

通信机房蓄电池并联隔离管理器设计与应用

张瑜¹, 陈皓²

(1. 中国移动通信集团设计院有限公司, 北京 100080;

2. 中国移动通信集团设计院有限公司 重庆分公司, 重庆 400042)

摘要: 5G 网络基础设施快速建设过程中, 由于通信机房蓄电池组大规模扩容与新旧替换, 工程中剩余较大数量废旧蓄电池组; 针对现有蓄电池组直接并联使用出现的电压钳位与电流分流等问题, 提出通信机房蓄电池并联隔离管理技术研究, 采用时分隔离、电流控制、组合脉冲宽度动态调整 PWM 等技术, 有效解决了出厂时间不同、两种及两种以上差异电池组的并联使用过程中出现诸多问题, 最后通过示范验证证实了系统设计的可行性。

关键词: 通信机房; 蓄电池管理; 并联隔离; 脉冲电流充电

Design and Application of Battery Parallel Isolation Manager in Communication Room

Zhang Yu¹, Chen Hao²

(1. China Mobile Group Design Institute Co., Ltd., Beijing 100080, China;

2. Chongqing Branch of China Mobile Group Design Institute Co., Ltd., Chongqing 400042, China)

Abstract: In the process of rapid construction of 5G network infrastructure, due to large-scale expansion and replacement of old and new batteries in communication room, there are a large number of waste batteries left in the project. Aiming at the problems of voltage clamp and current shunt in the direct parallel operation of existing batteries, the parallel isolation management technology of batteries in communication room is proposed. The technology of time division isolation, current control and dynamic adjustment of PWM with combined pulse width are adopted to effectively solve many problems in the parallel operation of batteries with different factory time and two or more different batteries. Finally, the feasibility of the system design is verified by demonstration.

Keywords: communication room; battery management; parallel isolation; pulse current charging

0 引言

伴随 5G 网络逐步推广与实施, 移动、联通和铁塔公司等运营商各类通信基站和机房将迎来新一轮新建和改扩建, 对完善与近期需要和未来发展相适应的机房电池扩容改造与更换配套也已提出明确要求; 由此产生大量有效旧蓄电池被回收丢弃于库房, 或被厂家以极低价回购, 或最终沦为废品。其次通信机房电池长期面临在网运行一定时间, 但还未到报废年限的大量蓄电池组在扩容时无法利用, 造成资源的极大浪费; 以及新增磷酸铁锂电池与原有铅酸电池无法兼容使用等机房蓄电池组多样化应用技术难题与技术瓶颈^[1-3]。

通过蓄电池并联隔离管理技术研究与应用, 可实现通信局站不同容量、新旧、厂家和规格的铅酸电池共用, 铁锂电池与铅酸电池共用, 以及为新能源退役梯次电池在通信系统梯级应用提供理论支撑与实现技术途径; 可在通信基站实现蓄电池差异化共用, 可有效改善蓄电池性能, 延长使用寿命; 可实现对梯次铁锂电池的应用管理, 对电池剩余容量、健康度、状态等信息进行精确统计, 为未来

通信局站的梯次电池规模应用提供系统解决方案。

现以针对 5G 网络建设需求扩容 300, 000 个 5G 汇聚机房为例, 预计现有 50% 的机房可以按照机房新建、机房改造、机房扩容等不同的场景使用蓄电池共用管理设备, 预计蓄电池并联隔离管理器在未来 5G 发展带动下汇聚机房改造与新建所涉及的蓄电池并联隔离管理器的市场规模至少为 15 万套以上; 除此以外, 电池共用设备还可广泛用于数据中心等其他行业基站与机房, 故该项技术与该蓄电池并联隔离管理器研究具有巨大应用市场规模。

1 蓄电池充电原理

通用机房蓄电池组中常见蓄电池种类有磷酸铁锂电池、铅酸电池, 其充电可以分为预充电、恒流充电、恒压充电三个阶段, 具体过程如下图所示。

1.1 预充电阶段

当锂电池由于过放电导致电池端口电压低于安全值(磷酸铁锂电池安全电压门限值为小于等于 3.0 V) 时, 需要用电池容量的 0.1 倍的充电电流对电池进行预先缓慢充电, 改充电阶段称为涓流充电阶段, 该阶段主要用于对过放电的电池进行活性修复以及活性激活。伴随充电电流注入, 电池端口电压逐步上升, 当电压上升至 3.0 V 以上, 电池则进入下一充电阶段。

1.2 恒流充电阶段

当电池预充电电压达到 3.0 V 以上时, 电池进入恒流

收稿日期: 2019-03-15; 修回日期: 2019-05-23。

作者简介: 张瑜(1981-), 女, 辽宁人, 博士研究生, 工程师, 主要从事通信能源建设管理方向的研究。

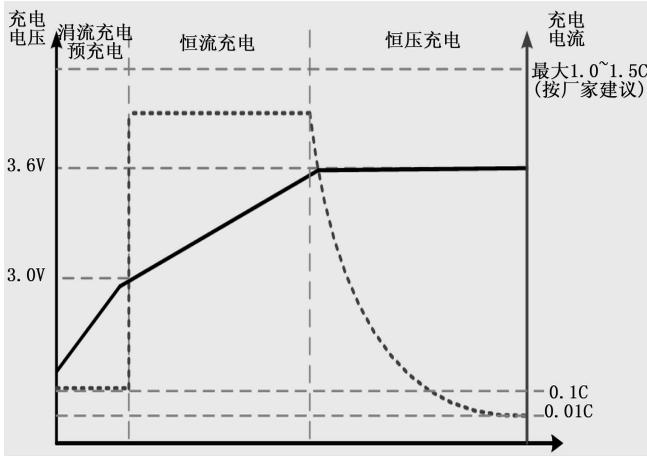


图 1 蓄电池充电过程

充电阶段；恒流充电阶段将依据电池种类和电池生产厂家要求，通常采用电池容量的 1~1.5 的充电电流对电池进行恒流充电。恒流充电过程中充电电流较大，电池的端口电压、电池的储能容量不断上升、同时电池温度也将有所上升；当电池端口电压达到恒压充电电压门限时（以磷酸铁锂电池为例，通常为 3.1~4.1 V），电池停止恒流充电进入恒压充电阶段。

1.3 恒压充电阶段

电池在恒流充电阶段结束时电池端口电压达到的峰值，从而转为恒压充电阶段，充电器采用恒压模式为电池端口提供恒定的电压，而充电电流将伴随电池容量的上升逐步降低，当充电电流小于电池容量的 0.01 倍时，电池恒压充电阶段完成，电池完成充电。

但在实际蓄电池充电应用过程中，恒流充电（均冲）阶段的初期，通常由于蓄电池管理器中开关电源容量存有富余，会向蓄电池提供蓄电池管理所能提供的最大充电电流进行充电，从而形成较大的充电电流尖峰，大电流也对蓄电池造成损害；同时对市电恢复后供电初期开关电源乃至前段低压配电系统形成很大的负荷冲击，充电过程如图 2 所示。

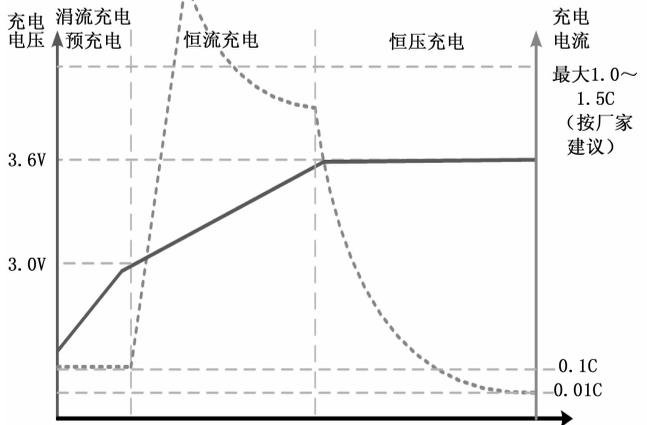


图 2 实际应用中蓄电池充电过程

方式，可以按照蓄电池实际容量设置端口最大电流，从而在充电时对每组电池的充电电流进行限制，改善尖峰，从而改善后备电池的长期效能、延长电池组的寿命，改善后充电过程如图 3 所示。

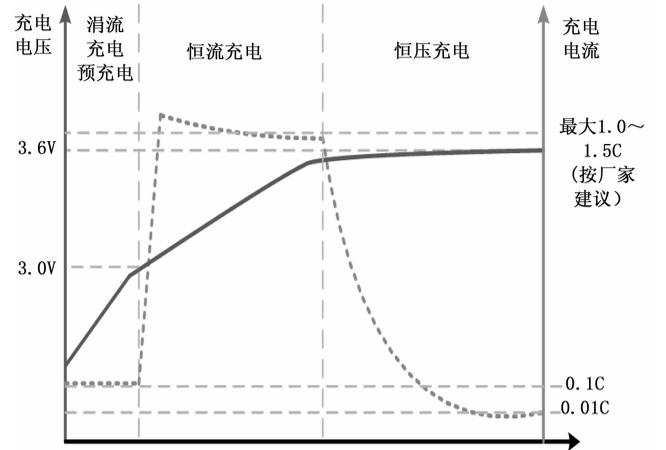


图 3 改善后蓄电池充电过程

通过对管理器所管理的各个蓄电池进行个性化设计，并实时监控与调节充电电流，有效抑制尖峰充电电流的强度，使得电池恒流充电过程中充电电流的平稳进行，从而达到对蓄电池的保护作用与降低充电开关电源的负荷波动幅度。

2 蓄电池并联隔离管理器硬件设计

2.1 蓄电池并联使用现状

目前蓄电池组并联使用现状为，每只蓄电池组通过熔断器和电池开关直接与直流供电母线进行并联，蓄电池组之间不存在其他隔离措施，充电时开关电源系统直接为各蓄电池组进行统一充电控制，放电时所有蓄电池组直接与通信负载连接为通信负载提供工作所需的电源，工作过程如图 4 所示。

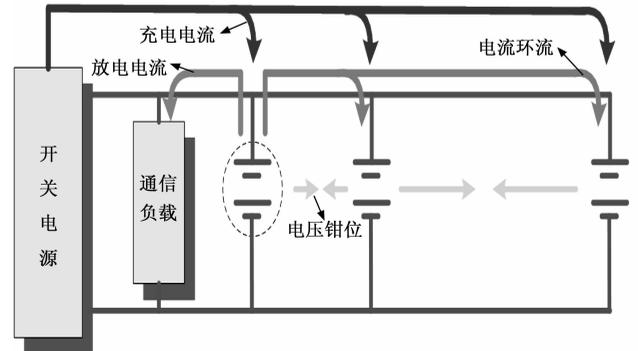


图 4 现有蓄电池并联使用示意图

现行使用模式在蓄电组充电过程中会由于某一蓄电池单体货整个蓄电池组内阻增加或者电压骤降等异常情况，导致其他所有并联蓄电池组输出电压无法提高，从而对其他蓄电池组输出构成制约——出现电压钳位现象；同样系统放电过程中，所有并联蓄电池组均具有两条或者两条以上放电回路，从而构成多个放电环，如蓄电池组通过通信

蓄电池并联隔离管理器将，采用个别化电池共用管理

负载进行放电和蓄电池组与其他蓄电池组之间构成放电回路, 端电压较高的蓄电池组将对端电压较低的蓄电池组进行放电——出现电流分流现象^[5-7]。

2.2 蓄电池并联隔离管理后

借用时分复用 (TDM) 原理, 将充电时间进行划分, 各充电回路在每一周期内占一固定间隙, 由此实现各组蓄电池在不同时段内“享用”同一套开关电源充电电流的设想——时分充电。利用半导体的单向导电性, 在每一个充电开关上并联一只低压降的肖特基模块, 这样, 每组蓄电池就只对通信负荷放电, 而不会对其它蓄电池组放电——定向送电^[8-9]; 实现原理如图 5 所示。

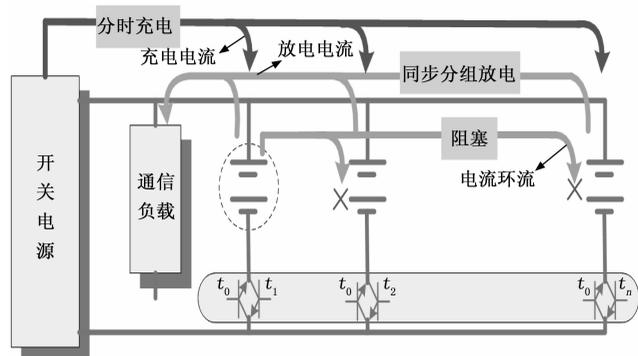


图 5 蓄电池并联隔离管理示意图

2.3 蓄电池并联隔离管理器优势

2.3.1 延长电池寿命

采用大电流脉冲充电方式, 使得蓄电池可以得到短时间的歇息抑制蓄电池在充电过程中产生的电阻极化程度, 蓄电池内部的浓度差、电化学的极化现象也将得到明显抑制, 蓄电池充电过程中的出气强度也将得到有效控制, 降低了充电出气导致蓄电池内部的活性物质脱离程度, 进一步延长了蓄电池的使用寿命。

2.3.2 提高充电能效

大电流脉冲充电方式对于蓄电池内部电极的硫化过程以及内阻恶化进程具有明显的优延缓作用, 同时可以进一步缩短蓄电池充电时间和提升蓄电池充电效率, 据相关报道与试验数据分析采用脉冲电流充电方式通常比直流连续充电方式节约能耗约 50% 以上。

2.3.3 激活蓄电池组容量

通过大电流脉冲充电方式可以提升蓄电池电极板活性物质的活化程度, 促进电极板活性物质化学反应速度与效率; 同时消除电极板的极化现象, 进一步提升电极板与电解液之间化学反应的程度; 最终深度挖掘利用蓄电池的储能能力, 对已硫化蓄电池也有明显的硫化改善作用。

3 蓄电池并联隔离管理器软件设计

蓄电池并联隔离管理器为了保证系统运行的实时性采用嵌入式软件架构进行蓄电池并联隔离管理器软件设计, 程序执行流程主要包括初始化与参数设置以及充电工作模式与放电工作模式几个组成部分, 蓄电池并联隔离管理

器具体软件执行流程如图 6 所示。

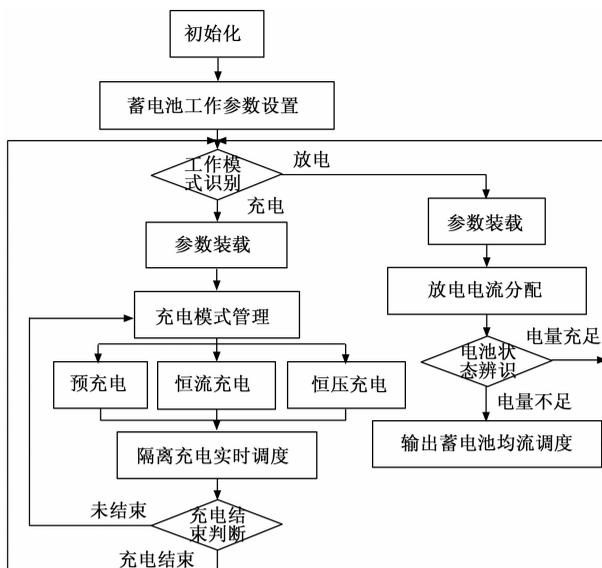


图 6 蓄电池并联隔离管理器软件流程图

蓄电池并联隔离管理器通电初次运行将进行整个系统参数初始化回复产品初始化工作参数; 然后进行系统运行参数人工配置, 对蓄电池并联隔离管理器所配置管理的每组蓄电池组的组成情况以及每只蓄电池单体的容量、新旧程度、充电电流限制等相关设置输入。蓄电池并联隔离管理器完成工作参数设置后即可进入自动工作模式, 控制器实时监测直流母线工作状态以及接收远程通信接口指令进行系统工作状态识别与系统工作参数上报。

当蓄电池并联隔离管理器进入充电工作模式时, 控制将加载蓄电池各个阶段充电参数进行充电模式配置, 并依据蓄电池充电状态进行各充电阶段充电电流控制与各单体蓄电池之间的充电隔离, 充电过程中蓄电池并联隔离管理器实时监测充电状态是否完成, 待充电结束后将转入工作待命状态。

当蓄电池并联隔离管理器进入放电工作模式时, 蓄电池控制器加载被管理每组蓄电池组工作状态以及每只蓄电池单体的实时工作性能及容量, 进行系统放电电流分配管理, 统筹调配各组蓄电池以及每只蓄电池的放电能力; 并实时监测每组以及每只蓄电池的放电状态, 依据该实时状态对蓄电池放电能力进行评估, 依据评估结果合理分配各蓄电池组以及各蓄电池单体放电电流。待市电恢复后蓄电池组停止放电, 转入工作待命状态。

4 蓄电池并联隔离管理器试验验证

4.1 蓄电池并联隔离管理应用示范

蓄电池并联隔离管理应该系统包括市电引入、基站开关电源柜、电池共用管理器、差异性蓄电池组、通信负载以及系统对外信息交互接口等, 系统架构如图 7 所示。

系统采用时分隔离技术, 实现新旧不同、类型不同的差异电池组的并联; 采用电流控制技术, 不同容量的电池组并联工作电流均衡分配; 组合脉冲宽度动态调整 PWM

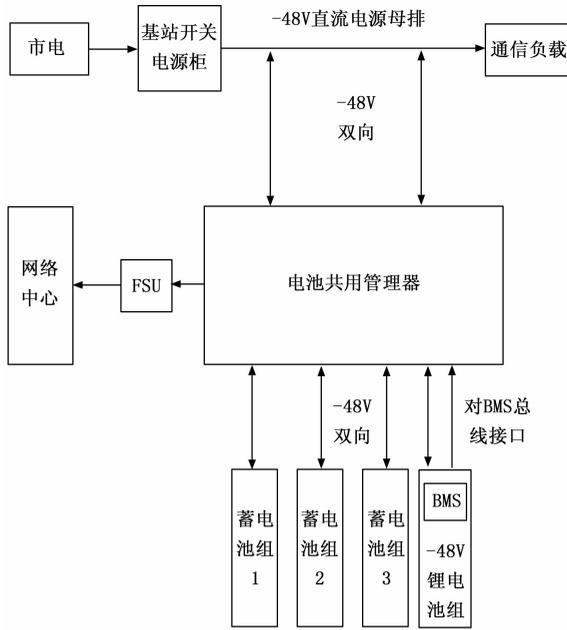


图 7 蓄电池并联隔离管理应用系统示意图

4.2 蓄电池并联隔离管理器试验结果分析

为研制蓄电池并联隔离管理器性能以及适合通信机房铁锂蓄电池组普及应用发展趋势和被替代的铅酸蓄电池二次利用的需求，设计了 1 组 300 AH 废旧铅酸蓄电池组与 2 组新增 100 Ah 铁锂蓄电池组进行并联使用场景，并对系统放电与充电两个主要工作模式的关键性能指标进行测试记录，具体测试记录放电电流、充电电流、端口电压等参数，参数数据可视化曲线如图 8 所示。

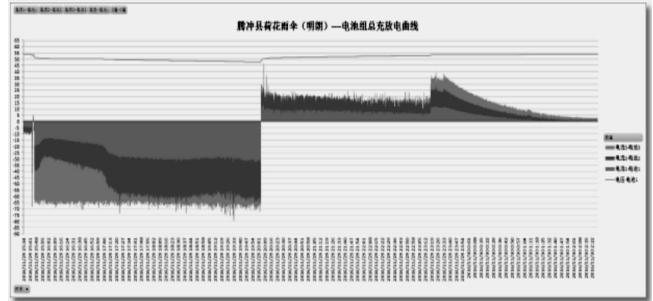


图 8 1 组 300AH 铅酸（利旧）+ 2 组 100Ah 铁锂（新增）电压电流曲线

技术，控制电池充放电电流峰值。采用软关断电路降低输出纹波电压峰峰值；电池运行数据可通过接口上传动环监控系统、手机微信观测；系统具有以下几方面功能。

4.1.1 合路功能

蓄电池并联隔离管理器，可实现集中多路蓄电池或者多组蓄电池连接到机房开关电路的蓄电池输出输入端口，且可以实现每组蓄电池或者没组蓄电池中某个单体的充放电合路控制。

4.1.2 并联蓄电池隔离工作功能

蓄电池并联隔离管理器，采用相互隔离的方式完成蓄电池与开关电源母排之间的连接，各蓄电池之间保持隔离独立互不影响，无蓄电池之间环流现象。

4.1.3 并联蓄电池差异化充电电压控制

蓄电池并联隔离管理器，可依据所管理的蓄电池各自性能特征，进行差异性的充电、放电参数设置，并依据所设置参数进行针对性的充放电管理。

4.1.4 并联蓄电池充电电流智能分配

蓄电池并联隔离管理器，可综合评估开关电源充电能力、所管理的各个蓄电池充电参数要求以及实时充电状态，智能分配每组与每只蓄电池充电电流，并通过分时复用方式进行每只电池单体充电控制。

4.1.5 并联蓄电池充均衡放电管理

蓄电池并联放电过程中，蓄电池并联隔离管理器将实时监测负载情况，以及评估各蓄电池组以及每只蓄电池单体容量与端口输入电压，智能分配每只蓄电池放电电流，实现并联蓄电池放电的精细化调度管理。

4.1.6 操作显示

能通过操作界面设置设备工作参数，观察各组电池的工作电压与电流。

图中没中区域大小代表对用电池组输出电流大小，三种区域叠加后区域大小为系统端口总的电流大小。图中前一阶段为蓄电池组放电过程，后一阶段为蓄电池组充电过程。放电过程中由于铅酸蓄电池与磷酸铁锂电池各自放电特性存在一定差异性；表现为前期铅酸蓄电池组放电贡献较大，磷酸铁锂电池组贡献较弱，随着时间推移铅酸蓄电池组放电能力逐步下降，单在蓄电池并联隔离管理器调节磷酸铁锂电池组放电能力逐步增加，最终实现系统输出总电流时刻保持平稳输出。充电过程中三组蓄电池，在蓄电池并联隔离管理器控制下先后进行小电流预充电、大电流恒流充电模式，并随着电压不断上升转入恒压充电模式，充电电流逐步下降；在蓄电池并联隔离管理调节下三组电池依据各自充电特性进行充电，且过程中未出现大电流尖峰，有效避免了尖峰充电电流对电蓄电池的损伤。

5 结论

针对目前通信机房存量基站蓄电池更换、新建基站蓄电池应用、库存基站蓄电池再利用等过程中出现的差异性蓄电池并联使用的需求提出了并联隔离管理技术研究采用时分隔离、采用电流控制、组合脉冲宽度动态调整 PWM 等技术，有效解决了新旧不同、类型不同的差异电池组的并联使用过程中出现诸多问题，提高了蓄电池使用的灵活性，减少了因蓄电池并联一致性要求而引起资源的无谓浪费与库存蓄电池的无谓报废；降低蓄电池采购规模，改善蓄电池维护方式；解决了磷酸铁锂等新型电池规模应用的技术瓶颈。

参考文献：

[1] 司伟, 冯长江, 黄天辰. 基于内阻法修正的蓄电池卡尔曼滤波 SOC 估算 [J]. 计算机测量与控制, 2018, 26 (12): 185 - 189.