

[铅酸蓄电池]

阀控铅酸蓄电池的放电测试与维护策略

文/张一凡 滑祥
万国数据服务有限公司

大量的阀控铅酸蓄电池作为高压直流输电（HVDC）、不间断电源（UPS）及直流屏等设备的后备电源在数据中心使用。蓄电池的健康状态对于业务供电的可靠性至关重要。目前采用蓄电池的在线监测、定期放电测试相结合的方式检查其健康状态。现行的放电测试主要包括实际负载浅放电、核对性放电和深度放电三种，就蓄电池的放电测试和维护策略展开论述。

随着数字技术在社会各领域全面持续的发展，逐步开始了万物互联时代，而数据中心是数字技术发展的基础设施。在数据中心的电力系统保障中，UPS、HVDC等电源设备对数据中心机房电力系统的不间断运行起到核心作用。UPS、HVDC等电源系统的蓄电池组部分，平常为后备浮充电状态，只有在市电出现异常时才对外输出能量。而处于浮充电状态下的蓄电池的健康状态很难评估，在整组蓄电池中可能存在落后的或不良的蓄电池单体。一旦发生停电事件，因“问题蓄电池单体”的存在，将导致整个蓄电池组无法提供充足的电能，使IT服务器存在宕机的风险。目前数据中心大量使用阀控铅酸蓄电池，本文针对蓄电池放电测试及维护策略展开论述，供相关技术人员参考。

放电测试

1. 蓄电池放电测试的目的

蓄电池本身的质量（如材料、结构和工艺的缺陷）及使用不当等问题导致一些蓄电池早期失效的现象时有发生。为了检验蓄电池组的可备用时间及实际容量，保证系统的正常运行，根据电源系统的相关维护要求，需要定期或按需适时对蓄电池组进

行放电测试，尽早发现个别失效的或接近失效的蓄电池单体并予以更换，保证后备电池的有效性，或者对整组电池的预期寿命进行状态评估。

同时，蓄电池在长期浮充电的情况下，放电测试可激活蓄电池活性物质。

2. 实际负载浅放电

该方法应用于很多数据中心内阀控铅酸蓄电池的常规维护。利用后端实际负载使蓄电池放电15 min。这种测试方法源自于设计规范中关于不间断电源电池最少备用时间的技术要求，A级数据中心使用柴油发电机作为后备电源时，备用时间不少于15 min。

这种测试方法的优点是针对大型数据中心等使用大量蓄电池的场景，维护工作量小，人力维护成本低。缺点是机房内多数机架负载率在运行初期或后期长时间处于较低水平，后端负载比设计满载小很多，实际放电测试时，蓄电池放电电流很小，无法有效评估蓄电池的健康状况。

3. 核对性放电

为了有效评估蓄电池健康状况，目前数据中心逐步开展核对性放电测试。利用后端实际负载，使蓄电池放出额定容量的30%。与实际负载浅放电相

比,该方法的放电时间较长,需要通过负载功率、蓄电池厂商的恒功率放电数据表等估算放电时间。

首先计算每台UPS、HVDC实际负载下单格电池的放电功率,在该品牌型号的电池恒功率放电数据表上查找接近的单节电池的功率。采用近似折算法推算放电时长。实际测试放电时间按照推算放电时间的30%来执行。如果后端负载过小导致对应放电时间过长,或者表上无对应数据可循,通常有两种处理方式:末端增加假负载测试箱或放电时长大于1 h的,均按1 h执行,即

$$P_d = \frac{P_f}{\eta k n m} \quad (1)$$

式中, P_d 为当前负载下蓄电池单格放电功率; P_f 为当前UPS或HVDC的实际负载; n 为该电源配置的蓄电池组数; m 为每组蓄电池的节数; k 为单节蓄电池的内部格数,即12 V蓄电池 $k=6$ 、2 V蓄电池 $k=1$; η 为逆变效率。

以某UPS为例,配置蓄电池参数500 kV·A, 3组40节12 V, 150A·h。当前负载为57.6 kW, 逆变效率系数为0.94, 单格功率为85.14 W, 电池厂家对照表上接近的单节电池的功率为84.2 W, 对应时间3 h。所以按30%计算放电时间, 放电时长为53.4 min。

4. 深度放电

深度放电又称为容量试验, 目前主要用于早期运行中出现批次产品异常或蓄电池接近使用年限(蓄电池一般4年左右进行老化状态评估)。利用后端实际负载或利用测试仪器附带假负载, 单组电池接入放电测试专用设备, 蓄电池放出额定容量的80%。目前无论是直流屏、HVDC或UPS设备的放电仪器均支持在线式测试, 提升测试安全。

现有HVDC电源的放电测试仪器可实现蓄电池组全在线放电和充电试验, 达到蓄电池深度放电试验目的的同时, 将蓄电池放电试验的危险性降到最低。并且蓄电池检测仪器将电池的电能直接给实际负载供电, 无热能产生, 达到节能效果。放电测试接线示意图如图1所示。

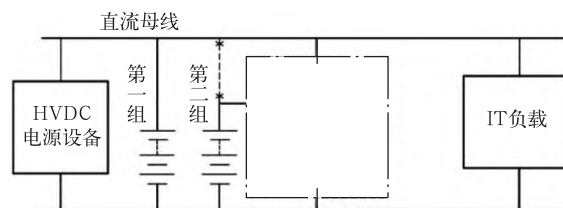


图1 HVDC在线放电测试示意图

测试按照1 h率额定容量 ($C_1 = 0.55C_{10}$) 放电, 放电电流 $I_1 = 5.5I_{10}$, 测试时间为48 min。以某HVDC蓄电池组为例, 该蓄电池组参数为单节电池电压2 V, 标称容量300 A·h, 单体节数120节。测试参数为预放电流165 A, 小时率1 h, 预放容量132 A·h, 组端电压下限210 V, 单体下限1.75 V, 预放时间48 min。

UPS电源设备的蓄电池组在线放电, 通常每次抽取该UPS多组电池中的一组, 接入测试仪器回路。整组蓄电池通过测试仪器内部的假负载放电。与HVDC电源测试相同的是, 被测电池组通过内置假负载进行放电的同时保持与电源系统的实时在线连接状态, 最大限度保障后备供电安全。与HVDC电源测试不同的是, 电池的能量通过假负载消耗, 测试过程中产生较大热量, 在电池间测试时需要布置轴流风机、风管等将热量引到室外的公共区域。放电测试接线示意图如图2所示。

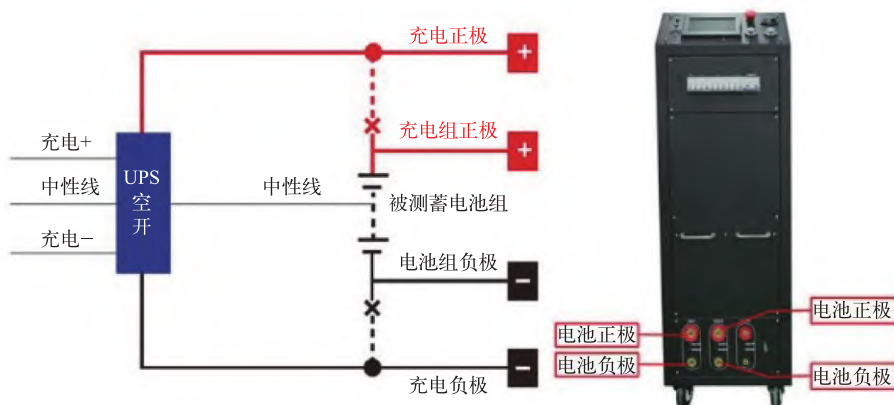


图2 UPS在线放电测试示意图

维护策略

1. 测试策略

基于蓄电池使用年限、历史故障数据、质保期（合同质保期5年）等综合因素制定维护策略。

1) 使用4年以内，且没有历史批次问题记录的蓄电池。执行核对性放电，每半年度一次或半年度执行在线15 min放电、年度核对性放电两种维护方式。

2) 使用4年内，有历史批次问题记录的蓄电池，执行1) 中策略的同时，相关型号批次的蓄电池组，按5%的抽查比例取样进行深度放电测试。

3) 使用4年以上，且没有历史批次问题的蓄电池，考虑阀控铅酸蓄电池的实际使用寿命，执行1) 中策略的同时，按5%~10%的抽查比例取样进行深度放电测试。

2. 蓄电池的在线监测

阀控铅酸蓄电池须配置在线监测装置，监测数据需包含单节电池的温度、内阻和电压，并将数据送至BMS系统；BMS中设置的阈值与运维技术标准要求一致。根据故障案例得出的经验，阀控铅酸蓄电池必须配置在线监测装置。

2021年，某制造企业对应急电源（EPS）做蓄电池放电测试，测试时发现有多颗落后蓄电池（12 V 电池，放电时有 10 多节电池电压都降到了 2 V），因缺乏备件，未及时更换。维护人员判断立刻均充可能存在风险，第二天白天开启均充模式

（24 h）。第三天上午，维护人员赴现场检查，发现其中一组蓄电池，1~36节均出现明显高温，最高温度超过 100℃，且电池上空出现白色酸雾。检查发现电池的安全阀正在冒气体。整个事故的直接原因是，在出现多颗落后蓄电池的情况下，未及时更换，带病充电。另外，该蓄电池组未配置电池监控装置，不能早期发现蓄电池温度异常，给蓄电池异常处置带来风险。

2021年，某早期建设项目的弱电用UPS 配套蓄电池，蓄电池采用某型号阀控铅酸蓄电池，使用年限约6年，没有配置蓄电池在线监控装置。在专项检查中发现该组蓄电池壳体温度整组均异常，最高约50℃，蓄电池壳体有明显的鼓包现象。

结束语

阀控铅酸蓄电池作为备电安全的基础，其全生命周期的维护管理对于供电可靠性至关重要。近年尝试联合蓄电池生产厂商的研究院，产学研合作，专业评估蓄电池健康状态，科学合理推进蓄电池的老化更换工作，产生经济、社会效益。EA

（收稿日期：2023-07-01）

参考文献

- [1] 许昌盛. 通信机房蓄电池放电测试方法对比与容量落后蓄电池的处理[J]. 通信电源技术, 2022(5): 150-152.

（上接第54页）

3) 在日常运行过程中，关注励磁变压器的铁心温度和绕组温度的变化趋势，并做好设备的防潮、防尘管理，利用检修或停机做好励磁变压器内部的清洁。

4) 机组检修时，对励磁变压器铁心和线圈的固定夹件、绝缘垫块以及连接螺栓等进行检查紧固，防止铁心线圈松动位移或零部件脱落引起短路故障。

结束语

汽轮发电机定子接地故障的影响因素比较多，除了定子绕组本体，还包括发电机出口回路的很多设备，如封闭母线和电压互感器等，一旦发生故障，故障点的查找过程比较繁琐。因此，必须要吸

取经验教训，提前采取防范措施。本文针对可能引起发电机定子接地故障的常见原因进行了分析，针对每种可能的原因提出了有针对性的防范措施，对相似问题的处理有着重要的借鉴意义。EA

（收稿日期：2023-07-19）

参考文献

- [1] 王晓剑，石颀，徐俊元，等. 汽轮发电机定子线棒F级绝缘的寿命评估方法研究[J]. 绝缘材料, 2019, 52(7): 43-49.
- [2] 张征平，涂小涛，胡卫，等. 发电机定子绕组接地故障的快速查找新方法[J]. 大电机技术, 2016(4): 10-14, 18.