

风力发电系统中储能技术的应用分析

文/宋智勇
中国石油集团电能有限公司气电公司

电力存储是风力发电系统运行的关键环节，尤其是随着国家“双碳”目标的出台，新能源的开发日益受到重视。将储能技术用于风力发电系统中，不仅是保证风力发电系统安全运行的有效手段，也可以实现节能降耗，因此，从多角度对风力发电中的储能技术进行了研究分析。

当前，我国社会和经济水平的发展，使我国面临的资源紧缺问题日益突出，因此，我国许多地区在早期就已经开始探索新能源，并且效果良好。尤其随着国家“双碳”目标的出台，新能源的开发日益受到重视。但在风电领域，风能的随机性和不稳定性成为了风电开发的瓶颈。要解决风电系统的不稳定问题，就需要采用能量存储技术。

储能技术包含的内容及特点

储能技术涉及的关键技术很多。储能系统中包含了大量的电容器和超导部件，这些部件在运行时，既要和风能转换成电能，又要将电能储存在一个特定的空间中，以确保后续的运输和能量转换。超导体的功能是将电能储存在超导线圈中，在运行时再将其转化为电能。该技术的应用可以在较短时间内完成快速的变换，是目前风能系统中最常用的一种能量储存方法。

还有一些比较常用的能量储存方式，比如超级电容器和飞轮储能，也可以将风能转化为电能。特别是超级电容器，可以提供30 MJ的容量，它可以在高峰时期为用户提供稳定的供电，但在电网发生

故障时，由于电压突然变化等问题，无法达到预期的效果，因此只能在比较稳定的环境中使用，以免发生停电和其他危险的情况。

在风力发电系统中，电能储存既要考虑到实际情况，又要进行安全方面的分析，无论是哪一种方式进行储存，都必须经过严格、反复试验方可投入使用，以免发生事故。

风力发电储能技术概述

随着新能源发电的不断发展，许多先进的能量储存技术已经被开发出来，并在实际工程中得到了广泛的应用和推广。将能量储存技术应用于风力发电系统中有以下两方面优势：一是能量储存技术能够提高电力系统的稳定性，并可解决风电资源的间歇性问题；二是利用储能技术，风力发电系统可以稳定运行，为人们提供更加可靠的能源供应，满足大规模的能源需求，从而可以有效地利用资源。总之，储能技术在风电系统中的应用不仅可以满足负荷侧的需求，还可以根据实际情况进行适当调整，提高电网的稳定性、适应性和经济性，同时提高电网整体的运行效率，储能技术在电力系统中的作用如图1所示。

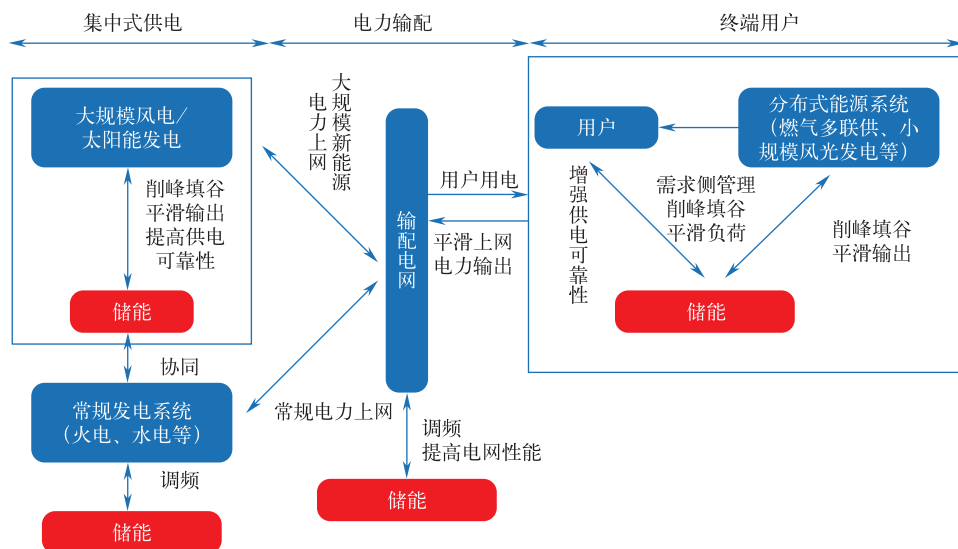


图1 储能电力系统各环节均有重要作用

风力发电系统中储能技术的具体应用

1. 碳纳米管超级电容器

超级电容蓄能装置是由电流采集装置、电解质、隔离物和两块电极构成，利用电解质极化实现能量存储。与蓄电池一样，超级电容储能设备在进行充电时以离子的方式存储电荷，而超级电容的存储设备一般是由活性炭纤维、金属氧化物和碳纳米管等材料构成。碳纳米管储能器件的化学稳定性和电导率都很高，而且其力学性能和长宽比也很高，可以连续工作十万次以上，使用寿命很长，可靠性很高，不需要任何的维修，在风电场中是很适合的。

2. 氢燃料储能技术

储氢装置是一种电化学装置，将燃料和氧化剂的化学能持续转化为电能。燃料电池储存装置的容量没有上限，根据电解质的不同，燃料电池可分为质子交换膜燃料电池、直接甲醇燃料电池和碱性燃料电池。燃料储存装置分为电解质、阴极和阳极，它们的工作原理相同。目前，风能系统中最常用的燃料储存单元是固态储存单元和质子交换膜燃料储存单元。

质子交换膜燃料电池（PEMFC）能量储存系统的工作原理：首先，通过双极板的气体通道，将氢和燃料气体引入到燃料储存设备的两极，再由膜电极的位置扩散到催化层中；其次，膜阳极催化剂表面的氢气分解为电子、质子和水，电子以电荷

方式通过外电路到达阴极，并通过质子交换膜的磺酸基到达阴极，在阴极催化剂的表面，氧分子与进入阴极的三种物质发生反应。氢燃料储存技术可以实现长时间的储存，金属化、液化和压缩是目前最常见的氢储存技术，可利用燃料储存装置、电解槽和氢储箱三大模块组成氢储存装置，并将其用于风电系统。当有更多的风力时，电解池将水电解，产生氢，储存于氢的容器中；在储存氢气的过程中，剩余的电量转移至输出负荷，如果风能出现亏空，则储存在燃料储存器中的氢和氧发生反应，产生电能，为系统负荷供电。

3. 混合储能技术

目前国内风力发电系统大多采用蓄电池作为能量存储设备，但其能量密度较小、寿命较短、维修工作量大且环境污染严重，需加大回收力度。超级电容储能装置具有免维护、耐用、能量密度高且效率高的特点，分为主动和被动两种。混合储能装置是通过平行连接一个电池储能装置和一个超级电容器储能装置组合使用而产生的，使用这两种并联方式优化电池的充电和放电过程，延长电池的使用寿命，提高其技术和经济性能，提高电池的转换效率。

4. 储能设备的接入

将能量储存技术应用于风力发电系统，提高风力发电系统的运行稳定性，减少机组的投入，提高机组的经济效益。在接入储能前，必须对当地的风

能特性有一个全面的认识,根据实际需求,选择合适的储能设备。

根据存储方式的不同,针对风电系统的能量储存技术还可分为两类:分布式存储技术和集中式存储技术。分布式就是将一部分能量储存装置安置在风电场附近,然后在每个发电机上都安装一套能量储存装置。尽管这种方式可以有效地改善供电质量和供电水平,但缺点也无法避免,每个机组都要安装一套储能装置,工作量大幅增加。另外,在施工中安装工艺要求比较高。集中式能量储存技术也可以被用于风电系统,它是一种非常重要的能量储存技术,可以通过调节电网运行方式来调节能量储存设备的输入和输出,提高风电系统应用的灵活性。同时,该技术还可以减少安装数量,有效地克服了传统的分散式存储技术在安装过程中存在的问题。

(1) 分布式储能技术的应用

风力发电系统中均有直流线路,为了使用分布式储能,直流母线必须连接一个电容器。如果风力不强,则利用储能向直流母线提供能量,由逆变器将其传输到直流端,然后再传输到电网,提高系统的稳定性。当风势增强时,剩余的能量也被转移到直流侧,使电力资源得到最大程度的发挥。

(2) 集中式储能技术的应用

这项技术要求将风电场的主线与储能设施相连,多余的能量储存起来,并根据现场情况进行调节。在风力资源大幅波动的情况下,逆变器被设置为“升压”,从而改变变流器的运行状况,在此过程中,该逆变器还可以对后备电池进行充电,从而达到蓄电的目的。

风力发电系统中储能技术的应用前景

风力发电系统中,风力发电功率不断变化,产生不确定性。随着风力发电系统的大量投入,风能

的比例逐渐提高,电网对风电的依赖程度也越来越明显。若采用限制风电场规模、降低风能接入电网比例等措施,将极大地浪费风能资源,影响风力发电的发展。因此,如何改善风力发电系统的稳定性,成为备受关注的问题。目前,将储能设备引入风电场,形成风储联合发电系统是一种有效的方法,由于风力的随机性、波动性等特性,采用储能技术进行电力补偿,能迅速地储存和释放电能,从而较好地克服风力的随机性和波动性。通过对风力发电和蓄能发电的联合,设计出一套行之有效的控制方案,可在一定程度上降低风电对电网的不利影响,提高风力发电的经济效益。

另外一个问题是储能系统的运行费用,能否将其应用于风力发电系统,关键在于提高其能源转化效率,减少投资。储能设备的选择往往要综合考虑成本、额定功率和环境条件,以及最重要的储能技术成熟程度。风力发电能否实现真正的能量储存,首先要解决的问题就是如何选好支持风力发电储能的装置。

结束语

在风力发电系统中,能量存储技术是一种非常关键的技术,它能够保证电网的稳定运行,提高电网整体的运行质量。必须加大对风电中储能技术的研究力度,因地制宜,合理地选择适合的储能技术,以便更好地推动其在风电领域的应用。**EA**

(收稿日期:2023-06-20)

参考文献

- [1] 任锐焕.智能配电网中分布式储能布局优化配置研究[J].电气应用,2021,40(4):31-35.
- [2] 李宇昕,金钧.基于超级电容储能技术的CRH380BG动车组自力行走技术研究[J].电气应用,2022,41(5):67-72.

