

DOI: 10.13622/j.cnki.cn42-1800/tv.1671-3354.2023.07.011

浅谈相变储能技术及其在风力发电系统中的应用

黄 港¹,杨春啟¹,胡 芳¹,张程鈔¹,陈 笑²

(1. 哈电风能有限公司,湖南 湘潭 411101; 2. 湘潭市质量技术监督标准和信息化管理所,湖南 湘潭 411101)

摘要:相变储能技术是近年来风电领域的新兴研究热点,与其他储能技术相比,在具体应用中能够更好地利用波动的风能,具有成本低、运营效率高、灵活性强且规模大等优势,有能力平衡能源供需之间的不匹配,同时提高能源系统的效率和可靠性。简要概述了相变储能技术,介绍了国内外关于该技术应用于风电系统的研究与实践,指出了当前的不足,需要进行更深的研究与亟待解决的问题,并展望了发展前景。

关键词:相变储能;风电;应用;节能

中图分类号:TK82 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-3354(2023)07-0044-03

Phase Change Energy Storage Technology and Its Application in Wind Power Generation System

HUANG Gang¹, YANG Chunqi¹, HU Fang¹, ZHANG Chengchao¹, CHEN Xiao²

(1. Harbin Electric Wind Power Co., Ltd., Xiangtan 411101, China;

2. Quality and Technology Supervision Standard and Information Management Office of Xiangtan City, Xiangtan 411101, China)

Abstract: The phase change energy storage technology is a new research hotspot in wind power field in recent years. Compared with other energy storage technologies, it can better utilize the fluctuated wind power, and has the advantages of low cost, high operation efficiency, high flexibility and large scale. It can balance the mismatch between energy supply and demand, while improving the efficiency and reliability of the energy system. The phase change energy storage technology is introduced briefly. Then, the research and practice of this technology applied in wind power systems are summarized. The existing shortcomings and issues that need further research and urgent solutions are pointed out. Also, the development prospects of this technology is presented.

Key words: phase change energy storage; wind power; application; energy conservation

环境污染、气候变暖和能源浪费是当下时代最大的问题,同时为实现我国“碳达峰”和“碳中和”的目标,可再生能源和高效能源设备被提出作为这些问题的最终解决方案^[1-3]。目前,在风能、水能、太阳能、地热能、生物质能和潮汐能等可再生能源中,风能利用是一种极具前途的发电技术。风能作为可靠和更清洁的能源之一,具有技术成熟、应用广泛、可扩展性良好和成本相对较低等优点^[4]。随着技术的进步,风能已经实现了快速发展,并且风力发电装置在全球范围内急剧增加。根据全球风能理事会(GWEC)发布的2022年版《全球风电报告》,2021年全球新增风电装机达到93.6 GW,预计2022~2026年全球风电将新增装机557 GW^[5],但由于风电的间歇性和波动性,在并入电

力系统时必然存在固有的可变性和不确定性^[6-7]。

近年来,研究人员和电力系统运营商不断在寻求新兴技术以良好结合风电系统,而在众多促进风能利用技术中,储能技术是具有高效率且有前途的方法之一。风电系统下常见的储能技术有电磁储能、电池储能、超级电容器储能、相变储能等^[8],其中相变储能技术与其他储能技术相比,在具体应用中能够更好地利用波动的风能,具有成本低、运营效率高、灵活性强且规模大等优势^[9],有能力平衡能源供需之间的不匹配,同时提高能源系统的效率和可靠性。

1 相变储能技术概述

相变储能技术已成为储能系统中的一项主要技

收稿日期:2022-11-01
作者简介:黄 港,男,工程师,主要从事风电产品开发与设计工作。

术,是调节能源供需的有效途径,其本质是一项通过材料在相变过程中吸/放能量而实现对其储存和释放的技术^[10],因其具有储能密度高、储能量大及温度波动小等优点^[11],被广泛应用于各领域,例如工业废热回收、太阳能热利用及风力发电系统等^[12-14]。

相变储能材料(PCM)是相变储能系统的关键载体。目前使用的相变储能材料较多,有着多种不同的分类标准,其可分为材料性能、相变形式和相变温度3种:从材料性能上划分,可分为无机类、有机类、金属基和复合类相变储能材料;从相变形式上划分,可分为固-固、固-液、固-气和液-气相变储能材料,其中使用广泛的多为固-液及固-固相变储能材料;从相变温度上划分,可分为低温、中温和高温相变储能材料^[15]。根据风力发电系统储能材料的工作要求,常用的PCM有熔盐、水及有机类材料。

2 研究与应用

当前,相变储能已被证明是一种实用的能量调度器,但当其应用于风力发电系统时仍具有巨大的开发与研究的潜力,每个技术研究涉及到了风力发电设备及其整合到电网中的不同方面。现阶段的研究与应用主要分为以下两个方面:

2.1 相变储能用于设备散热

由于风力发电系统的特殊性和承受载荷的复杂性,系统运行时齿轮箱、发电机、变频器等部件会产生大量热量,容易出现过温故障。作为新型的加强散热方法,相变储能技术在现有风电系统中得到了进一步发展。张程宾^[16]阐述了目前风电机组冷却技术的研究,其中相变液冷技术大大提高了风电机组的散热效能。Gao等^[17]在研究中提到将PCM放置于风力发电机舱的外壳外,通过其能量的储放可实现机舱快速冷却以及减缓结冰的目的,但目前该类技术尚不成熟。Diyoke等^[18]将多余风电进行压缩空气储能,且结合相变储能技术将压缩散热回收并存储,分析发现该系统能较好满足地区能源需求。Ghorbani等^[19]提出了一种将风电场产生的间歇性风电压缩,并将压缩过程中散发的热量输送到多级相变材料进行储存的新型方法。

随着风力发电的规模化、系统化、智能化及多样化,系统中的散热量不断增加,传统的散热方式已达到技术瓶颈,制约了其进一步发展。相变储能技术不仅可以控制系统内部温度,延长设备使用寿命,降低运行维护成本,提高风电机组的可用性,而且可以充分利用系统内部能量,提高发电和风电场的效率,具有较高的

研发与应用价值^[16],但目前还处于研发初始阶段,其工作效率、实用性、经济性等仍然是未来的主要挑战。

2.2 相变储能用于风电并网

实现大规模风电并网一直是风电发展的主要困难点,近年来,对于相变储能技术提高电网稳定性及能源利用效率的研究不断增多。研究者们发现利用相变储能技术管理风力发电是一个很好的概念,但目前大容量相变储能技术的应用成本过高,仍需加快技术调整,降低设备初期投资费用。Loisel^[20]和Okazaki^[21]等致力于证明热和冷存储是避免电网拥堵和弃风的非常可行的方案。郑尔历等^[22]发明了一种大型风力发电机储热储能方法及专用设备,利用不稳定的风电对共晶盐等储热材料进行加热储存。Nitto^[23]提出先将风力发电转化为热能,再通过热机按需发电,发现相变储能系统是一种储热密度大、放电温度恒定且经济有效的解决方案。Xydis^[24]提出将盈余的并网风电用于空间制冷,发现峰值期风电不再被浪费,系统的负荷平衡性和能量整合性得到优化。

由于风电的固有问题与特性,相变储能技术的发展在解决大规模风电并网问题中具有巨大发展前景,其通过储存多余的能量并用于高峰时间或根据需求进行调控,这使得该技术比建造新风机、新电厂更有价值。相变储能技术不仅能有效调控风电,提高机组利用效率和电力稳定性;而且能极大改善电能质量,解决电网扰动,确保系统高效性^[25-26]。双碳目标的确立让新能源和储能技术受到高度重视,相变储能技术的发展脚步也必须抢抓机遇,加强灵活性、降低成本以及扩大市场等。

3 展 望

风力发电是可再生能源之一,在满足当前及未来的能源需求方面不断变得具有吸引力,同时相变储能技术是近年来能源科学和材料科学领域中一个前沿研究热点,是开发风能、提高能源利用效率的一种重要手段。在未来,通过广大科研人员的进一步探索与研究,相变储能技术降低碳排放及整合风电的潜力也将不断提高。由此,未来对于相变储能技术与风电系统的研究主要在以下几个方向。

1)研发新的储能装置和储能材料。性能良好的储能装置与材料是其在风电中应用的主要挑战,未来还需不断改进、提高性能效率以及降低成本。

2)探究相变储能技术与风电系统运行和控制的研究。更科学、更合理、更高效的运行与调度能够减轻风电波动且极大提高储能潜力。因此确定单个或多个

系统的最优运行策略仍是未来的研究方向。

3)开发应用性强的基于相变储能的集成储能系统。当前相关研究仍处于初步应用或技术开发中,未广泛使用。因此可通过相变储能技术与多种不同的储能系统组合,以满足各类生产生活需求,扩大其应用范围。

4)降低系统总成本、提高效率、延长使用寿命,从而实现风电大规模化。

相变储能技术是一种节能环保的绿色方式,在能源问题日趋严重的当今,有着广阔的应用前景及巨大的经济效益。目前,相关的研究还有许多亟待解决的问题,需要进行更深的研究,相信通过研究人员的不懈努力,将风能大规模应用到实际生产生活中,为人类发展资源节约及环境友好社会作出巨大的贡献。

参考文献:

[1]Wang F, Zhu C, Zhao S. Good energy storage properties of Na_{0.5}Bi_{0.5}TiO₃ thin films[J]. Journal of Alloys and Compounds, 2021, 869: 59 366

[2]Li Q, Ma X, Zhang X, et al. Preparation of a new capsule phase change material for high temperature thermal energy storage[J]. Journal of Alloys and Compounds, 2021, 868: 159 179

[3]Jiang W, Chen Y, Hu M, et al. Rare earth - Mg - Ni - based alloys with superlattice structure for electrochemical hydrogen storage[J]. Journal of Alloys and Compounds, 2021, 887: 161 381

[4]Kumar Y, Ringenberg J, Depuru S S, et al. Wind energy: Trends and enabling technologies[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2016, 53: 209 - 224

[5]夏云峰. 2021 年全球新增风电装机 93.6GW[J]. 风能, 2022(6): 38 - 43

[6]Liu C, Cheng M, Zhao B, et al. A Wind power plant with thermal energy storage for improving the utilization of wind energy[J]. Energies, 2017, 10(12): 2 126

[7]Zhao P, Wang J, Dai Y, et al. Capacity allocation of a hybrid energy storage system for power system peak shaving at high wind power penetration level[J]. Renewable Energy, 2015, 75: 541 - 549

[8]Zhao H, Wu Q, Hu S, et al. Review of energy storage system for wind power integration support[J]. Applied Energy, 2015, 137: 545 - 553

[9]姜飞. 储能技术在解决大规模风电并网问题中的应用前景[J]. 电力系统装备, 2021(16): 22 - 23

[10]张向倩. 相变储能材料的研究进展与应用[J]. 现代化工, 2019, 39(4): 67 - 70

[11]Sharma S D, Sagara K. Latent heat storage materials and systems: A review[J]. International Journal of Green Energy,

2005, 2(1): 1 - 56

[12]Dai Y, Chen L, Min Y, et al. Active and passive thermal energy storage in combined heat and power plants to promote wind power accommodation[J]. Journal of Energy Engineering, 2017, 143(5): 4 017 037

[13]Maleki B, Khadang A, Maddah H, et al. Development and thermal performance of nanoencapsulated PCM/plaster wall-board for thermal energy storage in buildings[J]. Journal of Building Engineering, 2020, 32: 101 727

[14]Royo P, Acevedo L, Ferreira V J, et al. High - temperature PCM - based thermal energy storage for industrial furnaces installed in energy - intensive industries[J]. Energy, 2019, 15: 1 030 - 1 040

[15]黄港, 邱玮, 黄伟颖, 等. 相变储能材料的研究与发展[J]. 材料科学与工艺, 2022, 30(3): 80 - 96

[16]张程宾. 风电机组冷却技术研究综述[J]. 华东交通大学学报, 2021, 38(5): 1 - 7

[17]Gao Y, Zhang X, Xu X, et al. Application and research progress of phase change energy storage in new energy utilization[J]. Journal of Molecular Liquids, 2021, 343: 117 554

[18]Diyoke C, Aneke M, Wang M, et al. Techno - economic analysis of wind power integrated with both compressed air energy storage (CAES) and biomass gasification energy storage (BGES) for power generation[J]. RSC Advances, 2018 (39): 22 004 - 22 022

[19]Ghorbani B, Mehrpooya M, Ardehali A. Energy and exergy analysis of wind farm integrated with compressed air energy storage using multi - stage phase change material[J]. Journal of Cleaner Production, 2020, 20: 120 906

[20]Loisel R, Mercier A, Gatzert C, et al. Valuation framework for large scale electricity storage in a case with wind curtailment[J]. Energy Policy, 2010, 38(11): 7 323 - 7 337

[21]Okazaki T, Shirai Y, Nakamura T. Concept study of wind power utilizing direct thermal energy conversion and thermal energy storage[J]. Renewable Energy, 2015, 83: 332 - 338

[22]郑尔历, 俞海键. 大型风力发电机储热储能方法及专用设备: 201110114095.6[P]. 2014 - 08 - 13

[23] Nitto A N. Wind powered thermal energy systems (WTES)——A techno - economic assessment of different configurations[D]. Oldenburg: University of Oldenburg, 2016

[24]Xydis G. Wind energy to thermal and cold storage - A systems approach[J]. Energy & Buildings, 2013, 56: 41 - 47

[25]李立成, 叶林. 储能技术在大型风电并网系统应用研究综述[J]. 电工电能新技术, 2012, 31(z1): 100 - 105

[26]林书文, 于炳成. 储能技术在解决大规模风电并网问题中的应用前景探讨[J]. 价值工程, 2020, 39(25): 220 - 221