

新型智能蓄电池在线监测系统设计及在电力系统中的应用

为了及时检测出故障蓄电池、劣化电池及蓄电池的在线容量，增强后备电源的安全性，设计了新型智能蓄电池及在线监测系统并在电力系统中应用，减少了运维人员维护压力，提高了设备运行可靠性。现场试验证明，该监测系统测量数据真实可靠，可进一步推广应用。

张 斌 邹洪森 刘志远/宁夏电力公司检修公司
薛占钰 李 珊/保定钰鑫电气科技有限公司

0 引言

在输、配电网终端站，重要设备与应急使用都必须保证不间断供电。蓄电池组是交流失电或其他事故时负荷唯一的能源供给，是保证不间断供电的关键设备。但由于蓄电池特性和目前维护技术的局限，蓄电池组不能准确在线监测，个别问题电池无法提前发现等种种问题，给蓄电池组运行构成了重大的安全隐患。设计寿命为15~20年的电池只能使用3~5年，大量的蓄电池提前报废，造成了巨大的资源浪费、成本损耗和环境污染。为此，研究一套实现蓄电池单体状态检修、提前告知蓄电池工作状态的在线监测系统是非常必要的^[1]。

宁东直流输电工程是国家“西电东送”计划的重要工程，额定输送功率为4 000 MW，是宁夏电力外送的重要通道。银川东换流站是宁东直流工程的主导站，除了对站内设备的监视、控制和操作等任务，还担负着日常输送功率升降操作，与各调度单位业务联系频繁。因此，银川东换流站对蓄电池组稳定可靠运行有着更高的依赖。本文介绍新型

智能蓄电池组在线监测系统的设计，同时将其引入到银川东换流站中挂网运行，为后续在电力系统中推广运行奠定基础。

1 智能蓄电池的概念及发展现状

1.1 传统蓄电池介绍

传统的蓄电池主要分为3类，即普通蓄电池、干荷蓄电池和免维护蓄电池。

普通蓄电池。普通蓄电池的极板是由铅和铅的氧化物构成，电解液是硫酸的水溶液。其主要优点是电压稳定、价格便宜；缺点是比能低（即每公斤蓄电池存储的电能）、使用寿命短和日常维护频繁。

干荷蓄电池。全称为干式荷电铅酸蓄电池，其主要特点是负极板有较高的储电能力，在完全干燥状态下，能在两年内保存所得到的电量，使用时只需加入电解液，20~30 min就可使用。

免维护蓄电池。免维护蓄电池由于自身结构上的优势，电解液的消耗量非常小。使用寿命一般为普通蓄电池的两倍。市场上的免维护蓄电池有两种：第一种在购买时一次性加电解液以后使用中不需要维护（添加补充液）；另一种是电池本身出厂时就已经加好电解液并封死，用户根本就不能加补充液。

电力系统中最常用的传统蓄电池为免维护铅酸蓄电池。免维护铅酸蓄电池，顾名思义最大的特点就是“免维护”。和铅酸蓄电池比其电解液的消



张 斌/助理工程师

关键词/Keywords

智能蓄电池·
在线监测·
电力系统·

耗量非常小, 在使用寿命内基本不需要补充蒸馏水。其还具有耐震、耐高温、体积小和自放电小的特点^[2]。

1.2 智能电池介绍

智能电池的确切定义目前还没有统一的说法。这个概念来源于信息业的高速发展, 其中主要来源于世界著名的笔记本电脑设计、生产和供应商。人们迫切地希望掌握电池供电的工作状况, 一旦关键时刻电池没电可以及时替换, 事先也可以有所准备。所以, 笔记本电脑中电池电源管理方案都使用存储在基本输入输出系 (BIOS) 中的电源算法 (一般采用硬件方法) 通过操作系统直接进行控制的。其目的是使电池寿命延长。

简而言之智能电池应具备以下条件:

1) 准确提供 (或者显示) 电池状态数据, 包括电池当前的端电压、电池温度、电池内阻和电池的剩余容量。

2) 这些数据能上网通信, 即应符合某种通信规范 (如系统管理总线), 应有与主机通信的接口。

3) 必要的保护与报警功能, 在充放电过程中有保护报警措施, 如过电压保护、超温报警等。

4) 应具有与智能充电控制器通信的功能, 达到电池使用中形成大闭环的有效网上控制。

1.3 国内外智能蓄电池研究现状

在智能蓄电池体方面, 国内外尚无开展智能蓄电池体的研究。在智能蓄电池在线监测系统研究方面, 国外有人研究VMS (VRLA Battery Management System) 阀控密封铅酸蓄电池管理系统。这个管理系统不是简单的监测蓄电池, 而是设计成具有管理和控制蓄电池的功能。此系统的目的是在线监测蓄电池充放电过程以及浮充状态下蓄电池的工况, 系统监测的内容包括: 单电池电压、电池 (壳体外表) 温度、充放电电流及充放电过程中测量电池组总电压。它是在监测的基础上对蓄电池进行分析, 并进行管理和控制, 这样更有利于对蓄电池的维护, 可延长蓄电池使用寿命。但是由于体外安装监测单元, 施工过程中

中会出现安全问题。为了保证安全, 蓄电池极柱都设计有安全帽, 安全帽的磨具没有考虑后加接线的问题。此外, VMS还分为电压巡检模式、集中式电压内阻巡检模式和分布式电压内阻巡检模式, 无论哪种模式, 在施工过程中都会遇到上述问题。

2 新型智能蓄电池体设计

2.1 蓄电池监测技术介绍

在目前大部分的使用后备蓄电池的部门都采用人工检查的方法来实现蓄电池的维护。该方法除了放电测试外, 人工测量主要是测量蓄电池组电压、单电池电压、温度和单电池内阻。

其中, 蓄电池组电压测量可以发现充电机的参数设置是否正确。由于蓄电池是串联运行, 整组电池的电压由充电机的输出来决定, 充电机的正确工作并不能等同于每个单电池的工作状态正常。单电池电压监测可以发现单电池浮充电压不正确, 单电池是否被过充电、过放电等情况。电池内阻能够反映电池的容量下降和电池老化。不同厂家的内阻测试仪的准确度和抗干扰能力差别很大。由于采用的工作频率不同, 其读数值也会有差别, 尤其是测量夹具很难与电池端子直接接触, 测量值往往包括连接电阻。

鉴于以前技术方面的限制, 目前蓄电池监测技术基本处于悄然兴起阶段, 在意识较强的重要部门, 采用蓄电池电压等运行参数的监测, 而缺乏这种意识的部门则仍然停留在人工维护的阶段。关于蓄电池运行参数、性能参数的双方面监测的实现, 少之又少。但由于采用备用电池的场所都是十分重要的部门, 而且蓄电池的运行要求比较严格, 电池在偏离了正确的使用条件下运行将造成严重的后果, 因此铅酸蓄电池的运行参数监测变得十分重要, 该部分的技术实现不是十分困难, 所以现在较易实现。当蓄电池容量下降到一定程度, 蓄电池组就起不到电源备份的作用, 一旦主电源发生故障, 就可能造成系统停机, 导致巨大的损失, 对于用户而言, 及时发现电池劣化、容量下降, 并

及时处理电池失效,是十分重要的。下面对蓄电池在线监测技术进行介绍。

(1) 整组电压监测

整组电压监测功能一般设计在整流电源内,测量蓄电池组的电压、电流和温度,进行充电和放电管理,尤其是根据环境温度变化调整电池的浮充电压,在电池放电时蓄电池组电压低至某下限时报警。这是在人工维护的基础上发展的在线监测,就是最初级的在线监测。现在的UPS仍然采用该方法。

但是对于蓄电池而言,整组监测存在较大的不足。如在蓄电池组放电时,放电的截止电压是以 $N \times 1.8 \text{ V/只}$ (N 为蓄电池数量),由于蓄电池组中蓄电池的一致性无法严格保证,因此在放电中当个别电池已经达到放电截止电压,而蓄电池组没有达到 $N \times 1.8 \text{ V/只}$,就会出现个别电池过放。

由于整组监测很难发现单电池的缓慢变化,包括单电池本身的老化和因单电池一致性问题而带来的积累效应。以一组48 V电池来说,如果只有1只电池在变坏,其电压变化的信号会被其他23只电池淹没。所以即使在蓄电池组中出现个别“坏电池”,但结果仍然被认为是“好电池”。

(2) 单电池电压监测

单电池的电压监测前期通过继电器式实现蓄电池单电池电压的巡检,后来发展出全电子式的监测,这样对蓄电池的运行情况可以做到较为全面的监测与管理,如单电池电压、蓄电池组电压、充放电电流和蓄电池的环境温度等。通过蓄电池运行参数的监测,从而保证蓄电池可以在正常条件下运行与工作。

但在实际应用中,尤其当蓄电池运行条件保障的前提下,蓄电池仍然无法在投运时提供充足的后备电源。这就涉及到蓄电池的健康程度的问题,而蓄电池运行参数的监测是无法反映其性能参数的。

(3) 单电池内阻监测

众所周知,铅酸蓄电池的端电压并不能反映电池的容量特性,容量严重下降的电池,在整组

浮充电的电池中,其浮充电压的区别不足以用来判断电池是否因容量降低而失效,一旦蓄电池组进行放电,这些电池因为充电量少,端电压很快就会跌落,并妨碍蓄电池组的放电性能,这时从电池的端电压上可以很容易地发现它们,但是已经太晚了,蓄电池组在需要备份电源的时候已经起不到备份作用了。

大量单体蓄电池故障现象表明,单体蓄电池故障时,其内阻增大,浮充电压上升。但内阻增大和浮充电压上升不是同时发生的。内阻增大发生在浮充电压上升前很长一段时间。当内阻增加值大于基准值60%以上时,浮充电压才开始上升。蓄电池内阻从正常值变化到比基准值大60%,一般要经历相当长的时间(例如几个月或更长)。内阻增大25%就说明蓄电池已有严重故障,而此时浮充电压仍保持正常状态。

由此可见,利用内阻检测蓄电池故障可以较早地发现蓄电池故障,而通过浮充电压监测故障可能会出现误差。

(4) 蓄电池温度监测

传统的温度测量主要是为了发现电池的工作环境是否通风不良、温度过高,所以一直不被重视。这样的做法将温度对整个蓄电池的影响忽略了。当蓄电池温度升高时,电解液的活动加强,故蓄电池内阻减少;当蓄电池温度降低时,电解液的活动减弱,故蓄电池内阻增大。大量试验数据表明,当温度较低时(25℃以下),蓄电池内阻随温度变化显著;当温度较高时(25℃以上),蓄电池内阻随温度变化缓慢。

因此,如需要在标准温度下的蓄电池内阻值,应对测得的蓄电池内阻进行温度修正。工作于浮充方式的蓄电池,温度升高时,由于内阻的减小,其浮充电流增大,导电元件的腐蚀加剧,因而寿命减少。另一方面,当温度很低时,由于内阻的增大,蓄电池就不能对负载放出足够的能量。所以,蓄电池的内部温度的监测是十分必要的。另外还必须对充电电压进行温度补偿,以避免高温下的过充和低温下的欠充。

此外,温度异常也是蓄电池内部故障以及

充放电作业不恰当导致的必然反映, 所以对于温度, 尤其是内部温度的实时监测在整个蓄电池运行监测系统中占有很重要的地位。

2.2 智能蓄电池体的设计

根据蓄电池参数传感器测量原理, 经过科学创新将蓄电池参数传感器内置于蓄电池体内, 设计出能够自行反映蓄电池自身运行状态的智能型蓄电池。这种智能型蓄电池带有储运与运行转换开关和通信接口, 可实现蓄电池之间的组网串接, 通过转换模块输出232/485信号, 后台或者显示单元可以在线实时显示各个蓄电池的电压、内阻和温度(蓄电池内部温度)。智能型蓄电池可广泛应用于电力系统, 实现蓄电池的“智能状态检修”。

(1) 智能蓄电池的特点

1) 智能蓄电池自身能够通过通信接口反映蓄电池自身的电压、内阻和温度(内部温度)。

2) 智能蓄电池带有储运与运行转换开关, 当蓄电池在非运行状态时, 开关是断开的, 内部电路不运行。

3) 蓄电池之间通过通信线串联最后连接于集中器或者接口转换设备。

4) 智能蓄电池内部电路安装有熔体, 杜绝了内部短路的安全风险。

5) 智能蓄电池无须监控施工, 只要设置好蓄电池地址, 连接好通信线即可进行调试, 省去了安装费用。

6) 由于没有从蓄电池正负极进行测试线外引, 所以杜绝了小动物啃咬引起短路的可能。

7) 由于测试电路在蓄电池内部, 使得智能蓄电池电路测量电路的抗干扰能力大大增强。

8) 智能蓄电池反映的温度是蓄电池内部温度, 其远远比传统的环境温度或者体表温度更有借鉴意义。

9) 省去了传统方法的装置外壳、测量导线和接线端子, 制造成本低。

(2) 智能蓄电池的技术参数

智能蓄电池能够测量自身电压、温度和内阻, 并且操作简单, 接线简洁方便, 其实物图如图1所示。

图1所示。

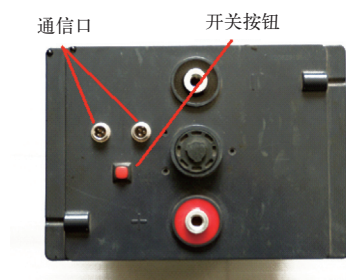


图1 智能蓄电池样机图

其技术参数如表1所示。

表1 智能蓄电池体技术参数表

序号	内容	参数
1	供电电源	蓄电池内部直接取电
2	通信接口	RJ45, RJ11, 航空插头
3	电压准确度(%)	± 0.2
4	内阻测量范围/m Ω	0.01 ~ 250
5	内阻测量一致性/ $\mu\Omega$	± 2
6	内阻测量绝对误差/ $\mu\Omega$	± 2
6	容量测量误差(%)	± 2
6	温度测量范围/℃	-25 ~ 80
7	温度准确度/℃	± 0.5
8	工作环境/℃	-30 ~ 70

(3) 智能蓄电池组网形式

智能蓄电池既可以通过协议转换器, 与任何动力环境监控系统的智能接口互联, 兼容现有的动力环境监控系统, 降低运营商的投入成本。也可以通过与集中器相连实现变电站、局站电池在线监测、分析; 为蓄电池组的健康状态提供专业的维护支撑。其组网形式如图2所示。

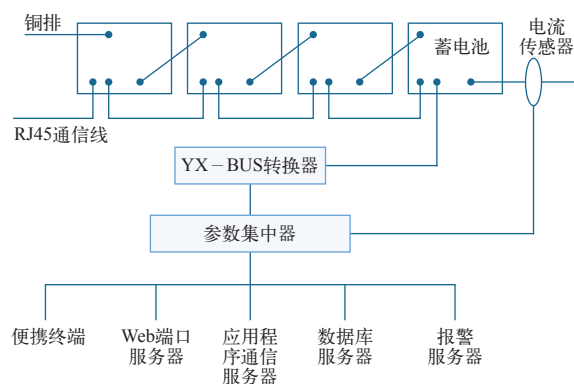


图2 智能蓄电池组网形式图

图2中,一组蓄电池通过正、负极接线柱串联再通过铜牌连接在充电机上进行正常浮充充电运行。蓄电池本身的监测数据通过RJ45通信线串联送至YX-BUS转换器,将RJ45口输出的协议转换成标准的串行输出协议,再通过RS 485通信接口引出接入到蓄电池监控系统,即参数集中器。同时,由电流传感器测量得到的充放电电流和浮充电流数据送至参数集中器。参数集中器将这些数据收集并整合,通过网线送至控制室监控系统,令运行人员可以在远程方便地观测到蓄电池运行中的各种运行参数及性能参数。

3 基于智能蓄电池体的蓄电池在线监测系统

3.1 智能蓄电池在线监测系统的组成

新型智能蓄电池在线监测系统由智能蓄电池体、电流传感器、YX-BUS转换器、参数集中器、开入开出单元、电流采集装置和后台软件组成,其系统拓扑图如图3所示。

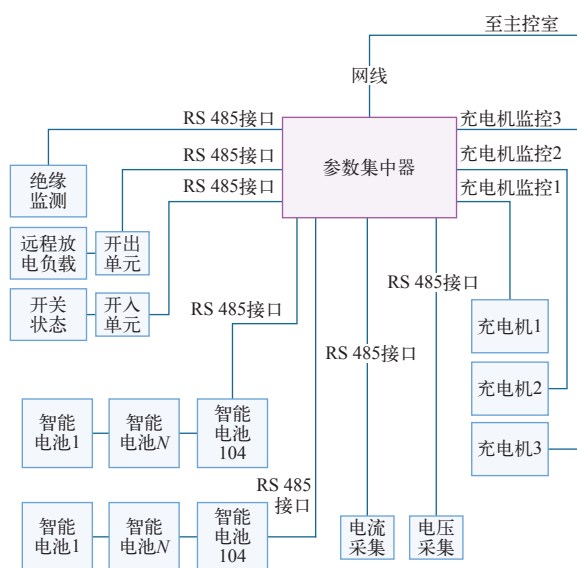


图3 智能蓄电池在线监测拓扑图

图3中,参数集中器通过RS 485接口将蓄电池本身测量的电压、电流、内阻和温度,充电机运行状态以及其他一些位置的开关量等数据收集并存储,通过网线传送至监控系统后台,用于图形

显示各种数据,报警以及生成各种报告、报表,方便运维人员实时掌握蓄电池的运行状态。

(1) 智能蓄电池体

能够直接测量蓄电池体本身的电压、内阻和温度。若干个智能蓄电池体通过RJ45网线串联,将所测数据上送。

(2) 电流传感器

电流传感器串联于电池串上,采用高准确度的霍尔电流传感器,每组蓄电池配大、小两个电流传感器,分别测量蓄电池组的充放电电流和浮充电流。

(3) YX-BUS转换器

该模块将RJ45口输出的YBUS协议转换成标准的串行输出协议。使用于设备厂商将智能蓄电池单独接入各种监控系统。或者直接接于后台机组成简易的蓄电池在线监控系统。

(4) 参数集中器

记录蓄电池的电压、电流、内阻和温度变化趋势。并且具有充电机接口、网络接口和RS 485接口。适用于对充电机监控、组网和其他设备的接入。

(5) 开入开出单元

开入单元可以实现将隔离开关位置等开关量传至集中器,实现对开关量的在线式实时监控。开出单元连接于放电负载与集中器之间,可以实现远程充放电,及远程活化等远程操作。

(6) 电流采集装置

可以将蓄电池串的充放电电流以及浮充电流,经过不同的电流传感器采集而实现准确的电流在线式实时监控。

(7) 后台软件

后台软件和参数集中器配合使用的可视化软件,用于图形显示各种数据、报警以及生成各种报告、报表。

3.2 智能蓄电池在线监测系统的功能

1) 监测蓄电池组的单体电压、总电压和单体电压压差,监测蓄电池组的充电电流、放电流,监测环境温度、各单体电池极柱(内部)温度,

监测各单体电池内阻、各连接片电阻。

2) 对各种监测值及变化率均可设置上下限注意值、报警值。

3) 蓄电池参数传感器的唯一编号 (ID)，适合电力系统PMS系统管理。

4) 综合计算分析。可以预测落后电池、失效电池，可以综合分析出落后电池、失效电池，可以综合计算出各电池的现有容量，可以根据历史数据库自动判别蓄电池内部故障。

4 样机试验及在银川东换流站中的应用

对样机进行单体电压在线监测数据和离线数据的比较，观察两组数据在误差上是否满足要求。

4.1 蓄电池在线电压测量值与离线值比较

在银川东换流站极1蓄电池室选取了10组蓄电池进行在线测量值和离线值比较，其中误差百分值计算公式为

$$\text{误差百分值} = \frac{\text{在线监测数据} - \text{离线测量数据}}{\text{离线测量数据}}$$

计算结果如表2所示。

表2 蓄电池单体电压测量表

编号	离线值/V	在线值/V	误差百分值(%)
1 [#]	2.237	2.233	-0.179
2 [#]	2.235	2.231	-0.179
3 [#]	2.234	2.231	-0.134
4 [#]	2.236	2.232	-0.179
5 [#]	2.234	2.231	-0.134
6 [#]	2.235	2.234	-0.045
7 [#]	2.232	2.228	-0.180
8 [#]	2.238	2.234	-0.179
9 [#]	2.240	2.243	0.134
10 [#]	2.237	2.234	-0.134

图4为试验误差曲线图。从图4中可以看出，在线监测数据同离线测量值误差在±0.2%以内，

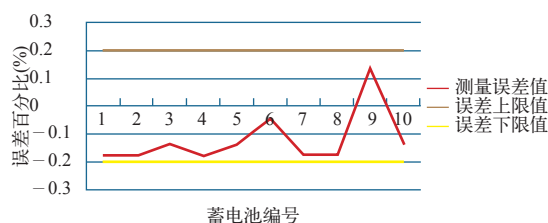


图4 蓄电池单体电压测量误差曲线图

满足在线监测数据的测量准确度。

4.2 智能蓄电池在银川东换流站的应用

样机试验通过后，计划于年度检修期间将智能蓄电池及智能蓄电池在线监测系统应于与极1、极2蓄电池室，共计更换蓄电池104只。同时挂网运行稳定后计划推广在宁夏电网330 kV及以上电压等级变电站，以减少运维人员的工作压力，保障宁夏电网稳定运行。

5 结束语

对新型智能蓄电池在线监测系统的设计及其在电力系统中的应用进行了简要描述，智能蓄电池在线监控系统能够实现维护人员在远程监测各蓄电池的电压、温度和内阻等状态数据，实时监测蓄电池工作状态，实现了由原来“定期检修”到“状态检修”的过渡，极大地减少了运维人员的工作量，有力保障了电力系统的安全稳定运行。

参考文献

- [1] 张晓东. 国内外蓄电池监测系统的现状及发展趋势[J]. 农机化研究, 2002 (3): 18-19.
- [2] 蔚兰, 岳燕, 吴国祥. 一种新型智能铅酸蓄电池充放电装置的设计[J]. 蓄电池, 2008 (4): 175-178.

(收稿日期: 2015-06-19) EA

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告