



Design Life Versus Service Life in Batteries: *It's all about the charging!* 中譯：電池充電與“設計、使用年限”之間的探討

作者：

Daniel R. Baileys III, GENEREX Systems Inc. Charlotte, NC

Edward G. Tunsoiu, P.E., New York, NY

翻譯：興鈺科技有限公司 / James Tsai 02-25-2018 @Taiwan

為什麼，幾乎所有使用中的電池才使用到 50-60% 時，便發生故障損壞。但這些電池壽命還在原廠設計年限內，確發生無法使用。在目前產業中，對這重要關鍵的應用上所發生的現象，表現的無奈且要接受的事實。電池製造商，對於電池產品設計年限界定，是以浮動電壓、溫度、放電週期處於在一個最佳的工作環境條件下去計算。電池商通常會告知且規定一些條件如后。

- (1) 環境溫度必須保持在 25°C。
- (2) 生命的週期中放電循環次數不可超過『X』次數。
- (3) 必須以 2.25Vpc 浮動電壓充電。

在這些條中，第(1)、(2)項的情況使用者通常是可以加以控制，對於第(3)項浮動電壓，在絕大多數使用者環境，是無法做得到。

電池是以保持 浮動充電狀態 做為它的設計年限的依據。浮動充電電壓範圍 是以確保電池保持充電狀態，並保持內部 電化學狀態 趨近於原始狀態。浮動電壓規定也確定減緩電池正柵極腐蝕。如果電池的浮動電壓低於規定，則電池將出現無法充保狀態和硫酸化現象，而將導致電池容量不足。如果電池持續是處於未充飽和狀態，則硫酸化致使腐蝕現象就產生。另一方面，過度充電導致正柵極腐蝕狀況，也是電池最常見的故障現象。

電池的故障是由很多因素所造成，過度放電循環次數、環境溫度變動極大、錯誤安裝方式、生產製造的品質等等(參考 Edward P. Rafter, 2005)。然而，這些所發生的因素造成電池故障的原因，是可以透過適當的維護，與及監控的方式，將可簡單輕易的改善。通常一般認為不可避免的現象：充電不當。由這一點，為什麼採用了有品牌及高單價的系統、與及安裝了溫度環境控制器、也正確方式的安裝，電池的使用時間還是一樣無法達到電池製造商所提設計年限的一半？這最大的關鍵原因出在於充電。

造成故障模式 Failure Mode	解決方案 Solution
過度放電循環次數	使用備用的電力設備：裝置 UPS 不斷電設備，與及正確的計算負載用量。
溫度	安裝環境溫度控制器：裝置有備援的精密空調系統。
安裝方式錯誤	安裝品質保證：需由專業及有認證安裝人員或廠商施作。
製造品質	及早監測的發現電池問題。
充電不當	遵守電池浮動充電規範 (大部份故障的現象是因充電所引起)。



電池不當充電最主要是因為在於 **UPS 不斷電設備/直流充電器** 中充電系統的設計問題，這個 **UPS 不斷電設備/直流充電器** 充電方式是直接將整串電池組充電。這個意思是說提供一個較高總電壓來對整串電池組進行充電，這樣是為了符合電池組串電壓與充電電壓之間相等。但它忽略且沒有考慮到整串電池組是由單顆電池來組成，很多顆電池串接起來形成為一串電池組。每顆電池由於生產製造時品質不一定相同，且這包含每顆電池的**電化學特性**也無法一致，導致於充電時，有些顆電池將會比較快速完成充電。在整串電池組裡，每顆電池的內部**電化學特性**相互間均會有些微不一致而導致電池之間電壓不一定一樣而**成為不平衡**。在整串電池組因各顆電池電壓不一致造成電壓不平衡，而形成有些電池過度充電或有些充電不足，這情形將會有更多電池因電壓不平衡逐漸演變成不平衡情形越加劇。

電壓不平衡現象最常發生在當電池組某一單顆電池裏更換了新品，此時這個問題更嚴重。因為新的電池它的**電化學狀態**比舊的電池來的狀態更佳，往往如此，很容易造成新的電池有過度充電現象。反而舊的電池變成充電不足現象。所以當每串電池組的電池，更換數量超過 **20~25%** 時，依現今行業的標準，將會建議更換整串電池組的電池。更換理由是很簡單的說法，因為新舊電池間出現電壓不平衡是無法避免的。

為了有效**減緩正電柵的腐蝕問題**，電池浮充電壓必須依據電池製造商的規範。經過研究說明，當電池組中某顆電池電壓與最佳化電壓相差越大，則將形成該單顆電池在整串電池組中失去了它的可靠性。

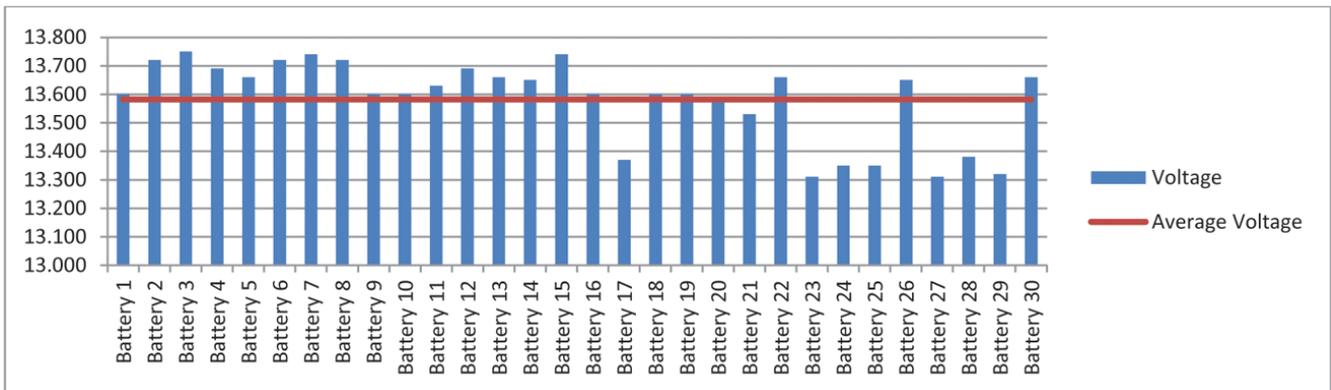


圖-1：電池組 (啟用日期/2013-07，使用時數 3 年)

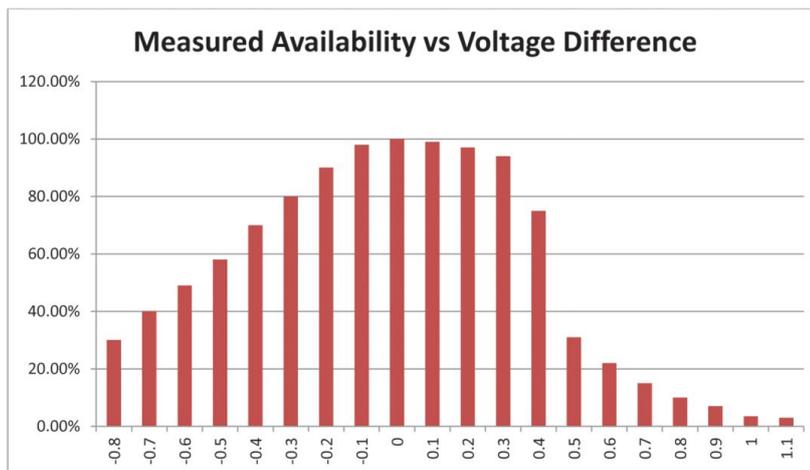


圖-2：個別電池容量值 vs 個別電池電壓平均值的電壓差(摘錄自 Kuhn, Spee, & Krein, 2005)



圖-3：電池串的所有個別電池容量(啟用日期/2013-07，使用時數 3 年)

串聯系統的可靠性是由串聯系統中每個組件的產品特性計算得出。『電池組的可靠性』是由(Gunther，2000) 根據 Kuhn、Spee和Krein (Kuhn、Spee及Krein，2005) 所提出論點，進行的研究。圖1和圖3所表示可使電池組可靠性達到29.3% (見表1)。

$$A_{String} = A_{batt1} * A_{batt2} * A_{battn}$$

Battery No.	Measured Availability
1	100%
2	99%
3	99%
4	99%
5	99%
6	99%
7	97%
8	99%
9	100%
10	100%
11	100%
12	99%
13	99%
14	99%
15	97%
16	100%
17	97%
18	100%
19	100%
20	100%
21	98%
22	98%
23	80%
24	90%
25	90%
26	99%
27	80%
28	90%
29	80%
30	99%
Total	29.3%

表 -1：電池組可靠性



主要的一個原因，當電池發生故障，在大多數的情形下，這已經不是電池製造商、設計工程師、與用戶間所造成的問題。而真正的是，現今的充電系統設計無法顧慮到電池組是由多個單顆電池所組成的事實。即使將環境溫度、放電次數等嚴格控管，電池的使用年限還是一樣無法達到設計年限。

Philip Krein 這樣說明：『鉛酸電池如果有適當的電壓充電，則它將可獲得最大的使用年限』。(Krein · 2002) 如果整串電池組的各顆電池電壓保持平衡，則電池使用的年限與充電電池狀態(SOC)將為極佳化。**充電電池狀態(SOC)是電壓平衡的代表**。另外還發現到，優化電池浮充電壓保持在符合充電電壓標準值，大大增加了整個電池組的可靠性。唯一方法是以**單一電源依電池電壓標準值進行充電確保這每一電池均達到充電**，並以電池組中的每顆電池的內部**電化學特性**進行匹配或平衡各個電池浮充電壓。



BACS® 電池管理系統 技術 BACS® (Battery Analysis Care System) Technology

BACS® 電池管理系統，是由 **GENEREX (德國/漢堡)** 公司出品，目前已經發展到第三代，最主要它可以將每顆電池電壓調節平衡。況且 **BACS® 電池管理系統** 包含了遠端網路監控、告警、通知等功能，是壹套符合當今潮流趨勢與及具有競爭力優勢的管理系統。另外也可以將它獨立整合運用成為壹套實用的環境監控管理系統。

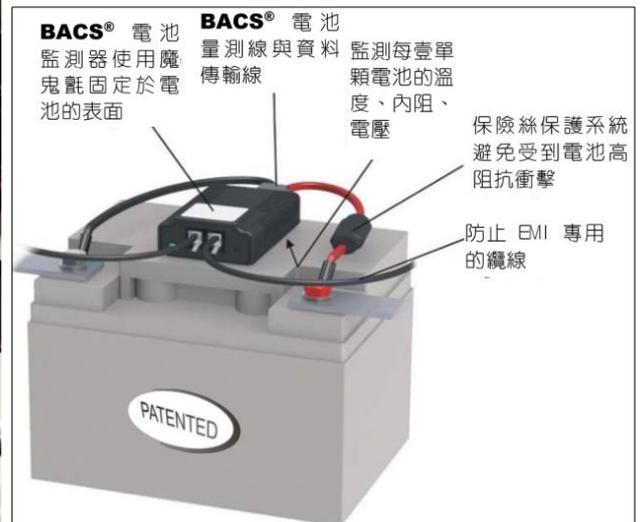
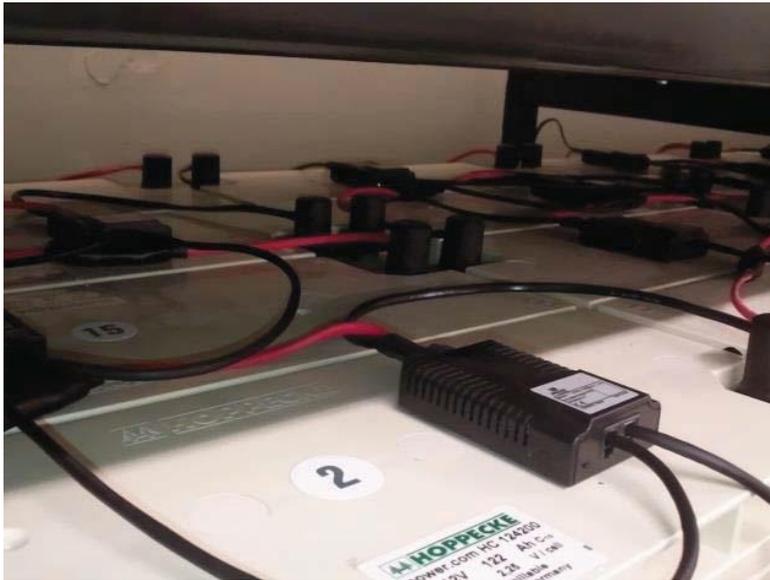


圖-5 : BACS® 電池管理系統

電池組裡的所有電池，每顆多需要安裝壹只 **BACS® 電池監測器(Module)**。這些『電池監測器』再使用『資料傳輸線』串接起來，連接至 **電池管理控制器(Web Manager)**。**BACS® 電池管理系統**，它將會依據每壹只電池監測器所量測出來該單顆電池的電壓，並將會計算出該串電池組的**目標電壓(平衡電壓)**。**BACS® 電池管理系統** 採用一種稱為『**分流電阻系統**』的被動電壓平衡技術，如果電池電壓比目標電壓高(過度電壓)時，**BACS® 電池監測器** 將會觸發啟用**旁路電路**，將大部份電路浮充電流分流至此旁路電路通路，如此將就不再有浮充電流經過電池，以防止電池過度充電，但能可繼續維持於充電模式。假若電池電壓比目標電壓低(充電不足)時，此時**旁路電路**將會被關畢停用，電路浮充電流將會經過電池進行充電，自然而然的將電池電壓提升至目標電壓，同時將有可能過度充電電池的電壓也將會逐步的調整至目標電壓。**BACS® 電池管理系統** 就是依據『**克希荷夫電流定律(Kirchhoff's current laws / KCL)**』的原理來運用。

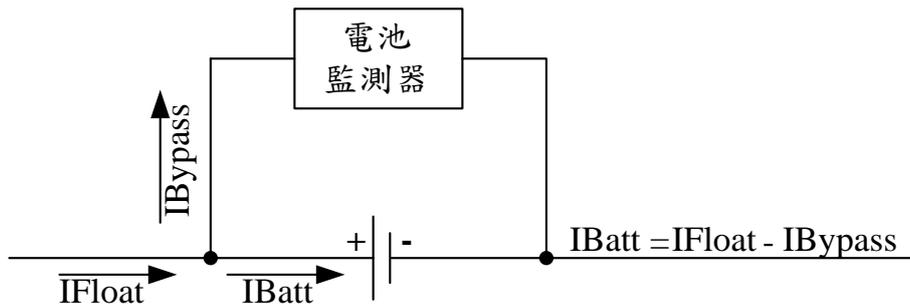


圖-6 : 克希荷夫電流定律(Kirchhoff's current laws / KCL)

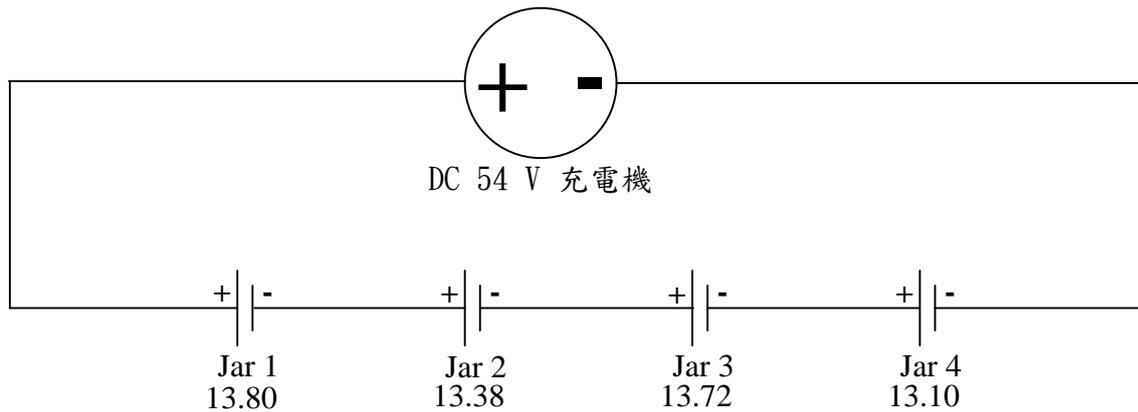


圖-7：電池組一般的充電模式

在圖 7 這個是目前典型運用範例，使用 **直流充電器** 供應直流 54V 電源，串接 12V 電池共 4 顆。電池編號#1、#3 有過度充電現象，電池編號#2、#4 有充電不足現象。圖 8 的範例，我們在每顆電池安裝了 **BACS® 電池監測器**，並與 **BACS® 電池管理控制器** 連線，系統並計算出目標電壓為 13.50V 分配至每個 **BACS® 電池監測器** 的電池。為了達成與目標電壓一致，電池編號#1 只需要 20mA 的充電電流來維持目標電壓 13.50V。電池編號#3 則需要 50mA，而電池編號#2、#4 則需要全部充電電流來充電，如此才能使電池電壓平衡。

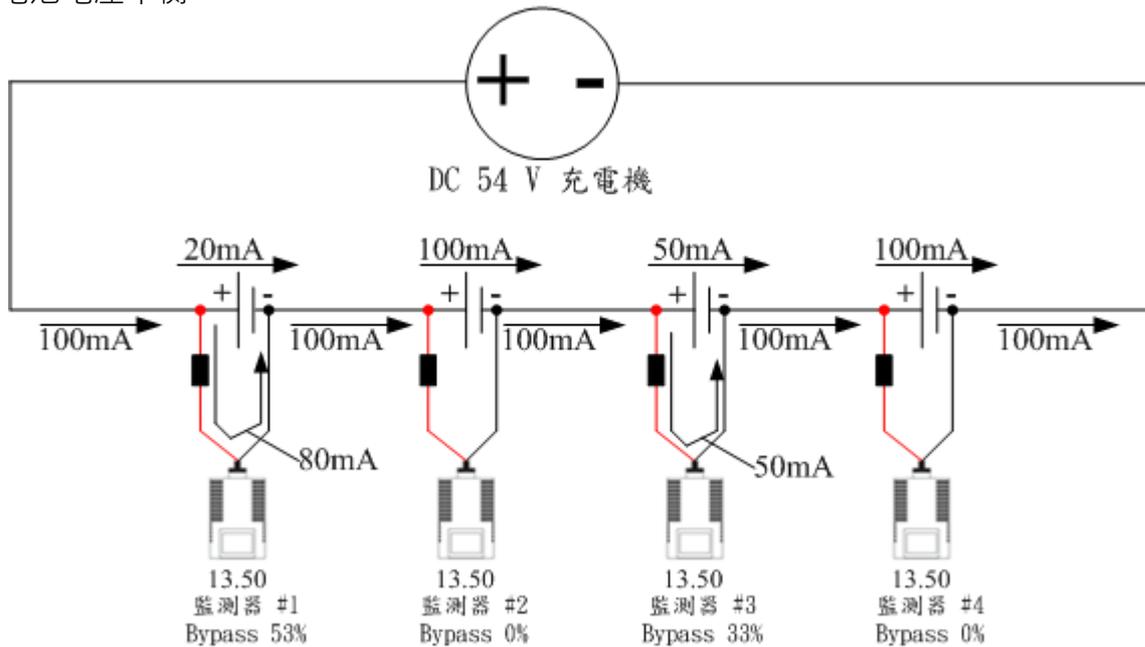


圖-8：BACS 電池管理系統電池電壓均衡

BACS® 電池管理系統 將依據 **UPS/直流充電器** 輸出電壓，計算出一個目標電壓值，然後會依此自動調整電池組單顆電池電壓達到目標電壓值。**UPS/直流充電器** 也是有利利用溫度補償的功能來作為電壓調整。**UPS/直流充電器** 負責提供整串電池組充電來源，**BACS® 電池管理系統** 負責將電池組所有各單顆電池電壓分配調整，將所有電池相互之間電壓一致達到電壓平衡，也因此減少使用年限成為電池故障主要因素，也因而有效降低電池組的故障。**BACS® 電池管理系統** 可確保電池組中新舊的電池充電電壓平衡，且每單顆電池多保持在理想浮充電壓與充電狀態(SOC)。



BACS® 電池管理系統 優化了每個電池的浮充電壓值 (見圖9) 。結果，增加了整串電池組可靠性。如果我們回到 圖2 參考之間變化比較，安裝 **BACS® 電池管理系統** 後，每單顆電池的實測可靠性為100%。因此，整串電池組總可靠性也為100%。

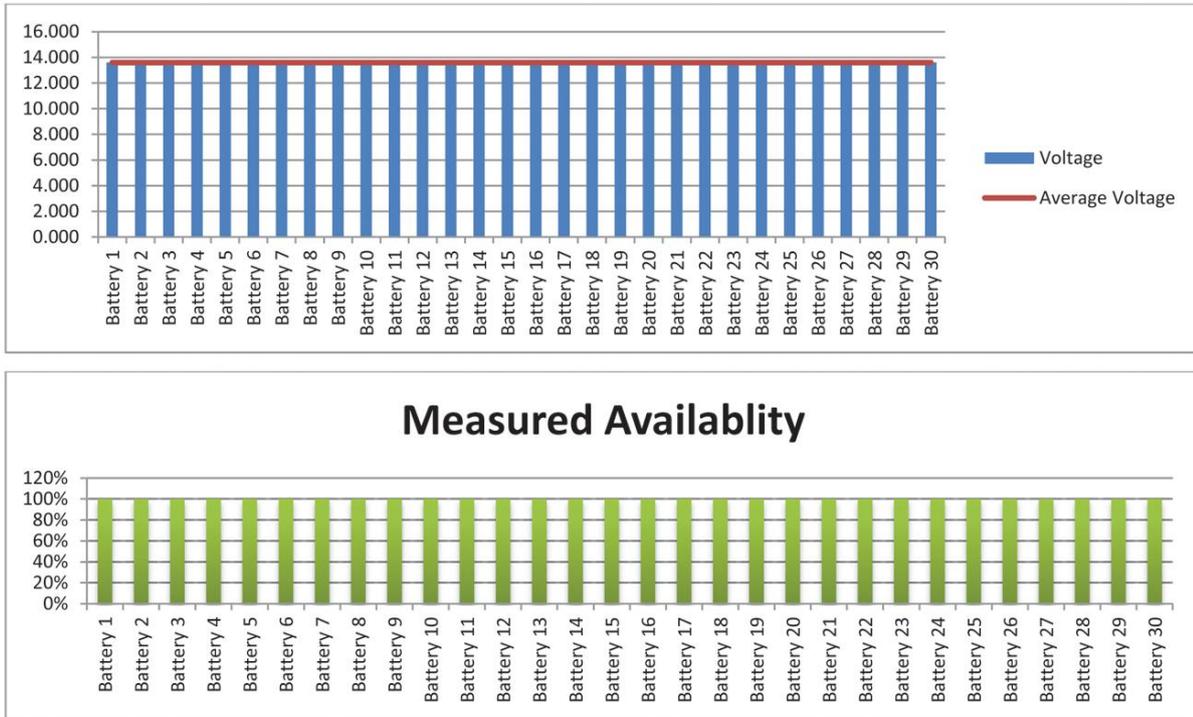


圖-9 : BACS 電池管理系統之個別電池容量

結語：

電池保持在最佳浮充電壓 - 除了保持在合理的工作溫度外，可能會提供與原廠設計的使用年限相當的使用年限。**BACS® 電池管理系統** 是一種理想的電池監控解決方案，可提供每單顆電池的電壓、溫度、電阻值，並且管理整串電池組電池各單顆保持處於最佳電壓平衡值。因此，電池使用年限將可延長了50%。**BACS® 電池管理系統** 允許將電池中某單顆故障電池直接更換新品，而不需顧慮到新舊電池之間的交互作用。**BACS® 電池管理系統** 且因有了緊急告警的監控系統可以增加電池組的容量和使用可靠性。也由於延長了電池組使用年限以及改善電池組運作環境減緩電池組更換週期，節省成本形成了同樣重要的課題。



參考文獻和致謝：

Thank you to Edward Tunsoiu, Edward has helped me sell the problem not just the product.

References

Daowd, M., Omar, N., Bossche, P. V., & Mierlo, J. V. (2011). Passive and Active Battery Balancing comparison based on MATLAB Simulation. *Vehicle Power and Propulsion Conference, VPPC*. doi:10.1109/VPPC.2011.6043010

Edward P. Rafter, P. (2005, September 1). Why Batteries Fail Prematurely. Lee's Summit, MO, USA: ecmweb.com. Retrieved from <http://ecmweb.com/content/why-batteries-fail-prematurely>

Fleming, F., Shumard, P., Evans, R., & Kurian, R. (1999, July). Float Life Verification of a VRLA Battery Utilizing a High Purity Electrochemical System. *Telecommunication Energy Conference, 1999. INTELEC '99. The 21st International*. doi: 10.1109/INTLEC.1999.794022

Gunther, N. J. (2000). *The Practical Performance Analyst*. iUniverse.

IEEE 1491. (2012, June 25). IEEE Guide for Selection and Use of Battery Monitoring Equipment in Stationary Applications. ieeexplore.ieee.org. Retrieved from <http://ieeexplore.ieee.org/document/6226325/>

Krein, P. T. (2002, December 10). Life Extension Through Charge Equalization of Lead-Acid Batteries. Urbana, IL, USA: ieeexplore.ieee.org. Retrieved from <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1048705/>

Kuhn, B., Spee, R., & Krein, P. (2005). Lifetime Effects of Voltage and Voltage Imbalance on VRLA Batteries in Cable TV Network Power. *Telecommunications Conference, 2005. INTELEC '05. Twenty-Seventh International*. doi:10.1109/INTLEC.2005.335098

Searles, C., & Schiemann, M. (2014). Understanding and Differentiating Life, Service Life, Warranty and Accelerated Life Testing for Lead Acid Batteries. *18th Battcon International Stationary Battery Conference*. Boca Raton, FL.



關於 GENEREX :

GENEREX 的產品行銷全球，緊急電力備援領域應用領導品牌。位於德國漢堡，主要產品 UPS 不斷電設備 SNMP 控制卡、網路關機應用軟體與電池管理系統等等。

在美國銷售的所有產品均在美國設計，製造和庫存。

www.generex.de

關於 興鈺科技有限公司 :

是為 **GENEREX GmbH**(德國漢堡)正式授權台灣代理商，負責 **GENEREX** 產品銷售業務：

- **GENEREX** 產品推廣 / Promote **GENEREX** Products。
- 銷售合約簽訂 / Conclude sales contracts。
- 提供客戶技術支援服務 / Give technical support to the customer。
- 原廠產品售後服務 / Perform after sales service。
- 提供原廠備品 / Provide original spare parts。

www.generex.tw

info@generex.tw

TEL: +886-3-8349447

FAX: +886-3-8310257