻抗在低頻段(0.1Hz ~ 0.0158Hz)隨著放電容量增加，約在放電容量 2.5Ah 後有陡升的現象。因此 MD-EIS 檢測可比電壓-放電容量曲線 301 更早知道電池承受較大的放電應力。

上述步驟 120 係以一等效電路模型分析該奈奎斯特相對於該充電狀態的該三維關係圖，藉以獲得至少一主要老化因子；其中，此主要老化因子更包括一應力因子係數(Stress Factor Coefficient)。第四圖是根據本發明的一實施例，說明該等效電路模型的一示意圖；其中， L 與 R_0 代表電池在 EIS 檢測的高頻段特徵，造成此效應的元件最主要為電池內部的金屬元件的電感效應。 R_1 為電池內部的串聯阻抗，造成此效應的元件為電池內部極板、電解液、以及連接的導線。 R_{sei} 與 C_{sei} 分別代表電池內部極板表面形成之固體電解質介面(Solid Electrolyte Interface, SEI)膜的阻抗及並聯電容特性。 R_{ct} 代表電池的電荷移轉(Charge Transfer)的阻抗效應，

其代表現象為鋰離子從液態電解液中要穿越到電極固態介面層遭受的阻力。 C_{dl} 代表電池中正、負極板間的電容效應。 W_d 為質傳係數(Warburg coefficient)，代表鋰原子在電池極板內擴散的因子， W_d 越大代表擴散阻力越小。根據本發明的一實施例，應力因子係數係由一阻抗係數及一質傳係數 W_d 所組成者，而此阻抗係數係由一電荷移轉的阻抗與一固體電解質介面膜的阻抗所組成者。

第五圖是根據本發明的一實施例，說明遵循第四圖之等效電路模型轉換的運作流程。請參考第五圖，此等效電路模型的轉換流程可包括：在電化學阻抗譜(EIS)檢測出的奈奎斯特圖中，先區別出總阻抗 R_{all} (=電荷移轉的阻抗 R_{ct} +串聯阻抗 R_l +固體電解質介面的阻抗 R_{sei})，與電感效應 L 和 R_0 效應分離(步驟 510)；從總阻抗 R_{all} 中，解析分離出串聯阻抗 R_l (步驟 520)；串聯阻抗 R_l 從總阻抗 R_{all} 解析分離出後，藉由(電荷移轉的阻抗 R_{ct} +固體電解質介面的阻抗 R_{sei})，決定應力因子係數 R_w (步驟 530)，其中 R_w 代表電池本質特性的應力因子係數；以及解析與決定質傳係數 W_d (步驟 540)。第六圖所示為利用等效電路模型以及第五圖中的轉換流程決定質傳係數 W_d 之示意圖。首先，先解析出總阻抗 R_{all} (= $R_{ct}+R_l+R_{sei}$)，方法如下：-Z'' 軸在 0 以下的曲線皆為 L 和 R_0 的效應，在低頻段 1Hz 以下的頻率找出尾段質傳效應(Warburg effect)，其特徵為實部與虛部的增量為一致，因此

在奈奎斯特圖中與水平呈現 45 度的夾角。接著，檢析阻抗 R_i (步驟 520)，係為奈奎斯特圖中曲線與水平軸 Z' 交點的水平值。再藉由 $(R_{ct} + R_{sei})$ ，決定應力因子係數 R_w (步驟 530)， R_w 的值為 Warburg effect 起點 Z' 值減去 R_i 值(如第六圖所示)。最後，可藉由數值擬合方式在奈奎斯特圖解析與決定質傳係數 W_d (步驟 540)。值得注意的是，其中應力因子係數 R_w 係等於 $R_{ct} + R_{sei}$ 。

第七圖是根據本發明的一實施例，說明應力因子係數 R_w 與質傳係數 W_d 隨著 SoC 變化的趨勢的一示意圖。如第七圖所示，曲線 701 與 702 代表新電池的 R_w 與 W_d 隨電池放電容量增加時的變化，曲線 703 與 704 代表新電池經過 100 次充放電循環後的變化，曲線 705 與 706 是採用習知技術的直流阻抗(DC-IR)檢測所得。第七圖與第三圖有同樣的現象，MD-EIS 經由解析後的 R_w 與 W_d 參數(2.2Ah 後有陡升現象)能比 DC-IR 檢測方式(2.8Ah 後有陡升現象)更早反應出電池所承受的應力現象。由此可知，採用等效電路模型所求得的應力指標比直流阻抗 DC-IR 更能提早反應出電池所受到的操作應力，可提早對電池做適當的充、放電調控，達到延壽的目的；反之，一般傳統的 DC-IR 偵測到 DC-IR 的陡升時，電池已接近電量耗盡狀態，此時調整的範圍與效益不大，且操作應力造成的非可回復老化已經形成。

回顧步驟 130 中，定義一電池運作區間的一壓力指標關係式，再根據該壓力指標關係式定義該電池運作區間的複數個調控參考點。從第七圖的趨勢可得知應力因子係數 R_w 及質傳係數 W_d 隨 SoC 變化的趨勢，依此趨勢可定義出電池的操作區間參數，此操作區間參數包含了電池的電壓、電流與 SoC 的關係。例如，可利用電池在 50% SoC 附近的電容量的應力因子係數 R_w 及質傳係數 W_d 作為一最低應力指標，只要飽電與低電量區間的應力指標與最低應力指標相互比對，定義高出的比例就能找出運作區間調控的起始點。例如，調控的參數可包括最大電流(充電、放電)允許點、最終電壓操作點(充電電壓、最低放電電壓)、以及電池放電區間起訖點。運作區間應力指標值是應力因子係數 R_w 與質傳係數 W_d 的組合值，例如，可以採用以下形式來表示：

$$\text{應力指標值} = R_w \times (x) + W_d \times (1-x) \quad (1)$$

其中， x 是介於 0 與 1 之間的數值。較為適當的作法為隨著電池老化進行電池充、放電參數的調整，例如，如果電池的充放電壽命為 3000 次，可每 300~500 次進行一次調整；或是預估電池使用年限為 10 年，每半年到一年檢測調整一次。

在下列的放電的實施例中，選定公式(1)中的 x 為 1，應力指標值 = R_w ，將說明電池運作區間放電控制起始點的選定、電池充電截止點、以及電池放電截止點的選定規則，達成電池老化時運作區間隨之調控，減緩老化的目的。也就是

說，根據本發明的一實施例，上述複數個調控參考點更包括一調控起始點、一電池放電截止點、以及一電池充電截止點。

首先，選定運作區間放電控制起始點。第八圖是根據本發明的一實施例，說明隨電池老化而調整調控區間的定義方式。其中，曲線 801 代表新電池(fresh)的應力指標值，曲線 802 代表舊電池的應力指標值。由第八圖的定義方式可看出，電池新與舊(第 100 次循環)的應力因子係數 R_w 隨著 SoC 的變化，大約在 50%SoC 左右的值為最小，此 SoC 區域內新、舊電池之較低的應力指標值分別為 S1、S2。當電池低電量時，此應力指標值會陡升，可定義比 50%SoC 時的值升高 5%~50%以上的一選定值就開始進行調控，此低電量 SoC 區域內新、舊電池有較高的應力指標值。也就是說，該調控起始點可定義為比一電池在 50%SoC 時的值高出 5%~50%以上的一選定值，就開始進行調控。

第八圖中的新、舊電池的應力指標分別為 S3、S4。S3/S1 的應力指標比值約為 23.8/12.8，老化的電池的調控區間起始調控點 S4 選定規則將遵守 $S4/S2=S3/S1$ 的原則，如不即時進行調控仍然放電至與 S3 相同的放電容量才調控，則會因應力指標上升而加速老化。也就是說，一舊電池的一調控區間的該起始調控點之選定規則遵守 $S4/S2=S3/S1$ 的原則，其中 S1、S2 分別為 50%SoC 區域內一新電池之較低的應力指

標值、該舊電池之較低的應力指標值，S3、S4 分別為該新電池的調控起始點、該舊電池的調控起始點

接著，選定電池調控區間充電截止點。如第八圖所示，新、舊電池的充電截止的規則與調控區間放電控制起始點原理相同，以 $S8/S2 = S7/S1$ 的規則選定，其中 S7 是電池充電至原廠規格，原廠規格為充電電壓以及截止電流。然後，選定調控區間放電截止點。當電池老化時，以第八圖中 100 個循環(cycles)的應力指標曲線為例，電池老化後的應力指標值應從 S5 為 S6，使得舊電池的 S6 的應力指標與新電池的 S5 應力指標值相同。也就是說，該電池放電截止點的選擇如下：一電池變舊後的應力指標值從 S5 為 S6，使得該舊電池的應力指標值 S6 與一新電池的應力指標值 S5 相同，其中 S5、S6 分別為該新電池的電池充電截止點、該舊電池的電池充電截止點。

第九圖是根據本發明的一實施例，說明調控效益的一示意圖。其中，A 點代表操作區間的起始調控點，其放電 C-rate 可以為電池原廠建議的最大值。B 點代表操作區間放電截止點，其放電 C-rate 可以為電池原廠建議的最大值稍低的任意值。虛線所示為沒有經過操作區間調控的電池電壓-放電容量曲線隨充放次數的關係圖，C 區間分散度比有操作區間調控的結果大，代表操作區間調控在老化的抑制優於原廠建議

的放電方式。如第九圖所示，定義放電容量 2.45Ah (A 點) 時，將最大的放電電流 2C (C 代表電池放電 C-rate)調降至 2.8Ah (B 點)的 0.1C(或較小的放電值)，由上述的 A 點到 B 點就可定義出兩點之間的電流值，本實施例採用了線性方程式定義每個 SoC 的電流值。電池老化後的每次放電都可比無老化調控區間調控的方式，更能善用剩餘電能，並且老化速度較無老化調控區間調控更為和緩。另一種更能發揮電池放電速度的方法為在電池應力指標較低的區域，可放電池操作在比原廠建議值更高的放電電流，因電池操作應力較大的區段為低電量及飽電狀態，電池的循環壽命仍能比原廠建議之充放電參數操作的壽命好。

綜上所述，依據本發明的實施例提供一種基於老化調適電池運作區間的電池調控方法，電池調控方法包含：執行一種多維電化學阻抗譜檢測方法，以獲得一奈奎斯特相對於一充電狀態的三維關係圖；利用一等效電路模型分析該奈奎斯特相對於該充電狀態的該三維關係圖，藉以獲得至少一主要老化因子；定義一電池運作區間的一壓力指標關係式，再根據該壓力指標關係式定義該電池運作區間的複數個調控參考點；以及根據該複數個調控參考點，執行一電池放電調控。

以上所述者僅為依據本發明的實施範例，當不能依此限定本發明實施之範圍。即大凡發明申請專利範圍所作之均等

變化與修飾，皆應仍屬本發明專利涵蓋之範圍。

【符號說明】

110 執行一種多維電化學阻抗譜檢測方法，以獲得一奈奎斯特相對於一充電狀態的三維關係圖

120 以一等效電路模型分析該奈奎斯特相對於充電狀態的三維關係圖，以獲得至少一主要老化因子

130 定義一電池運作區間的一壓力指標關係式，再根據該壓力指標關係式定義該電池運作區間的複數個調控參考點

140 根據該複數個調控參考點，執行電池放電調控

201~209 曲線，其中每一條曲線代表先將電池充電至飽電狀態，在放電過程中進行 EIS 檢測所獲得的結果

301 曲線，代表電池從飽電狀態下定電流放電到低電量時的電壓變化特徵

R_{ct} 電荷移轉的阻抗

C_{dl} 電池正、負極板間的電容效應

R_{sei} 固體電解質介面的阻抗

C_{sei} 固體電解質介面的電容

R_w 應力因子係數

W_d 質傳係數

S1~S8 應力指標值

510 在電化學阻抗譜(EIS)檢測出的奈奎斯特圖中，先區別出總阻抗 R_{all} (=電荷移轉的阻抗 R_{ct} +串聯阻抗 R_l +固體電解質介面的阻抗 R_{sei})，與電感效應 L 和 R_o 效應分離

520 從總阻抗 R_{all} 中，解析分離出串聯阻抗 R_l

530 串聯阻抗 R_l 從總阻抗 R_{all} 解析分離出後，藉由(電荷移轉的阻抗 R_{ct} +固體電解質介面的阻抗 R_{sei})，決定應力因子係數 R_w

540 解析與決定質傳係數 W_d

R_{all} 總阻抗

701、702 曲線，代表新電池的 R_w 與 W_d 隨電池放電容量增加時的變化

703、704 曲線，代表新電池經過 100 次充放電循環後的的變化

705、706 曲線，是採用習知技術的直流阻抗(DC-IR)檢測所得

801 曲線，代表新電池的應力指標值

802 曲線，代表舊電池的應力指標值

發明摘要

※ 申請案號：103138786

※ 申請日：103.11.07

※ I P C 分類：

【發明名稱】(中文/英文)

基於老化調適電池運作區間的電池調控方法

BATTERY CONTROL METHOD BASED ON
AGEING-ADAPTIVE OPERATION WINDOWNo. 103138786 (2006.01)
No. 6/00 (2006.01)
No. 31/36 (2006.01)

【中文】

本發明主要係提供一種有關基於老化調適電池運作區間的電池調控方法，其包含下列步驟：執行一種多維電化學阻抗譜檢測方法，以獲得一奈奎斯特相對於一充電狀態的三維關係圖；利用一等效電路模型分析該奈奎斯特相對於該充電狀態的該三維關係圖，藉以獲得至少一主要老化因子；定義一電池運作區間的一壓力指標關係式，再根據該壓力指標關係式定義該電池運作區間的複數個調控參考點；以及根據該複數個調控參考點，執行一電池放電調控。

【英文】

A battery control method based on ageing-adaptive operation window is provided, including: performing a multi-dimensional electrochemical impedance spectrum method to obtain a

three-dimensional Nyquist-vs-SoC relation diagram; using an equivalent circuit model to analyze the Nyquist-vs-SoC diagram to obtain at least a major ageing factor; defining an operation window stress index, and based on the stress index defining a plurality of control reference points for the battery operation window; and based on the plurality of control points, performing the control of battery discharging.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（一）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

110 執行一種多維電化學阻抗譜檢測方法，以獲得一奈奎斯特相對於一充電狀態的三維關係圖

120 以一等效電路模型分析該奈奎斯特相對於充電狀態的三維關係圖，以獲得至少一主要老化因子

130 定義一電池運作區間的一壓力指標關係式，再根據該壓力指標關係式定義該電池運作區間的複數個調控參考點

140 根據該複數個調控參考點，執行電池放電調控

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

申請專利範圍

1. 一種基於老化調適電池運作區間的電池調控方法，其包含下列步驟：

執行一種多維電化學阻抗譜檢測方法，以獲得一奈奎斯特相對於一充電狀態的三維關係圖；

利用一等效電路模型分析該奈奎斯特相對於該充電狀態的該三維關係圖，藉以獲得至少一主要老化因子；

定義一電池運作區間的一壓力指標關係式，再根據該壓力指標關係式定義該電池運作區間的複數個調控參考點；以及

根據該複數個調控參考點，執行一電池放電調控。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之電池調控方法，其中該三維關係圖更包括複數條曲線的集合，其中每條曲線係為在一特定放電容量下的電池特徵，而該複數條曲線的集合表示該電池從飽電狀態到低電量狀態的電池特徵。

3. 如申請專利範圍第 1 項所述之電池調控方法，其中該至少一主要老化因子更包括一應力因子係數。

4. 如申請專利範圍第 1 項所述之電池調控方法，其中該等效電路模型分析的轉換流程更包括：

在檢測出的該奈奎斯特圖中，先區別出總阻抗，並與電池在高頻段特徵，造成此效應的電池內部金屬元件的電感效應分離，其中，該總阻抗係為該電池內部的一串聯阻抗、該電池內部的一極板表面形成之固體電解質介面

膜的阻抗、以及該電池的一電荷移轉的阻抗效應的總合；
 從該總阻抗中，解析分離出該串聯阻抗；
 藉由該極板表面形成之固體電解質介面膜的阻抗與該電荷移轉的阻抗效應的總合，決定應力因子係數；以及
 解析與決定質傳係數。

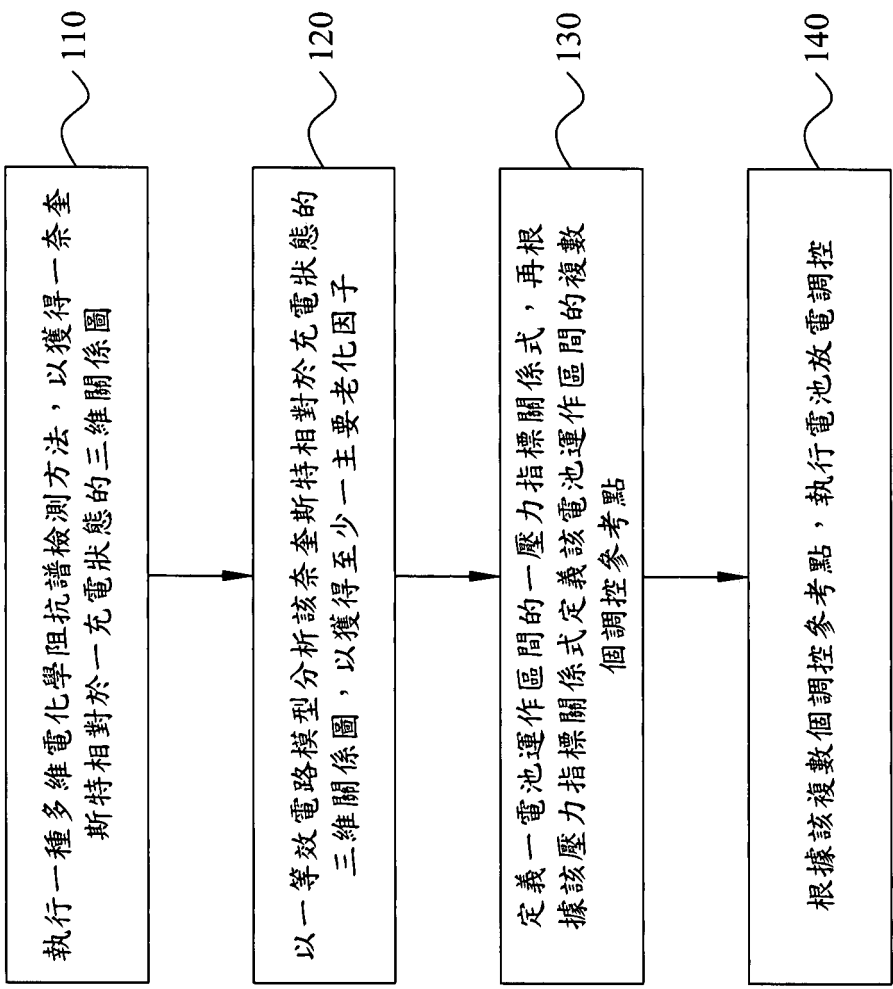
5. 如申請專利範圍第 3 項所述之電池調控方法，其中該應力因子係數係由一阻抗係數及一質傳係數所組成者。
6. 如申請專利範圍第 5 項所述之電池調控方法，其中該壓力指標關係式定義為阻抗係數 $\times (x) +$ 質傳係數 $\times (1-x)$ ，其中， x 係介於 0 到 1 之間的數值。
7. 如申請專利範圍第 5 項所述之電池調控方法，其中該阻抗係數係由一電荷移轉的阻抗與一固體電解質介面膜的阻抗所組成者。
8. 如申請專利範圍第 1 項所述之電池調控方法，其中該複數個調控參考點更包括一調控起始點、一電池放電截止點、以及一電池充電截止點。
9. 如申請專利範圍第 8 項所述之電池調控方法，其中，該調控起始點定義為比一電池在 50%SoC 時的值高出 5%~50% 以上的一選定值，就開始進行調控。
10. 如申請專利範圍第 8 項所述之電池調控方法，其中一舊電池的一調控區間的該起始調控點之選定規則遵守 $S4/S2=S3/S1$ 的原則，其中 $S1$ 、 $S2$ 分別為 50%SoC 區域內一新電池之較低的應力指標值、該舊電池之較低的應力

指標值，S3、S4 分別為該新電池的調控起始點、該舊電池的調控起始點。

11. 如申請專利範圍第 8 項所述之電池調控方法，其中該電池充電截止點的選擇係依 $S8/S2 = S7/S1$ 的規則選定，其中 S1、S2 分別為 50%SoC 區域內一新電池之較低的應力指標值、該舊電池之較低的應力指標值，S7、S8 分別為該新電池的電池充電截止點、該舊電池的電池充電截止點。

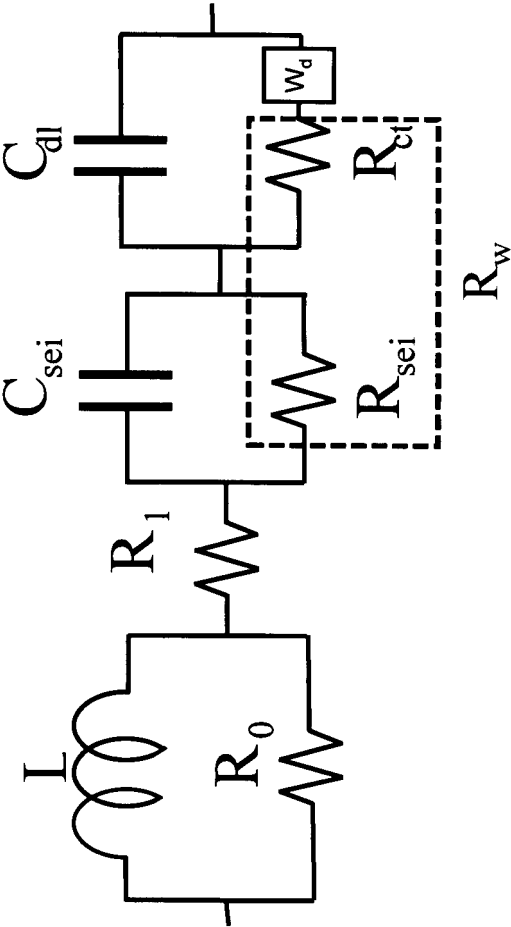
12. 如申請專利範圍第 8 項所述之電池調控方法，其中該電池放電截止點的選擇如下：

一電池變舊後的應力指標值從 S5 為 S6，使得該舊電池的應力指標值 S6 與一新電池的應力指標值 S5 相同，其中 S5、S6 分別為該新電池的電池充電截止點、該舊電池的電池充電截止點。

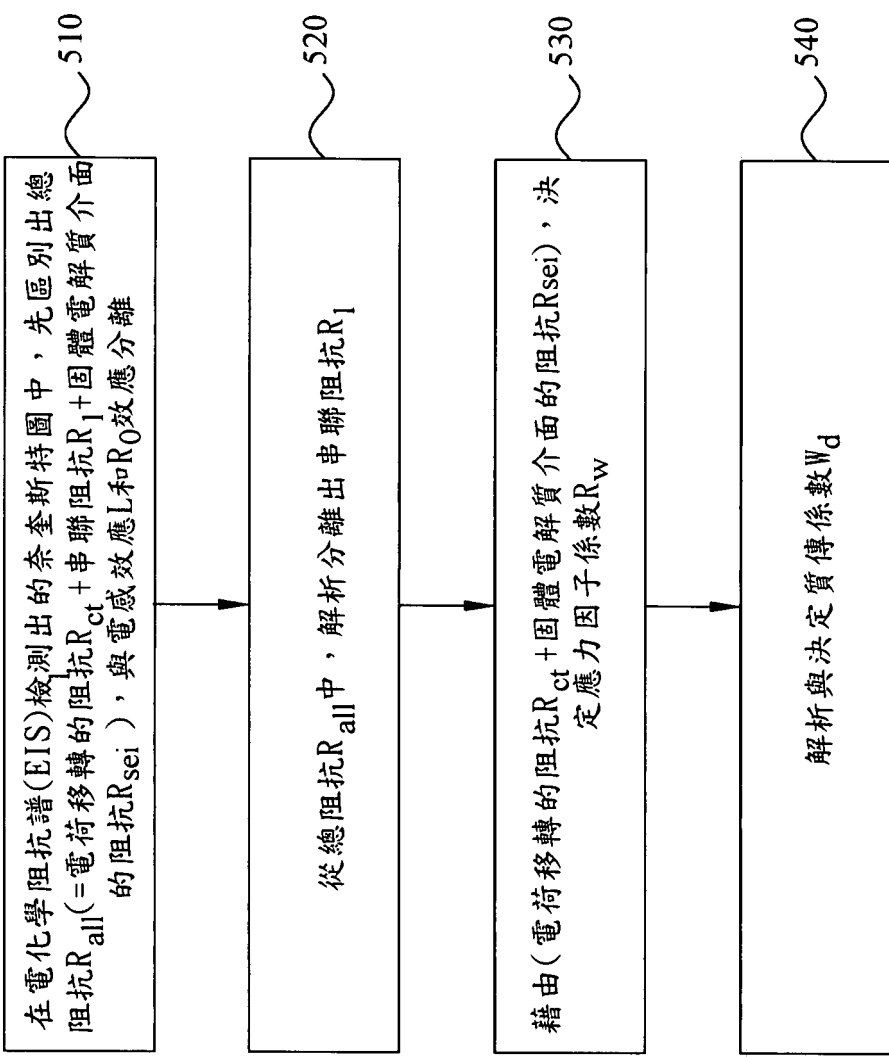


圖式

第一圖



第四圖



第五圖

