

分布式电源并网后的配网潮流调度优化策略

齐 超 李元博

国网保定市清苑区供电公司 河北 保定 071100

摘 要：随着可再生能源的快速发展，分布式电源逐渐成为电网运行中的重要组成部分。分布式电源的接入不仅推动了绿色能源的普及，也为电力系统带来了全新的挑战。特别是在配电网中，潮流调度问题愈加复杂，传统的调度方法已难以满足现有需求。本研究探讨了分布式电源并网后的配网潮流调度优化策略，旨在通过合理设计调度目标与约束条件，创新调度方法，提高配电网的运行效率和安全性。基于对现有技术的深入分析，提出了一种综合考虑电力潮流、能源存储和负荷调节的优化模型，为配网调度提供了一条可行的技术路径。

关键词：分布式电源；配网潮流调度；优化策略；技术需求；调度模型

引言

随着全球能源结构的转型，分布式电源的普及正成为电力行业的必然趋势。不同于传统集中式发电，分布式电源的接入不仅带来的是清洁能源的优势，更使得电力网络运行的复杂性大大增加。配网的潮流调度，作为保证电力系统稳定运行的核心环节，面临着前所未有的挑战。如何将分布式电源灵活有效地纳入电力系统，并保障其对配网稳定性的影响最小化，已成为当前研究的热点。在这一背景下，探索适应现代配电网需求的潮流调度优化策略，显得尤为迫切与重要。

1 配网潮流调度优化的研究背景

1.1 分布式电源接入的背景、重要性

随着分布式电源迅猛发展，能源系统向着配电网分散化、电力系统灵活化方向发展，世界性电力生产革命正处于一次“全面电力革命”的伟大转型当中。光伏发电以及风能等清洁能源形式的加入，使得配电网向着分散化的运行方向发展，这就导致整个能源系统的稳定性更加不容忽视。

1.2 配网潮流调度中的技术需求

电网的配网潮流调度是一项高技术含量的工作，在新的配网潮流调度技术的支持下才能高效、安全地运行，传统的潮流计算结果将不再满足新的需求，在电网需要考虑多个分布式电源情况下潮流的实时、精确计算，需要面对的是风、光等电源不断变化的功率，导致其在负荷变化状态下电力流走向的变化，只有运用先进、科学的智能化决策算法，才能达到统筹各种电源配电网、负荷运行与功率间安全、合理的配网潮流调度。在这种诉求之下，技术需求不仅仅只是解决计算问题，还要求在调度、控制、预测等方面都有更紧密的技术配合。

2 配网潮流调度中的问题

2.1 分布式电源对配网调度的挑战

可再生能源接入，如风力发电和光伏发电，为电网提供了绿色且可再生的资源，但是能源的波动性和间歇性不可避免地给系统带来了新的问题。在传统的配电网潮流控制调度方法中，电网中流向的改变主要是一个相对稳定且具有较大可预见性的变化，分布式可再生能源接入电网，不仅改变了电力系统的潮流流向模式，并且由于气候环境、天气等多方面的影响，分布式能源输出功率的变动会使得系统的电力供应不稳定性增大，电网潮流控制难度增加，并且由于分布式能源的使用都是基于小容量、分散型的特点，因此对于这些分散广泛、容量较小的能源如何合理地加以调度，从而避免其资源浪费是亟待解决的问题。另外，在电力系统的发生事故或者处于异常状态的情况下，分布式能源所起到的应急响应作用和传统发电站难以相媲美，带来系统安全性方面的隐患。

2.2 配网潮流调度面临的主要难题

配电网潮流控制不仅仅是满足电能流动上的不确定性，还指在各种层次、各种不同维度的需求方面也变得复杂化。传统配电网的调度模式大多建立在负荷预测和发电预测的基础上，利用配电网的调度控制策略来维持配电网的稳态。但是分布式电源的接入使得传统模式的电能调度不仅要考虑电能需求和供电的能力之外，还要考虑配电网中实时的电网稳定性、负荷动态、蓄能的协同等因素，在此之上，传统的静态调度模式无法满足控制模式的时效性。而且在电力的输送方面以及配电网的限制性问题，传统式的调度模式不会考虑到电网内部的各种多样性问题，无法有效地利用分布式电源的合理性。配电网的自适应能力不足，配电网络在电力波动

时,时常不能及时响应导致电力的浪费问题,或造成不稳定的隐患问题。

2.3 现有调度方法的不足

现有技术的调度方案已能解决配电网基本运行问题,但面对分布式电源接入的复杂运行问题,却力不从心。现有众多配电网调度技术采用静态建模以及确定性调度算法,缺乏实时配电网调度数据动态变化的反映,不利于提高调度结果的实时性和精确性^[1]。很多配电网调度方案考虑不到分布式电源出力波动和间歇性等动态变化特征,导致发输电无序,会造成电网严重的负荷和电压波动。另外,很多调度方案对优化调度目标缺乏全面性,多数是追求成本最优化目标和负荷最小化目标,而缺乏环境、节能等多目标调度优化。上述技术的限制使得配网调度方案还无法很好解决解决用户多元化诉求,并实现配网的高效调度。

3 分布式电源并网后的配网潮流调度优化策略

3.1 分布式电源对配网潮流的影响分析

分布式电源的接入,不仅为配电网带来了可再生的绿色能源,也给潮流调度带来了复杂的挑战。从影响的角度来看,分布式电源引发了电力流动的高度不确定性。传统配网调度依赖的是集中式发电设施,其出力稳定、可控,电网的潮流相对容易预测。然而,分布式电源大多基于风能、太阳能等资源,其输出受天气、季节等自然条件的影响,具有波动性和间歇性。某一时刻,可能会有大量的风能或太阳能输入电网,但短时间内可能就会因天气变化导致电量急剧下降。这种波动性的特点,使得电力系统的负荷预测和潮流调度变得更加困难,传统的调度方法在这种情况下显得束手无策^[2]。分布式电源的接入也使得电力流动的方向和路径发生了变化。集中式发电站一般位于电网的远离负荷中心的地方,通过长距离的输电线路将电力传送至负荷中心。而分布式电源一般分布在用户侧或接近负荷中心的位置,电力流动路径更加多样化,且受电源接入点的局部影响更大,这使得电网的潮流分布更加复杂。同时,配电网本身的拓扑结构和负荷情况也在不断变化,使得实时调度和准确预测变得异常困难。这些影响使得配网调度不仅仅需要处理负荷与发电之间的平衡,还需要考虑电力传输中的稳定性、功率质量、损耗最小化等问题。为了有效管理这种变化,调度系统必须具备实时响应能力、适应性以及前瞻性,能够根据分布式电源的输出变化及时调整负荷和储能设备的调度,从而保证电力系统的稳定运行。

3.2 配网调度目标、约束条件的设定

确定在分布式电源并网时配网潮流调度优化中调度目标和约束条件。传统意义上的调度目标主要是最小运行成本,经济效益最大化,但随着分布式电源的接入,分布式电源的波动性和电网负荷的不确定性,使调度目标更加复杂且多元化。仅仅进行最小运行成本优化已经满足不了现代配网调度,对于复杂的配电网调度在传统调度目标的基础上,还应增加相应的调度目标,以实现系统的安全、稳定性和环境可持续性。首先,是电网运行的安全稳定调度目标,配电网潮流的调度优化目标不应仅仅是成本,针对分布式电源具有波动性和不确定性、电网负荷在分布式电源接入后也将呈现出不稳定的状态,在调度过程中,要保障电网中的电压稳定、电流稳定及电网设备运行的安全性。另外,传统的电网中以使用化石能源为主导,但随着分布式电源的大规模接入,对电网进行调度,对于系统的作用主要以分布式可再生能源的最大化利用,减少对传统化石能源的依赖^[3]。减少配电网的功率损耗、储能的调度优化是减少系统运行费用、提升系统运行效率的具体体现。另外,还需要考虑可再生能源的不确定性,调度系统具有一定的预测性,以防突发的负荷变化和电源的变化。

3.3 优化方法、技术路线

针对D-Gen接入配电网之后的潮流调度方案,合适的优化方法的选择,对于解决调度面临的复杂性与多样性十分关键。解决调度问题,当前多倾向于综合多项先进技术,尤其是AI、大数据技术。传统的线性规划、动态规划等方法在面对电网的实际问题时,已经难以满足高维、多目标调度的需求。因此,基于人工智能、机器学习、优化算法等的调度方法,开始成为热点。通过智能优化算法进行调度的一种优秀方法,基于遗传算法、粒子群优化、模拟退火等启发式的自然模型算法,能在小时间范围内搜索到比较适合解,可解决大规模的优化问题。优点在于拥有较强的全局寻优能力,尤其能够兼顾经济性、稳定性以及环境等多个目标值,从而规避了单一目标优化而可能带来的各种风险^[4]。同时,针对大数据、云计算等大数据时代提出的结合大数据分析建立的数据驱动决策的调度方法,也逐渐成为趋势之一。即通过对历史数据、实时监控等进行大数据的分析,来构建精准的预测模型,包括负荷预测模型和电源功率输出的预测模型,以对调度过程提供数据支持,结合预测值的结果,实时对电源出力、负荷进行优化配置,提高配电网的调度效率。此调度方式可以将复杂的系统自适应性体现的更有效,并且使得电网调度变得更加灵活与精确。实现路线:一个可以上下互通的智慧化动态调度

系统。即采集电网的实时运行数据,例如采集到的实时电流、电压、功率等,实时分析、利用先进算法进行优化,实时调整调度计划和调度资源,保障电网运行的最优性。而面对外部环境的变化,系统还具备自学习、自优化能力,运行中的数据反馈带来的是不断的优化调控,这也是对电网变化问题的有效应对措施之一,即针对分布式电源的不确定和复杂。

3.4 调度优化的实施、实验结果

电网调度优化具有良好的理论体系,但要真正意义上实现优化,需要完成技术优化,方能逐步地完成电网调度系统的建设。在此基础上,还需要借助相关的调度优化策略,能够在实际运行的过程中,通过模拟运行,检验其效果。鉴于此,结合该电网调度系统的优化目标,提出了集中型调度控制系统,但传统的系统依赖于对未来负荷以及发电的预测,却忽略了实时运行参数的影响^[5]。针对相关背景,在一个信息化智能化的平台应用此调度优化系统,通过结合大数据、人工智能等机器学习的算法,结合实时运行参数,收集电网的实际信息,并计算运行效果,通过分析实际运行和供电的变化趋势与电源输出的波动,结合智能调度方式,调整电网输出量与供电量,即在分析电网变化趋势的过程中,综合智能电网调控平台控制相应负荷的输出,将智能调控系统应用于电网调控的过程中,以降低发电与输送环节中的损耗,同时促进优化调度系统的应用,针对电网运行中的各种问题的应对,逐步实现优化,为电网运行的改善奠定基础。

3.5 关键技术的突破、调度效果分析

配网潮流调度优化效果的成功离不开一些技术创新,这些技术在不断进步中为其提供成功保障。配网潮流调度优化技术方面,智能优化算法的引入就是一个最重要的亮点,传统调度方法都是基于一些线性化的数学模型或者算法的线性近似,这些算法不能应对一些变化比较大、系统复杂的问题,传统的调度方法经过这些新技术的发展之后,它们能够更好的应用于多目标优化的全局问题,能够解决不确定性带来的影响,也是通过全局搜索和局部搜索进行优化,能够让原来传统算法面临的问题迎刃而解^[6]。其次,大数据和云计算的引入,使得调度系统能够有效处理调度相关的一些实时数据,在处理的过程中可以利用一些数据库存储前一段时间的数据,能够通过通过对相关历史数据的分析实现历史负荷预

测、实时天气数据的风电、光伏预测以及电网相关的实时监测数据来进行有效调度,使得最终的预测更加精准;调度效果分析方面,这些方法通过一系列的实验论证和数据的分析,总结之后发现配电网潮流调度优化可以提高配电网运行效率与稳定性,减少了电力波动问题,也能够及时面对负荷和电源的问题,保证电力的有序供应,也避免出现电力供应不足,供过于求的情况发生。A类方案在很大程度上降低了电力资源运输过程中产生损失的现象,提高资源的使用效率,并根据其结果可知,其在调度方法上能达到“经济效率最优”的前提下,在保证电网稳定性的基础上,对环境的影响和居民的影响达到一个平衡状态。

结束语

分布式电源的并网带来了配电网调度的新机遇,也加剧了调度过程中的复杂性。通过深入研究和分析,我们提出的优化策略不仅在理论上为电力系统的潮流调度提供了新的视角,也在实践中展现出较为显著的优势。尽管目前还存在一些技术上的瓶颈和挑战,但随着计算技术的不断进步、智能化设备的广泛应用以及调度模型的逐步完善,配网潮流调度的优化之路无疑将更加清晰。这一过程不仅是对技术的挑战,更是对我们如何平衡能源供需、实现绿色发展的考验。面对未来,我们相信,通过创新与持续的努力,配电网的潮流调度能够迎接更加复杂的任务,推动电力行业迈向更加高效、稳定与可持续的未来。

参考文献

- [1]王睿,张磊.分布式电源接入配电网的潮流调度优化方法研究[J].电力系统自动化,2023,47(12):98-106.
- [2]李鹏飞,赵子涵.基于大数据的分布式电源并网配电网调度优化方法[J].电力学报,2023,38(03):123-131.
- [3]陈志远,王佳宇.分布式电源对配电网潮流调度的影响与优化策略[J].电力系统保护与控制,2022,50(14):12-18.
- [4]徐晨,邓德洪.分布式电源接入下配网潮流优化调度的挑战与对策[J].电力工程技术,2022,41(06):45-52.
- [5]高磊,刘晨曦.分布式光伏发电对配电网调度优化的影响及其解决方法[J].电力系统优化与控制,2023,41(02):56-63.
- [6]王子昂,赵建明.基于多目标优化的配电网分布式电源调度研究[J].电网技术,2022,46(05):90-97.