

分布式电源优化配置及其对电能质量的影响分析

陈靓靓¹ 梅海东² 吴曦琛³

1. 浙江中博电联企业管理服务有限公司云和分公司 323000;

2. 丽水宏盛电力有限公司 323000; 3. 浙江五路电力器材有限公司 323000

DOI: 10.12238/ems.v7i3.12263

[摘要] 随着全球对清洁能源的需求不断增长,风电、光伏等分布式电源在电力系统中的应用日益广泛。本文深入探讨了分布式电源的优化配置方法,并详细分析了其接入对电能质量的影响。首先介绍了分布式电源的类型及特点,接着阐述了优化配置的目标与常用方法。然后从电压偏差、谐波、电压波动与闪变等方面分析了分布式电源对电能质量的具体影响。通过理论分析与实际案例相结合,旨在为分布式电源的合理规划与应用提供参考,以促进电力系统的可持续发展。

[关键词] 分布式电源优化配置; 电能质量; 影响分析

引言

传统化石能源的有限性以及环境问题的日益突出,促使各国积极寻求可再生清洁能源来替代传统能源。风电和光伏作为典型的分布式电源,具有资源丰富、分布广泛、对环境友好等优点,在电力系统中的占比逐渐增加。然而,分布式电源的大规模接入也给电力系统带来了诸多挑战,其中电能质量问题尤为关键。合理的分布式电源优化配置能够在充分利用清洁能源的同时,有效降低对电能质量的负面影响,保障电力系统安全稳定运行。因此,研究分布式电源的优化配置及其对电能质量的影响具有重要的现实意义。

1 分布式电源概述

(一) 分布式电源类型

风力发电

风力发电作为一种重要的分布式电源形式,其原理是巧妙地将自然界中蕴含的风能转化为可供人类使用的电能。风力发电机组是实现这一能量转换的核心设备,它主要由多个关键部分协同工作。风轮作为捕捉风能的“先锋”,其设计精妙,叶片形状和布局经过精心考量,能够最大程度地吸收风能,带动整个机组运转。齿轮箱则起到增速的作用,将风轮的低速旋转转化为适合发电机发电的高速旋转,确保发电效率。发电机是产生电能的关键部件,依据电磁感应原理,将机械能转化为电能。而控制器犹如机组的“大脑”,实时监测和调控各个部件的运行状态,确保机组在各种复杂的气象条件下都能稳定、高效地运行。根据风电机组的运行方式,风力发电可分为恒速恒频和变速恒频两种类型。恒速恒频风电机组结构相对简单,运行稳定,但对风速变化的适应性较差。变速恒频风电机组则能够根据风速的变化灵活调整风轮转速,更好地捕获风能,提高发电效率,并且在电能质量方面表现更优。风力发电拥有诸多令人瞩目的优点。首先,风能资源在地球上极为丰富,取之不尽、用之不竭,是大自然赋予人类的宝贵能源财富。其次,风力发电过程不产生温室气体排放,对环境无污染,是一种绿色环保的能源生产方式。然而,风力发电也面临一些挑战。风能本身具有显著的间歇性和随机性,风速和风向时刻处于变化之中,这直接导致风力发电的输出功率不稳定,难以精确预测和控制,给电力系统的稳定运行带来了一定难度。

光伏发电

光伏发电是基于半导体独特的光生伏特效应,实现太阳能到电能的神奇转换。当太阳光照射到半导体材料上时,光子的能量被吸收,激发电子产生定向移动,从而形成电流,实现了光能到电能的直接转化。常见的光伏发电系统主要分为集中式和分布式两种。集中式光伏发电规模宏大,通常选址在太阳能资源得天独厚的地区,如广袤的沙漠、戈壁等地。这些地区阳光充足,日照时间长,能够充分发挥大规模光伏

发电的优势。集中式光伏电站配备了大量的光伏电池板和先进的跟踪系统,以最大限度地捕捉阳光,提高发电效率。所产生的电能通过高压输电线路输送到远方的负荷中心,为大规模用电提供支持。分布式光伏发电则呈现出截然不同的特点,它多安装在建筑物屋顶等分散位置,具有很强的灵活性和适应性。无论是城市中的高楼大厦,还是乡村的民居小院,都可以成为分布式光伏发电的“阵地”。这种发电方式不仅能够就地消纳所产生的电能,减少输电损耗,还能在一定程度上缓解局部地区的用电压力。光伏发电具有众多突出优势。它清洁无污染,在发电过程中不产生任何有害废弃物,对环境贡献巨大。同时,太阳能属于可再生能源,只要太阳存在,就能持续发电,不存在能源枯竭的问题。此外,光伏发电系统建设周期相对较短,能够快速投入使用,为能源供应提供及时支持。不过,光伏发电也存在一些局限性。其输出功率受到光照强度和温度的显著影响,白天光照充足时发电量大,夜晚则停止发电;而且在不同季节、不同天气条件下,发电功率也会有较大波动,这同样给电力系统的稳定运行带来了挑战。

(二) 分布式电源特点

分布式电源与传统大型集中式电源相比,展现出一系列鲜明且独特的特点,这些特点深刻影响着现代电力系统的格局与发展。其一,分布式电源分布广泛,这一特性使其具备极大的地理适应性。它可以依据不同地区的能源资源状况和用电需求,因地制宜地建设在负荷中心附近。相较于传统集中式电源需通过漫长输电线路将电能输送到各地,分布式电源的这种布局方式能够显著减少输电过程中的能量损耗。例如,在一些偏远山区或海岛,传统电网覆盖困难且输电成本高昂,而分布式电源可以利用当地的风能、太阳能等资源就近发电,满足当地居民和企业的用电需求,有效提升了供电的可靠性和经济性。其二,分布式电源装机容量相对较小,这赋予了它高度的建设灵活性。与大型集中式电源动辄数百兆瓦甚至千兆瓦的装机规模不同,分布式电源的装机容量可根据实际情况灵活调整,小到几千瓦的家用光伏发电系统,大到几十兆瓦的分布式风电场,都能满足不同场景的需求。这种灵活性使得分布式电源的建设更加便捷,能够快速响应市场变化和用户需求,尤其适合在一些对电力供应灵活性要求较高的区域发展。其三,分布式电源的能源来源具有可再生性,这是其最为突出的优势之一。风力、太阳能、水能等自然资源取之不尽、用之不竭,利用这些资源发电不会像传统化石能源那样面临枯竭的问题,从根本上保障了能源供应的可持续性。同时,分布式电源在发电过程中对环境友好,几乎不产生温室气体排放和污染物,有助于缓解全球气候变化和环境污染问题,推动能源领域的绿色转型。其四,分布式电源输出功率具有不确定性和间歇性,这是其在大规模应

用过程中面临的主要挑战。以风力发电和光伏发电为例, 风能和太阳能的自然特性决定了其发电功率难以精确预测和稳定控制。风速的随机变化使得风力发电功率起伏不定, 云层遮挡阳光也会导致光伏发电功率瞬间下降。这种不确定性和间歇性给电力系统的调度和控制带来了巨大困难, 要求电力系统具备更高的灵活性和调节能力, 以确保电力供应的稳定性和可靠性。为应对这一挑战, 需要综合运用储能技术、智能电网技术以及先进的电力调度策略, 实现分布式电源与传统电源的协同互补, 保障电力系统的安全稳定运行。

2分布式电源优化配置

(一) 优化配置目标

提高供电可靠性: 通过合理配置分布式电源, 减少因主电网故障导致的停电时间和范围, 提高用户供电可靠性。

降低网损: 优化分布式电源的接入位置和容量, 使电力系统的潮流分布更加合理, 降低线路损耗, 提高电力系统运行效率。

提高经济效益: 综合考虑分布式电源的建设成本、运行成本以及售电收益等因素, 实现经济效益最大化。

改善电能质量: 合理配置分布式电源, 减少其对电能质量的负面影响, 确保电力系统输出符合标准的电能。

(二) 优化配置方法

数学规划法: 该方法通过建立目标函数和约束条件, 利用线性规划、非线性规划、混合整数规划等数学工具求解最优配置方案。例如, 以网损最小为目标函数, 以节点电压约束、线路容量约束等为约束条件, 构建优化模型进行求解。

智能算法: 如遗传算法、粒子群算法、模拟退火算法等。这些算法具有全局搜索能力强、对目标函数和约束条件要求低等优点。以遗传算法为例, 它通过模拟生物进化过程, 对分布式电源的接入位置和容量进行编码, 经过选择、交叉、变异等操作, 逐步寻优得到最优配置方案。

多目标优化方法: 由于分布式电源优化配置需要同时考虑多个目标, 多目标优化方法应运而生。常用的多目标优化方法有加权和法、 ϵ -约束法、Pareto 最优解等。这些方法能够在多个目标之间寻求平衡, 得到满足不同需求的优化方案。

3分布式电源对电能质量的影响

(一) 电压偏差

分布式电源接入电力系统后, 如同在原本有序的水流中加入了新的支流, 会显著改变电力系统的潮流分布。传统电力系统的潮流方向通常是从发电厂经输电网络单向流向负荷端, 而分布式电源的接入打破了这种单一模式。当分布式电源输出功率较大时, 额外的电能注入会使局部电路的电流增大。根据欧姆定律, 在线路电阻不变的情况下, 电流增大就会导致线路压降增大, 进而可能致使局部节点电压升高。相反, 当分布式电源输出功率不足或因故障等原因停运时, 原本由其供应的电能缺失, 电力系统需重新分配潮流, 这往往会引起相关节点电压下降。这种现象在配电网中表现得更为突出。配电网作为直接面向用户的电力网络, 其线路阻抗相对较大。相比于输电网络, 配电网中的线路电阻和电抗对电压的影响更为显著。以农村地区的配电网为例, 近年来大量分布式光伏接入。在光照充足时段, 光伏电站发电功率较大, 若此时没有合理的无功补偿措施, 过多的有功功率注入会使部分节点电压急剧上升, 很容易超出允许范围, 影响各类用电设备的正常运行, 甚至可能对设备造成损害。

(二) 谐波

风电和光伏等分布式电源作为可再生能源领域的重要组成部分, 在全球能源转型进程中发挥着关键作用。然而, 其配套的电力电子设备在运行过程中不可避免地会产生谐波电

流这一问题。

在风电系统里, 风力发电机组中的变流器负责将发电机输出的不稳定电能转换为适合电网接入的电能形式。在这个转换过程中, 由于电力电子器件的非线性特性以及复杂的控制策略, 变流器会产生谐波电流。同样, 在光伏发电系统中, 光伏逆变器承担着将直流电转换为交流电的核心任务。其中的功率开关器件在高频开关动作时, 电流的急剧变化会导致一系列高次谐波的产生。这些谐波电流一旦注入电网, 就如同在平静的湖面投入石子, 会引发诸多不良影响。

最为直观的是, 谐波电流会致使电网电压波形发生畸变。原本标准的正弦波电压, 在谐波的干扰下, 波形变得不再规则, 偏离了理想状态。这一畸变直接影响了电能质量, 使得接入电网的各类电气设备难以在正常的电压环境下稳定运行。许多对电压质量要求较高的精密设备, 可能会因为谐波导致的电压畸变而出现性能下降、寿命缩短等问题。

(三) 电压波动与闪变

分布式电源输出功率的间歇性和随机性会导致电网电压出现波动与闪变。以风力发电为例, 风速的随机变化使得风电机组输出功率不稳定, 从而引起连接点电压波动。当电压波动频率在一定范围内时, 会使人眼感受到灯光闪烁, 即闪变现象。电压波动与闪变会影响用户的用电体验, 对一些对电压稳定性要求较高的工业用户, 如精密电子设备制造企业, 可能会造成产品质量下降等问题。

4案例分析

某城市的一个工业园区计划引入分布式电源, 以满足园区内部分用电需求并提高能源利用效率。该园区原有配电网结构较为简单, 负荷主要为工业负荷。经过调研和分析, 考虑在园区内建设一定规模的风电和光伏电站。

首先, 采用智能算法对分布式电源的接入位置和容量进行优化配置。以降低网损和提高供电可靠性为目标, 经过多次迭代计算, 确定了最佳配置方案。

在分布式电源接入后, 对电能质量进行监测。结果发现, 电压偏差在合理范围内, 但谐波含量有所增加, 尤其是 5 次和 7 次谐波。通过安装谐波滤波器, 有效降低了谐波含量, 使电能质量满足标准要求。对于电压波动与闪变问题, 通过在风电场和光伏电站配置动态无功补偿装置, 及时调整无功功率, 减小了电压波动幅度, 改善了闪变情况。

结语

分布式电源的优化配置是实现电力系统可持续发展的关键环节。通过合理选择优化配置方法, 可以在充分发挥分布式电源优势的同时, 降低其对电能质量的负面影响。本文分析了分布式电源对电能质量的多方面影响, 并通过案例展示了应对措施的有效性。

未来, 随着分布式电源技术的不断发展和电力系统智能化水平的提高, 需要进一步深入研究分布式电源与电力系统的融合技术。一方面, 要开发更加精准高效的优化配置算法, 考虑更多实际因素, 如分布式电源的寿命周期成本、储能系统的协同作用等; 另一方面, 要加强对电能质量问题的监测和治理技术研究, 不断完善相关标准和规范, 以保障电力系统安全、可靠、优质运行, 推动清洁能源的大规模应用。

【参考文献】

- [1] 基层供电企业电力工程安全管理探析[J]. 邱华; 李晋杰. 通讯世界, 2019 (09)
- [2] 分布式电源配电网继电保护优化和故障检测技术研究与应用[J]. 杨柳. 中国新通信, 2017 (23)
- [3] 分布式电源配电网造价风险评估仿真研究[J]. 南开辉; 归三荣; 王静怡; 唐洁. 计算机仿真, 2017 (03)