

doi: 10.7690/bgzd.2014.03.025

电池监测产品的可靠性研究

刘万山

(绵阳市维博电子有限责任公司传感器技术部, 四川 绵阳 621000)

摘要: 为保障电池系统的可靠运行, 对电池监测产品自身的可靠性进行研究。鉴于测量原理及其工作环境的特殊性, 通过对实际产品的研制、认证、应用过程进行分析与改进, 详细描述了电池监测产品采样前端的过压、共模干扰、串模干扰模型, 并给出抑制措施; 讨论了关键信号负过冲的解决方案; 说明了结构与线缆的设计要点; 强调了 HALT 试验的重要性。实践表明, 相关设计提高了电池监测产品的可靠性及安全运维性。

关键词: 可靠性; 过压; 共模干扰; 串模干扰; 负过冲; 结构与线缆; HALT 试验

中图分类号: TP206 **文献标志码:** A

Reliability Study of Battery Monitoring Products

Liu Wanshan

(Department of Sensor Technology, Mianyang Weibo Electronics Co., Ltd, Mianyang 621000, China)

Abstract: For the battery system working reliably, study on the reliability of the battery monitoring product itself. In view of its particularity on measurement principle and working environment, and based on the analysis and improvement in actual product development, certification, and applications, the paper described the models in detail about the over-voltage, common mode interference, series mode interference on the sample ports of the battery monitoring product, gave the suppression methods; and discussed the solutions to the undershoot of the key signals; Also explained the design essentials of the structure and cable. Finally, emphasized the importance of HALT experiment. Practice has showed that these designs enhanced the reliability and ensured safety maintenance.

Keywords: reliability; over-voltage; common mode interference; series mode interference; undershoot; structure and cable; HALT experiment

0 引言

人类对能源需求的不断攀升和自然资源的日渐枯竭, 加之公众对环保生活的期望, 推动了新能源技术的发展。作为储能及后备电源系统基础元件, 动力电池组也随之得到迅速发展。新能源已经在汽车、电力、通信等行业得到了前所未有的应用, 但由于其固有的电化学特性并未改变, 而应用现场不规律充放电、工作温度高、维护不当等原因造成了提前失效, 不仅给系统正常运行带来极大隐患, 也大大增加了废旧电池的回收处理等环保工作, 故加强电池的健康运行管理意义重大。所幸随着近年来内阻测试技术的发展, 各行业均已实现了较为全面电池组在线测试与管理^[1-5]。然而, 在关心电池的电压、内阻、温度、剩余容量、充放电电流等参数准确测量的同时, 也必须要研究监测产品的可靠性。基于此, 笔者根据实际 CE 认证及长期现场工作经验, 描述了电池监测产品可靠性设计的详细模型, 分析了突出的可靠性设计项目, 并在产品实际应用中验证了相关设计的有效性。

1 概述

为了实现电池组的综合监测与维护, 除单体电压外还需监测单体内阻、温度、电流等参数, 现场布线相当复杂, 以致监测产品的可靠性设计较一般的电子产品有所不同。一方面, 由于电池组是串联的, 对单体电池进行测量时, 测量端电路承受了很高的共模电压, 极易引入共模干扰, 加上复杂布线间的电磁感应、电源噪声等引入的串模干扰, 会严重影响信号测量的准确度; 另一方面, 在大容量电力操作电源系统中, 常采用 108 节的 2 V 单体电池串联, 组压可高达 220 V 以上, 而大型计算机中心的 UPS 后备电源常用 34 节 12 V 单体电池串联, 组压更是高达 400 V 以上, 高压对采样电路安全性以及安全操作都有很高要求, 对使用者来说, 也都体现了产品的可靠性指标。故相对于通用电子产品而言, 电池监测产品有其采样原理及应用场合的特殊性, 如何保证其在上述环境下准确可靠工作, 以及安全操作是文中讨论的重点。

收稿日期: 2013-11-19; 修回日期: 2013-12-16

作者简介: 刘万山(1979—), 男, 贵州人, 本科, 工程师, 从事智能仪表研究。

2 采样前端的过压保护

由于单体电池串联后，组压很高，2 V 电池在充满状态，最高电压为 2.7 V，这时 12 V 电池最高电压为 16.2 V，计算机中心的 UPS 后备电源组压可达 518.4 V。由电池的失效模式可知，电池开路是有可能发生的^[3]，甚至更换某一节落后电池时，都体现为单体电池的开路状态。以开关选通测量方案为例，此时采样电路如图 1 所示，任一时刻有 2 个开关 K 接通，以选通被测量的单体电池。设计中一定不能无视电池组负载 R_L 通路的存在，因为相对于开关的开路阻抗，负载电阻与采样电路的输入阻抗可以忽略，于是当出现单体电池开路故障或更换电池时、甚至在正常测量组压时，几乎整组电池的组压就施加到 2 只开关上，不可避免地在选通单体电池时总会出现仅 1 只开关处于断开状态的时刻，那么此开关便承受了整组高压，最糟的是不可避免地在选通单体电池时总会出现仅一只开关处于断开状态时刻，那么此开关便承受了整组高压，这决定了模拟电子开关不能用，电磁继电器触点寿命低也不能使用。此处推荐采用诸如 AQY216、PS7241 等 PhotoMOS Relay。注意采样保护电阻 R_p 也应充分的考虑功率与温漂指标，以保证采样电路的可靠，实际产品批量投入现场后，采样端口器件失效大部分源于上述设计不合理。

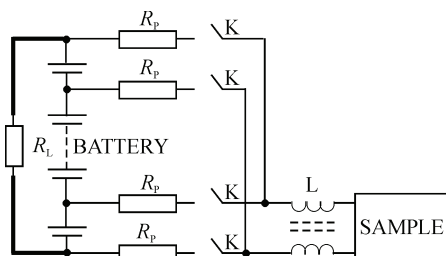


图 1 多路选通电池组采样电路模型

3 共模干扰抑制

如前所述，在对串联工作的电池组进行单体电池参数测量时本身存在较高的共模电压，而作为监测工具，总是希望产品在测量的同时对电池能量的消耗越低越好，于是采样电路必定优选高阻输入的。由于电池组本身的低阻特性，传递到线缆上的共模干扰绝大部分进入监测产品，导致产品工作于 UPS、逆变器等负载环境时，时常引入很强的共模干扰，造成测量数据错乱，系统崩溃。较可靠的解决办法是采用隔离测量，并在输入端安装共模滤波器，如图 1 中的共模滤波器 L，L 的设计应考虑认证标准

的频段，并测试现场共模干扰源的频率特性来设计，一般要求 L 的极点频率小于 1/10 的干扰频率。

4 串模干扰抑制

串模干扰主要来源于长距离的并行走线、空间电磁干扰的差模转化和系统电源噪声等，相关标准规定了产品对其的抑制比。对于前两者，均可等效为空间分布电容的干扰，如图 2 所示。CABLE 为流有交变电流的电缆或其他电磁干扰源，通过分布电容 C_{P1} 、 C_{P2} 将干扰施加于被测信号 SIGNAL+、SIGNAL-，由于较长距离、并行走线的原因， C_{P1} 、 C_{P2} 大小不同而对被测信号影响不一致，形成表现为工频特性的串模干扰。由模型可知，此类干扰的特征相当于对有用信号叠加一电压信号，因此对于电流信号影响不大，但对于电池电压、内阻类信号，尤其是 2 V 大容量的电池组来说，会严重影响测量准确度，鉴于实现成本高及现场布线困难等原因，不适于采用屏蔽线、双绞线来克服串模干扰，再者，这也不能实现对系统电源噪声引起的串模干扰的抑制，故最佳抑制方案是滤波，而电池监测产品是多路采集系统，且干扰频率较低，用模拟滤波器则会严重影响系统的响应时间。

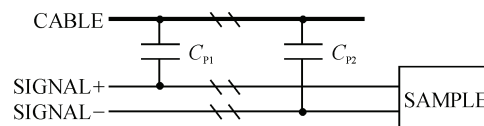
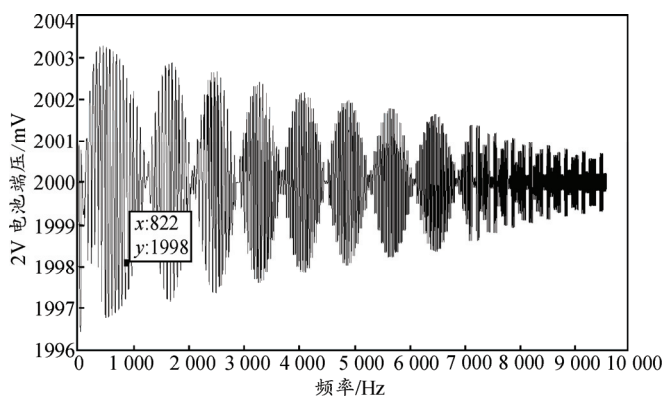


图 2 电池采样线串模干扰模型



2 V 电池端压采样数据加 4 周期汉宁窗滤波

图 3 串模干扰抑制 Matlab 仿真

本设计采用了交流采样原理与 FIR 滤波算法相结合来抑制串模干扰，实现方法是以工频为基准对被测电池信号进行多周期过采样，然后对采样序列进行加窗滤波，如图 3 所示的 2 V 电池端压仿真数据，要满足干扰信号衰减 50 dB 的要求，加 4 个周期汉宁窗系数滤波即可。实测与仿真结果无异，完

全达到相关标准要求。如果要衰减更低频的干扰信号，采样周期还要加长，当然这要与采样的实时性相平衡。本算法能有效的一个关键前提是硬件电路的设计要充分考虑到干扰信号的幅值，给采样电路预留足够的余量，否则会因串扰信号被削波而失效。

5 关键信号的负过冲抑制

对单体电池的监测一般采用轮巡方式，但要求实时性强，为电池的维护管理提供实时的数据。故统计设计大多采用高 CPU，这又将引发另一个影响产品工作寿命的问题—信号完整性。其中最严重的是高速 I/O 时序的负过冲常常超过关键 CPU 外围器

件的承受极限，导致加速器件失效，由 ANSI/EEA-656 的 IBIS 模型可知，器件的 I/O 口均有寄生电感、寄生电容，负过冲源于高速开关时的 di/dt 、 du/dt 。电池监测产品强调数据处理的高速，而不是对外围器件操作的高速，所以比较有效的解决办法就是要设置 CPU 较低的开关速度，并在实测负过冲超出指标的信号线上加适当的滤波电容。图 4 所示是以 STM32FX 系列单片机以 50 MHz 的 I/O 口速度操作铁电存储器时的波形，负过冲超标，只加电容几乎没什么效。图 5 是 I/O 口速度改为 2 MHz 且总线加 100 pF 滤波电容后的波形，有效地抑制了负过冲的影响。

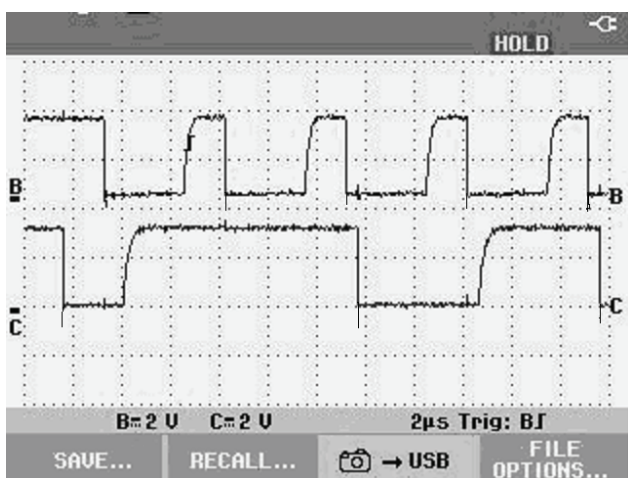


图 4 50 MHz 的 I/O 速度操作铁电存储器波形

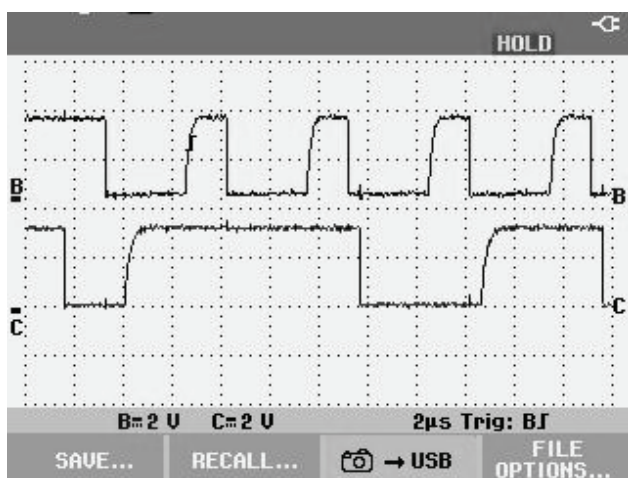


图 5 2 MHz 的 I/O 速度操作铁电存储器波形 (加 100 pF 滤波电容)

6 结构与线缆设计

电池组在工作过程中需要定期维护，检查测试线缆或更换监测产品都需要接触到产品外部。由于电池组高压的存在，产品的接线端子要加以必要的安全防护，按 CE 标准要求，这些端子是正常操作时可触及的。需要注意的是，即便是通过了安规认证的接线端子也只是保证了电气的安全性，而并未考虑操作者的人身安全。若产品采用金属外壳，则各部件要保持良好的连接，整机应进行可靠的接地。

电池采样线的设计也十分重要，需要在近电池端设计防潮、可更换的熔断丝或 PPTC 以加强安全运维，原因是在产品监测接线或采样电路出现短路故障时，都会对电池形成短路，必须保护，否则会因电流过大而损坏电池，甚至线路过热引起火灾。

7 结束语

随着低功耗与无线通讯技术的发展，分布式电池管理系统是较好的解决方案，但无论是分布式还

是集中式，始终少不了在线测试环节，产品的可靠性仍是关键，上述大部分解决方案依然适用。当然，产品研制过程中的可靠性试验也不可忽视^[1]，如 HALT 试验就可较好地验证元器件质量及产品加工工艺。依照上述模型研制的电池巡检仪在认证及现场应用中都收到了很好的效果，有效地解决了电池监测系统特有的问题，运行稳定可靠。

参考文献:

- [1] 张浩, 周小萍, 肖艺. 蓄电池巡回检测装置的可靠性改进研究[J]. 宇航计测技术, 2013(1): 75-78.
- [2] 李广玲. 新型蓄电池智能检测装置研究[J]. 科技传播, 2013(1): 174-176.
- [3] 王秀菊, 李莉. 电力电源中蓄电池失效模式及在线监测[J]. 电源技术, 2004, 28(12): 790-793.
- [4] 张纪元. 阀控铅酸蓄电池的使用和维护[J]. 电池, 1997, 27(6): 278-281.
- [5] 赵亚锋, 冯广斌, 张连武. 蓄电池一致性配组研究[J]. 兵工自动化, 2006, 25(10): 71-72.