

西北市级地区分布式能源接入下电力工程配电网重构策略研究

谢凯 李柯良*

国网金昌供电公司 甘肃金昌 737100

摘要: 本论文聚焦西北市级地区, 深入探究分布式能源接入背景下电力工程配电网的重构策略。西北市级地区分布式能源资源丰富, 随着其大量接入, 配电网在运行特性、规划与控制等方面面临诸多挑战。文章阐述了该地区分布式能源的发展现状, 分析接入后对配电网的影响, 进而从优化规划、运行控制、储能应用、技术创新等维度提出针对性重构策略, 并结合实际案例论证策略的有效性, 旨在提升西北市级地区配电网对分布式能源的接纳能力与运行效益, 推动区域电力系统可持续发展。

关键词: 西北市级地区; 分布式能源; 配电网重构; 电力工程

引言

随着全球能源转型和可持续发展的趋势, 分布式能源因其清洁、高效和灵活性, 在电力系统中变得越来越重要。西北市级地区拥有丰富的风能、太阳能和水能资源, 适合大规模发展分布式能源。尽管技术进步和政策支持促进了分布式能源装机规模的快速增长, 但其间歇性、波动性和分散性特点给传统配电网带来了挑战, 包括电压波动、网损增加和配电网规划难度等问题^[1]。因此, 研究适配西北市级地区分布式能源接入的配电网重构策略, 对于提升配电网对分布式能源的消纳能力、保障配电网安全稳定经济运行、促进区域能源可持续发展具有极为重要的现实意义。

1. 西北市级地区分布式能源发展现状

1.1 资源分布特性

西北市级地区地域辽阔, 风能资源主要集中在河西走廊、新疆北部等区域, 这些地区地势平坦开阔, 常年风力强劲且稳定, 具备建设大型风电场的良好条件。例如, 甘肃酒泉的瓜州县, 因风能资源丰富被称为“世界风库”, 其风能储量超过 4000 万千瓦。太阳能资源则在整个西北市级地区普遍丰富, 尤其是青海、宁夏等地, 年日照时数长, 太阳辐射强度高, 荒漠、戈壁等未利用土地面积广阔, 为大规模光伏发电提供了充足的场地资源。水能资源主要分布于黄河上游、新疆伊犁河等流域, 河流落差大、水量充沛, 水电开发潜力巨大。

1.2 装机规模与增长趋势

近年来, 西北市级地区分布式能源装机规模呈现迅猛

增长态势。以甘肃省为例, 截至 2023 年底, 全省分布式光伏发电装机容量达到 800 万千瓦, 较上一年增长 30%。风电装机容量突破 3000 万千瓦, 增长率达 15%。新疆地区的分布式能源发展同样势头强劲, 风电和光伏装机容量持续攀升, 在能源结构中的占比不断提高。随着技术进步与成本降低, 以及国家和地方对新能源发展的政策支持力度加大, 预计未来几年西北市级地区分布式能源装机规模将继续保持高速增长。

2. 分布式能源接入对西北市级地区配电网的影响

2.1 电压问题

当分布式能源系统接入配电网之后, 电网中的潮流分布会经历显著的变化。具体来说, 如果分布式电源的发电量较大, 但与实际负荷需求不相匹配, 这可能会导致一些节点的电压水平升高, 甚至超出规定的安全范围。举个例子, 在阳光充足的白天, 分布式光伏系统会大量发电, 如果附近的负荷无法完全消耗掉这些多余的电能, 那么这些多余的电能就会被倒送回电网中, 这可能会引起电网线路末端的电压上升。相反, 在分布式能源发电量不足或者在用电高峰时段, 可能会出现电压降低的问题, 这将对用户端的用电设备的正常运行造成影响^[2]。

2.2 网损变化

分布式能源接入对配电网网损的影响是非常复杂的问题。一方面, 如果分布式电源能够合理分布, 并且保持稳定的出力, 那么它们可以在一定程度上减少功率传输的距离, 从而降低网损。这是因为较短的传输距离意味着电能能在传输

过程中损耗的能量会减少。然而,另一方面,由于分布式能源出力的随机性与波动性,这可能导致配电网中的潮流频繁变化,使得部分线路出现过载现象,反而有可能增加网损。此外,如果分布式能源接入的位置不合理,可能会引发功率环流,这将进一步增大网损。功率环流指电力系统中电流循环流动,非直接从电源至负载,导致系统损耗增加,电能质量下降。

2.3 继电保护与可靠性

随着分布式能源接入配电网,技术人员观察到配电网的故障电流大小和分布路径发生了显著变化。在传统配电网中,继电保护装置是根据单电源辐射状网络的特性进行整定和配置的。然而,当分布式电源如太阳能、风能等接入后,故障情况下可能会出现多个短路电流源,这将导致继电保护装置出现误动作或拒动作的情况,从而对配电网的可靠性和安全性造成负面影响。此外,分布式能源的间歇性和波动性特点,可能会增加供电中断的风险,进一步降低了配电网对用户的供电可靠性。

2.4 配电网规划难度

分布式能源的并网使得配电网的规划工作遭遇了更多的变数。由于分布式能源的建设与并网过程具有随机性和不可预见性,准确预测其并网的具体位置、规模以及发电特性变得异常困难。这些不可控因素给传统配电网规划中的负荷预测、电源布局以及电网结构的优化带来了巨大的挑战。面对分布式能源并网的新挑战,需开发新配电网规划理念和方法,满足并网需求,确保电网稳定高效。

3. 西北市级地区配电网重构策略

3.1 优化配电网规划

3.1.1 考虑分布式能源的负荷预测

运用先进的负荷预测技术,考虑分布式能源对负荷特性的影响。例如,采用多变量动态建模技术。在分析历史负荷数据时,深入挖掘时间序列特征,包括周期性、趋势性和突变规律。同时,收集包括温度、湿度、光照强度、风速等在内的气象数据,因为它们与负荷变化密切相关。例如,夏季高温会增加空调负荷,冬季寒冷则提升供暖负荷。分布式能源发电数据,如光伏、风电和小型水电的实时与历史发电数据,也非常重要。结合这些多源信息,使用机器学习算法,如神经网络和支持向量机,构建更精确的负荷预测模型。通过分析历史数据和分布式能源发电数据,预测不同天气下的

负荷需求和能源出力,为配电网规划提供坚实依据^[3]。

3.1.2 分布式能源与配电网协同规划

在配电网规划过程中,将分布式能源纳入统一规划体系,实现两者的协同发展。根据西北市级地区分布式能源资源分布特点、负荷分布情况以及电网结构,合理确定分布式能源的接入位置与容量。运用优化算法,如遗传算法、粒子群优化算法等,以配电网建设与运行成本最小、网损最低、电压质量最优等为目标函数,对分布式能源布局与配电网网架结构进行联合优化。例如,在负荷集中且靠近分布式能源资源丰富区域,优先规划分布式电源接入,并合理调整配电网线路布局,减少功率传输损耗。

3.2 运行控制策略

3.2.1 分布式能源集群控制

针对西北市级地区分布式能源分布较为分散的特点,采用分布式能源集群控制技术。将地理位置相近、类型相似的分布式能源组成集群,通过集群控制器对集群内分布式能源进行统一管理 with 协调控制。根据配电网运行状态与负荷需求,优化集群内分布式能源的出力分配,实现功率的灵活调节,减少分布式能源出力波动对配电网的影响。例如,在风电集群中,通过集群控制器根据风速、风向以及电网负荷情况,调整各风机的发电功率,使风电集群输出功率更加稳定^[4]。

3.2.2 电压无功优化控制

建立基于分布式能源接入的电压无功优化控制模型,综合考虑分布式电源、电容器、有载调压变压器等设备的调节作用。运用智能优化算法,如内点法、改进粒子群算法等,以配电网电压偏差最小、无功补偿设备投切次数最少为目标,优化控制设备的调节策略。例如,当配电网节点电压过高时,优先调节分布式电源的无功出力进行补偿,若仍无法满足电压要求,再投入电容器或调节有载调压变压器分接头。

3.3 储能系统应用

3.3.1 储能配置优化

根据西北市级地区分布式能源出力特性与配电网负荷需求,优化储能系统的配置方案。运用数学模型与优化算法,确定储能系统的最佳接入位置、容量与类型。例如,在分布式光伏接入集中且负荷波动较大的区域,配置适当容量的锂电池储能系统,利用储能在光伏大发时段储存电能,在负荷高峰或光伏出力不足时释放电能,平抑功率波动,提高配电

网稳定性^[5]。

3.3.2 储能与分布式能源协同运行

制定储能与分布式能源协同运行策略,实现两者的优势互补。根据分布式能源出力预测与配电网负荷预测,合理安排储能的充放电计划。当分布式能源出力大于负荷需求时,储能充电。当分布式能源出力不足或负荷高峰时,储能放电。同时,通过实时监测配电网运行状态,动态调整储能充放电策略,保障配电网安全稳定运行。

3.4 技术创新与升级

3.4.1 智能配电网技术应用

大力推进智能配电网技术在西北市级地区的应用,提升配电网的智能化水平。建设智能变电站、智能开关站等智能设备,实现对配电网运行状态的实时监测与智能控制。运用物联网技术,将配电网中的设备连接成网,实现数据的快速采集与传输。通过大数据分析技术,对海量电力数据进行挖掘与分析,为配电网运行决策提供支持。例如,利用智能电表实时采集用户用电数据,通过大数据分析了解用户用电行为模式,为负荷预测与需求响应提供依据。

3.4.2 电力电子技术发展

加强电力电子技术在分布式能源接入与配电网控制中的应用研究与发展。采用先进的电力电子变换器,如光伏逆变器、风电变流器等,提高分布式能源的电能质量与接入稳定性。研究应用柔性交流输电技术(FACTS)和定制电力技术(CP),对配电网潮流进行灵活控制,改善配电网电压质量,增强配电网对分布式能源的接纳能力。例如,在配电网中安装静止无功补偿器(SVC),快速调节无功功率,稳定电压。

4. 案例分析

4.1 兰州市配电网重构实践

兰州市作为西北市级地区的典型城市,在分布式能源接入背景下积极开展配电网重构工作。经过对分布式能源和负荷分布的调研,结合负荷预测模型和能源特性,优化了配电网规划。在光伏和风电集中区域,合理布局变电站和线路,减少功率传输距离。建设了多个分布式能源集群,并通过集群控制技术进行统一管理。在一些区域配置了储能系统,以有效减少分布式能源出力的波动。此外,大力推进智能配电网建设,安装智能电表、智能开关等设备,实现了对配电网运行状态的实时监测与智能控制。

4.2 实践效果评估

经过一系列配电网重构策略的实施,兰州市配电网取得了显著成效,电压合格率从原来的95%提升至98%以上,有效解决了分布式能源接入导致的电压波动与越限问题。网损降低了15%左右,提高了配电网的运行经济性。供电可靠性大幅提升,用户平均停电时间缩短了30%,增强了配电网对用户的供电保障能力。例如兰州市榆中县马坡乡哈班岔村建成了国内首个高海拔低压交直流柔性混联智慧微电网,通过配置100千瓦/300千瓦时储能电池箱和交直流互联装置,实现了分布式光伏的统一管理与功率互济,分布式能源消纳能力显著提高,弃风、弃光现象得到有效缓解,促进了区域能源的可持续发展。

5. 结论

本论文研究了西北市级地区分布式能源接入下电力工程配电网的问题,并提出了配电网重构策略。通过优化规划,考虑负荷预测与协同规划,提升了配电网布局合理性及对分布式能源的接纳能力。运行控制策略上,采用集群控制与电压无功优化,应对了功率波动与电压问题。储能系统的合理配置增强了稳定性。技术创新,如智能配电网技术,提升了智能化水平与适应能力。未来需深入研究配电网重构策略,推动电力系统向清洁、高效、可靠方向发展。

参考文献:

- [1] 何若太,张晓燕,张航,等.计及分布式电源的配电网电压稳定性风险辨识方法研究[J].可再生能源,2020,38(5):685-689.
- [2] 刘昌界,祖桂英,马光辉.分布式电源接入配电网的综合效益分析及扩展规划[J].电工技术,2020,(16):33-34+72.
- [3] 肖旭东,白倩.分布式发电对配电网继电保护协调性的影响[J].电力设备管理,2025(1):70-72.
- [4] 邓力川,吴浩,李小鹏.含分布式电源的配电网故障选线与定位方法研究综述[J].东北电力技术,2024,45(10):34-39.
- [5] 何昕怡.优化分布式电源建设推广路径[N].上海证券报,2025-03-09(007).

作者简介:

谢凯(1993—),男,汉族,中国甘肃省金昌市,大学本科,工程师。

通讯作者:李柯良(1990—),男,汉族,中国甘肃省金昌市,硕士研究生,工程师。