

不停电结合设备在分布式能源接入中的关键技术与应用创新

李军

(国网山西省电力公司技能培训中心临汾分部)

【摘要】在全球能源转型背景下,分布式能源接入电网的可靠性与经济性成为关键问题。不停电结合设备(UPC)作为一种创新电力电子装置,通过集成储能系统、电力电子变换器、智能控制系统等关键技术,实现分布式能源与电网之间的高效、稳定能量流动。研究探讨UPC的工作原理、控制策略、故障处理机制等在工程中的应用效果,提出一种基于预测控制的新型接入方式和优化运行策略,并结合物联网与大数据技术,实现智能监控。UPC在提升分布式能源接入电网可靠性、促进能源结构优化和保障电力系统安全运行方面具有显著作用。

【关键词】不停电结合设备;分布式能源;接入技术;应用创新

中图分类号:TM73

DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2025.S2.137

Key Technologies and Application Innovations of Uninterruptible Power Connection Equipment in Distributed Energy Access

LI Jun

(State Grid Shanxi Electric Power Company Skills Training Center Linfen Branch)

【Abstract】In the context of global energy transformation, the reliability and economy of distributed energy access to the power grid have become key issues. As an innovative power electronic device, uninterruptible power connection equipment (UPC) realizes efficient and stable energy flow between distributed energy and the power grid through the integrated energy storage system, power electronic converter, intelligent control system and other key technologies. This study explores the of application effect of UPC's working principle, control strategy, fault handling mechanism, etc. in engineering, puts forward a new access mode and optimized operation strategy based on predictive control, and combine the Internet of Things and big data technology to achieve intelligent monitoring. UPC plays a significant role in improving the reliability of distributed energy access to the power grid, promoting the optimization of energy structure and ensuring the safe operation of the power system.

【Keywords】uninterruptible power connection equipment; distributed energy; access technology; application innovation

1 引言

在全球能源转型和清洁能源利用的大背景下,能源互联网应运而生,其核心在于构建一个高度智能化、网络化的能源系统。在这一系统中,分布式能源(DER)作为一种新型的能源供应方式,以其灵活性强、环境污染小、投资成本低等优势,在我国能源结构中的比重逐年上升^[1]。

分布式能源的广泛应用,不仅有助于优化能源结构、提高能源利用效率,还能有效缓解电力系统的供需矛盾,提升电网的运行效率和可靠性。同时,分布式能源的接入也带来了一系列挑战。不停电结合设备作为一种创新的电力电子装置,被广泛应用于分布式能源接入领域,旨在提高分布式能源接入电网的可靠性和经济性。不停电结合设备通过集成储能系统、电力电子变换器、智能控制系统等关键部

件,能够在分布式能源与电网之间实现高效、稳定的能量流动,确保在分布式能源接入、运行、故障处理等各个环节中,电网的供电连续性和电能质量不受影响。

2 不停电结合设备的关键技术

2.1 设备原理

储能装置作为UPC系统的核心,承担着储存过剩电能并在电网负荷高峰期或分布式能源输出不足时释放能量的重要职责。通常采用锂电池、铅酸电池、超级电容等电化学储能介质,或飞轮、压缩空气等物理储能方式^[2]。在设计储能装置时,综合考虑能量密度、功率密度、循环寿命、成本 and 安全性等多方面因素。储能容量的计算公式为:

$$E = P \times t \quad (1)$$

式(1)中: E 是储能容量(Wh), P 是功率(W), t 是时间(h)。逆变器作为关键电力电子设备,不仅负责将储能装置的直流电转换为交流电,还实现能量的双向流动,并集成过压保护、过流保护、短路保护等多种保护功能,确保系统安全可靠运行。逆变器具备高效率、低谐波含量和快速动态响应等特点。控制器则是UPC系统的大脑,通过微处理器或可编程逻辑控制器(PLC)实现对整个系统的运行控制和管理。它实时监测和分析电网参数、分布式能源输出特性和储能装置状态等信息,其控制算法具有高度的可扩展性和适应性,能够应对各种运行场景。

2.2 控制策略

在应对不断变化的电力需求与保障电网稳定运行方面,统一电能控制(UPC)系统采用了多种智能控制策略。实时负荷跟踪模式确保电网供电的稳定性和电能质量,其工作原理是通过控制器实时调整逆变器输出,以跟踪负荷需求。逆变器输出功率的调节遵循公式:

$$P_{out} = K_p \times e + K_i \times \int e dt \tag{2}$$

式(2)中: P_{out} 代表逆变器输出功率, e 为负荷跟踪误差,而 K_p 和 K_i 分别是比例和积分控制系数。在电网负荷高峰期或遭遇故障时,UPC迅速切换至电网支持模式,利用储能装置释放能量,为电网提供必要的辅助支持。分布式能源优化利用模式则根据分布式能源的发电情况和电网状态,通过智能控制策略优化能源分配,提升系统整体效率^[3]。UPC还具备自身维护模式,能够在运行过程中自动进行故障预测和维护,确保系统的长期稳定运行。这些控制策略的实现,依赖于模型预测控制(MPC)、模糊逻辑控制、神经网络控制等先进算法,共同提升UPC的动态响应速度和系统稳定性。表1展示不同控制策略下的系统响应时间和电能质量指标。

表1 不同控制策略下的系统响应时间和电能质量指标对比

控制策略	响应时间 /ms	电压波动 /%	频率偏差 /%
实时负荷跟踪模式	20	0.5	0.1
电网支持模式	15	0.3	0.05
分布式能源优化利用模式	25	0.7	0.2

2.3 故障处理

UPC的故障处理机制在保障电网可靠性方面发挥着至关重要的作用,其能力体现在不停电的情况

下高效处理设备故障。该机制包括故障检测环节通过实时监测电网参数和设备状态,迅速识别电压波动、频率偏差、电流异常等异常情况;故障隔离环节在检测到故障后立即启动,切断故障点与电网的连接,防止故障蔓延,确保电网其他部分的安全运行;故障恢复环节在隔离故障后,UPC能够自动或手动切换至备用运行模式,利用储能装置和分布式能源快速恢复供电,大幅缩短停电时间^[4]。UPC的故障处理系统还具备数据记录和分析功能,便于故障原因分析和系统优化。通过这一系列措施,UPC确保分布式能源接入过程中电网的稳定性和可靠性。

2.4 设备集成与模块化设计

不停电结合设备(UPC)的核心优势在于其集成化设计与模块化构造。集成化设计方面,UPC展示了多能互补集成的先进理念,它融合光伏、风电、储能等多种能源输入接口,不仅显著提升系统的能源利用效率,还增强供电的可靠性。UPC内置了高效能量转换模块,确保电能之间的高效转换,大幅削减能量损耗。集成智能管理系统使得UPC能够对设备状态进行实时监控、故障诊断和远程控制,极大提高系统的智能化程度。在模块化设计方面,UPC将功能单元如储能、逆变、控制等模块化,便于快速响应不同需求,进行配置与调整。这种设计赋予UPC卓越的扩展性,轻松适应系统规模的扩张与功能升级。模块化设计也简化了维护过程,通过更换故障模块,减少维护成本和停机时间,确保设备高效运行^[5]。

3 不停电结合设备在分布式能源接入中的应用创新

3.1 新型接入方式

本文提出了一种创新的分布式能源接入方案,基于模块化设计理念,通过不停电结合设备(UPC)实现分布式能源(DER)与电网的无缝对接。该方案的核心预测模型可表示为公式:

$$P_{t+1} = f(P_t, P_{t-1}, \dots, P_{t-n}) \tag{3}$$

式(3)中: P_{t+1} 代表下一时刻的功率预测,而 $P_t, P_{t-1}, \dots, P_{t-n}$ 则是历史功率数据。模块化设计将UPC划分为储能模块、逆变模块、控制模块等多个功能单元,每个单元均可独立运作和升级,便于针对不同分布式能源特性和电网需求进行快速配置与调整。采用即插即用技术,DER能够迅速接入UPC,省

去了烦琐的调试过程,显著提升了系统的灵活性和可扩展性。UPC 的自适应接口设计兼容了各类 DER,无论是光伏发电、风力发电还是燃料电池,均能实现高效接入,展现多源接入的兼容性和通用性。

3.2 优化运行策略

针对分布式能源的波动性和间歇性特点,本文提出一种基于预测控制的运行优化策略,旨在实现 UPC(不确定性处理中心)与 DER(分布式能源资源)的高效协同。该策略的核心在于构建了一个预测模型,并通过模型预测控制(MPC)算法对 UPC 的储能充放电策略和逆变器工作模式进行优化。预测控制算法的成本函数可表示为:

$$J = \min_{u_i} \sum_{k=1}^{N_p} (x_{t+k|t} - x_{ref})^T Q (x_{t+k|t} - x_{ref}) + u_i^T R u_i \quad (4)$$

式(4)中: J 代表成本函数, u_i 为控制输入序列, $x_{t+k|t}$ 是预测状态, x_{ref} 是参考状态, Q 和 R 分别为权重矩阵。在此基础上,利用历史数据和机器学习算法建立 DER 的输出预测模型,以准确预测其短期内的发电量和波动情况。策略还包括一个动态调整机制,根据实时电网状态和 DER 的实际输出,实时调整 UPC 的运行参数,确保系统始终处于最优运行状态,从而实现 DER 输出与电网负荷的最佳匹配。表 2 展示预测控制算法在不同场景下的优化效果。

表2 预测控制算法在不同场景下的优化效果对比

场景	优化前电能 损耗/%	优化后电能 损耗/%	优化效果 提升/%
负荷高峰期	8	5	37.5
分布式能源波动	10	6	40
故障处理期间	15	9	40

3.3 智能监控技术

为确保分布式能源接入过程中 UPC 的稳定运行,本文创新性地运用物联网和大数据技术,构建一套智能监控体系。该体系通过部署传感器和通信设备,建立了 UPC 物联网监控平台,实现设备状态的远程监测和数据实时传输。在此基础上,收集并分析 UPC 的运行数据,运用大数据分析技术对设备性能、能耗及故障等进行深入挖掘,为运行维护提供有力的决策支持。基于数据分析结果,成功建立预警系统和故障诊断模型,能够及时预判潜在问题和故障征兆,从而提前采取措施,有效避免或减少停机时间,确保 UPC 的高效稳定运行。

3.4 社会经济效益分析

不停电结合设备(UPC)在分布式能源接入领域的应用,不仅体现技术层面的创新,更带来显著的社会经济效益。UPC 的应用有效节省电网投资,其能够实现分布式能源与电网的无缝对接,避免电网企业为应对负荷波动而进行的大规模改造,从而节约大量资金。UPC 通过优化运行策略,提高了能源利用率,减少了能源浪费,为企业降低用电成本,提升经济效益。UPC 的研究、开发、生产和维护过程,促进相关产业链的发展,创造众多就业机会,推动新能源产业的快速发展。UPC 的应用有助于提升清洁能源利用率,减少化石能源消耗,降低污染物排放,为环境保护作出积极贡献。这些效益共同体现 UPC 在分布式能源接入中的重要作用。

4 结语

不停电结合设备在分布式能源接入领域的关键技术与应用创新,为我国能源互联网的建设提供了重要支撑。该设备通过集成储能系统、电力电子变换器、智能控制系统等部件,有效提高了分布式能源接入电网的可靠性和经济性。新型接入方式、优化运行策略及智能监控技术的应用,进一步提升了系统的灵活性和稳定性,确保了电网在分布式能源接入过程中的不间断供电。未来随着技术的不断进步和应用的深入推广,不停电结合设备将在促进分布式能源健康发展、实现能源结构优化和保障电力系统安全运行方面发挥更加重要的作用。

参考文献

[1] 马啸远, 孟中强, 姚天亮, 等. 分布式能源储能技术及关键技术研究[J]. 自动化与仪表, 2022, 37 (5): 94-98.
[2] 杨涛. 站端设备多场景接入下的可信保障机制研究与验证[D]. 华北电力大学, 华北电力大学(保定), 2022.
[3] 张婷. 基于设备动态故障率的配电网可靠性计算[D]. 北京: 华北电力大学, 华北电力大学(北京), 2022.
[4] 卢欣辰, 林莉, 叶华, 等. 分布式能源信息接入关键技术研究[J]. 电力设备管理, 2023 (18): 121-123.
[5] 何涛. 适用于分布式能源交易场景的区块链关键算法与技术研究[D]. 四川: 电子科技大学, 2020.