



Design Life Versus Service Life in Batteries: *It's all about the charging!* 中译：电池充电与“设计、使用年限”之间的探讨

作者：

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

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

翻译：兴钰科技有限公司 / James Tsai 02-25-2018 @Taiwan

为什么，几乎所有使用中的电池才使用到 50-60% 时，便发生故障损坏。但这些电池寿命还在原厂设计年限内，确发生无法使用。在目前产业中，对这重要关键的应用上所发生的现象，表现的无奈且要接受的事实。电池制造商，对于电池产品设计年限界定，是以浮动电压、温度、放电周期处于在一个最佳的工作环境条件下去计算。电池商通常会告知且规定一些条件如后。

- (1) 环境温度必须保持在 25°C。
- (2) 生命的周期中放电循环次数不可超过 [X] 次数。
- (3) 必须以 2.25Vpc 浮动电压充电。

在这些条中，第(1)、(2)项的情况使用者通常是可以加以控制，对于第(3)项浮动电压，在绝大多数使用者环境，是无法做得到。

电池是以保持 浮动充电状态 做为它的设计年限的依据。浮动充电电压范围 是以确保电池保持充电状态，并保持内部 电化学反应 趋近于原始状态。浮动电压规定也确定减缓电池正栅极腐蚀。如果电池的浮动电压低于规定，则电池将出现无法充保状态和硫酸化现象，而将导致电池容量不足。如果电池持续是处于未饱和状态，则硫酸化致使腐蚀现象就产生。另一方面，过度充电导致正栅极腐蚀状况，也是电池最常见的故障现象。

电池的故障是由很多因素所造成，过度放电循环次数、环境温度变动极大、错误安装方式、生产制造的质量等等(参考 Edward P. Rafter, 2005)。然而，这些所发生的因素造成电池故障的原因，是可以透过适当的维护，与及监控的方式，将可简单轻易的改善。通常一般认为不可避免的现象：充电不当。由这一点，为什么采用了有品牌及高单价的系统、与及安装了温度环境控制器、也正确方式的安装，电池的使用时间还是一样无法达到电池制造商所提设计年限的一半？这最大的关键原因出在于充电。

造成故障模式 Failure Mode	解决方案 Solution
过度放电循环次数	使用备用的电力设备：装置 UPS 不断电设备，与及正确的计算负载用量。
温度	安装环境温度控制器：装置有备援的精密空调系统。
安装方式错误	安装质量保证：需由专业及有认证安装人员或厂商施作。
制造质量	及早监测的发现电池问题。
充电不当	遵守电池浮动充电规范 (大部份故障的现象是因充电所引起)。



电池不当充电最主要是因为在于 **UPS 不断电设备/直流充电器** 中充电系统的设计问题，这个 **UPS 不断电设备/直流充电器** 充电方式是直接将整串电池组充电。这个意思是说提供一个较高总电压来对整串电池组进行充电，这样是为了符合电池组串电压与充电电压之间相等。但它忽略且没有考虑到整串电池组是由单颗电池来组成，很多颗电池串接起来形成为一串电池组。每颗电池由于生产制造时质量不一定相同，且这包含每颗电池的**电化学特性**也无法一致，导致于充电时，有些颗电池将会比较快速完成充电。在整串电池组里，每颗电池的内部**电化学特性**相互间均会有些微不一致而导致电池之间电压不一定一样而**成为不平衡**。在整串电池组因各颗电池电压不一致造成电压不平衡，而形成有些电池过度充电或有些充电不足，这情形将会有更多电池因电压不平衡逐渐演变成不平衡情形越加剧。

电压不平衡现象最常发生在当电池组某一单颗电池里更换了新品，此时这个问题更严重。因为新的电池它的**电化学状态**比旧的电池来的状态更佳，往往如此，很容易造成新的电池有过度充电现象。反而旧的电池变成充电不足现象。所以当每串电池组的电池，更换数量超过 **20~25%** 时，依现今行业的标准，将会建议更换整串电池组的电池。更换理由是很简单的说法，因为新旧电池间出现电压不平衡是无法避免的。

为了有效**减缓正电栅的腐蚀问题**，电池浮充电压必须依据电池制造商的规范。经过研究说明，当电池组中某颗电池电压与优化电压相差越大，则将形成该单颗电池在整串电池组中失去了它的可靠性。

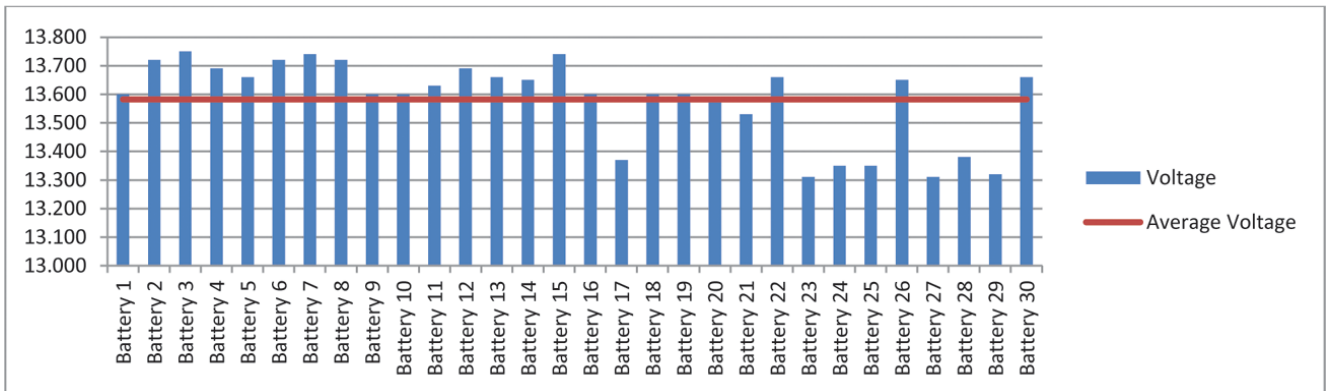


图-1: 电池组 (启用日期/2013-07, 使用时数 3 年)

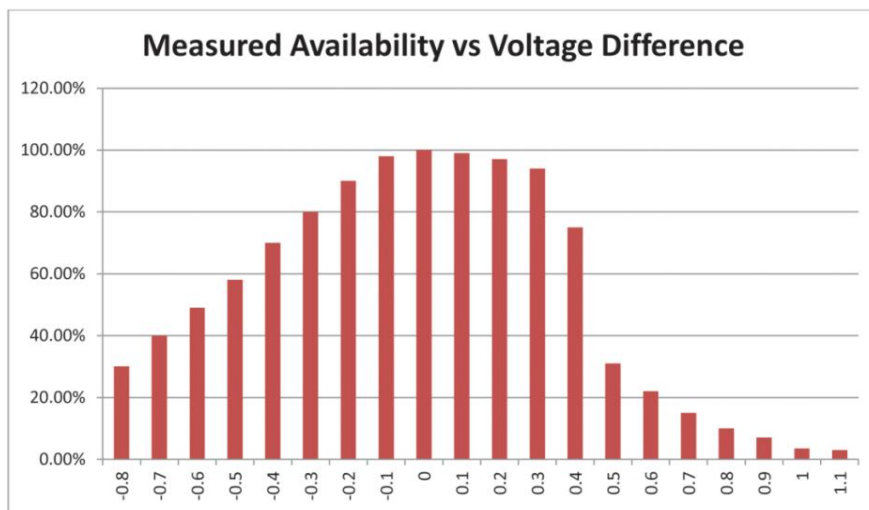


图-2: 个别电池容量值 vs 个别电池电压平均值的电压差(摘录自 Kuhn, Spee, & Krein, 2005)



图-3：电池串的所有个别电池容量(启用日期/2013-07，使用时数 3 年)

串联系统的可靠性是由串联系统中每个组件的产品特性计算得出。【电池组的可靠性】是由(Gunther, 2000) 根据 Kuhn、Spee和Krein (Kuhn、Spee及Krein, 2005) 所提出论点，进行的研究。图1和图3 所表示可使电池组可靠性达到29.3% (见表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 : 电池组可靠性



主要的一个原因，当电池发生故障，在大多数的情形下，这已经不是电池制造商、设计工程师、与用户间所造成的问题。而真正的是，现今的充电系统设计无法顾虑到电池组是由多个单颗电池所组成的事实。即使将环境温度、放电次数等严格控管，电池的使用年限还是一样无法达到设计年限。

Philip Krein 这样说明：『铅酸电池如果有适当的电压充电，则它将可获得最大的使用年限』。(Krein, 2002) 如果整串电池组的各颗电池电压保持平衡，则电池使用的年限与充电电池状态(SOC)将为极佳化。**充电电池状态(SOC)是电压平衡的代表**。另外还发现到，优化电池浮充电压保持在符合充电电压标准值，大大增加了整个电池组的可靠性。唯一方法是以**单一电源依电池电压标准值进行充电确保这每一电池均达到充电**，并以电池组中的每颗电池的内部**电化学特性**进行匹配或平衡各个电池浮充电压。



解决的方案？

UPS与直流充电器 是无法为整串电池组里每一单颗电池独立充电，这是因为先天性设计的问题。也因为无法为整串电池组每一单颗电池依个别电化学状态分类，而进行相互匹配。最终仅只有一个唯一的方案，就是需要有一个系统来处理电压平衡的事情。

就是需要设计一个系统，它不需要在意每一单颗电池内部电化学状态的变化，而来解决整串电池组电压不平衡而让每颗电池平衡转变成一个稳定的电池系统。当整串电池组的每颗**电池电压平衡**时，将可防止**电池过度充电或充电不足**现象，进而提高整串电池组的可靠性，与及**延长使用年限(将会比以往的使用年限提高达50%)**。整串电池组的每一单颗电池电压平衡后，即可确保每颗电池在最佳充电状态，进而达到电池组容量在饱和状态。

UPS 不断电设备，一般使用年限寿命约在**20年**，超过年限后，整个设备便需要更新。但往往在设备使用年限期间，整串电池组大概会更换到三组。但假若电池有做到电压平衡，我们将会发现更换次数减少不到两次。

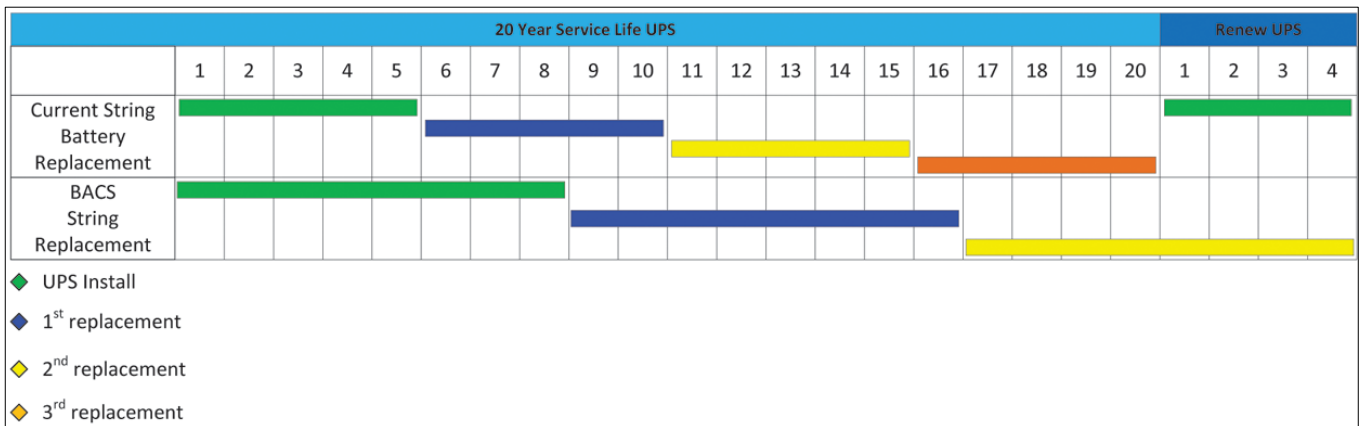


图-4：电池组更换周期

具有**电压平衡**的功能的电池管理系统，它将是为壹套更完备齐全系统。并且它还须具有量测电池电压、内组、温度及整串电池组的串电压与电流的数据。而且这套系统也提供的电池长期时间运作数据、告警、通知等历史数据作为分析电池的**健康状态(SOH)**。

GENEREX 的 BACS® 电池管理系统 可以说是完全符合这些条件的系统。



BACS® 电池管理系统 技术 BACS® (Battery Analysis Care System) Technology

BACS® 电池管理系统，是由 **GENEREX (德国/汉堡)** 公司出品，目前已经发展到第三代，最主要它可以将每颗电池电压调节平衡。况且 **BACS® 电池管理系统** 包含了远程网络监控、告警、通知等功能，是壹套符合当今潮流趋势与及具有竞争力优势的管理系统。另外也可以将它独立整合运用成为壹套实用的环境监控管理系统。

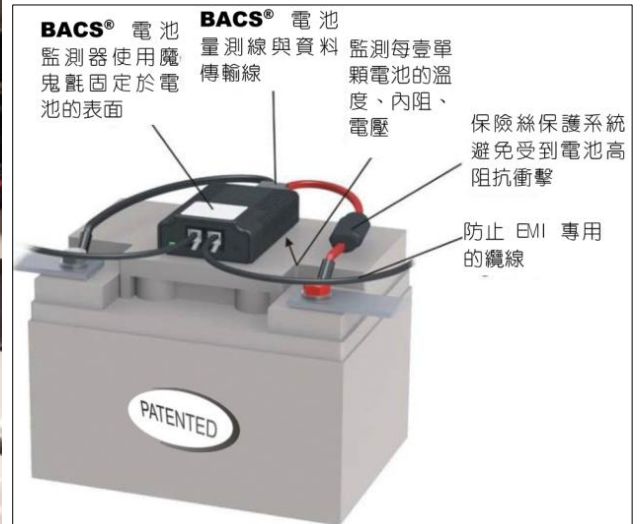


图-5 : BACS® 电池管理系统

电池组里的所有电池，每颗多需要安装壹只 **BACS® 电池监测器(Module)**。这些【**电池监测器**】再使用【**数据传输线**】串接起来，连接至 **电池管理控制器(Web Manager)**。**BACS® 电池管理系统**，它将会依据每壹只电池监测器所量测出来该单颗电池的电压，并将会计算出该串电池组的**目标电压(平衡电压)**。**BACS® 电池管理系统** 采用一种称为【**分流电阻系统**】的被动电压平衡技术，如果电池电压比目标电压高(过度电压)时，**BACS® 电池监测器** 将会触发启用**旁路电路**，将大部份电路浮充电流分流至此旁路电路通路，如此将就不再有浮充电流经过电池，以防止电池过度充电，但能可继续维持于充电模式。假若电池电压比目标电压低(充电不足)时，此时**旁路电路**将会被关毕停用，电路浮充电流将会经过电池进行充电，自然而然的将电池电压提升至目标电压，同时将有可能会过度充电电池的电压也将会逐步的调整至目标电压。**BACS® 电池管理系统** 就是依据【**克希荷夫电流定律(Kirchhoff's current laws / KCL)**】的原理来运用。

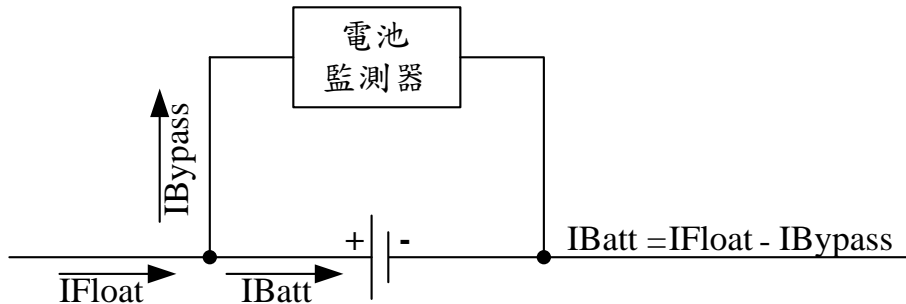


图-6: 克希荷夫电流定律(Kirchhoff's current laws / KCL)

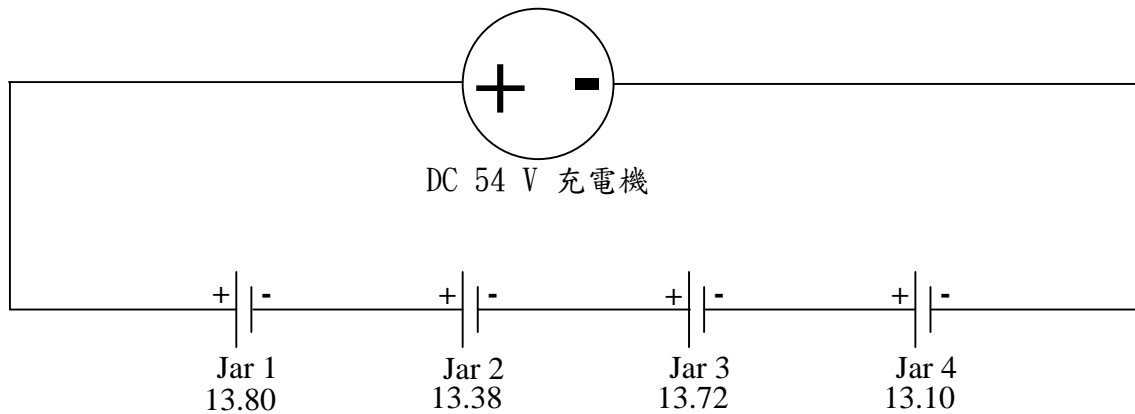


图-7: 电池组一般的充电模式

在图 7 这个是目前典型运用范例，使用 **直流充电器** 供应直流 54V 电源，串接 12V 电池共 4 颗。电池编号#1、#3 有过度充电现象，电池编号#2、#4 有充电不足现象。图 8 的范例，我们在每颗电池安装了 **BACS® 电池监测器**，并与 **BACS® 电池管理控制器** 联机，系统并计算出目标电压为 13.50V 分配至每个 **BACS® 电池监测器** 的电池。为了达成与目标电压一致，电池编号#1 只需要 20mA 的充电电流来维持目标电压 13.50V。电池编号#3 则需要 50mA，而电池编号#2、#4 则需要全部充电电流来充电，如此才能使电池电压平衡。

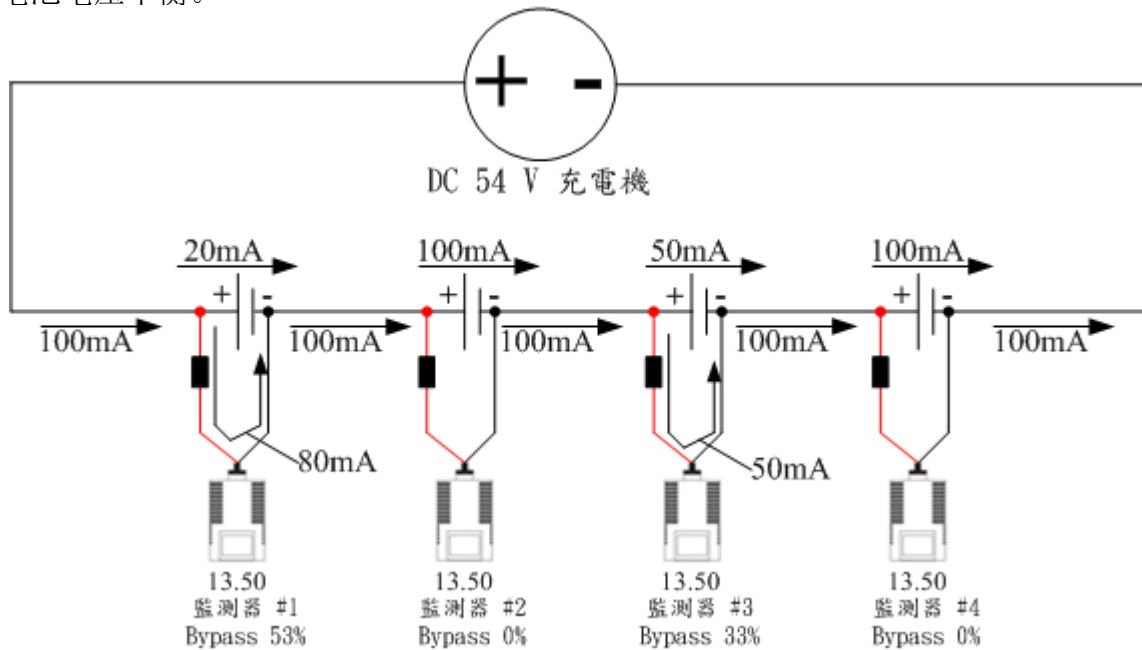


图-8: BACS 电池管理系统电池电压均衡

BACS® 电池管理系统 将依据 **UPS/直流充电器** 输出电压，计算出一个目标电压值，然后会依此自动调整电池组单颗电池电压达到目标电压值。**UPS/直流充电器** 也是有利用温度补偿的功能来作为电压调整。**UPS/直流充电器** 负责提供整串电池组充电来源，**BACS® 电池管理系统** 负责将电池组所有各单颗电池电压分配调整，将所有电池相互之间电压一致达到电压平衡，也因此减少使用年限成为电池故障主要因素，也因而有效降低电池组的故障。**BACS® 电池管理系统** 可确保电池组中新旧的电池充电电压平衡，且每单颗电池多保持在理想浮充电压与充电状态(SOC)。



BACS® 电池管理系统 优化了每个电池的浮充电压值（见图9）。结果，增加了整串电池组可靠性。如果我们回到 图2 参考之间变化比较，安装 **BACS® 电池管理系统** 后，每单颗电池的实测可靠性为 100%。因此，整串电池组总可靠性也为100%。

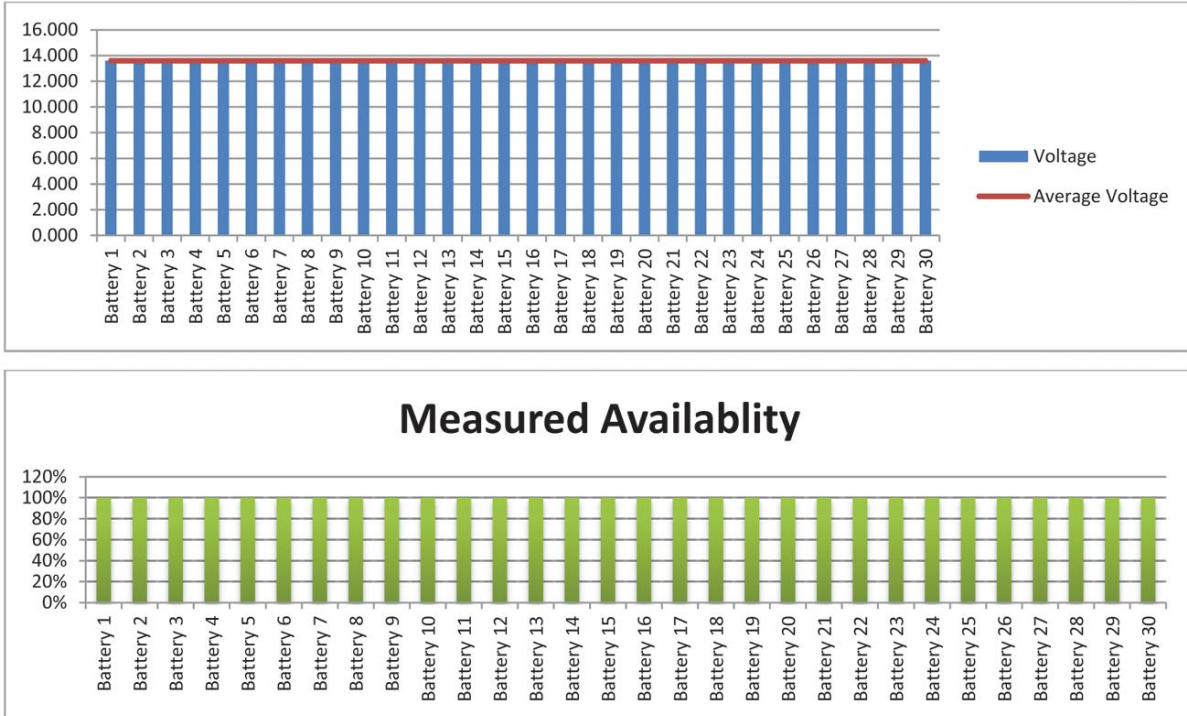


图-9: BACS 电池管理系统之个别电池容量

结语:

电池保持在最佳浮充电压 - 除了保持在合理的工作温度外，可能会提供与原厂设计的使用年限相当的使用年限。**BACS® 电池管理系统** 是一种理想的电池监控解决方案，可提供每单颗电池的电压、温度、电阻值，并且管理整串电池组电池各单颗保持处于最佳电压平衡值。因此，电池使用年限将可延长了50%。**BACS® 电池管理系统** 允许将电池中某单颗故障电池直接更换新品，而不需顾虑到新旧电池之间的交互作用。**BACS® 电池管理系统** 且因有了紧急告警的监控系统可以增加电池组的容量和使用可靠性。也由于延长了电池组使用年限以及改善电池组运作环境减缓电池组更换周期，节省成本形成了同样重要的课题。



参考文献和致谢:

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.



关于 GENEREX:

GENEREX 的产品营销全球, 紧急电力备援领域应用领导品牌。位于德国汉堡, 主要产品 UPS 不断电设备 SNMP 控制卡、网络关机应用软件与电池管理系统等等。

在美国销售的所有产品均在美国设计, 制造和库存。

www.generex.de

关于 兴钰科技有限公司:

是为 **GENEREX GmbH**(德国汉堡)正式授权台湾代理商, 负责 **GENEREX** 产品销售业务:

- **GENEREX** 产品推广 / Promote **GENEREX** Products。
- 销售合约签订 / Conclude sales contracts。
- 提供客户技术支持服务 / Give technical support to the customer。
- 原厂产品售后服务 / Perform after sales service。
- 提供原厂备品 / Provide original spare parts。

www.generex.tw

info@generex.tw

TEL: +886-3-8349447

FAX: +886-3-8310257