

储能技术在风力发电系统中的应用探讨

Application of energy storage technology in wind power generation system

刘勇

Liu Yong

(贵州龙源新能源有限公司)

Guizhou Longyuan New Energy Co., LTD

摘要: 本文探讨了储能技术在风力发电系统中的应用。介绍了常见的储能技术类别和其特征,包括飞轮储能技术、超导储能技术、蓄电池储能技术和超级电容器储能技术;详细探讨了氢燃料储能技术、混合储能技术和碳纳米管超级电容器技术在风力发电系统中的应用;展望了储能技术在风力发电系统中的应用前景。期望本文能够为相关工作带来一定的参考作用。

Abstract: This paper discusses the application of energy storage technology in wind power generation system. This paper introduces the characteristics of energy storage technologies, including flywheel energy storage technology, superconducting energy storage technology, battery energy storage technology and supercapacitor energy storage technology, discusses the application of hydrogen fuel energy storage technology, hybrid energy storage technology and carbon nanotube supercapacitor technology in wind power system; and discusses the application prospect of energy storage technology in wind power system. It is expected that this paper can bring some reference effect to the relevant workers.

关键词: 储能技术; 风力发电系统; 应用

Key words: energy storage technology; wind power generation system; application

引言:

随着全球范围内,清洁能源需求不断增加,风力发电作为一种环保且可再生的能源形式,受到了广泛关注。然而,由于风力发电具有一定的不稳定性,对储能技术的应用变得尤为重要。实际应用中,储能技术可平衡供需之间的差异,使风力发电系统能够提供可靠的电力输出。因此,研究储能技术在风力发电系统中的应用,具有重要的意义。

一、常见储能技术类别及特征

(一) 飞轮储能技术

飞轮储能技术是一种将机械能转化为电能并存储在旋转的飞轮中的技术。它通过将飞轮加速到高速旋转状态来存储能量,并在需要时将其减速释放出来以产生电能。飞轮储能技术具有以下特点:

(1) 快速响应: 飞轮储能技术具有快速的充放电特性,可在短时间内实现高功率的输出,这使得它能够迅速响应风力发电系统输出功率的波动,提高系统的稳定性和可靠性^[1]; (2) 高能量密度: 由于飞轮的高速旋转状态能够存储大量的机械能,飞轮储能技术具有较高的能量密度,这使得它成为一种潜力巨大的储能技术,能够提供长时间的电力输出; (3) 长寿命: 飞轮储能技术中的旋转部件通常采用高强度的材料制成,能够承受长期的高速旋转运行而不容易磨损,这使得飞轮储能技术具有较长的寿命,减少了维护和更换成本。

整体看来,飞轮储能技术的成熟度、可操作性较为优良,可适应风力发电系统在当下的需求,在一些商业化风力发电项目中得到广泛应用。飞轮储能技术的应用方式主要是将飞轮与风力发电机组相结合,通过电动机实现机械能与电能的转换,并储存在飞轮中。近年来,对于此种技术的开发和应用一直在进行,有学者认为通过使用复合型材料,控制整体系统的重量和体积,可进一步发挥这种储能技术的价值,而采取积木式的系统组合方式,可优化飞轮储能技术的应用效率。另外,在大规模并网条件下,很多机构还在推进对并网式飞轮储能系统的研究,借助微损耗轴承进一步优化其性能水平。

(二) 超导储能技术

超导储能技术的应用方式是利用超导材料的特性,将电能存储在超导线圈中,通过将超导线圈与风力发电系统连接,借助超导材料在低温下具有的零电阻、零磁通的特性,实现高效的能量存储和释放。目前看来,此种技术在输配电系统中应用较多,能量转化效率显著,同时响应系统指令也十分迅速,在社会中有着极高的应用率。超导储能技术具有以下特点:

(1) 高能量密度: 超导储能技术利用超导线圈的高磁场强度和低

能量损耗的特点,实现了较高的能量密度。相比其他储能技术,它能够以相对较小的体积存储更多的能量; (2) 高效率: 超导材料的零电阻特性使得能量在超导线圈中的存储和释放过程几乎没有能量损耗,这使得超导储能技术具有较高的能量转换效率,提高了系统的整体效能^[2]; (3) 长周期存储: 超导储能技术可在超导线圈中长期存储电能,而不会有明显的能量损失,这使得它适用于存储长周期的电能,以应对风力发电系统的季节性或周期性的供需差异。

(三) 蓄电池储能技术

蓄电池储能技术是将电能存储在化学反应中,并在需要时将其转换为电能的方法,主要的应用方式是将蓄电池与风力发电系统连接,以平衡电力的供需差异,此种情况下,多余的电能可以被存储在蓄电池中,当风力不足时,蓄电池可以释放储存的电能以供系统使用。整体看来,蓄电池储能技术作为最早出现的储能技术手段,技术成熟度高,目前已逐渐成为风力发电系统中不可或缺的一部分。在风力发电系统中,常见的蓄电池技术包括铅酸蓄电池、镍氢电池和全钒液流电池等。蓄电池储能技术具有以下特点:

(1) 高效率: 蓄电池储能技术可实现较高的能量转换效率,它能够以较低的损耗存储和释放,并且可以多次循环使用,提高系统的整体效能; (2) 较长寿命: 蓄电池储能技术中的电化学反应相对稳定,具有较长的寿命,尤其是一些先进的蓄电池技术,如镍氢电池和全钒液流电池,其循环寿命较长,适合在长期运行的风力发电系统中使用; (3) 较大容量: 蓄电池储能技术可根据需求进行容量的调整,以适应不同规模的风力发电系统,通过组合多个蓄电池单元,可实现较大容量的能量存储,满足系统的需求。

二、储能技术在风力发电系统中的应用

(一) 氢燃料储能技术在风力发电系统中的应用

在“双碳”发展战略的影响下,氢燃料储能技术有着极为广阔的推广空间,其技术核心是利用电解水过程,将电能转化为氢气和氧气,原理如下: 电解水是一种将水分解为氢气和氧气的化学反应,在电解水过程中,需要通过外加电流将水分子分解为氢离子(H^+)和氧离子(OH^-),氢离子在阳极处,会接收电子并生成氢气(H_2),而氧离子在阴极处,会失去电子并生成氧气(O_2),这样就实现了电能向氢气和氧气的转化。在风力发电系统中,当风力机组产生多余的电能时,这些电能可通过电解水的方式,将水分解为氢气和氧气。氢气可被收集和储存,以便在风力不足时进行利用。当风力发电系统输出不足时,储存的氢气可通过燃料电池与氧气反应,产生电能以供系统使用。

目前看来,氢燃料储能技术已在一些大型的风力发电项目中得到应用。例如,丹麦的风能巨人 Vestas 与德国能源公司 EDF EN 就联合开展了一个名为 Power to Gas 的项目,该项目利用多余的风能通过电解水将水分解为氢气和氧气,并将氢气储存起来,当风力不足时,储存的氢气通过燃料电池产生电能,这可以弥补电力缺口,实现风力发电的灵活调度,提高系统的可靠性和稳定性^[9]。

在我国范围内,随着技术难题被一一突破,氢燃料储能技术在风力发电系统中的应用前景必将变得更加广阔:首先,氢气作为清洁能源之一,与风力发电系统的可再生特性相互补充,有助于提升能源的可持续性。氢气在储存和转化过程中,可实现零排放、无污染,对环境友好;其次,氢燃料储能技术可提供长时间的能量存储,缓解风力发电系统的波动性,进一步提高其可靠性和稳定性。在风力不足或风力过剩时,储存的氢气可通过燃料电池产生电能或再进行水电解,以实现能源的平衡;最后,氢气的储存和运输技术也在不断改进,使得对氢燃料储能技术的实施变得更加可行。

然而,对氢燃料储能技术的应用,也会面临一系列的挑战:首先,氢气的储存和运输需要相对复杂和昂贵的设施和设备,这是因为氢气具有低密度和高压力的特点,对其进行应用,需要企业具备特殊的储存和输送系统;其次,燃料电池的成本和效率仍需要进一步改进。虽然燃料电池具有高效转化能源的潜力,但目前的成本还相对较高。随着技术进步和规模效应的实现,燃料电池的成本有望下降;最后,建设氢燃料储能系统也需要一定的投资和支持政策,以推动其在能源领域的广泛应用。

(二) 混合储能技术在风力发电系统中的应用

混合储能技术在风力发电系统中的应用,主要指的是将不同储能技术集成在一起,构建储能系统,以实现优势互补。以我国目前的实践案例来看,绝大部分风力发电系统都采用蓄电池作为储能装置,这种储能技术的维护工作量较大,寿命与功率密度仍有一定改进空间,尤其是对其的回收利用相对复杂。基于此,相关工作者可将蓄电池技术与超级电容器储能技术集成在一起,借助后者无需维护的特性,改良对蓄电池储能技术的应用,平衡二者的不足^[10]。如,可采用有源式结构与无源式结构两种方式并联蓄电池装置与超级电容装置,形成混合式储能系统,提升整个储能系统的经济性,延长其寿命,优化能量转换效率。

在国外,混合储能技术也有一些成功的应用案例。例如,德国的 EWEA (Energy Watch Group) 项目是一个将飞轮储能技术、蓄电池储能技术和超级电容器储能技术相结合的示范项目。该项目利用飞轮储能技术来平衡风力发电系统的功率波动,其中,蓄电池储能技术可用于进行长时间的能量存储,而超级电容器储能技术则可用于快速响应,提供短时间的功率支持。这种混合储能系统可提供稳定的电力输出,并有效地解决风力发电系统的波动性、不稳定性问题。

整体看来,混合储能技术在风力发电系统中的应用前景广阔。通过结合不同储能技术的优势,混合储能系统可实现更高效、更稳定的能量存储和转换,这能够有效平衡风力发电系统的功率波动,提高系统的可靠性和稳定性。随着技术的不断发展和创新,混合储能技术有望进一步完善和推广。例如,随着飞轮储能技术的改进和成本的降低,它将变得更加普及,被广泛应用于风力发电系统中;另外,蓄电池技术和超级电容器技术也在不断地提高能量密度、降低成本,使得混合储能系统更具竞争力;最后,混合储能技术的发展也受益于智能控制和管理系统的进步,通过精确的数据分析和优化算法,可实现对混合储能系统的有效调度和运行管理,进一步提高系统的性能和经济效益。

(三) 碳纳米管超级电容器在风力发电系统中的应用

碳纳米管超级电容器是一种基于纳米材料的储能装置,其工作原理基于电荷的吸附和解吸过程。具体而言,碳纳米管是由碳原子形成的管状结构,具有高比表面积和优异的电导率,这种结构使得碳纳米管具有

出色的储能性能。当电容器充电时,电荷会吸附在碳纳米管表面形成双电层,双电层由正负电荷分布形成,使得碳纳米管的表面具有一定的电势差,这种电势差会导致电子在碳纳米管中移动,实现电荷的存储,当电容器放电时,存储的电荷会被释放,电子重新回到电容器的双电层^[11]。与传统电化学电容器相比,碳纳米管超级电容器具有更高的能量密度和功率密度。这是由于碳纳米管具有高比表面积和快速电荷传递的特性。碳纳米管超级电容器的高能量密度,使其能够储存更多的电能,而高功率密度使其能够快速充放电,满足风力发电系统对短时间内高功率输出的需求。

目前,碳纳米管超级电容器在风力发电系统中的应用已有着一些实践案例。例如,风力发电系统通常面临着风速的突然变化和波动,这会导致电力输出的不稳定性。为了平衡风力发电系统的功率波动,可使用碳纳米管超级电容器作为辅助储能装置;此外,也可将碳纳米管超级电容器与风力发电机组相结合,形成混合储能系统。当风力发电机组输出功率超过电网需求时,多余的电能可被存储到碳纳米管超级电容器中,当风力不足时,储存的电能可快速地释放出来,以弥补电力缺口。这种系统可提供短时间内的输出功率,平衡风力发电系统的功率波动,提高系统的可靠性和稳定性;最后,碳纳米管超级电容器还可用于风力发电系统的启动和停机过程。在风力机组启动阶段,碳纳米管超级电容器可提供快速启动所需的高功率输出,加速风力机组的启动。而在停机过程中,碳纳米管超级电容器可吸收并存储风力机组产生的余电,避免能量浪费。

碳纳米管超级电容器作为一种新型的储能设备,具有巨大的发展潜力。随着碳纳米管合成和制备技术的不断改进,以及材料性能的提升,碳纳米管超级电容器的能量密度和功率密度将进一步提高。此外,研究人员还在积极探索新型的碳纳米管结构和复合材料,以进一步增强其储能性能。整体看来,在风力发电系统领域,碳纳米管超级电容器的应用前景非常广阔。随着风力发电的快速发展,系统对能量储存和输出的需求越来越高。碳纳米管超级电容器具有快速充放电、高能量密度和高功率密度的特点,能够满足风力发电系统对储能装置的高要求。此外,碳纳米管超级电容器具有较长的循环寿命和较高的安全性,可适应恶劣的工作环境和长期使用的需求。

随着碳纳米管超级电容器技术的不断进步和成本的降低,预计其在风力发电系统中的应用将得到进一步的扩大,有望成为未来风力发电系统中的重要组成部分,提供可靠的能量储存和平衡机制。

结语

本文探讨了储能技术在风力发电系统中的应用。通过引入飞轮储能技术、超导储能技术、蓄电池储能技术和超级电容器储能技术等不同类型的储能技术,可显著提升风力发电系统的稳定性与可靠性。随着科学的发展,储能技术在风力发电系统中的应用前景将变得越发广阔,在推广清洁能源、实现能源可持续发展方面发挥重要作用。

参考文献:

- [1]张秀清. 储能技术在风力发电系统中的应用[C]//北京恒盛博雅国际文化交流中心.2021年10月建筑科技与管理学术交流会论文集.[出版者不详],2021:56-57.
- [2]牛婧. 储能技术在风力发电行业中的系统调峰作用[J]. 煤炭加工与综合利用,2020(04):80-82.
- [3]殷学雷. 储能技术在风电并网中的应用分析[J]. 光源与照明,2022(08):168-170.
- [4]高福伟. 储能技术在风力发电系统中的应用研究[J]. 电子制作,2022,30(04):95-97.
- [5]张雷,闫艳. 储能技术在风力发电系统中的运用[J]. 中国高新科技,2022(03):59-60.