

低碳背景下电气工程新能源多能互补策略

门海龙

大唐山东发电有限公司新能源分公司 山东省济南市 250014

DOI: 10.32629/ems.v8i7.21138

[摘要] 全球气候变暖趋势加重,碳达峰、碳中和逐渐成为重要目标,能源行业是碳排放的主要来源,正处在前所未有的转型期。电气工程领域是能源生产、消费的主要场所,其发展方向直接影响低碳目标的达成速度。本文通过对电气工程新能源多能互补核心特点的分析,结合目前能源系统转型的实际需要,从技术融合、系统调度、市场机制等方面提出相应的互补策略,并进一步提出保证这些策略有效实施的措施。研究表明,科学合理的多能互补方案可以大幅提高能源利用效率,减少能源系统总的碳排放量,为创建清洁低碳、安全高效的现代能源体系提供保障。

[关键词] 电气工程; 新能源; 多能互补; 低碳转型

引言

随着全球新一轮能源革命不断深化,能源系统逐渐由传统化石能源向低碳化及多元化的现代能源系统转型,这就要求煤炭、石油、电力等传统能源领域不再局限于独立运行,而需以多种能源形式实现融合、协同、互补发展,从而提升能源利用率、改善能源结构以及优化市场化资源配置能力。电气工程是能源转换、传输和利用的技术支撑,在新能源大规模接入以及能源系统深度融合过程中起着不可替代的作用。多能互补模式可充分发挥各种能源形式的优势,摆脱单一能源的局限性,是实现能源系统低碳转型的一种重要方式。对电气工程新能源多能互补策略进行深入研究,能够促进能源行业高质量发展,保证国家能源安全。

1. 电气工程新能源多能互补特点

1.1 能源梯级利用

不同能源形式具有不同的能量品位,高品位能源适合用作发电等高端用途,低品位能源适合用作供热、制冷等民用领域,多能互补系统可以按照能源品位的不同来进行合理分配,从而达到能量的梯级利用,最大程度降低能量损耗。燃气轮机发电产生的高温烟气可用来驱动溴化锂制冷机组制冷,也可通过余热锅炉产生蒸汽用于供热,从而将原本被浪费的低品位热能转化为有用能量。梯级利用能够使得系统综合能源利用效率达到80%以上,大于单一能源系统利用效率,同时能源梯级利用还会减少化石能源的消耗,降低二氧化碳等温室气体的排放,环境效益明显。

1.2 系统运行稳定

新能源发电有明显的间歇性、波动性,风电、光伏发电出力受天气影响较大,很难实现稳定的供电。多能互补系统将多种能源形式融合,凭借各能源出力特性之间的互补关系,可以较好地抵消新能源发电的波动,改善系统供电可靠性^[1]。当风电、光伏发电出力不足时,则利用燃气发电、水电等可调性较强的能源进行补充;当新能源出力过剩时,将多余的电能转化为热能、冷能或者化学能进行储存。灵活的运行方式能够保证系统一直保持稳定,预防因新能源出力的变化而对电力系统造成影响。

1.3 资源优化配置

传统能源系统中,各种能源形式彼此孤立地运作,资源无法在更广阔的范围之内加以优化调配,造成能源利用效率低下的状况,多能互补系统打通各个能源行业间的壁垒,将电力、热力、燃气等众多能源系统融合,达成能源资源的跨行业、跨区域的合理调配。随着创建统一的能源调度平台,围绕各个地区能源需求以及资源条件,科学安排各种能源的生产、输送及消费,能够促使能源资源向利用率最高之处流动,提高能源系统整体运行效率,降低能源供应成本,保证能源系统经济性。

2. 低碳背景下电气工程新能源多能互补策略

2.1 构建源网荷储一体化体系,提升系统协同运行能力

能源生产、输送、消费以及储存等环节之间相互脱离,造成能源系统效率无法得到提高,源网荷储一体化体系是将电源、电网、负荷、储能这四个部分有机地融合在一起,使能源系统各个部分之间相互配合。电源侧将风电、光伏、水

电、燃气发电等不同电源形式有机地结合,形成多能互补的电源结构;电网侧建设智能电网,提高电网接纳新能源和灵活调度的能力;负荷侧引导用户合理安排用电时间和用电负荷;储能侧采用电化学储能、抽水蓄能、压缩空气储能等各种储能方式,实现能量的时空转移^[2]。例如,全国第一个城市级源网荷储一体化示范区在新疆石河子市建成,该示范区“石河子—玛纳斯”兵地融合500万千瓦光伏项目一期超200万千瓦已经成功并网,全部建成后年发电量约为75亿千瓦时,相当于每年节约标准煤267万吨。储能侧已经建成5座光伏储能电站,日储能容量为30.5万千瓦时,实现绿电夜间延长供电2小时。全国最大的新能源数智集控中心投入使用之后,人力运维成本下降了75%,区域综合用电成本保持在每千瓦时0.25元至0.32元的范围内,形成绿电洼地,吸引了绿色算力等高端产业的集聚。

2.2 融合数字孪生技术,实现能源系统智能管控

数字孪生技术可以创建与物理能源系统完全相同的虚拟模型,利用实时获取物理系统运行数据,在虚拟空间对能源系统运行状况实施模拟、分析、改良,将数字孪生技术应用到多能互补系统之中,可达成对能源系统全生命周期的智能管理。在系统规划阶段,采用数字孪生模型对不同多能互补方案进行模拟分析,选择最佳系统配置方案;在系统建设阶段,利用数字孪生模型对施工过程进行实时监控,保证工程质量、进度;在系统运行阶段,运用数字孪生模型对系统运行状态进行实时监测和故障预警,优化系统运行调度策略。以苏州国家级工业园区为例,使用MyEMS和数字孪生融合方案之后,能源管理出现三个方面的改变,即数据采集颗粒度由原来的楼栋级细化到设备级、采集频率由原来的1小时缩短到2分钟、能耗异常定位时间由原来的2小时减少到10分钟。2023年下半年由于设备故障造成的无效能耗减少42%,通过孪生模型模拟光伏消纳、储能调度方案,园区自发自用率从65%提高到82%,年减少购电成本156万元。该园区的数字孪生管控中心可以对能源进行全景式展示,确保光伏发电量和用电需求动态匹配。

2.3 发展用户侧综合能源服务,挖掘需求侧响应潜力

能源的形式主要有煤、水能、风能、太阳能等,传统的发电类型为火力发电,但是在环境污染问题、化石能源急剧消耗的背景下,节能减排逐渐受到重视。用户侧是能源消费

的末端,有着巨大的需求侧响应潜力,发展用户侧综合能源服务可以调动用户参与能源系统调节的积极性,达到能源供需动态平衡的目的。综合能源服务提供商可以为用户提供一站式能源解决方案,即电力、热力、燃气等各种能源的供应以及节能改造、能源管理、碳资产管理等增值服务^[3]。使用智能电表、智能温控器等智能设备,可对用户能源消耗实施即时监管,给出相应的节能建议。与此同时,创建需求侧响应激励机制,促使用户在用电高峰时段缩减用电,在用电低谷时段加大用电,减小电网峰谷差,改善电网运行效率。例如,浙江省创设“一键响应”空调负荷智能管理方式,已建成5778个智慧能源单元,汇聚超过1.9万户空调用户,可调节资源256万千瓦。2025年夏季用电高峰期,应用该系统准确执行10天的需求响应,最大响应负荷达到670万千瓦,相当于全省削减6.5%的峰值负荷,发放响应补贴约7亿元。另外,浙江电力建成的虚拟电厂负荷资源池具有1100万千瓦日前调节、300万千瓦小时级调节、130万千瓦分钟级调节的能力,在电网出现供电压力时,分散的用户侧资源能够在几分钟之内做出响应。

2.4 推进跨区域能源互联,实现大范围资源优化配置

我国能源资源与能源需求存在明显的逆向分布,即煤炭、风能、太阳能等能源资源在西部分布,大量能源需求在东部沿海地区,由于能源资源和能源需求的空间分布不同,因此需要推进跨区域的能源互联,以实现能源资源在更大范围内更合理地配置。特高压输电技术具有输电容量大、输电距离远、输电损耗小等优点,是实现跨区域能源互联的重要技术。通过建立特高压输电线路,将西部的风电、光伏等清洁能源输送到东部负荷中心,代替东部地区使用化石能源发电,减少东部地区的碳排放。跨区域能源互联还可以实现不同区域之间的能源互补,当某个区域的新能源出力不足时,可以从其他区域调入电力来保证能源供应的稳定。例如,“青海—河南±800千伏特高压直流输电工程”是世界上第一条专门为清洁能源外送而建的特高压通道,工程起于青海省海南藏族自治州,止于河南省驻马店市,途经青海、甘肃、陕西、河南四省,线路全长1587公里。该工程完全凭借清洁能源自身的互补能力独立供电,是利用特高压技术促进新能源大规模开发的重要创新。截至2026年5月17日,青豫特高压工程累计输送电量达1000.17亿千瓦时,是1000亿千瓦时,为华

中地区能源保供和全国“双碳”目标的实现注入强大动力。

2.5 推动传统能源清洁化改造,实现新旧能源平稳过渡

在未来相当长一段时间中,传统化石能源在能源结构中仍起到重要作用,推进传统能源的清洁化改造,使传统能源与新能源协调发展,是达成能源系统低碳转型的必然需求。燃煤发电企业可以进行超低排放改造、节能改造、灵活性改造,从而降低发电煤耗和污染物排放,提高机组的调峰能力,使机组更好地配合新能源发电^[4]。对燃气发电企业而言,可采用联合循环发电技术以提高发电效率、减少碳排放,同时对碳捕集、利用和封存(CCUS)技术进行研究,从而进一步减小传统能源的碳排放强度。例如,华能甘肃正宁电厂建成全球最大的煤电碳捕集示范工程,属于国家重大科技示范项目、发改委首批绿色低碳示范项目。项目对1号机组脱硫后烟气进行碳捕集,使用复合式吸收塔“二塔合一”和低能耗吸收溶剂技术,捕集率大于90%,二氧化碳纯度大于99%。项目年捕集二氧化碳150万吨,到2026年3月已连续运行半年,共捕集二氧化碳75万吨,减排40万辆汽车的碳排放量,技术装备全部为国产,实现百万吨级工业化应用。

3. 低碳背景下电气工程新能源多能互补策略应用的保障措施

3.1 政策保障:多能互补系统发展的基础

政府部门应加快制定完善有关政策法规,为多能互补系统建设运行提供明确的法律依据和政策支持。在财政政策层面上,可以设立多能互补专项发展基金,对多能互补示范项目给予财政补贴和税收优惠;在产业政策层面上,鼓励新能源技术、储能技术、智能电网技术等有关产业的发展,培育完整的产业链;在市场政策层面上,加快推进电力体制改革,建立健全电力市场体系,完善电价形成机制,为多能互补系统参与市场竞争创造公平的市场环境。

3.2 标准规范保障:多能互补系统规模化发展的前提

相关部门需要加快制定多能互补系统技术标准、运行标准、管理标准,形成完善的标准化体系。针对技术标准而言,确定多能互补系统的设计规范、设备技术要求和施工验收标准;针对运行标准而言,制定多能互补系统的运行规程、调度规程和服务质量标准;针对管理标准而言,建立多能互补系统的能效评价标准、碳排放核算标准和服务质量标准^[5]。

健全标准规范体系能够提高多能互补系统的水平和技术水平,有利于多能互补技术推广使用。

3.3 人才保障:多能互补系统建设与运行的根基

多能互补技术是电气工程、能源工程、计算机科学、管理科学等众多学科交叉形成的学科,对人才综合素质的要求很高。高校、科研机构应该调整学科专业设置,开设多能互补相关专业、课程,培养出适应多能互补技术发展需要的复合型专业人才。企业应加大与高校、科研机构的产学研合作力度,设立产学研合作培养人才的机制,经由项目合作、联合培养等形式,培育具备实践经验的技术人才和管理人才,也要加强现有从业人员的培训,提高其专业技能和业务水平,为多能互补系统建设及运行提供保障。

结语

能源系统低碳转型是一项长期而艰巨的任务,电气工程新能源多能互补模式为能源系统的低碳转型带来了解决方案,多能互补系统将各种能源形式进行整合,达到能源梯级利用、系统稳定运行、资源合理配置的目的,具有明显的经济效益和环境效益。在实际运用中,应采用科学合理的互补方式,依托完善的政策法规体系、健全的标准规范体系、强大的人才队伍,保证多能互补策略的顺利执行。多能互补模式的广泛应用,将会对我国能源行业高质量发展起到积极的作用,为碳达峰、碳中和目标的实现打下坚实基础。

[参考文献]

- [1]陈敏敏,周安鹏,彭安娜.多能互补能量管理系统发展现状及关键技术分析[J].中国战略新兴产业,2025,(35):83-86.
- [2]张验科,郭合斌,卢焱键,等.水风光多能互补系统多目标优化调度研究进展[J].水利水电快报,2025,46(10):101-109.
- [3]张蒙,潘恒飞,黎晓宁,等.“双碳”目标下水光储多能互补微电网建设实践[J].广西电力,2025,(8):61-67.
- [4]瞿天亮,徐立洲.风光火储多能互补能源基地实施方案探讨[J].海河水利,2024,(12):21-24.
- [5]智筠贻,凌浩恕,吴昊,等.风光储多能互补能源系统容量配置优化[J].储能科学与技术,2024,13(11):3874-3888.