

光伏电站和风电场储能容量配置的技术经济研究

伊利江·艾孜孜江 张伟

中国三峡新能源(集团)股份有限公司新疆分公司

[摘要]近年来,我国对电能的需求不断增加,光伏电站和风电场建设越来越多。储能系统具有双向吞吐功率的能力,实现了电能的时空转移,为风电安全友好并网提供了关键技术支持。实际工程中较高的成本制约着储能大规模应用,因此选择容量配置方案时,在满足功能应用性前提下引入经济性评估可加快储能产业化。本文首先分析了光伏电站系统结构,其次探讨了储能系统装机容量及充放电功率配置方法,最后就光伏电站和风电场储能容量配置的技术经济进行研究,以供参考。

[关键词]储能;光伏电站;容量优化

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6288.2021.11.1622

引言

近年来,随着储能设备的发光伏电站系统由电网、光伏展,大规模储能系统得到了广泛的应用。在电力系统中,储能设施可灵活地接入系统且储能设备的投入几乎不受地理位置的限制。储能装置可安装在光伏电站,实现储能装置和光伏发电设备的协调优化控制,达到稳定控制并网电压的效果。当系统中光伏出力较大,且负荷无法全部消纳光伏电站输出的电能时,可通过储能系统吸收部分电能,合理控制储能系统中蓄电池及超级电容的充放电时间,实现系统的电压波动抑制。

一、光伏电站接入电网电能质量评估

在光伏电站的实际应用中,由于DC-AC变换流程的存在,所以需要利用到大功率的电力转换器件实施光伏并网的过程,其相关的技能参数同光伏发电并网相关联,直接影响到整个电网当中的电能质量。并入电网的光伏电站依据设计容量可以分为不同电压等级的并网方法(高、中、低压等),依据不同的接入电压等级,能够确定不同的电能质量限制数值。为顺利对光伏电站接入电网的电能质量进行有效评估,必须分析光伏发电的关键技术特点。

二、储能系统装机容量及充放电功率配置方法

目前已有不少研究者针对储能系统的装机提出了各类配置方法,针对电源侧光伏电站和风电场如何确定储能装机容量以及如何确定储能系统充放电功率,本文提出了一套基于经济性最优的储能系统优化配置方法。该方法通过对光伏电站和风电场的运行现状分析,结合光伏风电的发电延时曲线,以当地太阳能和风能资源逐时数据和储能系统的单位造价、充放电效率、运行成本、售电电价和储能系统运行年数等因素作为边界条件,以净现值最大为目标计算储能容量配置。同时,结合太阳能和风能资源逐时数据,以弃电率、直流侧系统、PCS、就地升压站和电缆等设备材料的初始投资为边界条件,以差额静态回收期最小为目标计算储能系统最佳充放电功率。弃电率、平滑光伏电站出力并产生收益,结合光伏电站典型日发电及限电曲线。根据需求不同,储能系统在装机容量计算时一般有两种方法:一是目标弃电率,即设定某一弃电率目标值,通过配置储能系统将光伏电站的弃电率降低至该值,在此基础上计算得出储能系统容量。通常可结合全年8760h逐时发电量、弃电量和太阳能资源情况,利用光伏发电延时曲线能够推断储能装机容量;二是最佳经济性,

即通过比较不同容量储能系统的投资收益情况,得到经济性最佳的储能系统容量并计算对应的弃电率。对于不同容量的储能系统而言,其投资和收益是不同的。提出的计算方法原理由于受到太阳能资源变化的影响,弃电率也随之变化,随着储能系统装机容量从0开始增大,储能系统的投资和收益也相应增加,但同时弃电量小于储能装机容量的天数增加,储能系统的闲置率增加,弃电量大于储能装机容量的天数能够产生额外收益,收益增速下降。因此,必定存在一个储能系统装机容量的最佳值对应经济性最佳的投资收益。基于不同储能系统容量配置引起的投资和收益的不同,为寻找最佳的储能系统装机容量,将储能装机容量的增加值设为固定步长,分别计算不同储能容量配置条件下的净现值进行比选。在计算过程中,采用全年8760h的太阳能资源逐时数据,并充分考虑不同储能容量配置下的连续充放电范围、储能充放电效率、储能系统运行成本、售电电价和储能系统运行年数等边界条件。储能电站的收入为储能系统售电收入,成本包括初投资、运维费、购电成本。经过计算比较,各方案中净现值最大的储能系统容量配置即为最佳方案。在确定了储能系统装机容量后,还需要确定储能系统的充放电功率,不同的充放电功率造价不同,收益也略有不同。以10MW/20MWh和5MW/20MWh两种容量相同、充放电功率不同的电池为例,某日光伏发电连续4h内的弃电量分别是3MWh、7MWh、8MWh和2MWh,对于10MW/20MWh的储能系统而言,4h内一共可储电20MWh,而对于5MW/20MWh的储能系统而言,仅储电15MWh。由此可见,该假设中10MW的充放电功率优于5MW的充放电功率,但其造价也相对较贵。因此,对于不同充放电功率,所提出的计算方法以不配置储能系统为基准,采用差额静态回收期对不同充放电功率进行比较,以差额静态回收期最低的充放电功率作为最优方案。

三、光伏电站和风电场储能容量配置的技术经济

(一)经济性评估方法和评价标准

经济性评估是直观评判该项目对社会影响大小、资源消耗水平的有效途径。经济性评估方法常采用确定性评估,并根据是否引入资产时间价值分为静态评估方法和动态评估方法。同时,从项目投资回收时间、效益价值和资金使用效率方面,可以将经济性评价标准分为时间型、价值型和效率型,其中:时间型标准以时间为计量单位;价值型标准以货币价值作为计量单位;效率型标准以资源产生的效率作为评

价指标。目前,储能系统容量配置研究中典型的评价指标有:投资回收期(时间型标准)、现值和年值(价值型标准)和内部收益率(效率型标准)。

(二) 双层优化控制策略

针对复合储能系统中蓄电池及超级电容的储能差异、储能单元SOC过高或过低导致储能系统充放电特性不稳定等问题,本文提出计及储能调节电压和SOC恢复的多储能系统调压双层优化策略。优化控制框架包括储能系统电压调节优化层和储能单元SOC优化层。系统电压控制优化层采用储能电站功率优化分配模型。综合考虑各储能单元的电压调节和剩余的充放电容量,在复合储能间分配蓄电池及超级电容的储能容量。SOC优化层采用储能单元SOC优化模型。将电压调节优化层优化结果在每个储能电站内部的各储能单元之间进行再分配,以储能单元SOC状态最佳为目标,实现储能单元SOC的恢复。

(三) 电网调度支持

如果能够获得电网调度的支持,将电网的调度曲线根据风电场+储能的综合发电特性进行调整,基本保证储能设备能够每天完成一充一放,从整体上提高储能系统的使用效率,进一步降低弃风率,能够提高储能电站的经济效益。

(四) 光伏电站系统结构

光伏电站系统由电网、光伏电站、电储能和厂用电负荷构成。厂用电负荷主要由光伏发电提供电能,当光伏发电不足时由电网供电,当光伏发电盈余时过剩的电能通过储能设备存储。储能设备在厂用电负荷较高时,能为厂用电负荷供电,降低从电网购买的电量,达到降低系统运行成本的目的。与传统光伏电站相比,含储能的光伏电站通过引入电储能可降低系统的弃光率和运行成本,也能起到削峰填谷、平抑功率波动的作用。

(五) 多目标模型求解法

先将与目标并网功率偏移量方差最小作为优化目标,以此为前提利用模糊控制理论调整充放电指令,然后建立了惩罚成本和运行成本费用现值最小的优化模型,并采用智能算法进行求解。利用配置储能系统来减少弃风,建立了以储能投资成本最小为目标函数,以弃风率为约束的数学模型,采用凸近似和抽样平均构建线性规划方法来求解。以上2个文献把偏移量方差、弃风率作为前提条件建立单目标优化模型,将多目标转变为单目标模型进行求解,忽略了储能额定容量对偏移量方差、弃风率的影响,无法同时兼顾两者的最优性,求解结果的正确性有待验证。多目标涉及到多个目标的优化,这些目标并不是独立存在的,它们往往是通过决策变量耦合在一起且处于相互竞争的状态,而且每个目标具有不同的单位和量纲,因此很难客观地评价多目标问题的解。它们的竞争和复杂性使得对其进行优化变得十分困难。单目标模型求解法通常根据储能系统的经济性建立模型,并进行求解计算,价格虽然是储能系统的关键因素,但储能系统作为一种功能综合体,其功能性作用才是配置储能的根本所在。多目标模型求解法将功能性指标和经济性指标同时作为目标函数进行求解计算,得出的配置方案更具有实际意义。建立

了一种经济性较优且运行策略最佳的储能双层多目标规划模型,利用自适应变异的粒子群算法进行双层迭代并对模型进行求解计算,得出最佳储能配置方案。该方法结合了双层迭代模型和多目标模型的特点,将不同单位量纲的目标函数放置于双层模型中。建立了有功网损、电压偏差、总投资均最小的多目标模型,引入了立方混沌映射、混合蛙跳个体交流机制以及综合满意度评价机制来改进鲸鱼算法,从而求解得出配置方案。多目标模型求解法改善了单目标模型法和双层迭代模型的局限性,如优化目标单一、优化量单位量纲不同等,但随着优化目标函数的增加,其求解难度也随之增加。

(六) 统计及能源互联网储能综合效益评价体系的建立

储能技术的成本较高,能源市场机制尚不健全,而市场相关方又不能定量分析出储能项目的效益水平,若从风电场出发规划储能系统,仅侧重平滑风电场输出收益,则太过片面且丧失经济性,将减缓储能系统商业化的速度。因此,建立全面的储能综合效益评价体系,可以在国家政策的扶持下促进储能系统的推广。

结语

综上所述,本文提出的基于经济性最优的储能系统优化配置方法,结合实际运行数据,以风光资源逐时数据、储能系统单位造价、储能系统充放电效率、储能系统运行成本、售电电价和储能系统运行年数等因素作为边界条件,以净现值最大为目标计算储能容量配置。在确定了储能系统装机容量后,针对不同充放电功率对应的初始投资,以差额静态回收期最小为目标计算储能系统最佳充放电功率。针对风电场配置储能系统存在的问题,如果能够获得电网调度的支持,将电网的调度曲线根据风电场+储能的综合发电特性进行调整,基本保证储能设备能够每天完成一充一放,能够提高储能电站的经济效益。此外,建议以风电场配套建设储能系统或者以储能系统参与调频给予电价补贴,并按照储能系统的上网电量核算发放,从而提高储能系统的经济性。

参考文献:

- [1] 丁明, 陈忠, 苏建徽, 等. 可再生能源发电中的电池储能系统综述[J]. 电力系统自动化, 2013(1): 19-25.
- [2] 严晓辉, 徐玉杰, 纪律, 等. 我国大规模储能技术发展预测及分析[J]. 中国电力, 2013, 46(8): 22-29.
- [3] 施琳, 罗毅, 涂光瑜, 等. 考虑风电场可调度性的储能容量配置方法[J]. 电工技术学报, 2013, 28(5): 120-127.
- [4] 陈池瑶, 陈晓明. 基于清洁能源消纳的风电规模上网机组启停间歇控制研究[J]. 电网与清洁能源, 2020, 36(9): 100-104.
- [5] 桑丙玉, 姚良忠, 李明杨, 等. 基于二阶锥规划的含大规模风电接入的直流电网储能配置[J]. 电力系统保护与控制, 2020, 48(5): 86-94.
- [6] 舒印彪, 张智刚, 郭剑波, 等. 新能源消纳关键因素分析及解决措施研究[J]. 中国电机工程学报, 2017, 37(1): 1-9.