

海上风电出力特性及其消纳问题分析

赵培尧

国家电投集团江苏海上风力发电有限公司 江苏盐城 224000

摘要: 海上风力发电具有发电小时数高、不占用土地资源的优势,能够大面积建设,我国拥有大量的海上风力发电资源,是国家未来发展的重要能源。但由于我国海上风力发电项目起步比较晚,受诸多因素的影响技术还不成熟,在一定程度上影响风力发电的充分利用。当前海上风力发电消纳还面临诸多困难,本文从研究海上风力发电出力特性入手,为解决消纳存在的问题提供参考意见。

关键词: 海上风电; 出力特性; 消纳问题

近年来全球范围对可再生资源的大量使用及环保要求的提高,使得海上风电这一清洁可再生新能源的开发与应用备受重视。发展海上风电技术,既可有效地解决常规矿物资源日益匮乏的问题,又可大幅降低温室效应,对环境保护具有重大意义。但目前,我国海上风电系统的消纳问题已严重影响了该技术的规模化应用。由于受到天然环境的制约,海洋风力发电的随机性和随机性,造成了电源的动态变化,对电力系统的稳定运行提出了严峻的要求。另外,相对于常规火力发电,风力发电具有的阶段性特征,导致其很难直接满足电网的基本负荷要求,因此消纳迫切需要解决的问题。本文通过对风电出力特征进行分析,探究解决消纳问题的策略,以期为相关部门的决策与管理提供技术支撑。

一、海上风电出力特性

(一) 具有比较大的随机性

风力发电量与风速呈明显的正向相关性。从原理上讲,当风力提高时,发电能力将会提高几十倍。但在工程实践中,风力产生的最优功率范围并不是始终处于最佳发电区间(6-25 m/s)内,受到湍流、风切变等因素影响,具有比较大的随机性。所以,在进行风扇的设计时,既要充分考虑“额定风速”和“切出风速”,又要保证其在大多数时刻都能有效地工作,又不会因为风速太大而对设施造成损害^[1]。此外,海上风电出力受到海洋环境以及地理环境的影响,比如在海风资源相对丰富的地区,如欧洲北海、中国东海岸和美国东海沿岸等多个海域,风力相对稳定,风力大,有利于风力发电系统的正常运行。但是,由于风力发电具有空间和空间上的异质性,在不同的空间、不同的时刻,风力发电能力会受到明显的影响。比如,沿海地区的风力比开放水域要小,

主要是受地形的阻碍;此外,海表粗糙度、波浪及潮汐等因素对风力的分布也有一定的影响,从而对发电能力产生一定的影响。而且海洋的生态环境,比如风暴、台风、波浪等极端气候事件的频繁发生,不但会对风电机组造成损害,而且会造成电网的大幅减产乃至停电,造成海上风电出力的随机性。

(二) 具有波动性

风力发电存在较大的阶段性,尤其是在夜晚风速较日间高,受到照明等因素的作用,光伏发电的互补特性在夜晚表现得更为突出^[2]。而且不同季节的风力发电能力随季节的改变而有所差异,海洋风力发电系统的季节变动会直接影响到其输出功率。比如,在冬天,因为冷气团向南下,与较热的水汽相遇,从而产生了更多的大风天气,从而有利于近海风场对风的捕捉;而在夏天,由于大气压力差的削弱,速度倾向于降低。另外,台风和风暴潮等极端气候事件往往会给风力发电设备带来巨大的危害,从而使电网在较短时间内大幅减产乃至停电。所以,在进行风力发电工程的设计与运行中,需要对其进行合理的保护,包括设置防浪板、加强结构强度等。

二、海上风电消纳存在的问题

(一) 电力网络的接入和建设问题

由于海上风力发电场一般都是在离负荷中心比较远的海域,因此必须将电能从海洋向内陆传输,这就需要长距离、大规模电网。远距离输电要求建造大型的海底电缆及海上的变电站,相对应的成本投入巨大,维修费用昂贵^[3]。而且由于海上风力发电具有较高的波动性,因此对电力系统的平稳运行提出了更高的要求,要求电力系统能够进行灵活调整。但是,当前的电网系统结构

及传输方式对风力发电的高效接入与消纳具有较大的制约,影响了海上风电的有效利用。

(二) 能量储存和调峰问题

由于海上风力发电具有明显的阶段性特征,因此在大规模风力发电接入电网后,如何均衡供需关系,保障电网稳定供电是一个亟待解决的问题。这就需要具备充足的能量存储设施,并能够进行容量调峰。当前,尽管抽水蓄能储能和电池储能等已取得一定进展,但其价格仍然偏高,并且其技术成熟程度参差不齐,很难实现规模化的商业推广。另外,非理想的调峰机理也是限制风力发电消纳的一个主要原因。目前,由于缺少弹性电价和激励措施,发电商和电网公司对蓄能和调峰设备的投入积极性不足。

(三) 缺乏财政刺激

虽然国家已经采取了一系列补贴、税收等措施来扶持海上风力发电,却很难涵盖各个方面,尤其是在蓄能调峰等方面缺乏有效的调控手段。一方面,由于能量存储装置造价昂贵,风力发电企业很难进行追加投入;同时,由于缺少完善的定价与利益分享制度,蓄能和调峰服务商的动力不足。这使得在每一个环节都缺少对风力发电系统进行有效的经济刺激,从而阻碍了整个产业链的良性发展。

(四) 政策和计划落后

许多国家都制定了扶持风力发电的相关措施,但是在具体的计划与执行上还面临着许多困难。首先,由于没有充分考虑海上风电的有效消纳,造成电网结构落后于风力发电的发展,无法适应大规模风力发电的需要。而且由于各部门的合作不够紧密,使得制定的计划在实施期间遇到了很多阻碍。比如,在海上风力发电项目选址、建设、并网等各个环节都要经过多个部门的批准与配合,过程复杂而低效。另外,政府对经济增长的长期稳定性没有明确的预测,也会对投资人的投资行为产生一定的影响。

三、海上风电消纳问题的解决措施

(一) 强化电网智能化建设提高预测、调度和控制水平

随着信息化和数字化时代的到来,电力系统的智能化已是提高以风力发电为代表的新能源发电系统的重要手段。借助大数据、人工智能等先进科技,大幅提高电力系统预测精度、调度灵活性和调控水平,提高电力系统对风力发电的自适应能力,能够保障风力发电系统的安全稳定运行^[4]。具体来说需要建设智能化预报体系,

综合运用气象资料、海洋资料和实时监控资料,通过机器学习等方法,建立高精度风力预报模型。不但可以对风电出力进行预报,而且可以对负荷产生的变化进行预报,从而为电力系统的优化配置、降低由于预报误差而造成的弃风问题提供解决方案。利用智能化的调度体系,还能够准确地进行电能供求关系的调配。可依据风电场的实际出力状况以及对电网的负载要求,实现对风力资源的优化配置,使风力资源得到最大程度的合理利用,还可以解决多个地区间的电能均衡问题,保证了风力资源的有效分配。相关人员还需要建设自动控制体系:采用虚拟同步电机等现代自动控制技术,以改善电力网络的稳定与反应能力。当风力发电时,系统可以快速地吸纳和调节负载,从而防止了大量的风力资源的浪费;当风力发电能力减弱,系统可随时调节其他电力的出力,保证电力供应的稳定性。

(二) 加快电网基础设施提高电能传输效率和覆盖率

构建高效大容量的输电网络是应对海上风电消纳难题的重要一环。超高压输电是当今世界上最先进的输电手段之一,它的研究和使用的对拓展电网覆盖范围和提高输电效率有着十分重大的作用。海上风电相关人员需要继续增加超高压传输技术的研究开发,为提升电网的传输能力,可采用新型材料,并且优化线路设计,改进绝缘工艺,降低输电损耗,提高电力传输的安全和稳定性^[5]。还需要拓展电力网络的覆盖面,根据我国的发展战略能源结构的布局,进行新一轮超高压传输线的规划,尤其是将近海风力发电基地与负载中心相联系。这样既可以克服海上风力发电孤岛效应,又可以实现地区之间的能量优势和资源共享。例如碳纤维复合材料,它可以使电力系统的输电能力增加30%左右。通过对线路的优化及绝缘技术的改善,使传输损失减少了15%左右。相关人员还需要研究和运用灵活的直流传输技术,使海上风力发电场和电力系统之间的连接更加紧密,有效应对我国近海风力发电出力波动大、并网困难等难题,提升风力发电效率,提升电力系统稳定运行水平。中国广东—海南±500 kV高压直流线路就应用了上述几种新的技术,从而保证了电能的可靠输送。最重要的是需要在电网重要节点上配置大型储能设备,如电池储能、抽水蓄能等,以达到柔性储能调度的目的。不但可以抑制风力发电系统的波动性,而且可以在必要时迅速填补系统的空缺,从而提升电力系统的总体可靠性。在常规的抽蓄式储能之外,应该大力推广电池储能,压缩空气储能,飞轮储能等。由于其快速响应和灵活的特点,电池存储

尤其适用于调整风力发电的波动性。利用不同类型的能量存储方式,可以实现相互间的互补,从而提高风力发电的调控能力。以中国浙江舟山岛为例,通过模块化的方式实现了风电机组与电网的互联互通,可解决海上风电功率波动较大的难题。经测算可使风电在电网中的比例提升20%左右。

(三) 健全市场化机制增强风力发电消纳的内在力量

当前的电价制度常常没有考虑到多个新能源之间的边际成本,使得以风力发电为代表的新能源消纳缺乏激励。通过对发电价格机制进行创新,构建既能反映资源稀缺度又能反映环保效益的价格机制,是促进风力发电消纳的重要途径。具体来说需要反映不同时段和不同能源之间的价格,以激励客户在高峰时段使用非风力发电,在低谷期间使用风力发电。风力发电的阶段性对电力系统的柔性调控提出了更高的要求^[6]。为了保证风力发电接入电网,必须有完善的辅助服务市场。主要内容有:构建风力发电负荷预报和计划,以改善风力发电预报的准确性;通过建立DSM系统,激励客户积极参与电网调控;发展储能电站和分布式储能等柔性能源,为风力发电的消纳留出一定的缓冲空间。针对目前风力发电在全国的分配不均衡,需要通过合理的地区间电力贸易来实现风力发电与负荷的合理配置十分重要。通过构建更加开放透明的交易机制,引导风力资源丰富的地方将新的绿色电能送入需要较多的地方,不仅可以缓解风力发电的不足,还可以推动各地区之间的能量均衡和经济发展。而且相关部门应该不断制定税收优惠、补贴等支持措施,鼓励海上风力发电企业、电力公司参与风力发电建设,争取减少风力发电的损失。必要时还可以通过法律手段将可再生能源优先利用的地位,保护其合法权益,提高相关企业对海上风电接入电网的信心和动力。

(四) 构建海上风电消纳各环节共同体

通过推进海上风电消纳各环节一体化协同发展,鼓励风电企业、电网、储能、负载等多方参与,构建利益共同体,促进风电资源的合理分配与合理使用,进而有效缓解风电消纳难题。具体来说需要通过信息共享和协同优化,达到均衡电能需求,提升新能源利用效率,确保电网的安全与稳定,可有效地解决风力发电系统中由于风力发电波动引起的电网失稳问题,推动风力发电规模化发展,并减少消费者用电费用,达到双赢。这就需要相关部门建立信息分享平台,能够将风电预测数据、电网运行状态、储能资源和客户用电数据进行实时共享

的能量管理系统。利用大数据,对风力发电出力进行精确的预报,为电力系统优化运行、提升蓄能装置的快速、高效运行奠定理论基础。在此基础上,研究多个时段(每天、每周、每月)的电能协同调度方案。日间,通过对风场的实际预报,对风机的调度进行合理的调节,减小对风机的干扰;在较大的时间范围内,通过对蓄电池组进行充电和放电的控制,可以有效地抑制风力发电对电力网络的影响;同时,通过电价优惠或者合约等方式,促使电力市场的电力供应达到均衡。还需要建立公正、合理的收益分配制度,使各方受益。比如,根据风力发电公司所能供应的洁净电能,实行财政补助和税费减免等;对蓄能企业按照其蓄能的能力、充放电次数等进行一定的财政补贴;为用户使用风电清洁能源提供直接的优惠电价。

结束语

海上风电与可持续发展理念相适应,具有广阔的发展前景,为进一步开发海上风电的潜力,就需要相关人员准确了解海上风电的出力特性,并且根据特性分析海上风电存在的消纳问题,通过更新技术、健全电网、优化政策和市场机制等多种方法解决消纳问题,实现海上风电资源的高效利用,促进我国电力能源的良好发展。

参考文献

- [1]管虎,吕向东,王心成,赵雅欣,赵晓楠,张智璐.新能源消纳储能技术路线探索[J].中国港口,2024,(06):57-61.
- [2]孙哲,王硕,苏辛一,饶建业.构建海上风电综合供给消纳体系助力实现双碳战略目标[J].中国工程咨询,2023,(10):33-36.
- [3]许嘉琪,贾宪章,许媛媛,龙宇衡,李华健.海上风电消纳系统优化研究[J].中国水运(下半月),2023,23(09):56-58.
- [4]邓婧,何发武,卢赓,毛登越.基于测风数据的省级区域海上风电出力时序特性分析[J].大众用电,2023,38(06):42-43.
- [5]王学栋,孟宇.“双碳”战略背景下山东省海上风电消纳机制研究[J].能源与环境,2023,(02):13-15.
- [6]葛维春,张诗钡,崔岱,李欣蔚,刘闯,楚帅.海上风电送出与就地消纳技术差异综述[J].电测与仪表,2022,59(05):23-32.