

新型电力系统下光储直柔技术在建筑领域的应用探讨

王伟^{1,2} 周光霞^{1,2}

1. 山西省安装集团股份有限公司; 2. 低碳建筑体系及绿色建材技术研究山西省重点实验室

摘要: 新型电力系统正逐渐成为未来能源发展的主导方向。在这一背景下,光储直柔(PEDF)技术以其独特的优势在建筑领域获得了广泛关注。本文介绍了新型电力系统和光储直柔技术的基本概念,分析了以南京国臣为代表的光储直柔技术的案例、优势及发展趋势,讨论了与光伏逆变交流的不同以及并网时存在的瓶颈,并提出了面临的问题及挑战。

关键词: 新型电力系统; 光储直柔; 建筑领域; 应用探讨

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.17.089

引言

随着全球能源危机和环境问题的日益严重,可再生能源的发展和成为全球的共同目标。其中,光储直柔作为一种新型的能源利用方式,结合了光伏发电、储能技术和直流供电系统,为未来的能源应用提供了新的可能性。本文旨在探讨新型电力系统下建筑领域的光储直柔技术的原理、优势、应用现状、未来发展趋势以及问题和挑战。

一、新型电力系统的特点

新型电力系统核心特征在于新能源占据主导地位,成为主要能源形式。电气化和清洁能源化是新型电力系统的典型特征和长期主题。在此趋势下,风电、光伏等随机性、波动性电源替代火电等确定性可控电源,给电网调节调度、灵活运行带来挑战,而新能源为主、高比例电力电子设备的大面积应用将带来电力系统的运行特性、安全控制和生产模式的根本性改变。

新型电力系统基本五大特征是清洁低碳、安全可控、灵活高效、智能友好、开放互动。电源结构由可控连续出力的煤电装机占主导,向强不确定性、弱可控性出力的新能源发电装机占主导转变;负荷特性由传统的刚性,纯消费性向柔性、生产与消费兼具型改变;电网形态由传统电力的单向逐级输电为主向新型电力的包括交直流混联大电网、微电网、局部直流电网和可调节负荷的能源互联网转变;运行特性由传统电网的“源随荷动”的实时平衡模式,大电网一体化控制模式向新型电力系统的“源网荷储”协同互动的非完全实时平衡模式,大电网与微电网协同控制模式转变。

二、光储直柔技术原理

光储直柔(PEDF),是在建筑领域应用太阳能光伏

(Photovoltaic)、储能(Energy storage)、直流配电(Direct current)和柔性交互(Flexibility)四项技术的简称。它是一种将光伏发电、储能设备和直流供电系统结合在一起的能源利用方式。首先,光伏发电系统通过太阳能电池板将太阳能转化为直流电能;然后,储能设备将这部分电能储存起来,确保在没有日照的情况下也能持续供电;最后,直流供电系统直接使用储存的直流电能,为家庭或企业提供电力。

通过“光储直柔”技术可以有效消纳光电,本质上将目前建筑用能的“源随荷变”模式转变为“荷随源变”模式。“源随荷变”模式是指目前电力生产侧要随时根据用电侧的变化而变化,而光电不可调控,就要求用电侧随着光电的变化而改变其用电量,实现“荷随源变”的柔性用电模式,使未来的建筑在电力系统中由单纯的消费者转变为“产、储、用”三位一体。

三、光储直柔技术的作用

1. 缓解电网增容压力:光储直柔建筑的电能不仅可以为室内所用,还可以连接建筑内部及邻近停车场的充电桩。通过充电桩的智能控制系统,结合建筑的用能需求和负荷特性运行调度策略,可大幅降低建筑的负荷峰值,缓解负荷逐年增长的压力,有效降低电网峰值及压力。同时提高电力设备利用率,降低用户用能成本,减少用电损耗。

2. 调控灵活的优势,能够有效地提升用电的可靠性,在配电网出现故障时,建筑“光储直柔”可以利用自身的分布式发电和储能,独立支撑建筑用电一段时间,从而能够解决配电网99.9%以外的供电可靠性,实现“99%+X”的可靠供电模式,甚至可以为周边建筑在停电时提供应急电源和相互的电源支撑。

3. 削减夏季空调负荷峰值:能够充分挖掘空调系统的灵活性,配置蓄冷、蓄冰、蓄电等储能设施,同时结合建筑的用能需求和负荷特性优化空调的运行调度策略,这样就能大幅降低夏季空调的负荷峰值。

4. 降低用能成本:配合峰谷电价、需求响应等激励政策,能够有效降低用户的用电成本。发展“光储直柔”新型建筑配用电系统,充分利用两部制电价和峰谷电价差,可从用户侧进一步降低用能费用。

四、光储直柔技术的应用

“光储直柔”是建筑领域面向碳中和重大需求实现技术创新突破的重要途径,目前已受到各方广泛关注,

并得到国家、各部委等多个层面的政策支持。一些公共建筑及示范区已经安装了光储直柔系统，实现了太阳能供电和储能。

2023年4月，首个“中国零碳村镇示范村”在芮城挂牌。地处黄河北岸的庄上村先行先试，依托山西国臣直流配电工程技术有限公司的低压直流配电技术积累及清华大学江亿院士团队、深圳市建筑科学研究院的技术支撑，以先进的低压直流配电“光储直柔”技术，改变了“生产用油、生活烧炭”的传统方式，逐步形成了“屋顶光伏+储能+直流配电+柔性用电”的全新能源生产消费“庄上模式”。

光储直柔技术在山西潇河国际会展中心也得到了推广应用，主体分为四个部分：

光伏发电部分：潇河国际会展中心的屋顶上铺设了大约3万多平方米的光伏板，总装机容量为5.96MW，年发电量可达到638万余度。这些光伏板将太阳能转化为直流电能，为会展中心的地下车库、能源岛等提供直流照明用电。

储能系统部分：除了光伏发电，潇河国际会展中心还配备了储能系统。储能电池及电池管理系统可以将电能储存起来，实现对电网的柔性友好接入，进行灵活、高效调控。

直流配电部分：潇河国际会展中心采用了南京国臣的直流配电系统，省去了直流发电、交流用电的中间转换环节，发出的直流电直接为会展中心及能源岛的照明等直流负荷供电，提高了光伏发电的使用率，降低了运营成本。

柔性控制部分：通过柔性控制技术，潇河国际会展中心可以动态调节建筑内设备的用电需求，使其与清洁发电实现实时匹配，达到节能减排的目的。

总体来说，光储直柔技术在潇河国际会展中心的应用实现了园区建筑由能源的消费者向生产者、存储者与调节者的转变，为绿色建筑的发展提供了有益的探索和实践。

随着技术的进步和成本的降低，光储直柔技术的应用范围将会进一步扩大。

五、光储直柔技术的发展趋势

- 1. 高效化：**随着光伏发电和储能技术的不断进步，光储直柔系统的效率将会进一步提高。
- 2. 智能化：**通过引入人工智能和物联网技术，可以实现光储直柔系统的智能化管理和控制，提高能源利用效率。
- 3. 集成化：**光储直柔系统会与其他可再生能源技术集成在一起，形成综合能源管理系统，提供更加稳定和

可靠的电力供应。

4. 普及化：随着政府对可再生能源的支持力度加大以及技术的成熟，光储直柔系统的成本将会降低，使得更多的人和企业能够使用这一绿色能源技术。

六、南京国臣的光储直柔技术的先进性

光储直柔技术是一种先进的能源管理技术，它结合了光伏发电、储能系统和直流配电技术，具有以下先进性：

1. 高效能源利用：光储直柔技术通过光伏发电将太阳能转化为电能，同时利用储能系统储存多余的电能，实现了对可再生能源的高效利用。这种技术能够减少对传统电网的依赖，降低能源成本，并提高能源使用的可持续性。

2. 直流配电优势：传统的交流配电系统存在能量转换损失和电磁干扰等问题，而直流配电系统则能够减少这些损失和干扰，提高电能的传输效率和使用稳定性。光储直柔技术采用直流配电，可以实现对电能的高效、稳定传输，满足各种用电设备的需求。

3. 智能能源管理：光储直柔技术通过智能化管理，可以实时监测能源的使用情况，自动调整能源供应策略，实现能源的精细化管理。这种技术可以帮助用户更好地掌握能源使用情况，提高能源使用效率，降低能源浪费。

4. 增强电网稳定性：光储直柔技术可以作为一种分布式电源接入电网，增加电网的供电容量和稳定性。在电网出现故障时，储能系统可以提供备用电源，保证重要设备的正常运行，提高电网的可靠性和韧性。

七、光储直柔与光伏逆变交流相比，具有以下几点优势

1. 高效节能：光储直柔系统避免了传统交流配电过程中的能量损失和转换成本。它通过直流配电，省去了直流发电、交流用电的中间转换环节，从而提高了能源利用效率。相比之下，光伏逆变交流系统需要将直流电能转换为交流电能，这一过程会产生能量损失。

2. 灵活可靠：光储直柔系统可以在不同场合下灵活应用，并且由于其储能系统的存在，可以保证在断电、故障等情况下用电设备的正常运行。这使得光储直柔系统具有更高的可靠性，而光伏逆变交流系统则不具备这样的储能功能，一旦电网出现故障，用电设备可能会受到影响。

3. 广泛的应用前景：随着能源结构的转变和电力系统的智能化发展，光储直柔系统具有更广泛的应用前景。它可以与可再生能源、电动汽车、智能家居等领域相结合，实现能源的高效利用和储存。而光伏逆变交流

系统则主要局限于光伏发电领域。

综上所述，光储直柔相比光伏逆变交流具有更高的能源利用效率、更灵活可靠、更低的成本以及更广泛的应用前景。这些优势使得光储直柔在能源领域具有更大的发展潜力。

八、光储直柔技术相比传统的能源利用方式，具有以下优势

1. 可再生：光储直柔技术使用的是太阳能，这是一种可再生能源，使用过程中不会产生碳排放，有利于环境保护。

2. 高效储能：光储直柔技术中的储能设备可以在日照充足的时候储存电能，并在需要时释放，有效解决了光伏发电的间断性问题。

3. 节能：由于光储直柔技术使用的电能来源于太阳能，因此可以大大减少对传统能源的依赖，降低能源消耗。

4. 智能控制：通过智能控制技术，可以实现对光储直柔系统的远程监控和控制，提高能源利用效率。

九、系统并网的问题主要包括以下几个方面

1. 并网标准和兼容性：目前，光伏和储能系统的并网标准尚不统一，直流电压等级只有推荐标准，常用DC750V、DC375V和DC48V等级，不同厂家还有其他不同电压等级，未形成合适的国标，未形成大面积推广，且并网时国网公司没有合规的直流计量表，各厂商设备之间的兼容性也存在问题。这可能导致并网过程中的技术难题和安全隐患。

2. 并网对电网的影响：光储直柔系统接入电网后，可能会对电网的稳定性、电压波动、谐波等方面产生影响。如果并网容量过大或控制不当，可能会对电网造成冲击，甚至引发安全事故。

3. 并网过程中的安全问题：并网过程中可能会存在电气安全、网络安全等方面的问题。如设备接地不良、过电压、过电流等问题，以及黑客攻击、数据泄漏等网络安全问题。

4. 并网经济性：光储直柔系统的并网需要考虑经济性问题，包括设备投资、运维成本、电价等因素。如果并网成本过高，可能会限制光储直柔系统的推广和应用。

为了解决这些问题，需要加强技术研发和标准化工作，制定统一的并网标准和兼容性要求，加强并网过程的安全监管和风险控制，提高并网的经济性和可行性。同时，还需要加强培训和教育工作，提高操作人员的专业知识和技能水平，确保光储直柔系统的并网过程安全、稳定、可靠。

十、问题和挑战

1. 成本问题：光储直柔系统需要较高的初始投资，包括光伏设备、储能设备、直流配电设备和柔性控制系统。这些设备的成本可能会限制其在一些地区的推广和应用。

2. 技术复杂性：光储直柔系统涉及多种技术的集成，包括光伏发电、储能技术、直流配电和柔性控制。这些技术的集成和协同工作需要专业知识和经验，技术复杂性可能会增加运维难度和成本。

3. 技术成熟度：直流配电系统在光储直柔系统中占有一席之地，但其技术成熟度、安全性和可靠性仍然是需要考虑的因素。此外，柔性控制技术的成熟度也直接影响光储直柔系统的性能。

4. 分布式电能并网带来的谐波：在光储直柔系统中，由于分布式电源的大量接入，可能会产生谐波问题，对电网造成污染。

5. 缺乏整体技术标准体系：目前，光储直柔系统还缺乏统一的技术标准体系，这可能会导致设备之间的兼容性问题，影响系统的稳定性和可靠性。

6. 缺乏对柔性负载的全生命周期的整体控制：在光储直柔系统中，柔性负载的控制是一个重要环节。然而，目前还缺乏对柔性负载的全生命周期的整体控制，这可能会影响系统的运行效率和寿命。

十一、总结

光储直柔技术作为一种新型的能源利用方式，具有巨大的发展潜力和广阔的应用前景。通过不断的技术创新和改进，光储直柔系统将为人类提供更加可持续和环保的能源解决方案，为应对全球能源危机和环境问题作出重要贡献。

参考文献

- [1] 陈志萍, 李健刚, 李丰渊, 等. 潇河新城光储直柔LED照明系统关键技术研究[J]. 建筑电气, 2023, 42(4): 16-21.
- [2] 房建军. 光储直柔在整县光伏开发中的应用分析[J]. 建筑节能(中英文), 2024, 52(1): 120-123.
- [3] 杨将铎, 张改景, 王利珍. 光储直柔技术的特点与应用探讨[J]. 现代建筑电气, 2022, 13(10): 54-58.
- [4] 李雨桐, 郝斌, 童亦斌, 等. 《民用建筑直流配电设计标准》解读[J]. 建筑电气, 2022, 41(7): 25-32.

作者简介：王伟（1982-），男，汉族，山西太原人，高级工程师。研究方向：电气设计及管理工

周光霞（1989-），女，汉族，山西太原人，高级工程师。研究方向：电气设计及管理工