

电池储能技术在风电系统调峰优化中的应用

王康怡 胡云龙 杜应刚

华能沁北发电有限责任公司, 河南 济源 459000

[摘要]近年来, 社会各个方面的用电需求不断攀升, 从而给电力生产增加了很大压力, 同时也推动了电力生产技术的发展, 而今我国的光电、风电产业都得到快速发展, 电池储能技术水平也在不断提升, 都为保证电力系统的持续平稳运行提供了巨大助力, 由于风电并网不可避免的会对电网造成一些影响, 利用电池储能技术进行风电系统调峰优化是很有必要的, 基于此, 文中就围绕电池储能技术在风电系统调峰优化中的应用这一主题展开相关研究探讨。

[关键词] 电池储能技术; 风电系统调峰优化; 技术应用

DOI: 10.33142/ec.v5i9.6837

中图分类号: TM614;TM91

文献标识码: A

Application of Battery Energy Storage Technology in Peak Shaving Optimization of Wind Power System

WANG Kangyi, HU Yunlong, DU Yinggang

Huaneng Qinbei Power Generation Co., Ltd., Jiyuan, He'nan, 459000, China

Abstract: In recent years, the increasing demand for power in all aspects of society has put great pressure on power production and has also promoted the development of power production technology. Nowadays, our country's photovoltaic and wind power industries are all developing rapidly, and the level of battery energy storage technology is also improving, which provides a huge boost to ensure the continuous and stable operation of the power system. Because wind power grid connection will inevitably have some impact on the power grid, it is necessary to use battery energy storage technology for peak shaving optimization of wind power system. Based on this, this paper discusses the application of battery energy storage technology in peak shaving optimization of wind power system.

Keywords: battery energy storage technology; peak shaving optimization of wind power system; technology application

引言

在电力能源成为人们生活和社会生产主要能源的形势下, 再加上现代化用电设备的不断增加, 都促使社会各个方面的日常用电需求与日俱增, 特别是在用电高峰时, 往往会促使电网不堪重负, 从而出现电力供应不足等问题, 严重降低电力系统的供电质量, 为了保证电力供应的稳定性, 需要启用调峰电能, 我国电池储能技术水平的不断提高, 为满足电力系统调峰需求提供了助力, 有效分析电池储能系统参与含风电力系统调峰的原理与过程及控制策略, 应用电池储能技术在风电系统调峰优化中的具体应用, 更有利于促进电力系统健康发展。

1 储能技术概述

1.1 储能技术的提出

现代社会用电量急剧增长, 给供电网带来越来越大的综合负荷压力, 供电网的设计建造呈现越来越复杂的结构形式。目前电网的运行压力是: 用电高峰和谷底数值太大差距, 大量分布式电源和可再生能源发电并入电网运行, 要求现有电网必须配置更高的稳定性保障, 用户要求电网提供高质量服务, 要求电力系统在自恢复方面提升能力, 一旦电网出现较大事故能尽快复工, 同时, 电网运行还要达到节能降耗。这些因素错综复杂地交织在一起, 给电网运行环境带来了不确定性, 要求电力企

业必须采取有效措施应对诸多风险挑战。本文讨论的重点放在如何使储能技术实现高效利用和快速发展, 如何更好地管理服务侧, 把用电峰值和谷值差距缩小, 实现可再生能源发电的高效利用。^[1]

1.2 储能技术类型

储能技术的实现需要借助介质, 把同种电能或改变方式的电能合理储存, 在用电需要的时候, 通过相应形式予以释放, 确保电能储存的自我控制且功率可以以双向形式流动。电网的传统模式是同步实现发电, 输变电, 配电以及用电整个流程, 要求每道环节的功率始终维持平衡状态, 刚性特质鲜明。实际上储能系统只是配电网系统额外加设的储能环节, 可自我控制储存还是释放电能, 它的特点是柔性, 当功率出现缺口时可利用储能及时补充。电能储存的功和类型分为多个种类, 以化学储能可实现类型不同的电池均可充分利用, 同时可保证最快响应, 最长寿命且功效最好, 发展前景最为广阔。^[2]

1.3 电池储能技术原理

电池储能技术利用蓄电池储存电能, 储能技术应用最为成熟, 特点是清洁能源, 长时间使用且经济高效, 非常适合目前国内的电力系统应用。电池储能系统由控制, 功能转换以及电池等系统构成, 其中控制系统主要分为智能, 反馈线性化, PID 以及自适应等控制类型。

2 风电场附加功率控制对电网暂态稳定性的影响及措施

风电高渗透的区域电网中,受到同步发电机与风电机组容量替换的影响,容易导致风电机组的功率控制与电网频率变化解耦,极大的影响整个风电高渗透区域电网的调频特性。电网在受到干扰或者是暂态故障时,由于风电机组输出特性的改变,就容易影响系统功率的分布。接入位置错误或者是并网容量设置不当,导致同步发电机转子转角的不稳定,使输出功率发生剧烈的变化,威胁整个系统的安全运行。因此,当风机接入电网应该正确科学的接入,以保证系统安全稳定的运行。其调整措施如下:

2.1 削减电网负荷峰谷差

随着经济快速发展人们的用电需求越来越大,对电网负荷能力要求也越来越高,全区的电网负荷峰谷差会继续增长,为了有效解决风电的反调峰性,可以通过采取以下四个措施来减小负荷峰谷差:(1)通过对用户用电需求的管理,降低低谷负荷的电价来使用户合理的用电,针对于用电需求量大的工厂企业,应该鼓励企业控制高峰时期用电量。(2)通过不断开发储能装备,以增大调峰容量,避免风电接入产生的波动。(3)通过对可控负荷的研究,智能的对负荷峰谷进行干预,提高整个电网峰谷的性能。(4)还要对用电需求侧进行智能化管理,通过灵活的调整电价对电力资源进行配置,进一步缓解电网负荷峰谷差。

2.2 调整电网电源结构

通过对电源结构的优化增强调峰能力,可以通过以下措施进行:(1)若增加储能设施,来增加低谷期闲电能储存的容量,避免出现在低谷期风电弃风的情况。(2)通过引入供热机组调风技术,进行储热设备以及电加热设备的安装,使低负荷低谷时期的风电能转化为热能,降低热电厂低谷期的成本。(3)通过对火力发电电源结构的调节来增强火电发电机组的深度调峰能力,到大规模容纳风电的效果。

3 电池储能系统参与风电系统调峰的原理与过程

含风电电力系统引入电池储能系统共同实施调峰,电能的储存释放需要结合风电出力动态以及系统负荷的实际需要而定,可确保风电系统切实改善输出特性,把负面影响因素的作用降到最低,使风电系统大大缓解调峰压力,确保风电利用做到优质高效。通常电池储能系统结合其它能源形式一起调峰,如果有足够的电能储存,也可在调峰时独立参与。如果电网负荷的风电出力处于低谷,电池储能系统起到负荷作用,在它的推动下波谷得以消除,如果风电出力电网运行的高峰时段出现了低谷,电池储能系统又起到电源作用对波峰予以削弱,实现灵活点削峰填谷切换。^[3]

4 风电并网对电力系统的影响

风电机组出力受到多种因素的影响和限制,其中包括天气,季节以及自然环境等,不同的时段会产生大幅波动,这种不确定性在很大程度上影响风电系统并网的大规模操作。

①影响电能质量。风力本身自带间歇和波动特性,它

们使风电机组无法实现稳定出力,如果风电系统大规模并入配电网系统,就会使现有电网改变功率流向。原配电网的有功功率处于平衡状态,并入的不确定风电系统有功功率会打破这种平衡,给电网频率带来巨大的波动问题。同时,风电系统机组运行过程和启动瞬间都会对无功功率进行大规模吸收,此时有功功率正在波动且持续输出,从而让无功功率也出现波动,给整个运行电网带来电压的失衡波动以及系统闪变;②影响系统稳定。风电在大规模并网时,风电规模过大,远远超过目前电网增速,原电网系统提前预留的容量对风电波动性造成的冲击性功率没有招架之力,系统的安全性能无法保证;③影响系统调峰。比对典型日风电的负荷与出力曲线可以看到,风电场出力绝大部分时间和负荷曲线呈异步性或者截然相反,导致系统负荷目前等效峰谷差距超过了原负荷条件下的峰谷差距,为系统调峰带来了更大困难;④影响系统调度。风电出力预测很难达到应有的精准度,风电的超大规模以及无法预测特性,让并入风电后的电网调度本来依靠负荷的规律性预测以及机组常规出力设置发电规划变得难以执行,而备用容量非常有限,使调度变得更加困难。^[4]

5 电池储能参与电网调峰调频的控制策略

储能应用研究包括很多内容,它在电网中参与调频调峰都是主要研究内容。结合储能在电网服务中的不同参与,它对调频调峰的参与有三种策略划分,即调峰孔控制,调频控制以及二者的联合优化策略。具体到对电网调峰的参与,电力市场的普遍共识是让电池储能独立参与调峰过程对电池投资成本的证实性缺乏说服力,近几年的目光全部聚焦在调频参与上。作为一种辅助性服务措施,调频对维持电网的安全稳定功不可没,它在电网出现供需波动压力时能发挥较大缓解作用,而供需波动的来源就是包括风能在内的可再生能源出现间歇性波动。电池储能的优点在于最快响应速度和精准控制,作为调频电源效果最好,它在电网中参与调频目前的研究已经很广泛,国内外对电池储能参与调频调峰的相关研究已到达成熟阶段,对二者的控制策略联合优化是目前相关研究的焦点。

以美国 PJM 服务的辅助市场为基础,电池储能可同时对调频调峰进行参与,以电池储能的动态规划算法为基础,如果对调频调峰进行联合优化可确保风电系统安全稳定运行,相关人员利用旋转设备以及调频调峰进行同步优化,可使储能价值大幅提高。一些研究论点认为,电池储能对调频调峰的参与可以从另一个角度看待,可以把它当做对电网有功平衡要求的满足;一些研究人员通过动态规划算法对电网逐小时进决策的最优解。留给调频的决策时间只有 2 到 4 秒,时间因素限制性非常大,调频有必要和别的服务一起优化,这样调频可实现最高收入。时间因素的限制性作用让电池储能参与联合优化变得极为困难,有研究提出以混合储能联合进行控制,从而让各种时间尺度有功平衡满足实际需要,且结合实际需要对混合储能进行容量

和功率方面的优化。举例来说,电网调峰具备的响应速度不够快,让它去对时间尺度较长的有功平衡需要进行满足,把风电机组带来的反调峰性质进行弥补;一些储能单元具备较快的响应速度,由它们去对时间尺度较短的有功平衡需要进行满足,调频就属此类。^[5]

科技发展让快速响应储能单元大幅降低了投资成本,逐渐向商业化靠拢,发展方向也趋向于储能单元的功率和规模大型化。储能单元的这种大规模单一性让时间尺度不同的有功平衡需要满足方面可以对资源配置比例进行随意改变,较之混合储能灵活性更高。

6 电池储能技术在风电系统调峰优化的应用

6.1 电网情况介绍

以辽宁省电网为例,它隶属东北电网,位置偏南,处于与华北电网的枢纽,往北连接吉林省,往西连通赤峰和通辽,呼伦贝尔以及华北电网。

2017年,辽宁省全年累计完成发电量1611.7亿千瓦时。其中传统能源发电1205.5亿千瓦时,占发电总量的74.84%,清洁能源发电406.2亿千瓦时,占发电总量的25.16%,在清洁能源发电中风电发电149.64亿千瓦时,占总发电量的12%。

6.2 电池储能参与调峰前情况分析

由调峰空间示意图可见,在2:00至5:00时段,风电并网后等效负荷低于全省直调火电机组出力值低限,在不考虑机组启停和其他调峰热源的情况下,此时段会采取弃风手段进行调峰,经计算弃风量为3359MWh,弃风率为10.13%。^[6]

6.3 电池储能参与调峰后情况

按日负荷曲线的标准差最小,进行优化后,得到储能系统出力情况并绘制储能出力状态图见图1,全天储能充电1000MWh,放电640MW。按调峰空间示意图(见图2)可见,电池储能参与调峰后,虽然系统最小出力增加了250MW,但2:00至5:00时段,等效负荷曲线仍低于61台机组最小出力,则此时段仍会出现弃风现象。

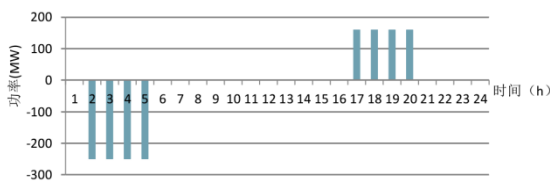


图1 储能出力状态图

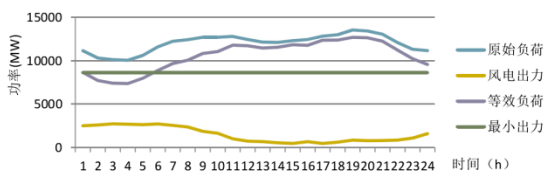


图2 储能调峰后空间示意图

6.4 电池储能电站综合效益分析

含风电力系统的调峰过程有了电池储能电站的参与,

会产生包括直接与间接经济效益在内的总经济效益,以削峰填谷模式开展运行的电池储能电站产生的是直接效益,效益值来自于峰值和谷底之间的电价差异;间接效益则包括节煤,容量替代和风电消纳方面的效益,还有系统调频,备用以及调相带来的收益。

容量效益: 电池储能电站在电网峰值期间负责发电,承担尖峰容量,可作为火力发电的同等规模替代品,有相关建设需要的地区可暂停火电投资; **节煤效益:** 电池储能电站也可对火电机组进行系统调峰方面的替代参与,确保火电机组运行负荷均匀稳定,运行效率。条件以及设备利用率都得到大幅改善,发电厂可节省大量煤电资源; **备用效益:** 电池储能电站支持负荷突变和突发事件的快速响应能力,可当做备用使用,省略了火电机组的备用能耗,设备大幅提升综合利用率; **调频调相效益:** 如果电力系统处于电压和频率都失稳状态,电池储能电站可结合实际需要实现运行状态的及时切换,使负荷波动趋于平衡,电压和频率趋于稳定,无需过多配置无功补偿设备容量,降低运行和投资成本; **风电消纳效益:** 电池储能电站功能类型又多又灵活,是对自身间歇性和不连续性的有效弥补,接纳风电得以提高容量,弃风损失得到有效控制。

7 结束语

以上文章首先对电池储能技术进行了比较全面细致的分析论述,进而分别探讨了电池储能系统参与含风电力系统的原理与过程,风电并网对电网的主要影响及电池储能参与电网调峰调频的控制策略,并在文章的最后研究电池储能系统在风电系统调峰优化中的具体应用,希望能为促进我国电网运维管理水平的提高做出一点贡献。

[参考文献]

- [1] 廉嘉丽,王大磊,颜杰,等. 电力储能领域铅炭电池储能技术进展[J]. 电力需求侧管理,2017,19(3):5.
 - [2] 牟树君,林今,邢学韬,等. 高温固体氧化物电池储能技术测试平台及流程设计[J]. 电力建设,2017(1):3.
 - [3] 邓睿. 电池储能技术在电力系统调频中的应用研究[D]. 武汉:华中科技大学,2017.
 - [4] 王黎明,叶维平,梅红伟,等. 基于电力电子变压器的电池储能并网系统及其自抗扰控制[J]. 高电压技术,2017,43(1):1.
 - [5] 赖春艳,陈宏,倪嘉茜,等. 锂离子电池储能技术在电力能源中的应用模式与发展趋势[J]. 上海电力大学学报,2021,37(4):5.
 - [6] 罗佑坤,乔志园,辛晟. 南方电网电池储能技术应用及发展机会探讨[J]. 水电与新能源,2020,34(9):5.
- 作者简介:王康怡(1992.2-)男,民族,蒙古族,籍贯:河南邓州,学历:大学本科、工学学士学位,单位:能沁北发电有限责任公司,职称:助理工程师,研究方向:新能源与火电。