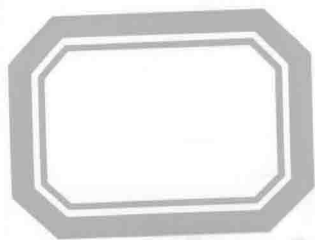


变电站直流电源蓄电池 智能专家管理系统

主编 祁学红 常蓬彬



兰州大学出版社



变电站直流电源蓄电池 智能专家管理系统

主编 祁学红 常蓬彬



兰州大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

变电站直流电源蓄电池智能专家管理系统 / 祁学红,
常蓬彬主编. —兰州:兰州大学出版社,2013.10

ISBN 978-7-311-04279-0

I. ①变… II. ①祁… ②常… III. ①变电所—直流
电源—蓄电池—智能系统 IV. ①TM912

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 241439 号

责任编辑 郝可伟

封面设计 李鹏远

书 名 变电站直流电源蓄电池智能专家管理系统
作 者 祁学红 常蓬彬 主编
出版发行 兰州大学出版社 (地址:兰州市天水南路 222 号 730000)
电 话 0931-8912613(总编办公室) 0931-8617156(营销中心)
0931-8914298(读者服务部)
网 址 <http://www.onbook.com.cn>
电子信箱 press@lzu.edu.cn
印 刷 兰州德辉印刷有限责任公司
开 本 787 mm × 1092 mm 1/16
印 张 12(插页 2)
字 数 295 千
版 次 2013 年 10 月第 1 版
印 次 2013 年 10 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-311-04279-0
定 价 36.00 元

(图书若有破损、缺页、掉页可随时与本社联系)

编委会

主任 祁学红

副主任 张国山 王忠强

委员 李智敏 武永伟 董建筑 徐保庆 赵瑞勇 霍海伟 侯 剑

主 编 祁学红 常蓬彬

副主编 张 翼 师学五 乔中华 程跃森 杨双吉 李艳军

组编单位 国网三门峡供电公司

 潼池县电业局

 兰州大学电子技术开发应用研究所

参编单位 灵宝市电业局

 陕县电业局

 郑州电力高等专科学校

 甘肃璐腾电子科技有限公司

序

近年来,随着电力系统信息化、智能化水平的不断提高,关于变电站直流电源综合管理系统的开发、应用、维护等方面的研究论著层出不穷,研究的方向大多数涉及变电站综合自动化系统、新型综合自动化拓扑结构创新以及综合自动化技术和新型通信技术的结合等方面,这方面的研究几乎占 80%,其他与直流电源系统有关的计量技术、信号技术、直流系统方面的研究约占 20%。论著的作者大多为生产一线专业维护人员及研发机构的技术人员,这些来自生产及维护一线的专业技术人员对变电站直流电源系统的研究,推动了变电站直流电源系统技术的整体进步和发展。

近日,看了国网三门峡供电公司和兰州大学电子技术开发应用研究所等单位合作编写的《变电站直流电源蓄电池智能专家管理系统》书稿,顿觉耳目一新。

这本书专门就电力系统变电站直流电源装置的组成与工作方式、阀控密封铅酸蓄电池的工作原理与维护技术及基于在线均衡除硫技术的蓄电池智能专家管理系统的开发应用做了专题研究。并在大量实验研究和实践应用的基础上,介绍了该团队研发的新型蓄电池在线均衡除硫及智能监控设备和与之配套的软件系统,填补了目前业内变电站直流电源系统 110 V、220 V 及以上大功率、大容量 UPS 蓄电池动态在线除硫维护与智能监控有机结合的技术空白,提高了变电站直流系统中阀控密封铅酸蓄电池的科学维护水平,延长了蓄电池的使用寿命和有效工作时限,保障了直流系统的核心——蓄电池的稳定可靠运行,从而为变电站直流电源系统的安全可靠运行提供了坚实的保证。

《变电站直流电源蓄电池智能专家管理系统》一书,是近年来电力系统专门研究变电站直流系统的核心——阀控密封铅酸蓄电池科学维护保养技术的又一个可喜成果。该书较为系统地阐述了变电站直流系统的工作模式,尤其是对电力系统变电站直流系统中蓄电池的科学维护进行了较为系统的论述,可以作为变电站直流系统蓄电池安装调试及运行维护技术的指导性专业工具书籍,也可以作为电力行业从业人员的技术培训教材。该智能专家管理系统研发成功后,很快在国网三门峡供电公司、渑池县电业局、灵宝市电业局的多个典型的变电站直流系统和信息中心机房 UPS 电源上挂网运行,获取了大量的一手运行资料,其硬件设备和软件平台都通过了相关机构的测试,系统运行稳定可靠,效益逐步显现,在电力系统具有很强的实践指导意义和应用推广价值。

近年来,在电力系统的各种故障及事故统计中,因保护拒动或误动而引起的设备及系统故障和事故所占比例不小,从事后的事故分析报告看,不乏因直流系统蓄电池损坏而引起直

流供电电压降低或直流输出功率不足引发的保护拒动,或保护出口拒动,或开关拒跳、拒合引起的电网事故。要从根本上消除这些因二次设备故障引起的电网运行事故,除了提高整个变电站直流系统的智能化、信息化水平外,加强直流系统的设备运行维护和监控是保障电力系统安全生产的主要手段,也是生产运行和维护人员的主要职责。

变电站直流电源蓄电池智能专家管理系统的成功研发,是国网三门峡供电公司和兰州大学校企合作科技创新的成功典范,该项成果提升了变电站直流系统中蓄电池专业维护的智能化程度,填补了变电站直流系统蓄电池智能化在线维护的空白。该项目的推广应用有力地提升了变电站直流系统的运行维护水平,坚实地保障了电网的安全可靠运行,达到了研发目的。

是为序。

中国电力科学研究院

名誉总工程师

教授级高工

博士生导师



2012年11月22日

目 录

第一章 绪论 / 001

第二章 变电站直流电源系统的工作原理 / 008

第一节 变电站直流电源系统的组成 / 008

第二节 直流电源系统的工作原理 / 011

第三节 变电站直流电源装置的基本参数、技术指标 / 013

第四节 变电站直流电源系统常用接线方式 / 014

第五节 县级电业局变电站直流系统运行示例 / 017

第六节 市级供电公司变电站直流系统设备运行规范 / 021

第三章 蓄电池工作的原理与维护技术 / 030

第一节 蓄电池的分类与基本构成 / 030

第二节 铅酸蓄电池的工作原理 / 031

第三节 铅酸蓄电池的充电和放电 / 033

第四节 蓄电池的容量 / 035

第五节 蓄电池的运行 / 038

第六节 固定型阀控密封 (GFM) 铅酸蓄电池 / 041

第七节 阀控密封铅酸蓄电池的维护 / 045

第八节 阀控密封铅酸蓄电池的常见故障分析 / 049

第九节 阀控密封铅酸蓄电池报废原因分析 / 053

第十节 阀控密封铅酸蓄电池的离线式修复 / 054

第四章 蓄电池智能专家管理系统 / 067

第一节 基于在线均衡除硫技术的蓄电池智能专家管理系统的提出 / 067

第二节 蓄电池智能在线除硫器 / 069

第三节 蓄电池主动维护监测仪 / 076

第四节 蓄电池智能监测在线均衡除硫一体仪 / 079

第五节 蓄电池智能专家管理系统网络结构 / 100

第六节 蓄电池智能专家管理系统软件平台 / 103

第五章 蓄电池智能专家管理系统操作指南 / 112

第一节 系统登录 / 112

第二节 数据查看 / 113

第三节 基站管理 / 117

- 第四节 历史数据 / 120
- 第五节 单体采集 / 122
- 第六节 统计分析 / 124
- 第七节 短信管理 / 126
- 第八节 系统管理 / 128
- 第九节 软件维护 / 132
- 第十节 新版蓄电池在线维护监控管理系统软件操作示例 / 133

第六章 电力系统直流电源装置的运行规范与维护技术规程 / 152

- 第一节 DL/T 724—2000 电力系统用蓄电池直流电源装置运行与维护技术规程 / 152
- 第二节 直流电源系统运行规范（国家电网公司） / 167
- 第三节 变电站直流电源系统设备配置及网络接线规范（河南省电力公司） / 180

后记 / 188

第一章 绪论

近年来电力系统随着信息化水平的不断提高和智能电网的建设,蓄电池用量逐年增加,特别是在变电站中,控制、信号、保护和自动装置以及断路器合闸、储能、直流电机、交流不停电电源、事故照明等都采用直流电源系统供电。变电站直流电源系统通常主要由蓄电池组、充电装置、绝缘检查装置、微机监控装置、电池巡检装置以及控制、保护电源等设备组成。在电力系统中蓄电池是直流系统核心的、必不可少的组成部分。

蓄电池的形式,随着制造技术的发展,几十年来也发生了很大的变化。在20世纪70年代以前,发电厂和变电站中应用的都是开启式铅酸蓄电池。20世纪70年代以后,开始使用半封闭的铅酸蓄电池,并逐步普遍采用。到20世纪80年代中期以后,由于电磁机构开关的应用,镉镍碱性蓄电池因具有短时间输出大电流的特点,开始获得使用,并在20世纪90年代用于发电厂和变电站,但一般使用的都是额定容量在100 Ah以下的。碱性蓄电池维护比较麻烦,限制了其应用范围。20世纪90年代发展起来的阀控式铅酸蓄电池,由于安装方便、维护工作量小、对环境污染小、可靠性较高等一系列优点,开始得到广泛使用。

目前,变电站直流电源系统大都采用铅酸蓄电池组供电。铅酸蓄电池已有100多年的历史,是一种应用广泛的动力电源,具有可靠性好、原材料易得、价格便宜等特点,目前约有95%的市场占有率。但在实际使用过程中,如果铅酸蓄电池的使用和维护不善,例如经常充电不足、不及时充电或过放电,蓄电池的负极板上就会逐渐产生一种坚硬且导电不良的粗晶粒硫酸铅。这种硫酸铅用常规方法充电很难还原,在充电时充电接受能力很差,大量析出气体,这种现象被称为“不可逆硫酸铅盐化”,简称“硫化”。粗晶粒硫酸铅堵塞了极板孔隙,使电解液渗入困难并增加了内阻,引起蓄电池容量下降甚至提早报废。

为克服铅酸蓄电池的这一弊端,近年来出现了多种铅酸蓄电池修复技术:

1. 采用大电流充电法

这种方法可使大的硫酸铅结晶产生负阻击穿得以溶解,但会在消除硫化的过程中带来加重失水和正极板软化等问题。

2. 负脉冲法

此方法应用至今已有30多年历史,原理是在充电过程中加入负脉冲,对减低电池温升有作用,但对“硫化”的快速修复效果不佳。

3. 添加活性剂法

这种采用化学方法消除硫酸铅结晶的技术,成本高,同时也增加了电池内阻,并且还改变了电解液的原结构,修复后的使用期较短。

4. 高频脉冲法

采用高频脉冲波使硫酸铅结晶体重新转化为晶体细小、电化学性高的可逆硫酸铅,使

其能正常参与充放电的化学反应，较负脉冲修复效果好。不过其修复时间长，一般需数十小时以上，甚至一周的时间，效率较低，对严重“硫化”的蓄电池修复效果不好，但其技术简单，目前有许多厂家在使用。

5.复合式谐振脉冲法

合理地控制修复脉冲的前沿，利用充电脉冲中的高次谐波与大的硫酸铅结晶谐振的方法，在修复过程中消除电池硫化。这种方法在修复电池的时候，修复效率较高，对电池的伤害相对较小。

复合谐振修复的原理比较复杂。首先，任何晶体在分子结构确定以后都有谐振频率，而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。适当控制脉冲的电流值，以较小的电流密度对正极板充电，基本上不会形成对正极板的损伤。对于密封电池，瞬间的充电电压使电极板所产生的氧气也可以通过氧循环在负极板上被吸收，电池也就不会形成失水。复合谐振法就是采用高频正负脉冲发生器，对电池不断地产生高低变频脉冲，其一可以具有溶解大硫酸铅的条件，其二是脉冲扰动，破坏了大硫酸铅继续生长的条件，这种方法克服了以往修复技术的局限性，具有快速性，通常修复一组电池约需 8~12 小时，修复效率较高，耗电较少，且有不会引起电池失水、正极板软化和改变电解液原结构等优点，对严重硫化的铅酸电池修复效果明显。

虽然我们不知道防止电池硫化的主要方法是防止电池不及时充电和过放电，但是在实际使用中，由于用电环境错综复杂，不及时充电和过放电现象还是经常发生的。以前发生这种情况被认为是“不可逆”的，现在采用大电流充电、活性剂置换、正负脉冲充电和复合谐振修复的方法等，把“不可逆”变成“可逆”，使电池寿命得到延长，减少了由于铅酸蓄电池的大量报废对环境产生的污染。

电力行业标准《DL/T 724—2000 电力系统用蓄电池直流电源装置运行与维护技术规程》及国家电网公司《直流电源系统运行规范》中提及了用“均衡充电”和“核对性放电”的方法对防酸隔爆铅酸蓄电池组（以下简称防酸蓄电池组）“硫化”的处理模式。其中，DL/T 724—2000第6节“蓄电池运行及维护”中指出：

防酸蓄电池组在长期浮充电运行中，个别蓄电池落后，电解液密度下降，电压偏低，采用均衡充电方法，可使蓄电池消除硫化，恢复到良好的运行状态。

均衡充电的程序：先用 I_{10} （ I_{10} 为蓄电池10 h率放电电流）电流对蓄电池组（单体蓄电池为2 V，下同）进行恒流充电，当蓄电池端电压上升到 $(2.30\sim 2.33) V \times N$ （ N 为电池个数）时将自动或手动转为恒压充电，当充电电流减小到 $0.1 I_{10}$ 时，可认为蓄电池组已被充满容量，并自动或手动转为浮充电方式运行。

长期浮充电方式运行的防酸蓄电池，极板表面将逐渐产生硫酸铅结晶体（一般称之为“硫化”），堵塞极板的微孔，阻碍电解液的渗透，从而增大了蓄电池的内电阻，降低了极板中活性物质的作用，蓄电池容量大为下降。核对性放电，可使蓄电池得到活化，容量得到恢复，使用寿命延长，确保发电厂和变电站的安全运行。

核对性放电程序如下:

(1) 一组防酸蓄电池

发电厂或变电所只有一组蓄电池,不能退出运行,也不能进行全核对性放电,只允许用 I_{10} 电流放出其额定容量的50%,在放电过程中,单体蓄电池电压还不能低于1.9 V。放电后,应立即用 I_{10} 电流进行恒流充电,在蓄电池组电压达到(2.30~2.33) V \times N时转为恒压充电,当充电电流下降到0.1 I_{10} 电流时,应转为浮充电运行,反复几次上述放电充电方式后,可认为蓄电池组得到了活化,容量得到了恢复。

(2) 两组防酸蓄电池

发电厂或变电所,若具有两组蓄电池,则一组运行,另一组断开负荷,进行全核对性放电。放电电流为 I_{10} 恒流。当单体电压为终止电压1.8 V时,停止放电,放电过程中,记下蓄电池组的端电压、每个蓄电池的端电压、电解液密度。若蓄电池组第一次核对性放电,就放出了额定容量,不再放电,充满容量后便可投入运行。若放充三次均达不到额定容量的80%,则此组蓄电池使用年限已到,应安排更换。

(3) 防酸蓄电池核对性放电周期

新安装或大修中更换过电解液的防酸蓄电池组,第1年,每6个月进行一次核对性放电;运行1年以后的防酸电池组,1~2年进行一次核对性放电。

防酸蓄电池“硫化”故障处理方法:

将蓄电池组退出运行,先用 I_{10} 电流进行恒流充电,当单体电压上升为2.5 V时,停充0.5 h,再用0.5 I_{10} 电流充电至强烈冒气泡后,再停0.5 h再继续充电,直到电解液“沸腾”;单体电压上升到2.7~2.8 V时,停止充电1~2 h,然后用 I_{10} 电流进行恒流放电,当任一个单体蓄电池电压下降至1.8 V时,终止放电,并静置1~2 h,再用上述充电程序进行充电和放电,反复数次,极板上的硫酸铅结晶体将消失,蓄电池容量将得到恢复。

以上对蓄电池“硫化”的“处理方法”明显的缺陷是:

(1) 蓄电池组必须退出运行;

(2) 采用反复的充电和放电法,且判断标准为电解液冒气泡、“沸腾”,不适合目前普遍使用的阀控式密封铅酸蓄电池;

(3) 电流、电压设定只是针对单体2 V防酸蓄电池,不包括单体12 V阀控式密封铅酸蓄电池。

对于阀控式密封铅酸蓄电池(以下简称阀控蓄电池),DL/T 724—2000第6节“蓄电池运行及维护”中指出:

长期使用限压限流的浮充电运行方式或只限压不限流的运行方式,无法判断阀控蓄电池的现有容量,内部是否失水或干裂。只有通过核对性放电,才能找出蓄电池存在的问题。

对于阀控蓄电池核对性放电周期,DL/T 724—2000规定:

新安装或大修后的阀控蓄电池组,应进行全核对性放电试验,以后每隔2~3年进行一次核对性试验,运行了6年以后的阀控蓄电池,应每年进行一次核对性放电试验。

阀控蓄电池的核对性放电程序:

(1) 一组阀控蓄电池

发电厂或变电所中只有一组电池,不能退出运行、也不能进行全核对性放电,只能用

I_{10} 电流以恒流放出额定容量的50%，在放电过程中，蓄电池组端电压不得低于 $1.8 V \times N$ 。放电后应立即用 I_{10} 电流进行恒流限压充电→恒压充电→浮充电，反复放充2~3次，蓄电池组容量可得到恢复，蓄电池存在的缺陷也能找出和处理。若有备用阀控蓄电池组作临时代用，该组阀控蓄电池可进行全核对性放电。

(2) 两组蓄电池

发电厂或变电所中若具有两组阀控蓄电池，可先对其中一组阀控蓄电池组进行全核对性放电，用 I_{10} 电流恒流放电，当蓄电池组端电压下降到 $1.8 V \times N$ 时，停止放电，隔1~2 h后，再用 I_{10} 电流进行恒流限压充电→恒压充电→浮充电。反复2~3次，蓄电池组存在的问题也能查出，容量也能得到恢复。若经过3次全核对性放充电，蓄电池组容量均达不到额定容量的80%以上，可认为此组阀控蓄电池使用年限已到，应安排更换。

DL/T 724—2000未提及阀控式密封铅酸蓄电池的“硫化”及其处理方法。

中国电力出版社出版的《变电站直流设备使用与维护培训教材——阀控密封铅酸蓄电池》一书中对阀控式密封铅酸蓄电池硫酸盐化故障及预防措施有如下描述：

故障现象：

核对性放电时，蓄电池放不出额定容量。

原因分析：

(1) 蓄电池长期欠充电，浮充电压低于 $2.23 \sim 2.28 V$ ($25^\circ C$)，造成极板硫酸盐化。

(2) 深度放电频繁（如每月一次）。

(3) 蓄电池放电后没有立即充电，极板硫酸盐化。

(4) 蓄电池长期过充电，浮充电压高于 $2.23 \sim 2.28 V$ ($25^\circ C$)，造成蓄电池失水严重。蓄电池失水后电解液密度过高，使极板硫酸盐化加快。

预防措施：

(1) 浮充电运行时，单体电池电压应保持在 $2.23 \sim 2.28 V$ ，取 $2.25 V$ /单体 ($25^\circ C$)。

(2) 避免深度放电。

(3) 对核对性放电达不到额定容量的蓄电池，应进行三次核对性放充电，当容量仍达不到额定容量的80%以上时，应更换蓄电池。

以上涉及的铅酸蓄电池“硫化”及其处理方法大都是在蓄电池出现故障后采取的补救式修复措施，而且大都需要采取退出运行的离线式“住院治疗”。如果研发一种在复杂运行环境下既可防止蓄电池的“硫化”（即对蓄电池进行日常“保健”）又可对已“硫化”的蓄电池采取非离线式即在线修复（即对已劣化的蓄电池进行“治病”修复）的蓄电池在线智能维护技术，对有效减缓蓄电池组的劣化速度，提高变电站直流系统的安全可靠性，则具有很好的经济效益和社会效益。

工业和信息化部发布的《通信用铅酸蓄电池正向尖脉冲式去硫化设备技术条件》(YD/T2064—2009)行业标准规定了通信用铅酸蓄电池正向尖脉冲式去硫化设备的要求、试验方法和检验规则等，为我们研发铅酸蓄电池在线除硫智能维护设备提供了重要参考依据。该标准明确定义了以下概念：

(1) 硫酸铅盐化 (sulphating)

铅酸蓄电池放电以后，负极板的铅（和正极板的氧化铅）转换为硫酸铅，充电时很容易还原成铅（和氧化铅）。但如果不及时充电或者长时间（约一个月）欠充电，这些硫酸

铅晶体就会逐步聚积而形成粗大的硫酸铅结晶，采用普通的充电方式是无法恢复的，所以称为不可逆硫酸铅盐化，简称硫化。硫化会导致电池容量下降，甚至提早报废。

(2) 去硫化 (desulphating)

抑制、减轻及消除硫化的技术方法。

(3) 正向尖脉冲 (sharp positive-edged pulse)

上升沿陡直，即上升时间（指脉冲满幅值的10%~90%对应的的时间宽度）为 μs 级或更小，占空比（指50%脉冲满幅值时间宽度与振荡周期之比）小于1.2%。

(4) 去硫化效率 (desulphating efficiency)

电池组配备去硫化器前，采用10 h率放电获得的实际容量为去硫化前容量；电池组配备去硫化器，经一定去硫化时间后，采用10 h率放电获得的实际容量为去硫化后容量；正向尖脉冲去硫化效率按下式计算：

$$\text{正向尖脉冲去硫化效率} = (\text{去硫化后容量} - \text{去硫化前容量}) / \text{去硫化前容量}$$

(5) 去硫化强度 (desulphating intensity)

去硫化器输出的脉冲电流值。

为解决阀控式密封铅酸蓄电池在线除硫和智能维护的问题，我们提出了对阀控式密封铅酸蓄电池主动维护的理念，并研发出了可提早发现铅酸蓄电池劣化隐患的智能监测分析设备——蓄电池主动维护监测仪和消除铅酸蓄电池“硫化”的利器——蓄电池智能在线除硫器，同时还开发了蓄电池智能专家管理系统软件平台。通过实际试用，我们根据变电站蓄电池实际除硫情况，及时总结提高，又开发出了新一代蓄电池智能监测在线均衡除硫一体仪，从而进一步降低了设备成本，简化了电气连线，完善并建立了基于在线均衡除硫技术的蓄电池智能专家管理系统，基本解决了变电站直流系统阀控式密封铅酸蓄电池在线除硫和智能维护的问题，提高了变电站直流系统蓄电池的科学维护水平，加强了变电站直流系统运行的安全可靠。

基于在线均衡除硫技术的蓄电池智能专家管理系统由蓄电池智能维护监测和蓄电池智能在线除硫两部分组成。蓄电池智能在线除硫器采用先进的脉冲发生技术，针对铅酸蓄电池硫酸铅结晶颗粒大小不同，其谐振点也不不同的特点，在线除硫器在活化修复过程中，将脉冲波施加于电池组两端，这种脉冲波与硫酸铅结晶产生共振，“击碎”并“溶解”大的硫酸铅结晶，使之溶于电解液中，成为小颗粒硫酸铅，而小颗粒硫酸铅可随着充电的进行，被分解为铅离子和硫酸根离子参与反应，最终变成铅及二氧化铅回到极板上，使硫酸铅结晶从极板上还原。

这种方法最大的亮点就是应用纯物理的方法即正向尖脉冲法在线对蓄电池进行均衡除硫维护，且该系统能将电化学与计算机测控技术有机结合，在线除硫修复过程中能动态监测极板硫化程度（电特性表现为电池内阻微小的变化），以电特性为依据，对脉冲波的幅度、频率、相位、功率进行及时调整后输出，形成输出→监测→输出的闭环动态控制系统，使施加于电池组两端的脉冲波功率始终处于一个阈值点上，这个阈值点既可保证蓄电池组始终处于安全工作状态，又可使硫酸铅结晶有足够的谐振能量。对蓄电池的在线除硫如果控制不好，施加于电池组两端的脉冲波功率和频率失衡不但影响除硫效率，还可能会击穿电池极板和对负载形成纹波干扰。因此，脉冲均衡除硫技术是实现蓄电池在线维护的关键技术之一。

基于在线均衡除硫技术的蓄电池智能专家管理系统就是利用现代信息技术和自主开发的在线均衡除硫设备在直流电源系统每一节蓄电池上实现智能在线除硫，使蓄电池能够较长时间地维持在规定的额定容量内运行，从而延长蓄电池寿命。蓄电池智能专家管理系统把蓄电池的管理从原来的时间管理变为容量管理，将蓄电池的维护从原来的表面维护变为内外相结合的智能维护，提升了直流电源系统蓄电池维护管理的水平，有效地延长了蓄电池的运行使用寿命。

基于在线均衡除硫技术的蓄电池智能专家管理系统的主要管理信息包括蓄电池容量、负载用电量、环境温度、供电时长等，这些信息通过传输系统显示在网络管理平台上，维护人员可实时了解蓄电池的动态信息，电池容量下降时自动启动在线除硫设备以提高电源的可靠性；还可通过短信平台定期向相关人员发送电池的实时信息，紧急情况还可以及时告警，需要做哪方面维护就及时维护，是加强电源科学管理的有效手段。

基于在线均衡除硫技术的蓄电池智能专家管理系统的特点：

(1) 网络实时在线普查直流系统蓄电池故障隐患，提高了电源维护的效率。

电力系统使用着大量的蓄电池，因无法实时锁定庞大的电池组中存在安全隐患的电池而酿成重大事故的事件时有发生。如何以最小的代价避免事故的发生，一直是电力行业运维人员努力追求的目标。传统的核对性放电测试法工作量较大，费时费力，且不能做到及时准确地对在网运行的电池组进行核查，就是说目前在网运行的直流系统蓄电池因无法透明地掌控其隐患点，因此漏洞是潜伏性的，事故的爆发点是难以锁定和预估的。

基于在线均衡除硫技术的蓄电池智能专家管理系统一改传统的思路较好地解决了这一难题，即不需要核对性放电测试就能实时锁定直流系统存在安全隐患的蓄电池，从而在技术层面避免了电网因直流系统故障发生事故的可能性。

(2) 通过在线维护延长了蓄电池的使用寿命，提高了直流系统电源的可靠性。

电力系统大量使用的阀控式密封铅酸蓄电池，由于受其“免维护”的商业宣传，通常就没有真正意义上的维护。因此投入使用后往往是自生自灭，其使用寿命一般远远低于设计寿命，这是蓄电池传统管理模式的一个严重漏洞。

基于在线均衡除硫技术的蓄电池智能专家管理系统就是为了解决这一漏洞而研发的，它通过采用除硫脉冲技术在线维护和修复蓄电池，使蓄电池的使用寿命接近甚至超过其设计寿命。此外，在网蓄电池首次实现了在线维护模式，使蓄电池的性能提升通过网管平台以历史曲线、柱状对比图等形式在网实时显现，这一技术不仅可避免盲目更换电池的投入，而且提高了直流系统电源的可靠性。

(3) 锁定劣化电池实施“外科手术式”维护，节约了投资，达到节能减排的目的。

蓄电池组劣化常常是其中一节或几节电池劣化所致，而要锁定是哪一节电池劣化，传统的方法实现起来很难。因为通常核对性放电测试是对整组蓄电池进行的，而往往一节电池劣化就可表现为整个电池组性能劣化，传统的方法就是整组更换。

基于在线均衡除硫技术的蓄电池智能专家管理系统则是在不需要核对性放电测试的情况下就可首先锁定劣化电池，然后仅仅通过更换单节劣化电池，就可实现整组电池性能的恢复而不需要整组更换。这一系统的使用可以提前发现问题，以“外科手术式”的方式有针对性地解决问题，从而大大节约了更换电池组的投入，还达到了节能减排的目的。

(4) 在线锁定隐性故障，增强了电网管理的反故障措施。

蓄电池投入使用后如螺丝松动造成极间电阻增大、爬酸漏液形成的盐化结晶导致极间电阻增大、严重失水等隐性问题也会导致电池组性能急速下滑,传统的测试方法是依靠电导仪测试,但往往受到测试位置等影响无法精准地判定,况且这一传统的人工测试方式面对庞大的电池组普查不太现实。

基于在线均衡除硫技术的蓄电池智能专家管理系统较好地解决了这一难题。系统的在线维护设备能直接锁定如螺丝松动造成极间电阻增大、爬酸漏液形成的盐化结晶导致极间电阻增大、严重失水等故障原因,这些隐性故障不用去现场、不用电导仪、不用放电测试仪就能直观通过网管平台得以显现,维护效率大大提高。能及时发现这些隐性故障并进行有效维护,可有效地避免这些隐性故障导致电池性能的急速下滑,增强了电网管理的反故障措施。

(5) 区别于传统动环监控的网络数字化管理,提高了电源维护管理水平。

近年新建的变电站直流系统大多数都建有不同版本的蓄电池动环监控,但传统的动环监控只机械地反映当前电池的端电压、充放电电流等数据,对电池没有在线维护,且蓄电池的端电压与电池容量并不是线性关系,因此传统的动环监控对在网运行的电池组哪些需要更换、哪些可以继续使用等问题的管理决策没有具体的数据指导。

基于在线均衡除硫技术的蓄电池智能专家管理系统则可定期出具“全网蓄电池健康诊断报告”,能实时自动统计严重劣化需马上更换的电池组、性能平稳能继续使用的电池组、正在进行优化并使其使用寿命得以延长的电池组、需要局部更换维护的电池组,并以图表形式展现,一目了然。

总之,变电站直流电源系统通过基于在线均衡除硫技术的蓄电池智能专家管理系统在电力行业的推广应用,将有效地提高变电站直流电源系统的安全可靠性,提升变电站直流电源系统的运行维护水平,是智能电网建设的一项新突破。国网河南省电力公司三门峡供电公司变电站直流电源系统率先应用基于在线均衡除硫技术的蓄电池智能专家管理系统,通过长时间的在线运行,系统运行稳定可靠,效益逐渐显现。基于在线均衡除硫技术的蓄电池智能专家管理系统的应用,改变了供电公司以往变电站直流系统蓄电池的运维模式,提高了变电站直流系统的安全可靠性,增强了变电站反故障措施,在国内具有领先水平。

推而广之,电力行业其他直流电源系统如信息机房、调度中心各类型的UPS直流电源、通信直流电源等如果都采用基于在线均衡除硫技术的蓄电池智能专家管理系统,实现直流电源的大管理、大维护,将显著提升电力系统直流电源的科学管理、维护水平,从而有效地避免直流电源系统事故的发生,为国家电网事业的发展做出贡献。

第二章 变电站直流电源系统的工作原理

第一节 变电站直流电源系统的组成

变电站直流电源是变电站非常重要的一种二次设备，它的主要任务就是给继电保护、开关合分及控制提供可靠的直流操作电源，它在变电站中是一个独立的电源，不受交流的影响，在全站失电的情况下，仍能保证控制信号、保护、自动装置等的电源及事故处理工作。它的作用是：正常时为变电站内的断路器提供合闸直流电源；出现故障时，在变电站供电中断（全电失压）的情况下，为继电保护及自动装置、断路器分合闸、通信等提供直流电源。因此，其性能和质量的优劣直接关系到电网的稳定运行和设备安全。

近几年来，无人值班变电站的建设在全国迅速发展和普及，与之相配套的设计规范和设备选择原则也逐渐成熟。在变电站实行无人值班后，要求直流电源的可靠性及自动化程度更高，功能更完善。

随着电力电子技术的迅速发展，直流电源制造技术也取得了飞速发展，整流系统由过去的分立元件和集成电路控制发展为微机控制，使直流电源具有智能化，能够和变电站综合自动化网络连接，具有“三遥”（即遥信、遥测、遥控）功能甚至“四遥”（即遥信、遥测、遥控、遥调）功能。近年来，开关电源在变电站也获得了广泛应用。

变电站直流电源系统主要由以下几部分组成：

1. 蓄电池

变电站的直流电源系统是一个不间断的直流电源，要求配置蓄电池系统。其功能主要是在交流电源断电时能够实时地提供二次回路所需要的直流供电。蓄电池可作为传动、保护、控制、通信等装置的独立直流电源，稳定、可靠、安全的保护操作电源是保证电网正常运行的关键。在直流电源系统中，蓄电池在正常状态下处于浮充电状态，直流负荷由交流部分提供，只有在交流失电的情况下，蓄电池才被投入系统负责系统直流的供应，因此蓄电池在平时的维护尤其重要。在维护中，浮充电电压和电流应该随蓄电池的状态变化而变化，尽力让蓄电池工作在最佳状态。在没有监控系统的情况下，直流电源系统完全按照人为的设定值机械地运行，也就无法合理地维护好蓄电池。电池技术近年来有了很大发展，以前变电站主要应用防酸隔爆铅酸蓄电池，自20世纪80年代以来推广使用了镉镍碱性蓄电池。现在则广泛应用阀控式密封铅酸蓄电池。

防酸隔爆铅酸蓄电池具有容量大、寿命长、易浮充电等特点，既适合长时间小电流放电使用，又适合大电流瞬时放电使用，性能可靠，维护方便。但它由于有酸雾排出和少量

氢释放，需要有专用的具有通风条件的蓄电池室，不可与成套直流电源柜一起安装，现在一般都不选用这种蓄电池。

镍镉碱性蓄电池有开口板式和开口烧结式两大类，其主要特点是电池内阻低、可靠牢固、温度特性好、运行维护方便、寿命长、放电倍率高，但该类蓄电池有爬碱和漏液现象，且维护比较麻烦，目前也很少使用。

阀控式密封铅酸蓄电池是近年来发展起来的新型蓄电池。该类蓄电池多采用铅钙板栅合金极板、超细玻璃纤维做隔板和贫电解液结构。也有采用管式正极板，专用隔板胶体电解液的富电解液结构的，其基本原理都是气体在极板间转移，促进了再化合反应，同时利用减压阀保持电池内部有一定压力。这类蓄电池具有防酸式铅酸蓄电池的优点，而且基本上属于免维护即免除补水维护，同时由于没有酸雾和氢气排出，可以与成套直流电源柜一起安装在主控室，现在已广泛应用于各类变电站中，为无人值班变电站的首选蓄电池。

变电站蓄电池容量的选择：

选择蓄电池容量首先要进行直流负荷统计。直流负荷按性质可分为：经常负荷、事故负荷、冲击负荷。经常负荷主要包括变电站内的保护、控制、自动化和通信设备等。事故负荷是指变电站在全站停电后，必须由直流电源供电的负荷。在变电站内主要是指事故照明、不间断电源系统（UPS）、通信备用电源等负荷。冲击负荷是指极短的时间内施加的很大的负荷电流。在35~220 kV变电站中这类负荷主要是指电磁操作机构的断路器分合闸电流。根据上述三种直流负荷统计，可计算出事故状态下变电站内的直流持续放电容量。

关于蓄电池放电时间，《电力工程直流电源系统设计技术规程》（DL/T5044—2004）第5.2.2条规定：

有人值班变电所，全所交流电源事故停电时间按1 h计算；无人值班变电所，全所交流电源事故停电时间按2 h计算。对无人值班变电所，主要是考虑到事故停电后增加维修人员前往变电所的路途时间1 h，但对事故照明负荷可按1 h计算，因为事故照明可采用维修人员到达后手动方式。

蓄电池容量选择的计算方法有电压控制法与阶梯负荷法。为保证事故放电初期、放电末期蓄电池仍能保持一定的电压水平，并能再次承受冲击负荷，蓄电池容量还应考虑适当的宽余度。根据计算，220 kV变电站，直流电源系统额定电压取220 V，蓄电池选择两组，蓄电池容量一般为150~200 Ah；110 kV变电站，直流电源系统额定电压取220 V，蓄电池选择一组，蓄电池容量一般为110~150 Ah；35 kV变电站，直流电源系统额定电压取220 V，蓄电池选择一组，蓄电池容量一般为50~100 Ah。

《电力工程直流电源系统设计技术规程》（DL/T5044—2004）第4.3.2条规定：

220~500 kV变电所应装设不少于2组蓄电池。110 kV及以下变电所宜装设1组蓄电池，对于重要的110 kV变电所也可装设2组蓄电池。实际设计过程中，也是按此方案配置。

在以往的变电站中，10 kV断路器多采用电磁操作机构，其额定合闸电流较大，为90~245 A，所以事故放电末期承受冲击负荷时，确保直流母线电压在允许值范围内，是选择蓄电池容量的决定性因素。近年来，越来越多的10 kV断路器采用弹簧操作机构，其合闸电流很小，则蓄电池的容量由全站的经常负荷和事故负荷决定，这样可大大减少蓄电池容量。以1个具有2台150~180 MVA主变压器、8回220 kV线路、10回110 kV线路、10回10 kV线路和2组电容器的220 kV变电站为例，当变电站10 kV断路器采用弹簧操作机构时，其额定合