

针对公用配电变压器台区线路末端低电压整改分析

厉威

浙江容大电力工程有限公司

摘要：公用配电变压器台区低压0.4kV供电线路往往会因为供电半径过大、报装容量过大、配电变压器超负荷、线路老化、线径过小、功率因数过低等原因，造成线路末端大功率用电设备无法正常启动运行，出现“电力不足”的现象。因此，本文分析阐述了变压器台区线路末端低电压原因以及电压降低对电力系统的影响，以此为基础提出了一些关于电压提升方法、负载管理与优化策略、配电系统规划与运维建议等整改方法与策略，以为电力系统运营商和管理人员提供有益建议，进而提高电力系统可靠性和用户满意度。

关键词：公用；配电变压器；台区线路；低电压整改

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2024.08.080

引言

电力系统作为现代社会的重要基础设施之一，对于确保工商业运营和居民生活的正常进行至关重要。电力系统的可靠性是其中一个关键指标，直接关系到电力供应的连续性和稳定性。低电压问题不仅可能导致设备损坏，还可能引发电力中断，从而给各行各业的生产和生活带来严重影响，但是电力系统的复杂性、负载的多样性以及设备的老化都增加了解决低电压问题的难度。因此，深入研究低电压问题的原因、整改方法是当前电力领域的重要课题。

一、变压器台区线路末端低电压原因分析

（一）电压降低的主要原因

电压降低是配电系统中常见问题，其主要原因涵盖了多个方面。①电压降低可能源于电网供电端的问题，包括输电线路的电阻损耗、变电站的负荷变化以及远距离输电引发的电压跌落；②台区内的配电设备和线路的老化也可能导致电压降低，因为老化设备的性能逐渐下降，电阻增加，从而引发电压降低；③过大的负荷需求或不合理的负荷配置同样可能导致电压降低，因为超负荷运行和不平衡负荷会造成电压损失；④电压降低问题还可能受到电源侧电压波动的影响，如电网电压的瞬时变化或瞬态扰动，这些因素都可能导致电压降低的发生。

因此，分析电压降低的形成原因对于有效解决该问题至关重要，有助于确定合适的整改措施和策略，以提

高配电系统的电压质量和稳定性。

（二）电压不平衡问题

电压不平衡是配电系统中常见的问题之一，通常表现为三相电压的幅值和相位不等的情况。电压不平衡问题可能由多种因素引起，包括不均匀的负载分布、不合理的系统连接、故障设备等。在分析电压不平衡问题时，通常需要进行详细的电压测量和数据记录，以了解其严重程度和影响。

示例1：表1给出了某个示例数据，包括三个相位（A相、B相和C相）的电压幅值（V）和相位角度（度）的测量值。

表1 不同时刻相位值及不平衡度

时刻	A相电压 (V)	B相电压 (V)	C相电压 (V)	不平衡度 (%)
08:00	230	225	220	3.85
08:15	225	220	230	4.35
08:30	220	230	225	3.85
08:45	230	225	220	3.85

从上表可以看出，A相、B相和C相的电压幅值在不同时刻存在显著的差异，这导致了电压不平衡度的增加。电压不平衡度是通过以下公式计算的：

$$\text{不平衡度} = \frac{\sqrt{(V_A - V_B)^2 + (V_B - V_C)^2 + (V_C - V_A)^2}}{(V_A + V_B + V_C)/3}$$

根据上述计算，电压不平衡度在4%左右，超过了通常接受的标准（<4%）。这种电压不平衡可能会导致系统中的问题，如电动机运行不稳定、设备寿命缩短和电能质量下降等。因此，在解决电压不平衡问题时，需要采取措施来平衡各相的电压，例如通过重新分配负载或调整系统参数来减小不平衡度。在此基础上，还需要定期监测电压，以确保系统保持稳定和平衡。

（三）负载波动引发的电压问题

负载波动可以分为瞬时波动、瞬时脉动和短期波动等不同类型的。瞬时波动是由于用户突然开启或关闭大功率负载设备而引起的瞬时电流波动；瞬时脉动是周期性的电流波动，通常由于电动机等负载设备的启动和停止引起；短期波动则是在短时间内发生的电流波动，可能由于大规模负载切换或故障导致。这些负载波动会导

致电压的瞬时下降或上升，从而对电力设备和系统的稳定性产生影响。当电压下降到一定程度时，可能会引发设备的过热、损坏或故障，对电力系统的可靠性构成威胁。此外，频繁电压波动还会降低电能质量，导致生产过程中的出现各种问题和损失，从而致使用户感到不满。

二、电压降低对电力系统的影响

（一）设备损坏与寿命缩短

当电压在规定范围之内时，各种电气设备会受到额外的应力和负荷，从而导致其性能下降和损坏的风险增加。这种情况尤其容易发生在电动机、变压器、开关设备等关键元件上。电压低于额定值会导致电动机运行时的电流升高，这将导致电动机内部温度升高，损伤绕组绝缘，缩短电动机寿命。变压器作为电力系统中的关键设备，其绝缘性能对系统的稳定性至关重要。然而低电压环境下，变压器的电气应力会提高，导致绝缘材料的老化和损坏加剧，从而减少了变压器的使用寿命。这不止增加了维护和更换设备的成本，还可能导致不可预测的停电事件。另外，开关设备在低电压环境下容易发生电弧故障，这不仅会导致设备的损坏，还会对电力系统的安全性产生潜在威胁。

（二）电能质量问题

低电压不但可能导致电压波动，还会引发一系列电能质量问题，对电力系统的稳定性和可靠性产生不良影响。电能质量问题主要包括谐波、电压闪烁、电压不平衡和电压波动等方面的异常情况。谐波是一种频率不为基波频率的电压或电流波动，通常由非线性负载引起。在低电压情况下，负载设备更容易产生谐波，导致电网中谐波水平升高，对其他用户和系统设备产生干扰；电压闪烁是指电压瞬时变化的现象，通常由大功率负载切换或故障引起，用户可能会感到电压不稳定，导致设备性能下降，生产效率降低，甚至可能影响到敏感设备的正常运行；电压不平衡是指三相电压之间的差异超过标准规定的限制，不仅导致设备运行不稳定，损坏率增加，还会影响电机性能，降低电机效率，增加能源消耗；电压波动是指电压在短时间内的快速变化，在低电压情况下可能出现的会更为频繁和显著，从而致使电能质量降低。

（三）用户不满意度增加

公用配电变压器台区线路末端低电压问题不仅会对电力系统的稳定性和设备造成负面影响，还直接关系到用户的用电体验和满意度。当电压降低到一定程度时，用户将面临一系列不便和困扰，从而导致不满意度的增

加。

首先，低电压会导致用户设备性能下降。家庭和工业用户的各种电器设备，如电视、电脑、电动机、灯具等，对稳定的电压水平有一定要求，电压过低会导致这些设备工作不稳定，甚至损坏，从而影响用户的日常生活和工作。其次，电压下降可能导致照明问题。在低电压情况下，灯光可能会昏暗，这会对室内和室外的照明质量造成负面影响，用户在这种情况下可能感到不适，尤其是在夜间。此外，持续的电压问题会降低用户的信心和满意度。用户期望能够获得稳定可靠的电力供应，如果电压问题频繁发生且无法解决，用户可能会对电力提供商失去信心，对其服务产生怀疑，从而导致不满意度的增加。甚至可能考虑切换供电商或采取其他应对措施，这将对电力公司形象和客户关系构成负面影响。

三、低电压整改方法与策略

（一）电压提升方法

（1）升级变压器容量

升级变压器容量是通过替换或升级变压器，以提供更大的电流容量，从而在末端电压稳定性方面取得显著的改善效果。此方法可以解决低电压问题的根本原因之一，即电流需求超过原有变压器的能力。另外，升级变压器容量可以增加电流的承载能力，从而减小电压下降的可能性。原有容量不足的变压器在面对高负载时容易导致电压降低，特别是在高峰负荷期间尤为明显。通过升级变压器，不但可以更好地满足高负载条件下的电能需求，还能确保电压在合适范围内稳定。此外，升级变压器容量也有助于延长设备的寿命，当容量不足的变压器在长时间高负载运行下容易过热，这将会使设备自身的使用寿命有所缩减。

（2）使用电压稳定器

电压稳定器是一种电力设备，其主要功能是监测电网电压并在必要时自动调整输出电压，以保障电压在规定的范围内。电压稳定器通常由电子控制器和变压器组成，电子控制器负责监测电压波动，并通过控制变压器的工作来调整输出电压。当检测到电压下降时，电子控制器将增加变压器的输出，以提高末端电压。相反，如果电压升高超出规定范围，控制器将降低输出电压以稳定系统。这种自动调整的过程可以迅速响应电压变化，确保电网末端始终维持在合适的电压水平，从而减少电压降低的问题。通过维持稳定的电压，电压稳定器不仅可以减少设备损坏的风险，还可以变相延长电气设备的使用寿命。

（二）负载管理与优化

（1）负载平衡

在电力系统中，负载平衡是指在不同的线路、相位或支路上均匀分布电能负荷，以确保系统的各个部分都能稳定运行。负载不平衡可能导致某些线路过载，而其他线路则过轻负荷，从而引发电压不稳定的问题。为了实现负载平衡，需要对配电系统进行合理的规划和设计，包括确定各个线路和支路的负载分布，确保每个部分都能够均衡承受负载。此外，还需要采取适当的控制策略，以监测和调整各个支路的电流，以便及时发现不平衡情况并采取调整措施。在实际操作中，负载平衡可以通过线路调整的方式来实现，其通过重新配置线路的连接方式，将负载均匀分布到各个线路上，以减轻某些线路的负荷压力。

（2）节能措施

在低电压整改中，比较常见的节能措施是优化负载管理。通过定期检查和优化设备的负载情况来实现负载的合理分布。这样不仅可以减少不必要的电能损失，还能降低电力系统的负荷压力，从而减少电压降低的可能性。此外，通过实施负载控制策略，可以根据不同时间段的负载需求来调整电力供应，避免峰值负载时的电压下降问题。另一项重要的节能措施是选用节能设备和技术。通过使用诸如高效率的电动机、照明设备一类的节能型电子设备可以减少电能的消耗，降低负载对电力系统的压力，进而改善电压稳定性。再者，采用先进的电力管理系统和智能控制技术也有助于优化能源利用，降低电力系统的运行成本。

（三）配电系统规划与运维

（1）设备维护与检测

设备维护方面，应该建立健全的维护计划，包括定期的巡视、检查和维护台区内的变压器、开关设备、电缆等重要设备。通过定期的维护，可以及时发现设备的潜在问题，如绝缘老化、连接松动等，并采取相应的修复措施，以确保设备的正常运行状态。设备检测方面，应采用先进的检测技术和设备，如红外热像仪、超声波检测仪等，对设备进行定期的全面检测。这些检测工具可以帮助识别设备中的异常热点、部件的异常振动或声音，从而及时排除潜在故障隐患。此外，还可以利用无损检测技术，如局部放电检测，来监测设备的健康状况，及早发现并修复潜在的故障。另外，对每次维护和检测的结果进行详细记录，包括设备的状态、维护措

施、检测数据等信息，这些记录不仅有助于追踪设备的历史运行情况，还可以为今后的维护和决策提供有力的依据。

（2）系统监测与控制

①电压监测：建立高精度的电压监测系统，通过在关键点安装电压传感器，实时测量电压水平。监测系统应能够记录电压的瞬时变化、波动和谐波等信息，以识别低电压事件并提供准确的数据支持；②负载监测：安装负载传感器，可以追踪负载变化，了解系统的负载特性，以便采取适当的控制策略，例如负载均衡和负载控制；③远程控制：引入远程控制系统可以使运维人员远程监测和控制电力系统的运行，允许操作员迅速对系统进行调整，例如切换电源、调整电压稳定器设置和断路器操作，以应对突发情况；④数据分析与预测：利用先进的数据分析技术，对监测到的数据进行处理和分析，可以帮助识别潜在问题并进行预测。例如，通过分析历史数据，可以预测未来的负载波动，从而采取相应的控制措施，减轻低电压问题的发生；⑤自动化控制策略：例如电压稳定器自动调节和负载均衡控制，可以降低人为操作的误差，提高系统的响应速度，确保电压稳定性。

四、结语

综上所述，本文对公用配电变压器台区线路末端低电压问题进行了深入分析和整改探讨。通过对低电压问题的原因分析，提出了一系列整改方法与策略，包括升级变压器容量、负载管理与优化、配电系统规划与运维等方面的措施。结合实际情况采取合理有效的整改措施可以显著提升电压稳定性，降低设备损坏风险，同时还能够提高用户满意度。

电压降低问题的解决需要综合考虑不同方面的因素，并采用综合性的整改策略，未来研究可以进一步探讨不同情境下的整改效果和成本效益分析，以优化整改方案的制定和实施。

参考文献

- [1] 杨茂昌. 基于热电效应鉴别配电变压器绕组材质的方法[J]. 自动化与信息工程, 2023, 44 (04): 24-27.
- [2] 关银环, 朱庆民. 节能配电变压器的应用及选型分析[J]. 变压器, 2023, 60 (05): 38-41.
- [3] 田浩, 宋彦群, 张佳霖. 低压台区双电源智能联络装置的应用[J]. 农村电工, 2022, 30 (03): 38-39.