

大规模风力发电的电力系统储能优化配置

李真荣

国家电投集团广东电力有限公司 广东广州 510700

DOI: 10.12238/jpm.v5i6.6895

[摘要] 随着全球能源结构的转型和环保意识的提高,风力发电作为清洁、可再生的能源形式,正逐渐成为电力系统的重要组成部分。风力发电的间歇性和波动性给电力系统的稳定运行带来了巨大挑战。为了有效应对这一问题,电力系统储能优化配置显得尤为重要。储能技术能够平滑风力发电的波动,提高电力系统的供电可靠性,并有助于实现能源的灵活调度和高效利用。深入研究大规模风力发电的电力系统储能优化配置,不仅对于提升电力系统的稳定性和经济性具有重要意义,而且对于推动能源结构的绿色转型和可持续发展具有深远影响。

[关键词] 风力发电; 电力系统; 储能优化

Optimization configuration of energy storage in power systems for large-scale wind power generation

Li Zhenrong

State Power Investment Group Guangdong Electric Power Co., Ltd., Guangzhou 510700, Guangdong

[Abstract] With the transformation of the global energy structure and the improvement of environmental awareness, wind power generation, as a clean and renewable form of energy, is gradually becoming an important component of the power system. The intermittency and volatility of wind power generation pose significant challenges to the stable operation of the power system. In order to effectively address this issue, optimizing the configuration of energy storage in the power system is particularly important. Energy storage technology can smooth the fluctuations of wind power generation, improve the reliability of power supply in the power system, and help achieve flexible scheduling and efficient utilization of energy. In depth research on the optimization configuration of energy storage in large-scale wind power generation power systems is not only of great significance for improving the stability and economy of the power system, but also has a profound impact on promoting the green transformation and sustainable development of the energy structure.

[Key words] Wind power generation; Power system; Energy storage optimization

引言

在当今能源领域,风力发电以其环保、经济的优势,正日益受到全球的青睐。大规模风力发电的接入对电力系统的稳定运行提出了更高的要求。储能技术作为解决这一问题的关键手段,其优化配置对于提升电力系统的性能至关重要。储能系统可以有效平衡电力供需,减少风力发电的弃风现象,提高电力系统的经济性。储能技术还可以与风力发电协同工作,共同构建更加智能、高效的能源系统。探讨大规模风力发电的电力系统储能优化配置,不仅是电力系统领域的研究热点,也是实现能源可持续发展的重要途径。

1 风力发电技术优势

1.1 清洁环保

风力发电作为一种清洁的能源形式,具有显著的环保优势。与传统能源相比,风力发电不产生任何有害排放物,二氧化碳、硫化物或氮氧化物,有效减少了大气污染和温室效应。在当前全球气候变暖、环境恶化问题日益严重的背景下,风力发电以其零排放的特点,为保护环境、维护生态平衡作出了积极贡献。风力发电站的建设和运营过程中,也无需消耗化石燃料,从而避免了燃料开采、运输和使用过程中可能产生的环境破坏。

1.2 可再生

风力发电的可再生性是其另一大优势。风能作为一种自然能源,源源不断,永不枯竭。与化石燃料等有限资源相比,风能具有无限的潜力。随着技术的不断进步和成本的不断降低,风力发电的可再生性将得到更加充分地利用,为人类提供持续、稳定的能源供应。风力发电的可再生性也意味着它在能源安全方面具有重要价值,能够减少对外部能源供应的依赖,提高国家能源安全的保障能力。

1.3 低碳经济

风力发电的低碳经济特性,使其在能源转型和应对气候变化方面发挥着重要作用。风力发电的推广和应用,有助于降低碳排放强度,减少温室气体排放,推动经济向低碳化方向发展。风力发电产业的发展也带动了相关产业链的发展,为经济增长提供了新的动力。风力发电作为低碳能源,还有助于提升国家在国际能源市场的竞争力,推动全球能源结构的优化和升级。

1.4 资源丰富

风力资源在全球范围内分布广泛,拥有着巨大的储量。不论是沿海地区、高山峻岭还是平原地区,都蕴藏着丰富的风能资源可供开发利用。这种丰富性赋予了风力发电极为广泛的适用性和巨大的发展潜力。随着技术的不断进步和成本的持续降

低, 预计未来将有更多地区能够利用风能资源进行发电, 从而为当地经济和社会发展提供可靠的能源保障。风力资源的丰裕不仅仅体现在资源的分布广泛上, 更因为其可再生性和清洁性, 在应对能源危机和环境保护方面具有重要意义。

1.5 成本逐渐下降

随着风力发电技术的不断进步和市场规模的扩大, 风力发电的成本正在逐渐下降。一方面, 风力发电机组的制造和安装成本在不断降低, 使得风力发电项目的投资成本越来越低。另一方面, 随着风力发电产业的规模化发展, 运维和管理成本也得到了有效控制。这些成本的降低使得风力发电在经济性方面更具竞争力, 为大规模推广应用提供了有力支撑。政府政策的支持和市场机制的完善也为风力发电成本的降低创造了有利条件。

2 储能技术的种类与分类

2.1 电池储能技术

电池储能技术是一种高效的电力储存方法, 广泛应用于可再生能源发电、电力系统稳定、电动汽车等领域。其基本原理是通过化学反应将电能转化为化学能储存起来, 在需要时再通过相反的过程将化学能转化为电能释放。电池储能技术种类繁多, 常见的有锂离子电池、铅酸电池、镍氢电池等。其中, 锂离子电池以其高能量密度、长循环寿命和快速充放电等特点, 成为当前应用最广泛的电池储能技术。它不仅可以为家庭提供备用电源, 还可以在电网中起到削峰填谷的作用, 提高电力系统的稳定性。电池储能技术也面临一些挑战。电池材料制备和回收过程中可能产生环境污染和资源浪费。电池性能受到温度、荷电状态等因素的影响, 容易出现容量衰减和储能效率降低的问题。一些化学电池如锂离子电池还具备燃烧爆炸的潜在危险, 安全性也是电池储能技术需要关注的重要方面。随着技术的不断进步和成本的降低, 电池储能技术仍具有巨大的发展潜力。未来, 随着新材料和新技术的研发应用, 电池储能技术将在能源领域发挥更加重要的作用。

2.2 重力储能技术

重力储能技术是一种纯物理储能方式, 其基本原理在于利用重物在高度变化过程中产生的势能差进行能量的储存和释放。在电力需求低谷时, 通过电机等设备将重物提升至高位, 将电能转化为重力势能储存; 在电力需求高峰时, 释放重物, 使其通过机械传动系统驱动发电机发电, 将重力势能转化为电能输出。重力储能技术具有环境友好、安全性高、成本较低等优势。由于不涉及化学反应, 重力储能技术在运行过程中安全可靠, 对环境影响小。

抽水蓄能是重力储能技术的重要组成部分, 基于水的重力势能实现电能储存和释放。在电力需求低时, 利用多余电力抽水储存; 高峰时, 释放水流发电。抽水蓄能技术成熟、成本低、循环用水。储能效率虽低于电池, 但容量大、寿命长、运行稳定, 适合大型电力系统。受地理条件限制, 需特定地形和水文条件。建设周期长, 初始投资高。抽水蓄能作为可靠高效的储能方式, 在能源领域有重要地位。随技术进步和成本降低, 将更大贡献于电力系统稳定运行和可再生能源消纳。

其他重物储能技术主要以混凝土或当地材料为主, 能够循环使用数十年, 运行过程中损耗较小, 重力储能电站的建设和运维成本相对较低。重物的储存和运输过程灵活方便, 可以根据需求灵活布置, 几乎不受地理选址条件的限制。重物主要重力储能技术目前仍处于早期发展阶段, 许多方面仍需进一步研

究和改进。需要开发高效的重物提升和释放系统, 以提高能量转换效率; 还需要研究如何实现重物的稳定储存和长期循环使用, 以确保储能系统的可靠性和经济性。

2.3 热储能技术

热储能技术是一种重要储能形式, 以储热材料为媒介, 将热能或电能转换为热能储存, 并在需要时释放。它能解决热能供需不匹配问题, 提高能源利用率。热储能技术规模大、寿命长、投资小。显热储热是目前主要技术, 用于建筑蓄能或电网调峰; 潜热储热技术成熟, 储能密度高、性能稳定; 热化学储热技术尚需研发。热储能技术需高性能蓄热材料、蓄热单元和系统控制等支持。随着技术进步, 热储能将在能源领域发挥更重要作用。在太阳能利用、工业领域和建筑领域, 热储能技术均有广泛应用前景。尽管面临挑战, 但随着技术创新, 热储能技术前景广阔。

2.4 机械储能技术

机械储能技术是一种利用物理方法将多余的能量以机械能的形式储存起来, 并在需要时再转换回电能或其他所需形式能量的技术。这种储能方式主要涉及能量形态的转换, 常见于电力系统、可再生能源集成以及某些工业应用中, 以提升能源利用效率、增强电网稳定性和提供备用电源。共同点在于它们能够提供大容量、长时间的能量存储解决方案, 尤其适合于大规模的电网级储能应用, 对于平衡可再生能源的间歇性发电、提高电网的灵活性和可靠性具有重要作用。随着技术进步和成本降低机械储能技术正逐渐成为全球能源转型中不可或缺的一环。以下是现阶段主要的机械储能技术。

压缩空气储能: 在电网负荷低谷时, 利用过剩电能驱动压缩机将空气压缩至高压状态, 并存储在地下洞穴、废弃矿井或特制容器中。在用电高峰, 高压空气被释放, 经过加热(有时会使用天然气作为热源以提高效率)后驱动涡轮机发电。

飞轮储能: 利用电动机带动飞轮高速旋转, 将电能转化成飞轮的动能储存。当需要释放能量时, 飞轮减速驱动发电机发电。飞轮储能的特点是响应速度快、循环寿命长、功率密度高适用于频繁充放电和短时能量调节场景。

3 储能优化配置的措施

3.1 储能容量的确定和配置

储能容量的确定和配置是储能优化配置中的关键步骤, 直接影响储能系统的性能、效率和成本。在确定储能容量时, 需考虑电力系统负荷需求、可再生能源出力特性以及不同储能技术的性能参数和成本。锂离子电池能量和功率密度高但成本较高, 抽水蓄能成本低但受地理条件限制。确定储能容量后, 需进行详细的配置设计, 确保储能系统安全高效运行, 满足电力系统要求。储能容量的确定和配置是复杂而重要的过程, 需综合评估多种因素, 实现储能系统优化运行和效益最大化。

3.2 储能装置的位置与布局优化

储能装置的位置与布局优化是储能优化配置的关键, 影响效率、可靠性和经济性。确定位置时, 需考虑电力系统需求分布、电网结构、地形地貌和环境因素。深入分析需求分布是关键, 配置在负荷中心附近可减小输电损耗, 提高供电可靠性; 配置在可再生能源接入点可平抑出力波动, 提高稳定性。电网结构也是重要因素, 了解电压等级、线路容量和运行方式有助于确定接入点和容量。优化布局可实现高效传输和分配, 提高运行效率。地形地貌和环境因素需考虑, 合理选址有利于安全运行并降低成本。

3.3 储能系统的控制与管理策略

储能系统的控制策略应根据电力系统的实际需求进行制定。在电力需求高峰时段,储能系统可以通过放电来减轻电网的供电压力;而在电力需求低谷时段,储能系统则可以充电以储存多余的电能。这种根据需求进行充放电的策略,有助于平衡电网的负荷,提高供电可靠性。储能系统的管理策略也应注重优化和智能化。通过对储能系统的运行状态进行实时监测和数据分析,可以及时发现潜在问题并采取相应的维护措施。利用先进的控制算法和人工智能技术,可以实现对储能系统充放电过程的精确控制,进一步提高其能量利用效率和响应速度。储能系统的控制与管理策略还应考虑安全性和经济性。在保障储能系统安全运行的前提下,应尽量降低其运行成本,提高经济效益。可以通过优化储能系统的调度策略,减少不必要的充放电次数,降低损耗;还可以利用储能系统的储能特性,参与电力市场的交易,获取更多的经济收益。

3.4 技术选择与创新

随着技术发展,不断探索和应用新兴储能技术,如重力储能技术,因其环境友好、安全性高、成本较低等优势,虽仍处于早期阶段,但其潜力巨大。同时,继续改进现有技术,如提高电池储能的能量密度和循环寿命,降低环境影响,开发高效重物提升与释放系统,确保储能系统的可靠性和经济性。

3.5 政策与市场机制

建立健全支持政策,包括财政补贴、税收优惠、市场准入规则等,以激励储能技术的投资和应用。完善电力市场机制,

允许储能系统参与电力辅助服务和电力市场交易,创造经济激励,促进储能产业健康发展。

结束语

综合以上所述,要高效实施大规模风力发电,必须对电力系统的储能配置进行充分优化。这项任务既复杂又至关重要。科学的优化方案有助于充分利用储能技术,提升电力系统在平衡供需、增强系统稳定性和降低运营成本等方面的潜力。这种做法将推动电力系统向更为环保的模式转变,促进可持续发展。

[参考文献]

- [1]张保贵,王德志.含大规模风力发电的电力系统储能优化配置[J].无线互联科技,2020,20(24):96-98.
- [2]王春泽,张荣达,鹿琛,等.新型电力系统中的储能高质量规模化配置方法[J].电工技术,2020,(19):49-51.
- [3]赵猛.基于风电典型场景的电力系统源储网联合规划方法[D].西安理工大学,2020.
- [4]裴春兴,王蓝,王聪聪,等.电力系统储能应用场景研究综述[J].电气应用,2020,41(09):1-8.
- [5]刘琛.含大规模风电的电力系统储能电源优化配置研究[J].电子测试,2020,(22):48+38.
- [6]许金宝,刘伟,王云华.考虑风力发电的电力系统储能优化配置研究[J].光伏与新能源,2020,32(6):78-81.
- [7]李华,姚明,魏军.风力发电电力系统储能容量优化配置分析[J].电气技术,2020,28(4):62-64.

上接第136页

技术的应用也需要政策和市场的支持,通过制定合理的激励政策和市场机制,推动清洁能源技术的普及和应用。

五、节能减排技术应用效果与未来展望

节能减排技术在火力发电厂的广泛应用已显示出显著的效果,大幅提升了能源利用效率并减少了污染物排放。高效燃烧技术通过优化燃烧过程和燃烧设备,提高了燃料的燃烧效率,减少了未完全燃烧产物的排放,从而降低了二氧化碳、氮氧化物和颗粒物的排放量。废热回收与利用技术通过回收烟气、冷端等余热资源,提高了能源的综合利用效率,减少了燃料消耗和热污染,显著提升了发电厂的经济效益和环境效益。

清洁能源替代技术的应用进一步推动了火力发电厂的绿色转型。生物质燃料替代、天然气与煤混烧、氢能与燃料电池技术等,通过引入清洁能源,减少了化石燃料的使用量和污染物的排放,实现了低碳和无碳排放的目标。这些技术的综合应用,不仅改善了火力发电厂的环境绩效,还为实现国家的节能减排目标和应对气候变化提供了有力支持。

然而,节能减排技术的应用也面临着一些挑战和问题。技术研发和设备改造需要大量的资金投入,经济实力较弱的企业难以承担高昂的成本。同时,技术的复杂性和操作难度要求企业具备较高的专业技术能力和管理水平,许多地区的技术和管理水平尚未达到要求。

节能减排技术将在火力发电厂中发挥更加重要的作用。随着科技的不断进步和环保要求的日益严格,新的节能减排技术将不断涌现,为提高能源利用效率和减少污染物排放提供新的解决方案。通过持续的技术创新和优化应用,火力发电厂将逐步实现高效、清洁和可持续发展。同时,政策和市场的支持也

将为节能减排技术的推广应用提供有力保障。政府应继续制定和完善相关法规政策,鼓励企业加大节能减排技术的研发和应用力度,通过经济激励和市场机制,推动清洁能源和节能技术的普及和应用。节能减排技术的应用效果已经显现,但未来的发展仍需多方共同努力。通过技术创新、政策支持和市场引导,火力发电厂将朝着更加绿色和可持续发展的方向发展,为实现全球气候目标和能源转型贡献力量。

结语:

火力发电厂的节能减排技术在提升能源利用效率和减少污染物排放方面取得了显著进展。高效燃烧技术、废热回收与利用技术以及清洁能源替代技术的应用,不仅显著改善了火力发电厂的环保绩效,还为实现绿色和可持续发展提供了有力支持。然而,这些技术的推广和应用仍面临资金、技术和管理等方面的挑战。展望未来,随着科技的不断进步和政策的持续支持,火力发电厂将逐步实现高效、清洁和可持续发展,为全球能源转型和环境保护做出更大贡献。

[参考文献]

- [1]王伟.高效燃烧技术在火力发电中的应用研究[J].电力技术,2022,40(3):45-50.
- [2]李娜.废热回收技术在火力发电厂的应用现状与前景[J].节能环保,2021,39(4):32-37.
- [3]张建.火力发电厂的清洁能源替代技术探讨[J].新能源技术,2020,28(2):19-24.
- [4]陈明.超超临界锅炉技术在火力发电中的应用与发展[J].热能工程,2019,35(5):54-60.
- [5]刘芳.天然气与煤混烧技术在火力发电中的研究与应用[J].电力环保,2021,36(6):28-34.