

储能参与新能源消纳的优化控制策略

文/常咏
吉林中油电能售电有限公司

储能既能解决新能源出现的波动性和间歇性问题，又能提高能源资源的利用效率。通过探究储能技术的发展和应用现状，分析了储能技术在新能源消纳中的优化控制策略，包括充放电策略、能量管理策略和并网控制策略等，提出了相应的优化控制方法，探讨如何提高新能源消纳的效果和经济效益。

自我国提出“双碳”目标以来，新能源得到了快速发展。但新能源发电具有随机性和间歇性等特点，难以直接并网，需要借助储能设备将其转化为电能，以实现良好的经济效益和社会效益。新型储能是一种新型的电力电子技术，可用于解决大规模可再生能源并网带来的一系列问题。目前国内外针对储能技术在新能源消纳方面的研究主要集中在以下几个方面：①储能对电网友好性与对新能源出力特性的适应性；②储能系统控制策略；③储能与其他发电设备间的协调优化；④储能与微网系统间的协调优化。

储能技术概述

储能技术是一种能够在特定时间范围内储存或释放能量的技术，主要包括电化学储能、机械储能和电磁储能三种，如图1所示。

电化学储能是指通过化学电池或电容器进行能量储存的过程，包括锂离子电池、钠离子电池等。锂离子电池具有较高的能量密度和较快的充放电速度，可作为储能系统的首选；而钠离子电池具有良好的放电电压、容量以及成本优势，可作为辅助储能系统中的备用电源。但锂离子电池也有一些缺点，如寿命短，有爆炸危险，存在过充过放现象

等，限制了锂离子电池的大规模应用。



图1 储能技术

机械储能是指利用电动机、发动机等机械设备将能量转化为电能进行储存的过程。在电力系统中，机械储能可实现有功功率的调节，有利于电力系统调峰调频；在可再生能源发电并网系统中，机械储能还可以实现可再生能源发电的并网控制。

电磁储能是指利用电磁场对能量进行转换与存储的过程，包括超级电容器和蓄电池两种类型。超级电容器具有充放电速度快、放电深度大和效率高等优点，但其结构复杂、成本较高，不适合大规模应用。蓄电池是利用化学电池储存电能的过程，具

有使用寿命长、安全可靠等优点，但其成本较高、充放电速度慢且效率较低。

随着电力电子技术和新能源发电技术的发展，目前已有越来越多的新型储能方式出现在电力系统中。根据储能方式的不同，可将储能技术分为三类：电化学储能、压缩空气储能和飞轮储能。在实际应用中，根据不同的应用需求，储能技术的种类也有所不同，但基本都是由电化学储能与机械储能共同组成。此外，还可以根据不同的应用需求进行其他新型的储能技术的研发。

储能参与新能源消纳的优化控制策略

1. 充放电策略

储能设备的充放电策略是储能技术在新能源消纳中的重要研究内容，主要分为两大类：一类是短期充放电策略，即以最短的时间间隔，对储能设备进行充电和放电，其主要目的是在满足用户需求的前提下，尽量减少设备投资；另一类是长期充放电策略，即在保证用户需求的前提下，延长储能设备的使用寿命和提高使用效率。

短期充放电策略主要是根据新能源出力预测信息和负荷变化情况，采用一定的控制方式，对储能设备进行充电和放电操作。在实际应用中，主要分为两种方式：一种是将储能设备的工作时间调整到与负荷变化相符的水平，在满足用户需求的前提下延长储能设备使用寿命；另一种是将储能设备工作时间调整到用户需求不变或负荷变化不大的水平，从而提高储能设备使用效率。

长期充放电策略主要是指在满足用户需求的前提下，将储能设备存储的能量进行回收和重复利用，减少新能源机组功率波动对电网造成影响。在实际应用中，主要分为两种方式：一种是将储能设备存储能量释放出来进行循环使用；另一种是将储能设备存储能量进行回收再利用。为了提高新能源消纳效果和经济效益，需要在满足用户需求的前提下选择合适的回收方式，将储能设备存储能量释放出来进行循环利用。

2. 能量管理策略

储能系统在运行时，其运行状态的控制和管理是非常重要的，这涉及储能系统的调度优化问题。对此，现有的研究方向主要集中在三个方面：①储

能系统参与电力市场交易，以提高储能系统的经济性；②对储能系统进行管理，以提高其安全运行水平；③在电力市场交易中，为电力用户提供调峰调频服务。储能系统参与内外部电力市场交易时，可利用其有功功率调节能力参与市场交易。

根据能源的来源不同，可将储能系统分为两类：一类是电力市场中的辅助服务；另一类是通过新能源发电产生的调频容量。由于新能源发电具有较强的随机性和间歇性，因此为保证电网安全稳定运行，需在电力市场中引入储能系统，以提高电网运行效率和新能源消纳能力。由于储能系统参与调频、调峰等辅助服务时会带来一定的经济效益，因此为了实现经济效益和社会效益的统一，需要对储能系统进行优化控制。目前国内外研究较多的是基于动态规划法（Dynamic Programming）对储能系统进行调度优化。该方法是通过分析新能源发电出力与负荷需求等数据，寻找储能系统运行最优解。通过建立动态规划模型，不断迭代计算出最优解。该方法能够实现新能源发电出力与负荷需求之间的平衡。除此之外，还可以利用神经网络算法对动态规划法进行改进，以实现更高准确度的调度优化。

3. 并网控制策略

储能系统与电网连接主要通过并网逆变器，目前储能系统参与电网的并网控制方式主要有两种：一种是通过离网逆变器直接并网；另一种是通过并网逆变器直接并网。离网逆变器直接并网技术是一种比较简单、经济和实用的控制方式，它只需要通过变流器向电网提供有功功率和无功功率，即可实现与电网的直接连接，同时不会影响系统的频率稳定。该技术对电力系统中的电能质量没有过大影响，且能够满足电力系统对电能质量的要求。但该技术只适用于电压暂降、频率波动等情况，如果电源功率波动较大，将会导致发电侧或负载侧电压出现较大波动，从而影响电力系统的稳定运行。

而并网逆变器离网控制技术则是根据电网负荷曲线和需求情况来选择适当的变流器拓扑结构、控制方式、调制方式和调制深度。该技术不仅能够使系统中功率流动更加有序，还能对负荷电压进行调整、平滑负荷电流。但该技术在对电压进行调节时存在一定局限性，一旦电网中出现短路故障或其他负载，将会导致电流变化幅度较大。

储能技术在新能源消纳中的应用

随着我国对新能源的重视程度不断加深，我国的新能源装机规模也在逐年扩大，其中以风电、光伏发电为主。但由于我国的新能源分布不均匀，风电和光伏发电在一定程度上受到地理位置的限制，在大力发展新能源的同时，如何有效地解决新能源消纳问题是当前需要解决的主要问题。储能技术在解决新能源消纳中可以发挥很多作用，如图2所示。

①提高新能源利用率。储能系统主要用于削峰填谷，即通过一定的手段来改变电力系统中的负荷曲线，缓解用电高峰时电力需求过大问题；②为电网提供调频服务。在电网负荷曲线发生波动时，储能系统可以作为一种有效地调节手段来维持电网频率稳定；③平滑风电、光伏出力。通过合理配置储能系统的功率和容量，可以有效地控制风电、光伏出力的波动；④提高电网稳定性。通过储能系统可以起到保护电力设备、稳定电网电压和频率、平抑风电、光伏出力等作用。因此，合理配置储能系统能够有效地促进新能源消纳。

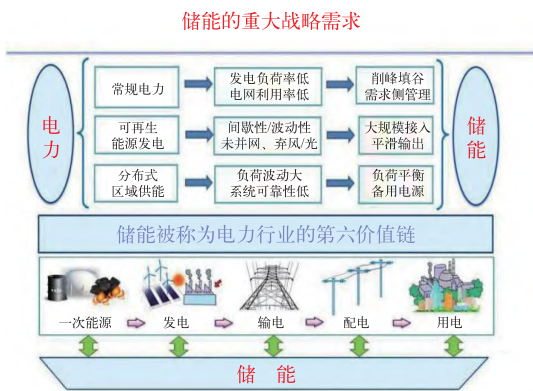


图2 储能技术在新能源消纳中的应用

优化控制方法的实现

优化控制方法的实现是在电力系统中进行的，具体是通过储能技术和传统技术相结合，来提升新能源的消纳能力。在电力系统中，储能系统可以分为两类，一类是物理储能，另一类是化学储能，如图3所示。物理储能主要是将电池、超级电容和飞轮等作为储能元件，其主要特点是体积小、容量大、造价低和寿命长等。目前，我国新能源发电装机规模快速增长，已经成为电力系统中的重要组成部分。在电力系统中，风电和光伏发电均具有波动

性和间歇性特点，需要与其他电源相互配合来共同参与电力系统的运行。如果单独采用光伏发电技术或者风电技术无法满足电力系统的运行要求，此时需要引入储能系统配合新能源发电技术来提高新能源消纳能力。储能技术不仅能够提升新能源发电的并网效率和并网质量，而且还能缓解新能源发电间歇性和波动性带来的负面影响。

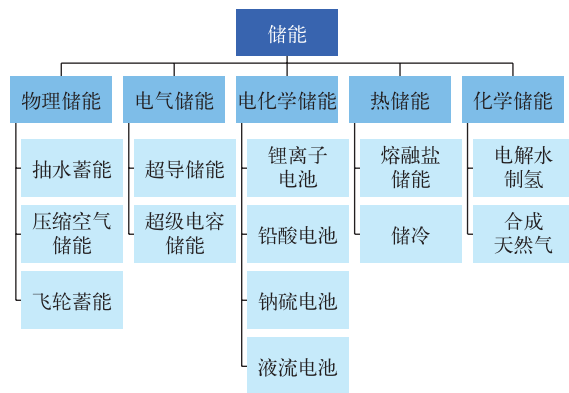


图3 储能分类

结束语

新能源发电的间歇性和波动性给电力系统带来了很大的压力，大规模储能技术在电力系统中得到了广泛的应用。通过对储能技术的发展现状和应用情况进行分析，对储能参与新能源消纳的优化控制策略进行探讨，得出以下结论：

1) 目前，储能技术在新能源消纳中还没有完全发挥作用，随着储能技术的进一步发展和完善，其与新能源发电之间的矛盾将得到进一步缓解。

2) 储能系统参与新能源消纳优化控制策略中，需要综合考虑经济、安全和环保等多方面因素，储能系统的容量选择和配置需与新能源发电容量相匹配，同时还需要考虑储能系统运行中的能量转换效率和充放电效率等。

3) 针对储能系统参与新能源消纳优化控制策略中存在的问题，相应的改进措施有：①根据不同类型的储能系统制定相应的充放电策略；②根据不同地区、不同电网结构和运行情况制定相应的能量管理策略；③建立多目标优化模型，将经济性、安全性和环保性等多个目标融合在一起，采用改进遗传算法对模型进行求解。EA

(收稿日期：2024-4-25)