

变电站蓄电池在线健康维护系统在变电站中的应用

蓄电池是变电站低压直流电源的重要组成部分，是变电站事故应急的后备保障措施，对保证电网安全稳定运行有着重要的意义。为了实现变电站无人值班模式下蓄电池的集约化管理，积极响应国家电网公司的大数据发展战略，国网浙江省电力公司在宁波地区展开了变电站蓄电池在线健康维护系统的试点工作。该系统基于大数据分析给运维人员提供了区域化、远程化实时在线监测、维护、控制和管理所管辖的所有变电站蓄电池直流系统的功能。新的变电站蓄电池在线健康维护系统在大幅度降低运维强度的同时提高了直流系统的安全运行水平，从技术角度上提高了蓄电池和电网的可靠性。

李峻峰 方 忠/国网宁波供电公司

0 引言

蓄电池是变电站低压交直流电源的重要组成部分，是变电站事故应急的后备保障措施，担负着主电源失去时为保护装置、测控装置、后台工程站和通信装置提供稳定不间断电源的作用，确保变电站内重要二次设备正常运行^[1]。一旦蓄电池发生故障或者需要更换无法正常供电，就会造成后备电源失去，此时一旦发生事故就会导致保护装置失去电源，危及电网安全稳定运行。因此，蓄电池在使用寿命期内的稳定性和供电可靠性对电力系统的可靠安全运行具有极其重要的意义。

根据国家电网公司《直流电源系统技术标准》规定，220 kV以上电压等级变电站配置两组蓄电池组及对应的充电装置；110 kV变电站配置一组蓄电池组及对应的充电装置。阀控式密封铅酸蓄电池（VRLA）由于具有比能量（单位质量或

单位体积时所具有的有效能量）大、工艺成熟、体积小、无污染及使用与维护简单等优点成为了变电站蓄电池的首选。目前，宁波地区所辖110 kV和220 kV变电站均使用VRLA作为变电站蓄电池。

目前普遍认为，VRCA失效的原因多为正、负极板活性材料发生质变。VRLA在长期浮充电压低、欠充和过放电下会使原本吸附在极板上的高势能 PbSO_4 转变为低势能的硫化层，使极板充放电反应难以进行。VRCA的失效将直接反映在内阻的变化上。因此，现阶段使用的电池通过随时测量蓄电池电压和定期试验测试内阻来检测蓄电池的状态^[2]。

由于招标的差异，国网宁波供电公司所辖变电站蓄电池监测装置型号多达26种，涉及九个不同的厂家。目前运行的蓄电池监测装置仅能发送简单报警报文和蓄电池电压数据到集控站以及调度中心，缺乏后期数据分析能力。由于宁波地区所有220 kV及110 kV变电站均已实现无人值班，导致了运行人员无法随时掌控蓄电池的实际工况，为蓄电池故障埋下了隐患。

多年来，由于蓄电池故障导致的电力事故已经不在少数。电力行业对于如何让蓄电池在使用寿命期间维持最佳工作状态做了许多探索和研究。

蓄电池管理系统（Battery Management System, BMS）是当前储能行业较为认可的蓄电池监测方式。其主要实现三个功能：①准确估测动力电池组的荷电状



李峻峰/助理工程师

关键词/Keywords

蓄电池 ·
在线健康维护系统 ·
大数据 ·
变电站 ·

态 (State of Charge, SOC), 即电池剩余电量; ②在电池充放电过程中, 实时采集蓄电池组中的每块电池的端电压和温度、充放电电流及电池组总电压, 防止电池发生过充电或过放电现象; ③单体电池均衡充电, 使电池组中各个电池都达到均衡一致的状态^[3]。

近年来, 大数据技术的普及给蓄电池的在线监测分析提供了一条新道路。大数据分析包含了可视化分析 (Analytic Visualizations)、数据挖掘算法 (Data Mining Algorithms)、预测性分析能力 (Predictive Analytic Capabilities) 以及数据质量和数据管理 (Data Quality and Master Data Management) 等方面。《中国电力大数据发展白皮书》也结合实际提出了电力行业大数据分析的3V和3E要求^[4]。3V指体量大 (Volume)、类型多 (Variety) 和速度快 (Velocity), 3E指能量 (Energy)、数据即交互 (Exchange) 和数据即感知 (Empathy)。然而, 目前为止还没有任何监测系统将蓄电池监测装置中未利用的大量数据合理地纳入电力运行网络的大数据分析系统。

1 蓄电池在线健康维护系统概念

蓄电池在线健康维护系统由三个主要部分组成: 电池监护单元 (Battery Information Modular, BIM)、蓄电池维护系统 (Battery Maintenance Unit, BMU) 和蓄电池在线健康维护系统。

1.1 BIM

BIM模块是国内唯一高度集成的电池维护单元, 具有多维测量和维护功能, 具备外挂式和端盖式两种结构, 端盖式依据电池上端面尺寸设计, 可与电池实现一体化。该模块有着独立的蓄电池电压测量、温度测量、内阻测试和负载测试功能。

(1) 蓄电池电压内阻测量功能

电池监护单元能够测量各个蓄电池的单体电压和蓄电池内阻。蓄电池电压的测量范围为1.5~3 V, 准确度为0.1%, 与当前广泛使用的蓄电池监测装置准确度相同。

相比目前广泛使用的蓄电池监测装置无法测

量内阻, 蓄电池在线健康维护系统的BIM能够对蓄电池的内阻进行准确的测量。本系统的内阻测量使用了直流法, 即通过对电池进行瞬时大电流放电, 测量电池上的瞬时电压降, 得出蓄电池内阻。该直流法测量准确度比交流法更高, 测量范围为10 $\mu\Omega$ ~100 m Ω , 分辨率为10 $\mu\Omega$, 同时由于放电时间较短 (3 s), 对蓄电池的损伤较小。

(2) 蓄电池电解液温度测量功能

BIM还有较目前使用的电池监测装置更为准确的蓄电池温度测量功能。目前主流的蓄电池温度测量方法是测量蓄电池屏的环境温度或是测量蓄电池外壳的温度。该温度难以直接反映蓄电池内部电解液的实际温度。阀控蓄电池的实际使用寿命与电解液的温度有直接的关系。根据《国家电网直流电源系统运行规范》规定: 阀控蓄电池的基准温度为25 $^{\circ}\text{C}$, 运行温度宜保持在5~30 $^{\circ}\text{C}$, 最高不应超过35 $^{\circ}\text{C}$ 。该温度为蓄电池内部电解液的温度, 通过测量蓄电池外部的温度来估测蓄电池电解液实际温度有着巨大的误差。

电池监护单元通过将测量点设在负极金属极板上, 来得到更为精准的蓄电池电解液温度。由于蓄电池正、负极反应中负极反应放热更多, 正常运行时蓄电池负极极板附近的电解液温度更高。同时由于金属极板导热率远高于蓄电池外壳的材料, 在蓄电池外部负极金属极板的温度更为接近蓄电池内部电解液的实际温度。通过对负极极板温度的准确测量, 电池监护单元可以较为实时准确地反映蓄电池内部电解液的温度。

(3) 蓄电池维护功能

电池监护单元集成了电池补偿充电技术和高频脉冲激励技术。通过外加一定的频率电子脉冲信号可引发电池产生内部谐振。随着谐振的发生与持续, 电池电解液和极板上的离子间会产生无数次碰撞。这种有节律的碰撞会阻止并破坏极板硫化的产生, 延长电池使用寿命, 保持良好的荷电状态。

1.2 BMU

BMU系统位于变电站内供运维人员现场检查

蓄电池运行情况。蓄电池监测信息会在液晶面板上直观地显示,包括工作状态、电压、电流、温度以及重要的告警信息(电池组解列和电池开路告警)。蓄电池工作状态(包含蓄电池的放电、浮充和均充)、蓄电池内阻、蓄电池的电压以及温度信息可以切换表格显示和柱形显示,更有利于运维人员的数据记录和故障判别。

1.3 蓄电池在线健康维护系统软件

蓄电池在线健康维护系统软件是变电站蓄电池实时在线数据远程监测和充放电数据展现及控制的远程监控软件,提供了区域化、远程化实时在线监测、维护、控制和管理所管辖的所有变电站蓄电池直流系统的功能。

(1) 蓄电池性能分析

蓄电池性能分析包括整合所连接的多个变电站内的蓄电池电压内阻数据,利用大数据分析,通过直观的柱形图展现全站蓄电池的实时性能。通过设定报警值,蓄电池在线健康维护系统软件可以及时向运维人员发出告警信息并通过IEC 61850协议实时传送到监控后台中。

(2) 远程测量维护功能

蓄电池在线健康维护系统软件能够通过IEC 61850协议远程遥控变电站现场BMU系统进行远程内阻测量和在线维护。远程测量维护功能不再需要运维人员到达现场对蓄电池进行操作,省去了来回无人值守变电站所消耗的时间、用车等成本。

(3) 数据报表输出

蓄电池在线健康维护系统软件可以通过后台编辑蓄电池数据报表的格式输出蓄电池的相关数据,并存档留存。该功能省去了人力抄录可能带来的误差。同时,报表格式也比人工抄录更加简洁易读、易于比较。

2 蓄电池在线健康维护系统在变电站的应用

2.1 蓄电池可靠性的提升

蓄电池在线健康维护系统应用后通过远程监控和实时测量的方式大大提高了无人值守变电站

的蓄电池的可靠性。同时,蓄电池在线健康维护系统集成了许多原本需要运维人员人工完成的功能,如下表所示。

表 蓄电池在线健康维护系统和原监控系统功能对比表

功能	原蓄电池监控系统	蓄电池在线健康维护系统
单节蓄电池电压测量	✓	✓
单节蓄电池内阻测量	部分型号有	✓
整组蓄电池电压测量	✓	✓
整组蓄电池电流测量	✓	✓
远程告警	仅电压告警	电压、内阻和温度告警
脉冲维护	×	✓
远程充放电	×	✓
远程测量内阻	×	✓
蓄电池性能分析	×	✓
开路测试	×	✓
蓄电池电压变化曲线报表	×	✓
蓄电池内阻变化曲线报表	×	✓

蓄电池在线健康维护系统实现了以前需要运维人员甚至专业人员才能完成的功能,并且高度集成化,从技术角度上提升了蓄电池的可靠性。

2.2 运维人力的节省

蓄电池在线健康维护系统的推广大大降低了运维人员的工作强度。按照《国家电网公司变电站运维管理通用规定》,无人值守变电站蓄电池组每周例行巡视一次;每月全面巡视一次;每月对蓄电池进行定期切换一次,每季对蓄电池进行一次核对性充放电。

以宁波某运维站为例,该运维站下辖四个220 kV变电站,19个110 kV变电站,拥有运维员工28名。在未接入蓄电池在线健康维护系统前,每年该运维站耗费在蓄电池上的人力为210人·日。在全面推广蓄电池在线健康维护系统后,所需人力仅为14人·日。以国家法定节假日和双休日计算,一个运维人员全年的工作时间约为100人·日。该项目的推广让该运维站省下两名员工的工作量,大幅度降低了运维人员的工作强度。

2.3 经济成本的节省

目前,国网浙江省电力公司普遍使用的某电池监测装置:给单组54节 $\times 2\text{ V}$,200 A·h的蓄电池

组的一套监测系统报价为4万元，功能仅能实现蓄电池电压、电流的测量和简单的报警功能。而该蓄电池在线健康维护系统报价仅为2.95万元/套，且功能完全超过原装置，性价比极高。

2.4 管理效益的提升

随着地区电网的不断扩大，变电站自动化水平的不断提升，绝大部分变电站已经实现无人值守。同时，变电站数量的增加让人工完成蓄电池的高效持续跟踪变成了几乎不可能的事情。蓄电池在线健康维护系统的推行一方面解决了无人化变电站蓄电池的在线监测问题，另一方面使得运维人员得以有更多的时间来完成更加专业化的工作。

3 结束语

综上所述，蓄电池在线健康维护系统在提升蓄电池可靠性、节省运维人力、节省经济成本以

及提升管理效益等方面远超原蓄电池监测系统。该系统在变电站应用以来，以诸多优势得到了一线运维人员和国家电网公司领导的高度好评。因此，蓄电池在线健康维护系统的推广对未来蓄电池组的安全可靠运行有着极其重要的意义。

参考文献

- [1] 朱雪松. 变电站蓄电池的在线监测和管理 [D]. 杭州: 浙江大学, 2012.
- [2] 程建伟, 朱诗顺, 朱道伟, 等. 基于脉冲原理的电压型在线保养装置设计 [J]. 电源技术, 2014, 38(5): 883-885, 972.
- [3] 罗光毅. 蓄电池智能管理系统 [D]. 杭州: 浙江大学, 2003.
- [4] 孟小峰, 慈祥. 大数据管理: 概念、技术与挑战 [J]. 计算机研究与发展, 2013, 50(1): 146-169.

(收稿日期: 2018-02-10) **EA**



魏德米勒MultiMark标记系统 —使电气柜内的联接清晰可见

工业4.0使电气柜内的联接布线越来越复杂，电气元件及其联接的标记能有效降低误操作的风险并帮助现场维护。魏德米勒MultiMark标记系统，在整个工程阶段的初期，就提供针对这些需求的专业解决方案，150种新的标记产品几乎可以涵盖所有的标识需求。MultiMark标记系统包括软件、标记号和打印机，快速打印，快速标记，简便的操作以及清晰的打印内容使整个标记流程得以优化。

魏德米勒电联接(上海)有限公司
电话: 86 21-22195008 网址: www.weidmueller.com.cn

扫一扫，关注魏德米勒官方微信



Let's connect.