

电力工程技术在分布式能源系统中的集成与管理

李翔宇

内蒙古电投新能源生态建设有限责任公司 内蒙古自治区通辽市 028000

摘要: 分布式能源系统作为现代电力工程体系的重要组成,其灵活调度机制、高效转化能力与环境友好特性,让其在提升能源综合利用效率、优化电力供给结构、降低碳排放强度等方面具备不可替代的战略价值。然而,该系统的集成运营要突破能源供给协同性、储能动态调配精度、智能控制算法适配性及并网安全冗余度等多重技术关卡,只有建立科学适配的系统集成框架,才能从根本上保障能源供给的稳定性,并实现运行效率的实质性提升与全周期成本的精细化管控。

关键词: 电力工程技术;分布式;能源系统;管理

全球能源消耗的持续走高与生态保护理念的逐渐深入,让对传统化石能源的过度依赖引发的环境破坏和气候失调问题越发显著,成为阻碍可持续发展的核心桎梏。在这样的环境下,分布式能源以其清洁低碳、高效转化、可持续供给的鲜明特性,作为一种创新性的能源供应模式,正迅速成为电力工程领域的研究核心。将多种分布式能源形式进行整合,且融入智能电网技术与先进的能量管理系统,不仅能实现能源的精准优化配置和高效梯级利用,更能从系统方面增强电力系统的稳定性与可靠性,为能源结构的转型提供坚实的技术支持。

1. 分布式能源系统的基本特点与应用价值

分布式能源供给是一种去中心化的能量产生和供给方式,包括光伏、风电、生物能和燃料电池等。相较于传统的集中式能量管理模式,该模式具有更强的灵活性和适应能力,能根据客户的需求进行灵活配置,减少对大电网的依赖性,提高供电安全、可靠性。不仅如此,这一体系还可以根据不同区域的资源条件,因地制宜地选择适合自己的能源,让其能就地使用,从而有效提高能源供给的多样化和可持续发展。

众所周知,分布式能量管理在电力工程中具有不可低估的价值,首先,可以在输电和配电环节中,有效地降低损失,提高能量的使用效率。在通常情况下,传统的电网一般都是由离负荷中心较远的发电厂向用户供电,而分布式能源系统可以实现就地发电、就地消纳,有效减少远距离传输所产生的电能损失,提高整个能源利用率。其次,有利于提升我国能源安全水平,减少对常规化石能源的过度依赖,提升

电网抵御风险的水平。多能互补和优化,可以保证供电的稳定,缓解极端天气和突发事件对电网的冲击,增强系统的抗冲击能力。这一研究成果将为我国实现碳中和和碳减排提供重要支撑。在政策驱动和科技进步的共同推动下,分布式能量管理将成为未来电网发展的重要环节,对世界能源结构的低碳和绿色化发展具有积极意义。

2. 分布式能源系统集成的关键技术

2.1 多能源协同并网技术

多能源协同并网技术的关键在于解决分布式能源平滑接入电网的问题,以电力电子变换器为核心设备,实现不同能源形式的电能转换及标准化输出,从而大幅度削弱并网时的冲击效应。进一步来看,通过采用虚拟同步机技术等先进并网控制策略,模拟同步发电机的运行特征,能增强分布式能源系统与电网动态响应的一致性,提升并网稳定性,为风能、太阳能、储能等多种能源协同接入电网奠定基础。

2.2 能量转换与存储技术

能量转换技术的目标是实现不同能源形式的高效转化,如,光伏逆变器可以将直流电精准转为交流电,燃料电池发电系统能高效完成化学能到电能的转化。储能技术则是分布式能源集成的核心,锂电池、飞轮储能等设备能将富余电能有效储存,在能源供应短缺时释放,以此来平抑分布式能源固有的波动性,提高能源供应的连续性与可靠性,最终达成能源供需的平衡。

2.3 智能监控与通信技术

智能监控技术将传感器网络作为感知前端,全面捕捉分布式能源设备的实时运行参数以及能源生产与消耗的动

态供需信息,构建覆盖能源生产、传输、存储及消费全流程的状态监测体系。在数据流转环节,凭借物联网的广泛连接能力与5G技术的高速传输优势,实现大量监测数据的低延迟交互和跨节点共享,在此基础上搭建的集中式监控中枢,能让系统运维人员实时掌握分布式能源网络的整体运行状况^[1]。另外,数据可视化技术能将抽象的能源流动途径与设备运行工况转化为直观易懂的动态图表,为能源调度策略的制定提供精准的数据支撑,这不仅能增强系统监控的实时响应能力,还可以提升决策环节的科学性与前瞻性,确保分布式能源系统始终处于高效、可控的运行状态。

2.4 分布式能源集成的技术挑战

分布式能源集成面临的难题是电网适应性不足。其输出具有天然的间歇性与波动性,这种非稳定电力注入容易引发电网电压剧烈波动、频率偏离额定值,并改变潮流分布规律。由于传统电网架构及控制策略在设计时未纳入这类变量,导致适配性不足,直接对电网安全稳定运行构成潜在风险。更进一步来看,当高比例分布式能源接入时,配电网的保护装置与通信协议必须同步升级,只有通过技术迭代,才能在双向功率流动的复杂场景下实现故障的快速定位与隔离,为电网可靠运行提供保障。

储能技术的不足构成分布式能源集成的重要制约。当前,储能系统在能量密度、循环寿命与响应速度等指标上存在明显局限,很难满足分布式能源运行中高频次、大容量的能量缓冲需求,这会直接限制分布式能源的高效利用与输出稳定性。另外,储能系统居高不下的初始投入、持续的运维成本,以及运行中潜藏的安全风险(如,电池过热、短路等),进一步阻碍其在分布式场景中的规模化应用。分布式能源集成中的通信与数据安全挑战同样不容忽视,大量设备接入电网对通信网络的带宽与时延提出严苛的要求,但现有通信协议兼容性欠佳,容易造成信息传输延迟或丢失,从而影响系统的实时监控与调度效率,对分布式能源系统的协同运行形成一定阻碍。

3. 电力工程技术在分布式能源系统中的集成与管理策略

3.1 智能管理

物联网技术的有效渗透,从根本上提升了分布式能源系统的可视化管理效率。通过传感器与数据采集终端搭建的全域感知网络,能对能源系统运行实施毫秒级实时监测,采集的多维数据经云计算平台进行智能分析与优化调度,能

有效增强能源管理的精准度与响应能力,为系统高效运行奠定感知基础。大数据技术为分布式能源管理提供支持,利用对系统历史运行数据的挖掘与多元趋势的研判,可以精准捕捉负荷变化的内在规律,为能源调度策略的优化提供科学的数据依据,从而推动系统整体运行效率实现质的提升^[2]。

人工智能技术的融合应用,让分布式能源系统具备自主进化的能力,能基于大量历史数据与实时运行参数进行深度学习,自主优化能源分配策略,实现能源利用效率的极致化,让系统从被动调控转向主动适应。而区块链技术的融入,为分布式能源交易与管理构建创新模式。依托去中心化的底层架构,区块链可以确保能源交易全流程的透明可溯、公平公正与安全可靠,有效增强系统的经济活力与市场竞争力。而智能合约技术作为其重要补充,能实现能源交易的全自动执行,进一步精简中间环节,提升交易的效率与确定性。

3.2 优化储能系统

储能系统是化解分布式能源系统能源供应间歇性与波动性问题的主要依托,要达成其高效应用,应从配置与运行策略两方面入手优化,第一,要根据分布式能源系统的规模、能源特性及负荷需求,科学选取储能系统类型——如,锂电池储能、铅酸电池储能、抽水蓄能等,并合理规划其容量。第二,制定精细化的充放电策略,在能源供应过剩时进行充电,在能源供应不足时进行放电,借此平抑分布式能源的输出功率波动,最终实现能源利用效率的提高与系统稳定性的强化。

3.3 多微电网互联

多微网互联是一种新型的分布式电源接入方式,通过互联互通,让多个独立微网之间的电能和信息能有效地进行互动,形成更大规模、更完善的电网系统。而这种方式能将分散的分布式能源和储能资源进行有效整合,形成一个整体的协同工作,在提高系统总体容量的同时,提高供电的可靠性,减小单个微网的失效对整个电网的冲击。不仅如此,不同类型微网在自然能源禀赋与负载特性上的差异,并非运行不足,反而构成资源互补的天然条件。通过构建高效的资源共享机制与协同运行模式,既能突破地理空间的阻隔,实现能源的跨区域优化配置,又能在整合分散能源资源的过程中,增强整体电网的柔性调节能力与稳定运行水平^[3]。

3.4 偏远地区与离网场景

在边远或非电网环境下,分布式电源具有独一无二的

优点,也具有无可替代的应用价值。由于地理位置等因素的影响,该地区的电网覆盖普遍比较弱,传统的供电方式不但造价昂贵,运行维护费用高,而且供电稳定性差,很难满足居民生活和工业发展对电力的需要。而分布式能源,例如,太阳能电池板,小型风力发电机等,则可以根据当地的天然资源进行灵活配置。在阳光充足的时候,太阳能电池板能有效地将太阳能转换为电能,而风力发电机则能在风资源丰富时,将其发电效率最大化。当安装储能设备以后,可以在白天储存多余的电能,在无风的情况,或在夜晚和无风的情况下,能有效地保证供电的稳定性。这样一个分散式的能量供应体系,既可以提高人们的生活质量,又方便地使用各种电子产品,还有助于带动地方特色产业的发展,促进地方经济的发展。

3.5 打造智能监控与运维平台

以物联网技术为核心,构建全面覆盖的传感器网络,通过在重要节点部署感知设备,实时捕获分布式能源设备的运行参数、能源生产及消耗的数据,形成对系统运行状态的全面感知体系。利用5G通信技术的高速率与低时延优势,实现大量监测信息在各节点之间的高效传输与共享,为后续数据处理环节奠定基础。在此基础上,融合大数据分析算法与可视化技术搭建集中监控中枢,将抽象的能源流动途径与设备运行工况转化为可交互的图表,直观呈现系统整体运行态势,为调度人员提供精准的数据支持,从而提升决策效率^[4]。不仅如此,引入人工智能技术,基于历史运维数据进行深度学习,构建精准的设备故障预测模型,实现潜在故障的提前预警与自主诊断,并通过与自动化运维设备的智能联动,高效完成巡检、故障排除等基础检修作业,更在大幅降低人工干预成本的基础上,提升系统运维的效率、精准度与响应速度,确保分布式能源系统始终处于持续稳定的运行状态。

3.6 完善配电网升级与保护机制

高比例分布式能源接入催生的双向功率流动特性,给配电网安全运行带来新的挑战,对此,要从技术升级与机制优化角度构建全面防护体系。在保护装置方面,推动传统设备向智能化迭代,引入自适应继电保护技术,让其实时捕捉电网电压、电流等运行参数的变化情况,自动调节保护定值与动作阈值,从而在功率流向频繁切换的复杂场景中,既能快速响应故障,又有效避免误动作,为电网安全筑牢首道防

线^[5]。而通信支撑层面,同步对现有协议进行重构优化,打造兼具高带宽、低时延与强抗干扰能力的信息交互网络,确保故障信号从监测点到控制中心的传输过程实现零丢包、无延迟,为故障分析与决策提供实时且可靠的数据支撑。故障处置环节,通过部署智能定位系统并融合拓扑分析算法,利用多源数据交叉验证实现故障点的厘米级精准定位,并联系智能隔离装置完成故障区域的毫秒级隔离,从源头上遏制故障扩散风险,保障非故障区域的正常供电。另外,建立配电网耐受能力评估机制,再结合分布式能源接入规模的增长趋势,定期开展极限工况测试,依据测试结果优化网络拓扑结构、增设柔性调节设备,增强配电网在多能源协同、负荷波动等复杂工况下的抗扰动能力,为电力系统的安全稳定运行提供保障。

4. 结束语

总之,电力工程技术在分布式能源系统的集成与管理中,始终占据重要的地位。从多能源协同并网的技术攻坚,到智能监控、储能优化等管理策略的实施,再到配电网升级与保护机制的系统完善,技术创新与机制创新的融合,不仅成功破解分布式能源与生俱来的间歇性、波动性难题,更推动能源利用效率实现的提升,也保障系统运行稳定性增强。这一进程既能完成分布式能源从分散布局到高效协同的重要跨越,也为能源结构转型与可持续发展提供支持。

参考文献:

- [1] 廖钰洲,谭千里.通信电源技术在电力调度厂站自动化系统中的集成与调试方案研究[J].通信电源技术,2025,42(08):80-82.
- [2] 鞠益宏.分布式能源在智能电网中的集成技术与实现路径[J].电力设备管理,2024,(21):176-178.
- [3] 司松平.分布式能源与微电网技术在输配电系统中的应用[J].内江科技,2024,45(10):23-24+8.
- [4] 李万金.新能源发电技术在电力系统中的应用与挑战[J].美食,2024,(19):162-163.
- [5] 刘尧,石经纬.电力系统中的可再生能源集成与管理技术研究[J].电力设备管理,2024,(10):122-124.

作者简介:姓名:李翔宇,出生年月:1991-01-14,性别:男,民族:汉,籍贯:内蒙古赤峰市,学历:本科,职称:工程师,工作领域:电力工程技术