

基于低电压治理的配电网优化策略研究

吴宗铭

国网福州供电公司

摘要：在当今电力系统中，配电网扮演着至关重要的角色，以确保电能高效、稳定地分配给终端用户。然而，低电压问题一直是一个常见的挑战，它可能导致设备损坏、电能浪费和不可预测的停电事件。本研究旨在提出一种基于低电压治理的配电网优化策略，通过综合考虑不同的治理方法，使配电网能够更好地应对低电压问题。该策略将结合智能化的电力设备和先进的数据分析技术，以实现配电网的实时监测和控制。

关键词：配电网；低电压；优化策略；可靠性；效率

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6288.2022.06.078

引言

近年来，基于低电压治理的配电网优化策略逐渐引起了广泛关注。这一策略旨在通过精确控制配电网中的电压水平，以实现更高效、更可靠和更环保的电力分配。低电压治理是一种以智能化系统和先进技术为基础的方法，通过实时监测、分析和调整配电网中的电压水平，以确保供电质量，降低线路损耗，促进可再生能源的集成，并提高电力系统的韧性。

一、基于低电压治理的配电网优化的优势

（一）能源效率提升

低电压治理策略能够提高电压合格率，确保电力供应的稳定性。这有助于压降电器设备故障率，延长使用寿命，降低了维修和更换成本，同时提高了用电设备的性能和效率。这对于家庭、工业和商业用电都是至关重要的。其次，低电压治理策略有助于减少线路上的电能损失。

（二）可再生能源集成

低电压治理可以确保分散式可再生能源系统有效地纳入配电网中。太阳能电池板和风力发电机等可再生能源装置通常分布在不同地点，因此需要合并到电力网络中。通过提高电压合格率，电能可以更有效地从这些分布式能源系统输送到电网中，确保了可再生能源的充分利用。这有助于减少对传统化石燃料的依赖，降低温室气体排放，实现更清洁的能源供应。另外，低电压治理有助于提高可再生能源的可用性和可预测性。可再生能源如太阳能和风能受天气条件影响较大，但通过电压的稳定控制，可以更好地管理电能的波动，减少不稳定性。这使得电力系统更可靠，同时也提高了电能的预测性，有助于电力公司更好地规划和管理能源供应。除此之外，低电压治理还有助于提高电力网络的稳定性和抗干扰能力。它可以减少电压波动和电能质量问题，降低了电力中断和设备损坏的风险，进一步确保了可再生能源的顺畅集成。

（三）网络稳定性改善

通过实施有效的低电压治理策略，电力系统可以更好地应对电压波动，确保供电稳定。这对于各种电力设备和系统的正常运行至关重要，包括居民、工业设备和公共服务。另一方面，低电压问题的解决有助于降低设备故障的风险。低电压可能导致电气设备的不稳定运行，缩短其寿命，甚至引发设备损坏或故障。通过维持适当的电压水平，可以减少这些不必要的设备故障，降低维修成本。再一方面，低电压问题的改善还有助于提高电能质量。稳定的电压水平有助于减少电流谐波和电磁干扰，从而提高了电力系统的整体质量。这对于保障用户的用电体验至关重要，特别是在对电能质量要求较高的领域，如医疗和信息技术。

（四）智能化运营

智能化运营利用智能传感器、远程监控和自动化系统，可以实时监测电网的状态和性能。这意味着运营商能够及时了解任何潜在问题，无论是电压下降还是其他异常情况，可以迅速采取行动。这有助于减少停电时间，提高供电可用性，减轻了用户的不便。另外，智能化运营还能够进行预测性维护。通过分析数据和趋势，系统可以预测设备的故障或维护需求，使运营商能够提前采取措施，减少突发故障的可能性，降低了维护成本，并延长了设备的使用寿命。智能化运营还提高了运营的效率。自动化系统能够自动进行一些任务，减轻了人工干预的需求。而远程监控技术允许运营商实时追踪电网性能，不必亲临现场，进一步提高了效率。

二、低电压问题分析

（一）配电网负荷不平衡

配电网负荷不平衡是指某一特定区域的电力需求超过了电网供应能力的情况，这种不平衡可能导致电压下降，从而引发一系列问题。举例来说，考虑一个城市的炎热夏天，空调需求激增，但电网未能及时满足。电压下降可能导致设备损坏。当电压不稳定时，电子设备如电脑、冰箱等可能受到影响，甚至损坏。这不仅会带

来维修和更换成本，还会给用户带来不便引发投诉。其次，不平衡的负荷可能引发停电。电网可能无法满足高峰期的需求，极端情况下可能导致停电事件，这会严重影响生产和生活。特别是对于关键设施如医院和交通系统来说，停电可能带来严重风险。

（二）电缆电阻

长期使用的电缆和导线可能会面临电阻升高的问题，这可能是由于多种原因导致的，包括老化、损坏或其他环境因素的影响。电缆电阻升高可能会引起电路中的电压降低，形成电缆异常运行状态，这是一个严重的问题，因为它可能导致电力系统的不稳定性，影响设备的正常运行，甚至引发安全风险。举例来说，考虑一家工厂使用的电力供应系统。如果工厂使用的电缆和导线经过多年的使用后，电阻升高，电压降低，那么这可能导致设备的电能供应不足，影响生产效率。在极端情况下，电压降低可能导致设备过载，损坏设备或引发火灾等严重后果。类似情况还可以在家庭中发生。如果住宅的电线老化或损坏，电阻升高，电压降低，可能导致灯光变暗，电器设备无法正常工作，甚至引发电气故障。

（三）非线性负载

在基于低电压治理的配电网优化中，非线性负载是一个重要的考虑因素。非线性负载指的是一些终端设备，如计算机和电子设备，它们在使用电力时不像传统线性负载那样稳定。这些设备在其运行过程中可能引入电流谐波和电压波动，从而对电力系统造成不利影响。考虑一个办公楼的电力系统，其中许多计算机、打印机和电子设备同时运行。这些设备可能会在瞬间产生突发的电流需求，如启动时的高电流搜索硬件资源，这会导致电压下降。这种非线性负载行为可能会导致电压不稳定，甚至损坏其他设备或影响电力系统的效率。

三、基于低电压治理的优化策略

（一）智能电压调整装置

智能电压调整装置是一种关键的电力系统设备，用于在配电网中实现电压水平的实时监测和调整。这些装置的部署可以极大地提高电力系统的可靠性和效率。智能电压调整装置的部署可以在配电网中实现电压水平的实时监测。这些装置配备了先进的传感器和监测设备，可以持续地监测电压水平的变化。通过实时监测，系统操作员可以随时了解电压的状态，从而迅速应对任何电压异常情况。例如，在一个城市的配电网中，当某个区域出现低电压事件时，智能电压调整装置可以立即检测到这一问题。这可能是由于某个区域的电力需求突然增加，导致电压下降。装置可以自动识别这一问题并采取

措施来解决它。另一方面，这些装置具有自动调整电压的能力。一旦检测到低电压事件，装置可以通过调整变压器的输出电压或改变电流流向来恢复正常电压水平。这确保了供电质量始终在可接受的范围内，避免了电压波动对用户设备的不利影响。举例来说，如果在一个工业区域中出现了低电压问题，智能电压调整装置可以自动增加变压器的输出电压，以满足该区域高电力需求。这将确保工厂和设备能够正常运行，而无须人工干预。再一方面，这些装置还可以通过通信网络与其他装置进行协调。它们可以与其他智能设备和系统进行实时数据交换，以实现配电网的整体优化。例如，它们可以与智能电表、电力管理系统以及可再生能源系统进行通信，以确保电力供应的稳定性和可持续性。

（二）数据分析和预测

数据分析和预测在配电网的运行管理中通过实时监测和分析负荷数据，可以了解电网的负荷情况，从而提前预测可能出现的过载情况。例如，如果发现某一地区的负荷突然增加，可以通过数据分析预测该地区的电力需求可能会超过供应能力，从而提前采取调整供电策略的措施，避免电压下降或停电的情况发生。其次，通过分析电压数据，可以及时发现电压波动的问题。例如，如果发现某一地区的电压经常出现异常波动，可以通过数据分析找出可能的原因，如设备老化、线路故障等，然后采取相应的维修或更换设备的措施，以保证电网的稳定运行。再次，通过收集和分析设备状态数据，可以及时发现设备的异常情况。例如，如果发现某台变压器的温度过高或者有异响，可以通过数据分析判断可能是设备故障的前兆，然后及时进行维修或更换，避免设备故障导致的大面积停电。此外，数据分析还可以用于优化电网的负载分布。例如，通过分析历史数据，可以找出电力需求较高的地区和时间，然后在这些地区增加电源供应，或者在电力需求较低的时期减少电源供应，以实现电网的负载均衡，减少电压波动。

（三）负荷管理

负荷管理是的主要目标是确保电力系统在各种条件下都能稳定运行，避免因过载或低负荷导致的电压问题。负荷管理的实施主要包括两个方面：负载分配和负载调度。负载分配是负荷管理的基础。通过将负载分配到不同的电网区域，可以有效地分散负荷，避免某一区域过载而影响其他区域的正常运行。例如，可以根据每个区域的用电需求、供电能力以及电网的结构等因素，制定出合理的负载分配方案。此外，还可以利用先进的负荷预测技术，提前预测出未来的负荷需求，从而提前

做好负荷分配的准备。另外，负载调度是负荷管理的核心。通过调整负载的时间表，可以平衡电网的负荷，避免因负荷不均导致的电压问题。例如，可以在电力需求较低的时段，将负载转移到电价较低的地区；在电力需求较高的时段，将负载转移到电价较高的地区。这样不仅可以降低电网的运行成本，还可以提高电网的运行效率。负荷管理的实施需要依赖于精确的负荷数据和高效的负荷管理系统。负荷数据是进行负荷分析和决策的基础，只有准确、全面的数据，才能制定出有效的负荷管理策略。而负荷管理系统则是实现负荷管理目标的重要工具，它可以实时收集和分析负荷数据，自动执行负荷分配和调度任务，从而实现对电网的实时监控和优化控制。

（四）高效能源管理

高效能源管理的目标是通过提高电能的利用效率和减少电能浪费，来降低低电压问题的发生。在配电网中引入高效能源管理策略，可以有效地解决电网的低电压问题。采用可再生能源是提高电能利用效率的重要手段。例如，可以在配电网中安装太阳能光伏板和风力发电机，将可再生能源转化为电能，供给电网使用。这样不仅可以减少对传统化石能源的依赖，降低环境污染，还可以提高电能的供应稳定性，避免因天气等因素影响电网运行。此外，还可以通过优化能源结构，提高可再生能源在配电网中的占比，进一步提高电能的利用效率。除此之外，储能系统也是高效能源管理的重要组成部分。储能系统可以在电能需求低的时候储存电能，然后在电能需求高的时候释放电能，从而平滑电网的负荷曲线，减少电压波动。例如，可以利用电池、超级电容器或者压缩空气储能等方式，建立储能系统，提高电网的运行效率。当电网负荷增加时，储能系统可以迅速释放储存的电能，满足电网的需求；当电网负荷减少时，储能系统可以吸收多余的电能，避免电能的浪费。最后，智能电网技术也可以帮助我们实现高效能源管理。智能电网可以实时收集和分析电网的运行数据，自动调整电网的运行状态，以满足用户的用电需求。例如，可以通过智能电表监测用户的用电情况，然后根据用电需求动态调整电网的供电能力，避免电网过载导致的电压下降。同时，智能电网还可以通过远程控制和优化调度，提高电网的运行效率和稳定性。通过引入高效能源管理策略，我们可以有效降低配电网中的低电压问题，提高电网的运行效率和稳定性。这对于保障电力供应的稳定、满足用户的用电需求以及保护环境都具有重要的意义。

四、实施和验证

为了验证我们提出的基于低电压治理的配电网优化策略的有效性，我们进行了深入的研究和实验。首先，我们进行了数值模拟。我们使用配电网模型来模拟不同的低电压情况，并分别应用了策略中的各个组成部分。通过这种方法，我们可以预测出在不同情况下的策略效果，从而为我们的策略提供有力的理论支持。在数值模拟的结果中，我们发现该策略可以显著减少低电压事件的发生，并提高电网的可靠性和效率。这一结果证明了我们的策略是有效的，并且具有很高的实用价值。然后，我们还进行了一系列的现实场景验证。我们选择了一个城市配电网作为案例研究。在这个案例中，我们部署了智能电压调整装置，并使用先进的数据分析技术来监测电网的运行情况。通过这种方式，我们可以实时获取电网的运行数据，从而更准确地评估我们的优化策略的效果。在实际操作中，我们成功地减少了低电压事件的发生，并改善了电网的性能。这一结果表明，我们的策略不仅可以在理论上有效，而且在实践中也非常有效。这为我们的策略提供了有力的实践支持，也为我们进一步推广和应用我们的策略奠定了基础。

结束语

总之，基于低电压治理的配电网优化策略研究是一个关键性的课题，它旨在提高电网的效率、可靠性和可持续性，以满足不断增长的电力需求和减少环境影响的挑战。通过深入研究低电压问题的根本原因，制定创新的治理策略，并借助现代技术和智能系统的支持，我们可以实现配电网的优化，为社会提供更可靠、更高效的电力供应，为可持续发展做出积极贡献。这一研究领域的不断进展将为电力行业的未来带来更多可能性，为我们迈向清洁、可持续的能源未来铺平道路。

参考文献

- [1] 丁天祥, 杨黎晖, 王淑娟. 基于光储系统协调控制的配电网末端低电压治理策略研究[J]. 云南电力技术, 2022, 50(05): 2-7.
- [2] 曹德发, 沈均良. 农村配电网低电压治理策略分析[J]. 农村电工, 2021, 29(10): 40.
- [3] 成志威, 谭文喜. 农村配电网低电压分析及治理措施[J]. 大众用电, 2021, 36(02): 39-40.
- [4] 王晶. 低压配电网中低电压治理方法及实验研究[D]. 重庆大学, 2020.
- [5] 马建生, 王涛, 牛蔚然等. 基于低电压治理的配电网优化改造分析[J]. 电气技术, 2017(09): 98-101+106.