

Battery Selection and Performance Analysis of FM Energy Storage Power Station

Minglong Wang Ming Li Zejin Zhu

CNOOC Energy Development Co., Ltd. Zhanjiang Oil Production Service Wenchang Branch, Zhanjiang, Guangdong, 524057, China

Abstract

The current electrochemical energy storage equipment ontology and system integration scheme design and implementation are proposed high technical threshold, mainly for the battery and battery management system, this paper for FM energy storage power station energy storage FM project of lithium titanate, ternary lithium ion battery, lithium battery, lithium iron phosphate battery comparative analysis, choose the most appropriate battery. Provide suggestions for the battery selection of similar electrochemical energy storage power stations in the future.

Keywords

FM energy storage; energy storage power station; lithium battery; lithium iron phosphate

调频储能电站电池选型及性能分析

王明龙 李明 朱泽锦

中海油能源发展股份有限公司湛江采油服务文昌分公司, 中国·广东 湛江 524057

摘要

目前电化学储能设备本体和系统集成方案设计与实施都提出了极高的技术门槛, 主要表现对电池以及电池管理系统的方面, 论文针对调频储能电站储能调频项目开展对钛酸锂电池、三元锂离子电池、磷酸铁锂电池对比分析, 选择最合适的电池。为今后类似的电化学储能电站的电池选型提供建议。

关键词

调频储能; 储能电站; 锂电池; 磷酸铁锂

1 引言

目前, 中国的调频电源主要为火电机组, 通过调整机组有功出力, 跟踪系统频率变化。但是火电机组响应时滞长、机组爬坡速率低, 不能准确跟踪电网调度的调频指令, 存在调节延迟、调节偏差和调节反向等现象。并且, 火电机组频繁变换功率运行, 会加重机组设备疲劳和磨损, 影响机组的运行寿命, 亟需新的调频手段以满足电网调频要求。

作为电池储能系统, 其响应速度快, 短时功率吞吐能力强, 调节灵活, 可在毫秒至秒内实现满功率输出, 在额定功率内的任何功率点实现精准控制, 电化学储能在调频上优势明显。

近年来电化学储能得到了突飞猛进的发展, 选择合适点电池也成为电化学储能电站的重要研究内容。

【作者简介】王明龙(1990-), 男, 中国黑龙江黑河人, 本科, 工程师, 从事海洋工程研究。

2 锂电池储能其他国家发展现状

近十几年来, 在经过长期的技术论证和项目运行实践后, 美国各电力市场已经开始大量采用各种新兴的储能技术开展电网 AGC 调频服务。截至 2016 年底, 美国各地应用于电网 AGC 调频的储能系统总计达到 300MW 的规模, 储能技术已经实现了在电网的规模化商用。

美国 AES 公司在美国西佛吉尼亚洲投资建设的 32MW 锂电池储能调频站在 2011 年第三季度投入商业运行。该项目是迄今为止, 世界上最大的储能调频电站; 美国 AES 公司分别于 2009 年和 2011 年在该公司位于智利的两个火电厂分别配置了 12MW 和 20MW 的储能系统, 系统运行稳定, 效益显著。该公司在 2012 年 8 月完成了又一个 20MW 储能系统的立项工作, 2014 年初投入运营; 2017 年, 南都电源与德国 Upside 公司签署了建设总容量超过 50MW 的调频储能电站, 参与德国一次调频市场服务(PCR)^[1]。

韩国在 2015 年 3 月建设投产 50MW 储能电站, 2015 年 10 月完成 200MW 储能调频项目招标, 目的是缓解尖峰

负荷压力,并同时承担调频任务,项目施工过程中,已陆续完成。

3 锂电池储能中国发展现状

其他国家储能市场发展的同时,中国储能调频市场也逐渐成长起来。储能调频应用项目日益增加,目前已建/拟建项目在100MW以上。

2018年8月,华润电力(海丰)电厂30MW/14.93MWh储能辅助调频系统开建,建成后将是继内蒙古上都电厂储能AGC辅助调频项目后国内最大规模的储能调频项目。

2019年,广东电网区域先后有华润电力(海丰)电厂30MW/14.93MWh、华润广州热电9MW/4.5MWh、华润桥口电厂18MW/9MWh、华润鲤鱼江电厂12MW/6MWh、顺德五沙热电9MW/4.5MWh、深能源河源电厂18MW/9MWh等储能辅助调频项目先后投产运行,并有多个项目在规划建设之中。

4 储能调频对锂电池的技术要求

在储能调频的发电厂侧应用中,对锂电池本体和系统集成方案设计、实施都提出了极高的技术门槛,主要表现在对系统级安全性、运行稳定可靠性和可利用率方面对标电力行业设备^[2]。

4.1 对系统级安全性的要求

大容量储能系统接入火电厂侧机端,储能系统作为发电系统的一部分,对其提出了机组级别的安全性要求,这种安全性要求在于电池本身。作为电力生产设备必须具备极高的安全性标准,同时还要求在任何极端情况下储能系统的投\退、异常等过程均不能对火电机组的正常运行和生产安全造成负面影响。且原有火电机组在状态异常或故障情况下的各类应急操作,不应対电池本身造成冲击和损害。

4.2 对储能系统循环寿命的要求

中国不同省市区域电力系统运行情况差别较大,AGC调频的指令大小、持续时间、频次也有很大区别。以广东地区为例,AGC调频的平均日指令数量达数百次,此类需求要求储能系统电池具备快速频繁充放电能力,储能系统倍率特性高、循环使用寿命长。

4.3 对系统运行稳定可靠性的要求

电力生产要求系统主辅机设备具有极高的运行稳定可靠性,设备工作时间是全年无休的,储能系统电池的稳定可靠性直接影响系统正常工作和技术效果。

4.4 对储能系统响应速度的要求

表征AGC机组调频性能的参数有4个,分别是调节速率、响应时间、调节精度以及综合指标。其中响应时间指的是发电单元响应AGC指令的时间延时。储能系统电池应用于AGC辅助调频的主要优势在于其秒级的快速充放电响应

能力,可大幅提升响应时间指标值。

4.5 对储能系统充放电倍率的要求

AGC机组调频性能的调节速率参数指发电机组或发电单元响应AGC控制指令的速率,该指标要求参与辅助调频的储能系统在最短的时间就能以满功率进行充放电,因此对电池的充放电倍率有很高要求^[3]。

5 锂电池类型的选择

锂离子电池以含锂的化合物做正极,负极一般为碳材料。当对电池充电时,电池的正极上有锂离子生成,生成的锂离子经过电解液运动到负极。负极的碳呈层状结构,有很多微孔,达到负极的锂离子就嵌入到碳层的微孔中,嵌入的锂离子越多,充电量越高。同样,当电池放电时,嵌在负极碳层中的锂离子脱出,又运动回正极,回到正极的锂离子越多,放电容量越高。其中正负极材料在插入及脱出锂离子时相对金属锂的电位差,就是锂离子电池的工作电压。在锂离子电池的充放电过程中,锂离子处于从正极—负极—正极的运动状态。

锂离子电池像一把摇椅,摇椅两端为电池的两极,锂离子电池就像运动员一样在摇椅两端来回奔跑,所以锂离子电池又叫摇椅电池。锂离子电池储能是一种高性能、高效率、长寿命、绿色无污染的新型蓄电池。综合考虑储能调频的技术要求及各类电化学储能技术的优缺点,具备关键性能优势的锂离子电池是储能调频的首选技术。

目前锂离子电池主要有钛酸锂电池、三元锂离子电池、磷酸铁锂电池。

5.1 钛酸锂离子电池

自从锂离子电池在1991年产业化以来,电池的负极材料一直是石墨在一统天下。钛酸锂作为新型锂离子电池的负极材料由于其多项优异的性能而受到重视,成为近年来研究较多的负极材料。钛酸锂材料具有超高安全性、超长寿命、高低温工作范围宽、高倍率充放电等优势,并且支持无级扩展,适合于大规模电能储存,在可再生能源发电安全并网、电网调峰调频、分布式电站等领域有着良好的应用前景。但是由于钛酸锂材料的能量密度较低、价格较高,目前钛酸锂电池的应用市场尚未完全打开。

综上,钛酸锂离子电池具有充放电响应速度快,倍率特性好,寿命超长等优点,成本居高不下,成为钛酸锂电池大规模商业应用的瓶颈之一。

5.2 三元锂离子电池

三元锂离子电池一般是指使用锂镍钴锰三元材料为正极材料的电池。三元材料综合了镍酸锂、钴酸锂、锰酸锂三类材料的优点,具有容量高、能量密度高,成本低、循环性能好、宽温性能好,倍率高的特点,同时三元锂离子电池在电池一致性、大规模成组寿命和日历寿命等性能明显优于磷酸铁锂

电池。但同时三元锂离子电池也存在原材料中,钴金属有毒,锂离子电池分解时产生氧气,安全性管理难度高等劣势。

5.3 磷酸铁锂离子电池

目前,作为锂离子电池正极材料之一的磷酸铁锂(LiFePO₄)来源广泛、价格便宜、热稳定性好、无吸湿性、对环境友好。磷酸铁锂电池是各种二次电池中产业链发展最为成熟的一种,也是最具潜力的一种先进储能电池^[4]。具有能量密度相对较大、自放电率小、无记忆效应等一系列优点,并且支持无级扩展,适合于大规模电能储存,在可再生能源发电安全并网、电网调峰调频、分布式电站等领域有着良好的应用前景。

在磷酸铁锂锂离子电池储能应用方面,美国处于领先

位置。美国电科院在2008年就已经进行了磷酸铁锂离子电池的相关测试工作,并在2009年的储能项目研究规划中,开展了锂离子电池用于分布式储能的研究和开发,同时,开展了MW级锂离子电池储能系统的示范应用,主要用于电力系统的频率和电压控制以及平滑风电等。中国以比亚迪、ATL/CATL公司为代表的电池企业十分注重锂离子电池储能的电力应用。

磷酸铁锂电池安全、技术、成本等综合性能指标较高,已在储能领域获得较多的应用,在电化学储能调频中占有较高比例。

几种锂电池技术对比如表1所示。

表1 不同锂电池技术经济对比表

电芯参数	磷酸铁锂电池	钛酸锂电池	三元锂电池
额定电压(V)	3.2	2.3	3.7
能量密度(Wh/kg)	120~140	90~100	135~165
运行温度(°C)	充电: 0~55	-55~60	-40~60
	放电: -20~55		
倍率特性	1C~2C	5C	1C~4C
循环寿命(次)	3500~5000	5000~12000	4000~10000
价格(元)	1.8~2.2/wh	3~5/wh	1.6~2/wh
电芯材料热稳性	热分解温度800°C左右,材料挤压测试现象是冒烟	挤压测试时不冒烟、不起火、不爆炸,热稳定性好	热分解温度达200°C,分解时反应剧烈,会产生氧气,材料挤压测试现象为剧烈爆炸
特点	优点: 安全稳定性好、循环寿命足够长、能量密度较大、环保等。 缺点: 充放电倍率不高、电池一致性不好、对BMS要求高等	优点: 充放电响应速度快、倍率特性好、寿命超长、宽温性能好、安全性好等。 缺点: 能量密度低、价格较高、技术厂家比较少等	优点: 容量高、能量密度高,成本低、循环性能好、宽温性能好,倍率等。 缺点: 分解时产生氧气,安全性不好管理等

6 结语

通过对比分析,磷酸铁锂电池在安全性、可靠性、放电速率、储能能力、经济性等方面具有明显优势,建议大规模电化学储能电站项目采用磷酸铁锂电池。

参考文献

[1] 王秀琴. 储能电站的大容量储能方式分析[J]. 产业与科技论

坛,2012:70+93.

[2] 张利中,赵书奇,廖强强,等. 国内外电池储能技术的应用及发展现状[J]. 上海节能,2015(10):519-523.

[3] 周姝灿,卢洵,刘新苗,等. 大容量锂电池储能电站的等值仿真方法[J/OL]. 南方电网技术,2022,3(5):1-9[2022-03-15].

[4] 乔乔. 高性能锂电池材料的应用趋势探讨[J]. 绿色环保建材,2020(2):6.