

锂离子电池储能技术在电力能源中的应用模式与发展趋势

赖春艳, 陈宏, 倪嘉茜, 许康, 胥超, 姜宇杰

引用本文:

赖春艳, 陈宏, 倪嘉茜, 等. 锂离子电池储能技术在电力能源中的应用模式与发展趋势[J]. 上海电力大学学报, 2021, 37(4): 380-384.

LAI Chunyan, CHEN Hong, NI Jiaxi, et al. The Application of Lithium Ion Battery Energy Storage Technology in Electric Power Energy and Its Development Trend[J]. *Journal of Shanghai University of Electric Power*, 2021, 37(4): 380-384.

相似文章推荐 (请使用火狐或IE浏览器查看文章)

Similar articles recommended (Please use Firefox or IE to view the article)

锂离子电池硅电极新型粘合剂的研究进展

Advances of New Binders for Silicon Anode in Lithium-ion Batteries

上海电力大学学报. 2020, 36(1): 17-25 <https://doi.org/10.3969/j.issn.1006-4729.2020.01.004>

锂离子电池NCM三元正极材料的研究进展

Research Progress of Transition Metal Layered Oxide Cathode for Lithium-ion Batteries

上海电力大学学报. 2020, 36(1): 11-16 <https://doi.org/10.3969/j.issn.1006-4729.2020.01.003>

储能技术的现状、趋势及对上海储能发展的建议

Current Situation and Trend of Energy Storage Technology and Suggestions for the Development of Energy Storage in Shanghai

上海电力大学学报. 2020, 36(1): 93-98 <https://doi.org/10.3969/j.issn.1006-4729.2020.01.018>

基于多用户共享的家庭能源管理系统

Multiuser Based on Share Cost-effective and Comfort-aware Electricity Scheduling for Household Energy Management System

上海电力大学学报. 2019, 35(2): 115-120 <https://doi.org/10.3969/j.issn.1006-4729.2019.02.004>

储能系统在配电网中的优化配置研究

Optimal Allocation of Energy Storage System in Power Distribution Network

上海电力大学学报. 2015, 31(3): 223-226 <https://doi.org/10.3969/j.issn.1006-4729.2015.03.006>

DOI: 10.3969/j.issn.2096-8299.2021.04.012

锂离子电池储能技术在电力能源中的应用模式与发展趋势

赖春艳¹, 陈宏², 倪嘉茜¹, 许康¹, 胥超¹, 姜宇杰¹

(1. 上海电力大学, 上海 200090; 2. 上海市节能工程技术协会, 上海 200083)

摘要:梳理了近年来政府部门和电力能源行业针对储能技术推出的主要政策和激励措施。介绍和分析了锂离子电池储能技术在电力能源中的重要作用和应用模式。最后展望了锂离子电池储能技术的发展趋势。

关键词:储能技术; 锂离子电池; 电力能源

中图分类号: TM912

文献标志码: A

文章编号: 2096-8299(2021)04-0380-05

The Application of Lithium Ion Battery Energy Storage Technology in Electric Power Energy and Its Development Trend

LAI Chunyan¹, CHEN Hong², NI Jiashan¹, XU Kang¹, XU Chao¹, JIANG Yujie¹

(1. Shanghai University of Electric Power, Shanghai 200090, China;

2. Shanghai Energy Saving Engineering and Technology Association, Shanghai 200083, China)

Abstract: The main supporting policies and incentive measures for energy storage technology launched by national government departments and power energy industry in recent years are reviewed. The main functions and application scenarios/modes of lithium-ion battery energy storage in power energy are described and the development direction and trend are prospected.

Key words: energy storage technology; lithium ion battery; power energy

储能技术是智能电网中不可或缺的重要环节,是新能源发电消纳的关键技术^[1]。近年来,随着新能源发电比例的不提高,新能源汽车数量激增,储能技术遇到了新的发展机遇和挑战。

2017年,国家发展和改革委员会(以下简称“发改委”)、能源局等部门联合发布《关于促进我国储能技术与产业发展的指导意见》(以下简称

“指导意见”),确定了储能技术在我国能源革命、现代能源体系建设中的战略地位,并提出了未来10年间我国储能产业发展的主要目标和任务。随后,各级政府部门、能源行业企业都相继对储能技术发展提出了更多的支持措施和办法。我国储能产业迎来了快速发展期,各项储能技术得到了飞速进步。

收稿日期: 2020-08-28

通信作者简介:赖春艳(1978—),女,博士,教授。主要研究方向为电力储能技术、高比能锂离子电池体系与材料、智慧能源等。E-mail: laichunyan@shiep.edu.cn。

基金项目:上海市科学技术委员会“科技创新行动计划”项目(18DZ1203400)。

1 储能技术相关重要政策梳理

自 2017 年的指导意见之后,各部委又相继发布了一系列支持储能技术发展的相关政策,国家

电网公司也陆续推出了支持储能技术发展的相关措施和办法。对近 4 年国家政府部门和电网公司推出的有关储能技术发展的重要政策和措施进行了梳理和汇总,结果如表 1 所示。

表 1 近 4 年国家针对储能技术发展的政策措施

年份	相关内容	政策来源
2017	明确储能产业发展总体要求、重点任务和保障措施;提出加强储能技术标准修订和储能标准国际化	国家发改委、财政部、科技部、工信部、能源局:《关于促进我国储能技术与产业发展的指导意见》,发改能源[2017]1701 号
2018	积极推进“互联网+”智慧能源、新能源/微电网及储能项目建设	国家能源局:《2018 年能源工作指导意见》,国能发规划[2018]22 号
2019	明确国家电网公司支持储能技术发展;引导储能产业发展	国家电网:《关于促进电化学储能健康有序发展的指导意见》,国家电网办[2019]176 号
2019	加强先进储能技术研发和升级;完善储能相关基础设施	国家能源局、发改委、科技部、工信部:关于印发《贯彻落实〈关于促进储能技术与产业发展的指导意见〉2019—2020 年行动计划》的通知,发改办能源[2019]725 号
2019	对全钒液流电池储能系统等储能装备主要技术指标进行详细规范	国家工信部:《首台(套)重大技术装备推广应用指导目录(2019 年版)》,工信部装函[2019]428 号
2020	加快储能学科专业建设,完善储能技术学科专业宏观布局;加强储能技术专业条件建设	国家教育部、发改委、能源局:《储能技术专业学科发展行动计划(2020—2024 年)》,教高函[2020]1 号
2020	加强有关新能源发电并网、电力储能、电力需求侧管理等重要标准研制	国家标准化管理委员会:《2020 年全国标准化工作要点》,国标委发[2020]8 号
2020	加强电网建设,扩大可再生能源配置范围;发展智能电网和储能技术	国家能源局:《中华人民共和国能源法(征求意见稿)》
2020	提升能源电力发展质量和效率,增加一定比例储能、优化配套储能规模,充分发挥配套储能设施的调峰、调频作用,最小化风光储综合发电成本	国家发改委、能源局:关于公开征求对《国家发展改革委、国家能源局关于开展“风光水火储一体化”“源网荷储一体化”的指导(征求意见稿)》意见的公告

从表 1 可以看出,近年来政府部门和国家电网公司推出的政策措施涉及储能技术的发展方向、发展模式、保障措施、相关标准体系建立和重要示范项目。同时,还对储能技术领域的人才培养、学科建设等方面进行了规划,为储能技术的长期稳定发展奠定了基础。

2 储能技术在电力能源中的作用及分类

2.1 储能技术在电力能源中作用

储能技术已被视为电网运行中的重要组成部分,贯穿于电力能源的发电端、电网端和用户端^[2]。在电力系统中引入储能技术,可提高现有发电装机容量的利用率和电网运行效率,有效应对电网故障,提升用电可靠性以及解决新能源风电、光伏间歇波动性等问题^[3]。

储能技术在电力能源系统中的功能可概括为

5 个方面:一是提高电网运行安全性和可靠性;二是实现区域电网削峰填谷作用;三是缓解电力跨区供需矛盾;四是提高供电可靠性;五是满足风、光等可再生能源利用需求。

2.2 电力储能技术分类

常用电力储能技术主要有抽水蓄能、飞轮储能、压缩空气储能、超导储能和电化学储能^[4]。

抽水蓄能通过用电低谷和高峰时电能和水的势能的相互转换实现电力调节,是一种安全、节能、高效的储能技术^[5],也是目前我国装机规模最大的一类储能技术。相较于其他国家,我国抽水蓄能建设起步较晚,但发展迅速,目前无论是规模还是技术均已达到世界先进水平。该技术的缺点是受地势环境和水文资源限制,无法灵活使用。

飞轮储能是利用飞轮装置将电能储存为机械能,当需要用电时飞轮驱动电机发电的技术^[6],目前主要应用于航天、交通、军事等领域,以及作为

不间断电源等。辽宁、北京等地已有飞轮储能技术用于电力并网的示范项目。飞轮储能技术转换效率高、稳定性好、无污染,但存在相对能量密度低、自放电率高等缺点。

压缩空气储能是利用用电低谷时的电能将空气储藏在高压密封空间内,在用电高峰时释放出来推动汽轮机发电的技术^[7]。目前,我国唯一的国家级压缩空气储能示范项目是2020年开建的位于江苏常州金坛区直溪镇的“金坛盐穴压缩空气储能国家试验示范项目”。压缩空气储能技术的单机规模可达100 MW,仅次于抽水储能。在不具备建设抽水储能电站地理条件的地区,该技术是大型储能技术的首选。压缩空气储能技术具有运行维护方便、响应快、环境友好、安全系数高、存储寿命长等优点,但也存在储能效率较低的缺点。

超导储能是一种利用环形超导磁体实现电能存储和转换的技术^[8]。该技术具有功率密度高、转换效率高、响应速度快、循环次数无限制等优势。但受制于大容量高温超导磁体材料发展等因素,目前超导储能项目在电力能源中的应用和研究以仿真研究为主,实际并网项目不多。

与上述各种储能技术相比,电化学储能技术具有设备机动性好、响应速度快、能量密度高和转换效率高等优点^[9],是目前各国储能产业研究开发的重要方向。电化学储能装置主要包括铅酸电池、钠硫电池和钒液流电池、锂离子电池等^[10]。这些电化学储能电池各有优缺点,如铅酸电池性能可靠、价格低,但能量密度和功率密度均较低;钠硫电池具有原料成本低、充放电效率高、存储寿命长等优势,但需要附加供热和保温装置;钒液流电池寿命长、可深度放电、电解质溶液可反复再生,却也存在体积大、比能量低、密封性不好等问题。从综合性能来说,目前锂离子电池以其能量密度高、环境友好等优势在电力系统储能方面有较强的竞争力^[11]。相关统计数据表明,近年来国内已运行的电化学储能装置中,锂离子电池占比达到80%以上,且该数据呈逐年增长的趋势。

3 锂离子电池储能技术在电力能源中的应用场景和模式

目前,锂离子电池储能技术已广泛应用于电力系统。应用场景包括发电侧、用户侧和电网侧;

应用模式主要有各种类型的储能电站、备用/应急电源车及多种储能装置。在发电侧,锂离子电池储能技术的应用主要有风/光储能电站、AGC调频电站等;在用户侧,主要有光储充一体化电站、应急电源等;在电网侧,主要有变电站、调峰/调频电站等。不同的应用模式对锂离子电池性能的要求不同,中国科学院电工研究所陈永翀^[12]指出:锂离子电池储能应用于调峰、光伏储能时,一般采用能够较长时间充放电的容量型电池;用于调频或平滑新能源波动时,一般采用能够快速充放电的功率型电池;在既需要调频又需要调峰时,则采用能量型电池。

3.1 在发电侧的应用

锂离子电池储能技术在发电侧的应用包括大规模新能源并网、电力辅助服务^[13],主要功能是促进新能源的消纳、增强电力系统的调峰能力。目前,电化学储能技术已在风、光伏发电系统中大量应用,规模化的锂离子电池储能技术与风光发电结合可以较好地解决新能源并网问题,解决弃光难题。例如,位于青海省的“青海格尔木直流侧光伏电站储能项目”^[14]就是锂离子电池储能技术应用于光伏电站的案例。该光伏电站规模为180 MW,储能系统规模为1.5 MW/3.5 MWh,项目采用了分布式直流侧光伏储能技术,有效解决了储能系统与光伏电站间的接入匹配问题。

3.2 在用户侧的应用

锂离子电池储能技术在用户侧的应用场景非常广泛,包括光、储、充一体化的充电站、工业园区、数据中心、通信基站、地铁和有轨电车、港口岸、岛屿、医院、商场、政府楼宇、银行、酒店以及大型临时活动场所的用电保障和应急供电等^[15]。另外,也包括一些商业储能项目,如电解、电镀公司和冶炼厂等用电大户利用储能电站在低谷期充电、在用电高峰时放电,以降低企业用电成本。近年来,随着电力能源需求响应的发展和完善,用户侧电池储能项目快速增长;5G通信基站的逐渐普及,对锂离子电池储能技术的需求迅速增加;而各地政府对用户侧储能项目建设的支持也促进了其快速发展。

3.3 在电网侧的应用

锂离子电池储能技术在电网侧的主要应用包

括电网辅助服务、输配电基础设施服务、分布式及微电网。主要功能是保障电网安全和经济稳定,提供调频^[16]、调峰、备用、黑启动等服务,提高输配电设备利用率;减缓现有输配电网的升级改造,解决偏远地区供电问题等;提高供电可靠性和灵活性^[17]。随着锂离子电池集成度和电池热管理水平提高,大规模锂离子电池储能项目不断出

现。如,2020年1月,福建晋江电网储能项目(30 MW/108 MWh)启动并网,配套的大规模锂电池储能电站统一调度与控制系统可为附近3个220 kV重负荷的变电站提供调峰调频服务。

对近3年锂离子电池储能技术在电力能源的发电侧、用户侧和电网侧的一些典型应用案例进行汇总和分析,结果如表2所示。

表2 近3年锂离子电池储能技术在电力系统中的应用案例

年份	地点	规模	应用场景	储能技术的主要作用
2018	西藏乃东	20 MW/5 MWh	发电侧	光伏发电并网
2018	江苏苏州	2 MW/10 MWh	用户侧	缓解电网夏季用电高峰压力,参与电网需求响应,为协鑫光伏科技公司提供应急电源,提高供电可靠性
2018	广东深圳	5 MW/10 MWh	电网侧	缓解电网建设困难区域的供电受限,提高供电可靠性、安全性
2019	青海共和县、乌兰县	55 MW/110 MWh	发电侧	满足电站调频需求,进一步提升电网友好性,增加电站收入
2019	江苏江阴	17 MW/38.7 MWh	用户侧	进行容量费用管理,降低企业的最高用电功率;为企业稳定供电,降低用能成本
2019	湖南长沙榔梨	60 MW/120 MWh	电网侧	缓解长沙局部地区高峰期供电压力,提升新能源供电稳定性
2020	广东佛山	20 MW/10 MWh	发电侧	增强电网调度灵活性、支撑电网安全稳定运行
2020	广东广州	2 MW/4 MWh	用户侧	调峰,进一步提高电网运行灵活性,提升区域供电可靠性
2020	福建晋江	30 MW/108 MWh	电网侧	调峰/调频、提高变电站负载率,提升区域电网利用效率

从表2可以看出,目前锂离子电池储能技术在电力能源系统的发电侧、用户侧和电网侧均有应用,装机规模从几兆瓦到几百兆瓦。根据资料显示,2019年我国锂离子电池储能技术的总装机规模超过1 300 MW。

4 锂离子电池储能技术的发展趋势

锂离子电池储能技术的发展趋势主要有两个方面:一是进一步降低成本;二是提高可靠性。

储能技术的应用潜力在很大程度上决定于其成本。目前,锂离子电池的成本约为0.9元/Wh(储能系统成本为1.2元/Wh),在国内大部分峰谷电价差不到0.7元/kWh的地区,不具备明显的经济性。因此,进一步降低电池成本是锂离子电池储能技术的重要发展方向。广大的科研工作者正在开发价格更低、能量密度更高的锂离子电池材料体系,未来的锂离子电池可能会使用更高能量密度的正极材料取代目前常用的磷酸铁锂和三元正极材料^[18]。再结合规模化的生产技术,锂离子储能电池的单位成本有望进一步降低。

可靠性(尤其是安全性)是锂离子电池储能技术另一个受人关注的性能。近年来,电化学

储能电站安全事故频发,其中大部分是由锂离子电池的起火爆炸所导致。对于传统锂离子电池来说,电解质中易分解、燃烧的有机溶剂^[19]和聚合物隔膜材料是影响安全性的重要因素。目前对于锂离子电池安全性的解决方案主要有材料体系改性、电池组热管理和能量管理系统优化等。

用固态电解质取代锂离子电池体系中的电解液和隔膜以提高其安全性,被认为是从根本上消除锂离子电池安全隐患的重要方向。具有实用化前景的固态电解质材料主要包括聚氧化乙烯、聚甲基丙烯酸甲酯和锂镧锆氧等^[20]。

5 结 语

随着锂离子电池储能技术成本的进一步降低,性能不断完善,可靠性逐渐提高,其必将在电力能源行业中得到越来越广泛的应用,为电力能源安全和高效利用提供更好的保障。

参考文献:

- [1] 杨英勃. 储能技术在电力系统调频领域的应用[J]. 电子元件与信息技术, 2019, 3(11): 113-114.
- [2] 孟明, 薛宛辰. 综合能源系统环境下的储能技术应用现状研究[J]. 电力科学与工程, 2020, 36(6): 1-9.

- [3] 丁志康,王维俊,米红菊,等. 新能源发电系统中储能技术现状与分析[J]. 当代化工,2020,49(7):1519-1522.
- [4] 张明勋,丛鹏,刘光辉. 电池储能技术在电力系统的应用[J]. 通信电源技术,2020,37(11):121-123.
- [5] 林铭山. 抽水蓄能发展与技术应用综述[J]. 水电与抽水蓄能,2018,4(1):1-4.
- [6] 涂伟超,李文艳,张强,等. 飞轮储能在电力系统的工程应用[J]. 储能科学与技术,2020,9(3):869-877.
- [7] 纪律,陈海生,张新敬,等. 压缩空气储能技术研发现状及应用前景[J]. 高科技与产业化,2018(4):52-58.
- [8] 郭文勇,蔡富裕,赵闯,等. 超导储能技术在可再生能源中的应用与展望[J]. 电力系统自动化,2019,43(8):2-19.
- [9] 李辰. 电化学储能技术分析[J]. 电子元器件与信息技术,2019,24(6):74-78.
- [10] 胡琳琳,胡文平,时珉,等. 大规模储能技术在河北省南部电网应用的适用性研究[J]. 河北电力技术,2019,38(2):26-28.
- [11] 孟祥飞,庞秀岚,崇锋,等. 电化学储能在电网中的应用分析及展望[J]. 储能科学与技术,2019,8(增刊1):38-42.
- [12] 陈永翀. 储能电池技术发展方向探讨[J]. 新能源经贸观察,2018,62(7):95-96.
- [13] 张文建,崔青汝,李志强,等. 电化学储能在发电侧的应用[J]. 储能科学与技术,2020,9(1):287-295.
- [14] 俞振华,宁娜. 中国光储产业发展现状及趋势[J]. 中外能源,2020,25(4):89-92.
- [15] 徐海华,王旭东,朱星阳,等. 用户侧综合能源系统中能源储能优化配置模型研究[J]. 电力需求侧管理,2020,22(2):13-20.
- [16] 牟爱政,彭博伟,张连垚,等. 储能系统应用于火电厂调频经济性评价的研究[J]. 上海电力学院学报,2019,35(5):479-492.
- [17] 郑雪媛. 综合考虑规划和运行的电网侧储能优化配置研究[D]. 郑州:郑州大学,2019.
- [18] 赖春艳,雷轶轲,蒋宏雨,等. 锂离子电池 NCM 三元正极材料的研究进展[J]. 上海电力大学学报,2020,36(1):11-16.
- [19] 陈晓霞,刘凯,王保国. 高安全性锂电池电解液研究与应用[J]. 储能科学与技术,2020,9(2):583-592.
- [20] YANG S, LEI Y K, AI J J, et al. Preparation of high density garnet electrolytes by impregnation sintering for lithium-ion batteries[J]. Journal of Materials Science: Materials in Electronics, 2019, 30(8):8089-8096.

(责任编辑 白林雪)

(上接第 372 页)

- [3] 陈立伟,王铁深,黄璐. 基于 EMD 能量熵和相关向量机的燃机涡轮叶片故障诊断方法[J]. 应用科技,2016,43(1):67-71.
- [4] 刘义平. 航空燃气涡轮风扇发动机故障识别诊断方法研究[J]. 航空维修与工程,2020(3):65-68.
- [5] WANG Y, GUO Y K. Forecasting method of stock market volatility in time series data based on mixed model of ARIMA and XGBoost[J]. 中国通信,2020,17(3):205-221.
- [6] DONG W, HUANG Y M, LEHANE B, et al. XGBoost algorithm-based prediction of concrete electrical resistivity for structural health monitoring[J]. Automation in Construction, 2020(1):114-119.
- [7] 陈凯,南东亮,孙永辉,等. 基于 XGBoost 算法的电网二次设备缺陷分类研究[J]. 南京信息工程大学学报(自然科学版),2019,11(4):483-489.
- [8] 孙琛,田晓声. 基于 XGBOOST 算法的变压器故障诊断[J]. 佳木斯大学学报(自然科学版),2019,37(3):378-380.
- [9] 李劲彬,夏天,黄烁,等. 基于 XGBoost 的集成式隔离断路器状态评估[J]. 高电压技术,2020,46(5):1800-1806.
- [10] YANG X S. Firefly algorithms for multimodal optimization [C]//International Symposium on Stochastic Algorithms. Berlin, Germany: Springer, 2009:169-178.
- [11] 李鲁燕. 基于改进萤火虫算法的泰安电动汽车快速充电站选址定容[D]. 济南:山东大学,2020.
- [12] YANG X, HOSSEINI S, GANDOMI A. Firefly algorithm for solving non-convex economic dispatch problems with value loading effect[J]. Applied Soft Computing, 2012, 12(3):1180-1186.
- [13] 郑丽,罗泽明. 航空发动机涡轮叶片断裂原因分析[J]. 山东工业技术,2013(11):161-164.
- [14] 董妍. 某航空发动机涡轮叶片的振动特性试验及分析[D]. 大连:大连理工大学,2016.
- [15] 崔建国,刘瑶,于明月,等. 基于深度学习与信息融合的燃气轮机故障诊断[J]. 机械设计与制造,2019(12):28-31.
- [16] 张云,钱玉良,邱正,等. 采用 GWO 优化 SVM 的燃气轮机气路故障诊断[J]. 上海电力学院学报,2019,35(2):187-192.

(责任编辑 谢冉)