

Application of Pulse Activation Technique to Recovery of Disabled VRLA Battery in Transformer Substations

Feng Pei¹, Weikang Wu¹, Dexiong Liu¹, Shuli Wang¹, Yaohui Qu², Lijun Gao²

¹Jiang Xi Institute of Electric Power Research, Nan Chang, China 330096

²Faculty of Science, Nan Chang University, Nan Chang, China 330031

Email: jxdkyhhs@126.com, glj@ncu.edu.cn

Abstract: The feasibility of capacity recovery of sulphated VRLA battery (premature capacity loss) in transformer substations UPS was investigated. A high-frequency pulse activation technique was applied, and a special activation solution was tested in the recovery of disabled VRLA batteries. Various activation schemes were formulated and the effect of recovery was evaluated according to the different initial capacity of disabled batteries. The results revealed that the pulse activation technique combining with activation solution exhibited significant improving effect on the VRLA batteries. The charge and discharge efficiency was increased, and importantly the capacity of the batteries was recovered.

Keywords: transformer UPS; VRLA battery; activation solution; pulse activation technique; capacity recovery

脉冲激活技术在变电站失效蓄电池容量恢复的应用研究

裴峰¹, 吴为康¹, 刘德雄¹, 王淑莉¹, 屈耀辉², 高立军²

1.江西省电力科学研究院, 南昌, 中国, 330096

2.南昌大学理学院, 南昌, 中国, 330031

*1. jxdkyhhs@126.com, *2. glj@ncu.edu.cn

摘 要: 研究了在变电站 UPS 中因不可逆硫酸盐化引起早期失效 VRLA 蓄电池容量恢复的可行性。从抑制电池硫酸盐化的原理和高频脉冲激活的原理出发, 研制了一种变电站阀控式铅酸蓄电池专用的容量激活液和脉冲激活仪, 根据失效电池初始容量的不同, 制定不同的激活方案。结果显示此脉冲激活技术效果显著, 修复后电池的充放电效率提高了, 电池容量得到恢复。

关键词: 变电站 UPS; VRLA 蓄电池; 激活液; 脉冲激活仪; 容量恢复

1 引言

电力系统的变电站直流操作电源继电保护所用的蓄电池组多数使用阀控式铅酸蓄电池(Valve Regulated Lead Acid Battery—VRLAB)。为避免电力动力供应的异常, 在很多场合都使用蓄电池来提供不间断电源供应, 因此蓄电池是提高动力供应系统可靠性的根本保障^[1]。蓄电池组则作为备用电源, 长期处在浮充电状态, 容易造成蓄电池化学能与电能相互转化的活性降低, 其使用寿命缩短。根据实际统计以及相关资料表明, VRLAB 在使用 3~4 年后, 很大一部份电池组就难于通过容量检测^[2]。在实际使用中, 往往是在蓄电池给负载供电时, 才发现蓄电池损坏或放电容量

达不到设计要求, 因此给原本作为后备保障的蓄电池组却带来不必要的隐患。

为确保变电站电力系统的可靠性, 延长 VRLA 蓄电池的使用寿命, 使早期失效的电池容量得到恢复, 多年来, 相关研究工作者们做了大量研究工作。其中, 报道较多的有 2 种方法, 一种是化学修复^[3,4], 另一种是在电极或电解液中加入添加剂, 如电解液活化剂等, 改变电极的表面性能或使失效电极活化^[5]。本研究采用脉冲激活修复技术, 对变电站中使用的几组蓄电池进行了修复实验, 获得满意效果。

2 电池失效原因

变电站中 VRLA 蓄电池由于特定的工作环境和条件, 寿命都比较短, 往往用了几年后就出现早期容量

衰减,究其原因,绝大部分电池容量衰减都是由于失水和不可逆硫酸盐化引起的^[5]。电池由于使用不当或使用环境温度过高,造成电池失水过多过快,使电池的化学反应无法进行,电池的性能下降。同时失水又促进了电池的不可逆硫酸盐化^[3]。

电池硫酸盐化的原理是:电池长期处于浮充电压偏低,过度放电等情况时,会导致电池内部有大量的硫酸铅被吸附到电池的阴极表面,形成一种粗大的、难以接受充电的硫酸铅结晶,此现象称为不可逆硫酸盐化。由于硫酸铅本身是一种绝缘体,几乎不会溶解,对电池的充、放电性能产生不好的影响。因此,在阴极板上形成的硫酸盐越多,电池的内阻越大,电池的充、放电性能就越差,其使用寿命就越短^[6]。

3 修复技术原理

针对变电站中 VRLA 蓄电池的失水和不可逆硫酸盐化难题,研究制备了一种特效激活液,主要成分包括:硫酸钠、硫酸镁、碳酸钠、硫酸铝、磷酸、硫酸钾、木质素磺酸钠、酒石酸、乙二胺四乙酸二钠、去离子水等。此激活液一方面可以为电池补水,另一方面又能起到消除、抑制电池硫酸盐化和增加电池寿命的作用。给失效的电池添加激活液之后,让其与电池充分反应,再结合高频脉冲激活方法,给蓄电池进行脉冲激活。

高频脉冲激活原理:任何晶体在分子结构确定以后都有谐振频率,这个谐振频率与晶体的尺寸有关。晶体的尺寸越大,谐振频率越低。如果充电采用前沿陡峭的脉冲,利用傅立叶级数进行频率分析可以知道脉冲会产生丰富的谐波成分,其低频部分振幅大,高频部分振幅小。这样大硫酸铅结晶获得的能量大,小硫酸铅结晶获得的能量小,从而形成大硫酸铅结晶谐振的振幅大,在正脉冲充电期间比小硫酸铅结晶容易溶解。即所谓“击碎”粗大的硫酸铅结晶。适当控制脉冲电流值,以较小的电流密度对正极板充电,不会形成对正极板的损伤,能够有效的击穿绝缘层,将粉碎后的硫酸结晶粉末还原于电解液中。

高频脉冲激活仪输出波形技术指标:为使脉冲对硫酸铅晶体的轰击振荡作用达到最佳状态,其最佳输出脉冲波形的技术参数如下所示

脉冲频率: 40 kHz;

脉冲宽度: 0.0125~0.125 us;

脉冲单格幅度: 90 V;

充电电流: 0~200 A;

输入电压: 380V±15%。

4 电池修复试验

为验证研制的激活液和高频脉冲激活仪的修复效果,研究在江西省电力科学研究所和江西柘林电厂等多家单位开展了现场电池修复试验。所涉及的电池品牌有浙江南都、深圳华达、美国 Marathon 等。下面就以修复美国 Marathon L2V450 电池的实例(共 96 节电池,每节的额定电压是 2V,额定容量是 450AH)来说明电池的修复步骤。

4.1 前期准备

4.1.1 对电池做好外观清洁工作,初步对电池的外观进行检测,作出是否属于机械性损坏的判断。外壳破裂、极板严重脱落、极柱腐蚀、漏液、严重鼓胀、短路、断路等情况都是脉冲技术无法修复的,应把不能修复的电池从电池组中剔除。

4.1.2 检查电池是否失水,如电池严重失水,需补充蒸馏水后再进行修复。

4.2 恒流放电检测电池初始容量

4.2.1 按顺序将电池分成 4 组,每组 24 节电池,将单组内的 24 节电池全部串联起来。由于变电站中的 VRLA 蓄电池长期处于浮充状态,所以电池是满电的,用瑞典 PROGRAMMA TORTEL840/860 蓄电池恒流放电仪对电池组进行放电检测(用 0.1C 的放电倍率对电池组放电,实验中的电池是 2V/450AH,用的放电电流是 $450 \times 0.1 = 45A$)。

4.2.2 对电池组进行放电,直到每个单体电池都放电至终止电压 1.85V。

4.2.3 通过放电时间即可计算出每个电池的初始容量,按照初始容量的大小对全部电池进行第 2 次分组,容量最高的为第 1 组,容量较高的为第 2 组,容量较低的为第 3 组,容量最低的为第 4 组。每组 24 个电池。

4.3 电池修复

4.3.1 对第 1 组的每个电池添加 $450 \times 1.0 = 450mL$ 激活液;第 2 组的每个电池添加 $450 \times 1.1 = 495mL$ 激活液;第 3 组的每个电池添加 $450 \times 1.2 = 540mL$ 激活液;第 4 组的每个电池添加 $450 \times 1.3 = 585mL$ 激活液。添加激活液的标准是 1.0~1.5mL/AH.2V。因为容量高的电池所需加的修复液较少,容量低的电池所需加的修复液较多。将添加完激活液的电池静置 40 分钟左

右, 让其充分反应。反应后根据激活方案, 用高频脉冲激活仪进行激活。

4.3.2 制定激活方案, 容量高的电池所需的脉冲激活量较小, 而容量低的电池所需的脉冲激活量较大, 下

表为大量实验经验得出的脉冲激活方案(见表 1)。

4.3.3 激活, 根据这 4 组电池的初始容量的情况来选择相对应的激活方案, 用高频脉冲激活仪进行激活。

4.3.4 激活后放电, 对电池组进行放电检测 (用

Table 1. Activation scheme

表 1. 激活方案

初始容量 (AH)	起始电流 (A)	总激活量 (AH)	第一步激活量 (7-8 小时)	第二步激活量 (4-5 小时)	第三步激活量 (2-3 小时)	激活液量 (mL/AH)	电池温度(°C)
30%-55%	0.21C	2.5-2.75C	1.6-1.8C	0.8-0.9C	0.3-0.4C	1.3	60-65
55%-70%	0.19-0.2C	2.3-2.5C	1.4-1.6C	0.7-0.8C	0.3-0.4C	1.2	55-60
70%-80%	0.17-0.18C	2.2-2.4C	1.2-1.4C	0.6-0.7C	0.3-0.4C	1.1	55-60
80%-95%	0.16C	1.7-2.0C	1.0-1.1C	0.4-0.5C	0.3-0.4C	1.0	50-60

0.1C 的放电倍率放电), 放电操作如 4.2.2 所述。

5 结果与讨论

在江西柘林电厂修复了 4 组 (共 96 节) 美国 Marathon L2V450 电池和 1 组 (共 24 节) 深圳华达 GFM2V580AH 电池。为了比较不同初始容量的电池的修复效果, 我们在这 2 个品牌电池的实验数据中选取了不同初始容量电池的修复数据, 将修复前后的结果进行对比(见表 2 和表 3)。由表 2 和表 3 可知: 华达 GFM2V580AH 电池的修复效果比 Marathon L2V450 电池更好, 并且初始容量越高的电池, 修复的效果越好。

6 结论

由激活液和激活仪组成的脉冲激活技术, 可以使变电站中失效的 VRLA 蓄电池的失水和不可逆硫酸盐化得到很好的解决, 从而使电池的失效容量得到恢复, 大大延长了电池的使用寿命, 能带来很好的经济效益和实用价值。

Table 2. Data of repair effect of Marathon L2V450 battery

表 2. 美国 Marathon L2V450 电池修复数据

电池型号 电池编号	Marathon L2V450AH			
	额定电压	额定容量	修复前容量	修复后容量
79 号	2V	450AH	50%	90%
76 号	2V	450AH	60%	95%
85 号	2V	450AH	72%	95%
91 号	2V	450AH	80%	100%

Table 3. Data of repair effect of GFM2V580AH battery

表 3. 深圳华达 GFM2V580AH 电池修复数据

电池型号 电池编号	深圳华达 GFM2V580AH			
	额定电压	额定容量	修复前容量	修复后容量
19 号	2V	580AH	50%	100%
7 号	2V	580AH	60%	100%
16 号	2V	580AH	70%	110%
20 号	2V	580AH	80%	110%

致 谢

感谢江西省科技厅科技基金对本课题研究的资金支持。

References (参考文献)

- [1] Yu Lei. 2007. Study of online diagnosis and activation technologies for backup power VRLA batteries[D]. M.S. thesis (in Chinese), Harbin Engineering University.
于雷. 2007. 后备铅酸蓄电池在线诊断与活化技术的研究[D]. 哈尔滨工程大学硕士学位论文.
- [2] Song Qingshan, Analysis of VRLA battery failure and repair method[J], Chinese Journal of power supply technologies and applications, 2002, 5(7): 340-342.
宋清山. 阀控式铅酸蓄电池干涸失效的原因分析及处理方法[J], 电源技术应用, 2002, 5(7): 340-342.
- [3] Wang Qihong, Zhang Jie, Wang Huaqing, Study on capacity recovery of failed VRLA battery[J], Chinese Journal of power sources, 2000 (2): 84-86.
王秋虹, 张捷, 王华清, 失效 VRLA 蓄电池容量恢复的研究[J], 电源技术, 2000 (2): 84-86.
- [4] Wang Qihong, Zhang Jie, Causes of VRLA battery failure and method of capacity recovery[J], Chinese Journal of batteries, 1998 (4): 3-6.
王秋虹 张捷. 阀控式铅酸蓄电池失效原因及容量恢复[J]. 蓄电池, 1998 (4): 3-6.

- [5] KoZawa A, MaseS, Ikeda J and Sano M, A New Lead Acid Battery Activator for Extending the Battery Life 2 to 3 Times[M]. CIBF'99 Proceedings 1999: 79-80.
- [6] Wei Xiaobin, Zhang Lei, Xie Nan, Analysis and Solutions of Premature Failure in VRLA Battery[J]. Chinese Journal of Tele-

com Power Technology, 2009, 26(2):54-56.

魏晓斌, 张磊, 谢楠, 阀控式铅酸蓄电池提前失效原因分析及对策[J]. 通信电源技术, 2009, 26(2): 54—56.