

风电储能技术漫谈

王巍¹ 马龙² 刘颖³ 曹茂庆⁴ 曹文强⁵ 李宇⁶

1. 2. 4. 黑龙江建筑职业技术学院, 3. 黑龙江嵘创建筑工程有限公司,
5. 北京理工大学材料学院, 6. 黑龙江斯维尔科技发展有限公司

[摘要] 储能技术是提升风电利用水平的关键技术之一, 更是解决风电并网问题的关键。为此, 我们要积极探索新的风电储能技术, 增强对相应技术的应用和实践能力, 以此提升对风电的开发、利用效率。鉴于此, 本文将针对风电储能技术开展分析, 并提出一些建议, 仅供各位同仁参考。

[关键词] 风电; 储能技术; 漫谈

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-627X.2021.08.1061

引言: 随着时代发展, 能源短缺问题逐渐凸显, 并演化成了一个全球性问题, 为此, 我们要重视对可再生能源的开发与利用, 以此实现能源的合理配置与优化, 努力发展低碳经济模式。风力发电作为一种较为成熟的可再生能源利用技术, 有着无污染、周期短等优势, 近年来得到了长足发展。为了更好地响应国家能源局的规划, 我国甘肃、新疆等地投资了数亿元, 建设了很多国家级风电项目, 2015年风力总发电量达到了9000万KW, 截至2020年, 已经实现了1.5亿KW的发电目标。目前, 我国境内的风电装机总量已经突破了4200万KW大关, 稳居世界风力发电装机容量的首位。从这里我们可以看出, 风力发电对于改善我国当前的能源结构类型, 提升保护环境效果有极为明显的作用。不仅如此, 我国政府已经正式将风力发电列为了代替石油、煤炭等不可再生能源的主要替代能源之一。

一、储能技术概况

现阶段, 我国的储能技术主要分为四种, 主要有物理储能技术、电磁储能技术、化学储能技术、相变储能技术。物理储能技术的常见类型有压缩空气储能、抽水储能以及飞轮储能等。电磁储能通常体现为超级电容储能、超导磁储能等方式开展。化学储能一般是借助锂离子电池以及铅酸电池等完成储能, 主要是将直流电存储在电池中, 而后将其供给各个小区, 从而实现公共区域、小区的照明, 这也是利用较为广泛的一种储能方式。相变储能一般都是借助一些相变建筑材料或者是通过冰蓄冷储能等途径实现。各种储能方式各有优劣, 其储能的功率、能量特点并不相同, 在适应性方面也存在一定差异。需要明确的一点是, 和其他类型的储能形式相比, 相变储能并非以电能的形式储存风力发电能量, 其涉及的能量、功率因素较为复杂, 在此不予讨论。随着我国智能电网的不断发展, 其在需求侧管理方面发挥了非常重要的作用。

二、储能技术在风电中的应用现状

(一) 增强低电压穿越能力

低电压穿越(LVRT)问题是当前我国风力发电技术发展过程中一个亟需解决的难题, 它也是影响储能系统稳定性的关键要素之一。若想提升风电系统的LVRT能力, 我们可以从两个层面开展讨论。对于风力发电机组来说, 提升其LVRT能力的形式主要可以分为两方面:

其一, 优化控制策略。使用这一方案的优势在于, 不需要为风电系统增加额外设备, 实现过程也相对简单。但是, 其劣势也较为明显, 由于电网故障中, 风电机组会产生暂态过电压和过电流, 出现这一状况的根本原因在于, 风电系统中的瞬时能量不平均, 利用优化控制策略很难从根本上解决暂态能量过剩的问题, 从而在某些情况下, 很难实现理想效果。一般来说, 这种方案通常是在故障电压变化不明显的使用。

其二, 通过硬件设施实现。利用此方式增强LVRT能力, 效果较为明显, 但会在无形中会出现很多额外成本。对于风电场来说, 通常难以借助改善单台机组的操控模式提升全部风电场的故障穿越能力, 因此, 在风电场中, 提升LVRT能力的主要途

径便是增加硬件设备。快速储能系统作为一种特殊的FACTS装置, 在风电场和单机层面上都可以看作是一种较为高效的优化处理方案。

在单机角度开展应用层面的研究时, 一般会把ESS并联在风力发电机组ECS的直流母线上, 当风电系统出现故障时, 可以借助储能系统的快速有功响应功能, 将其中过剩的能量储存下来, 从而优化风电机组的暂态过程。有学者针对DFIG风电机组中间的直流母线进行了深入研究, 提出将其并入超级电容器能够有效增强风电机组的LVRT能力这一观点, 并深入分析了在保证风电机组LVRT能力的基础上, 满足风电系统相应的规范要求, 保证其储能容量。

部分学者认为, 可以借助飞轮储能的方式, 大幅增强永磁直驱的风电系统LVRT能力, 通过在风电系统中引入飞轮储能模式, 让其与风电机组互相配合形成协调控制, 当风电网络出现问题时, 可以借助飞轮储能的快速调节功能, 以此确保风电机组中功率变换器的直流母线有一个极为稳定的电压。同时, 飞轮储能还可控制网侧变换器对风电系统产生一些无功, 以此让电压变得稳定下来, 提升风电机组的LVRT能力。

(二) 平抑风电功率波动

风电存在一定的不易控制、出力波动等问题, 这会一定程度上对电网的稳定性产生影响, 并且会降低电能质量, 导致风电的经济性有所降低。在将风力发电系统并入电网是, 我们要合理引入ESS, 并为其设计一些优化控制策略, 以此降低风速对电力产出质量的影响, 从而实现平抑风电功率波动的效果。

这些年来, 有很多学者对借助ESS实现平抑风电功率波动的问题实施了深入研究, 并获得了非常多有意义的研究成果。总的来说, 平抑风电功率波动的研究也可以从风电场、单机两个方面的应用入手。

从单机层面实施研究, 部分学者发现在DFIG风电机组的直流母线上可以为其并联一个超级电容器, 而后借助模糊理论对其实施协调调控, 以此实现对风电机组功率波动的平抑。在其他的研究中, 除了对此种方法有效性的验证, 还对其中涉及的储能容量实施了深入探讨, 指出了储能对于功率波动的控制效果主要在于风电机组的处理预测水平。这也就是说, 这一方法的实际效果会在很大程度上受限于风电机组的出力预测水平。对于那些大型风电场来说, 电台机组会受到塔影效应、尾流效应等诸多方面因素的影响, 这就导致对其预测出力较为困难, 尤其是短期预测方面, 在实际运行过程中会遇到诸多困难。

还有部分学者提出, 可以在基于全功率变频器的永磁同步风电机组的直流母线上接入并联的飞轮储能装置, 而后结合模糊控制, 对风电机组的实施抑制, 保证其输出功率在一个合理范围内波动。除了对理论层面的内容实施研究, 这部分学者还构建了一个实验平台, 对风电机组独立带负载运行、并网运行实施了实验探究, 利用实验结果证明了策略的可行性, 并对其中的飞轮储能效率施行了详细分析。

(三) 参与系统频率控制

风电出力有一定的随机波动、爬坡特性，因此很难对其开展准确预估和控制，同时对电网频率的影响很小，所以难以承担对电网调频的任务。基于此，在大规模的风电并网背景下，会在很大程度上对电力系统的频率控制产生影响。为此，必须保证电力系统的功率平衡，这样方可保证电力系统、电能质量较为稳定，在接入较大规模的风电的情况下，需要几乎与风电同等容量的旋转备用。同时，由于同步发电机在对频率实施调节时，会受到风电速度限制、调速器死机、控制信号延迟等因素的影响，尤其是在发电功率有较快变化时，可能会存在多台调频机组作用效果互相抵消的情况，从而产生很大的资源浪费。由于ESS有着较为快速的功率响应能力，可以有效落实功率的正反双向调节，通过合理引入ESS控制，能够大幅改善风电系统的调频特性，从而实现双倍调频的效果，保证风电系统的经济性。

(四) 提高电力系统稳定性

在以往的电力系统中，所谓的稳定性主要是指在运行中电力系统受到扰动后，能恢复到原来装填或者一个新的稳定状态的能力。一般来说，稳定性可以分为动态稳定性和静态稳定性。对于风电系统来说，也存在这样的稳定性问题。同时，由于风电系统的机组和平常的发电机不同，其稳定性也表现出了一种特殊性。通常情况下，电力系统若是出现稳定性问题，其原因多是由于系统内的瞬间功率未能达到一个平衡的状态，ESS由于可以对电力系统功率快速响应，因此可以在很大程度上控制电力系统的稳定性，保证其在运行中能够有个较为平稳的状态。

结合现阶段的情况来分析，风电系统中出现的稳定性问题多是静态稳定问题。在对问题分析时，可以结合电网在受到较大干扰时，发电机功角、风机转速的情况变化实施研究。我国有学者结合SMES对电力系统的稳定性问题实施了深入研究，并结合模糊理论设计了一个SMES控制器，通过此控制器，工作人员能够通过控制桨距角、制动电阻等因素，对电力系统的稳定性实施控制。研究结果表明，在电力系统中引入ESS能够有效提升系统稳定性，取得相当不错的控制效果。

三、储能技术在风电并网中应用研究策略

结合上文开展研究可知，将储能技术应用到风电系统中，能够有效提升其动态特性、运行经济性水平，从而有效解决大规模风电并网中遇到的各类问题，发挥了不容忽视的作用。为更好地让储能技术在风电并网中发光发热，我们要对此开展更为深入研究，并提出如下几点建议：

(一) 优化储能系统的构建

众所周知，当前我国的储能方式形式非常多样，其特性也各有不同，为此，我们要结合实际情况，利用合适的ESS方式，解决风电并网中电能储存的各类问题。实际上，在较大规模的风电并网中，单一的储能方式很难满足实际的储能需求，在处理响应性、容量、经济性等方面的问题时也有些不足。为此，我们必须重视对储能系统的优化构建，将更为高效的储能方式应用到风电并网储能中，通过ESS响应快、容量大的特点，优化ESS的使用方式，构建一个复合型、高效型的储能系统。结合不同的风电应用场景和目标，我们可以对ESS的模型实施有效调整，使其最大限度地发挥自身储能优势，还可建立一个科学的数学模型，对其中涉及的各类问题实施分析、研究。通过优化储能系统的创建，能够促进储能技术在风电并网中的应用效果提升。

(二) 增强储能系统的控制

若想风电储能效果，必须对储能系统实施深入优化，不断提升其控制水平，这样方可保证电能不被浪费。合理地控制能够让ESS更好地发挥预期作用，还能大幅提升风电并网的经济价值，提升储能的容量，这也是当前储能技术应用到风电并网的研究焦点之一。通过对此实施深入研究，ESS的

功能变得更为多样，其功能性也有了明显提升，对于一些较为复杂的数据也能在较短时间内给出控制策略。另外，结合多元化的储能系统，能够更为高效地对电力系统实施调控，充分解决了储能与风电联合控制的问题，控制策略的可实施性、合理性有了进一步增加。因此，我们必须重视对储能系统控制水平的增强，以此保证储能技术更好地在风电并网过程中发挥作用。

(三) 优化储能位置和容量

现阶段，我国风电并网中引入储能技术还处在一个起步阶段，很多研究重点都放在了理论和功能层面上，对于实际应用角度的研究略为不足，尤其是对储能位置和容量的关注不够。虽然很多学者在研究中都融入了拓扑结构以及储存容量的相应问题，但很少有人能够对储能位置选择、容量的设定实施深入研究，也很少依据控制性能、经济性等层面的因素实施讨论分析。实际上，ESS的运营维护成本较高，随着研究的不断深入，必须要对控制目标的满足、储能位置的选择、容量的控制等实施分析，以此提升控制技术在风电并网中的应用效果。鉴于此，我们需要在讨论储能位置以及容量对风电系统运行稳定性的影响时，还要结合系统运行可靠性、经济效益等问题实施思考，积极研究在不同场景下，储能位置的选择、容量配置对风电并网产生的影响，从而不但优化储能位置和容量，促使储能技术更好地应用到风电并网中。

(四) 优化储能系统回报率

风电存在一定的不确定性、波动性特点，这也对风电系统运行的稳定性产生了很大影响。同时，随着风电预测误差的增大，风电并网的总费用也会提升，甚至会出现没有可行解的局面。通过引入ESS，能够有效增加风电并网系统的灵活性，降低系统中功率波动对系统造成的不良影响。但是，由于其运行方式和同步发电机不同，影响其运行成本的因素也变得非常多样，因此，解决机组组合、旋转备用等经济运行问题就显得十分复杂。同时，将储能技术应用到风电并网中，我们还应考虑储能系统的回报率问题，只有保证回报率，方可引入更多资源、人力、财力到这一工作中，从而全面提升储能技术在风电并网中的应用效果。

总结

综上所述，在对风电储能技术实施分析时，我们首先要对储能技术概况进行一定了解，而后分析储能技术在风电中的应用现状，对增强低电压穿越能力、平抑风电功率波动、参与系统频率控制、提高电力系统稳定性等实施分析，最后方可从优化储能系统的构建；增强储能系统的控制；优化储能位置和容量；优化储能系统回报率等层面开展研究，以此在无形中促使我国风电储能技术水平提升到一个新的高度。

参考文献：

- [1] 陈红. 风电并网中的储能技术探讨[J]. 电工技术, 2019(18): 133-134.
- [2] 谢秋实. 电池储能参与含风电力系统调峰与优化调度[D]. 大连理工大学, 2018.
- [3] 张晓晨. 储能在电力系统调频调峰中的应用[D]. 北京交通大学, 2018.
- [4] 黄山. 风电储能系统优化配置及运行研究[D]. 沈阳工业大学, 2017.

本文系：寒区城乡建设可持续发展协同创新中心“寒区风能利用的高层住宅套型节能设计创新与应用”课题的阶段性成果，项目编号：HICT2020—2

通讯作者：曹茂庆，单位：黑龙江建筑职业技术学院，高级建筑师，黑龙江省工程设计大师，研究方向：绿色建筑。