

低压配电网三相不平衡运行的影响及治理对策

张 鹏 徐 全

中卫农村电力服务有限公司新堡供电所 宁夏 中卫 755000

摘 要：低压配电网三相不平衡运行会导致电压不稳定、线路损耗增加、设备寿命缩短等问题，进而影响供电可靠性和用户用电体验。三相不平衡还可能引发配电变压器过热、中性线电流增大等安全隐患。为了应对这些问题，需要采取均衡负荷分配、应用三相不平衡智能调节器和有源型补偿装置等治理对策。同时，加强电网规划、设计水平以及运行管理与维护，也是保障低压配电网三相平衡运行的关键措施。

关键词：低压配电网；三相不平衡运行；影响；治理对策

引言：随着电力需求的日益增长，低压配电网作为电力供应的重要组成部分，其运行状态的稳定性和安全性显得尤为重要。然而，三相不平衡运行作为低压配电网中的常见问题，给电网的稳定运行和用户的安全用电带来了严峻挑战。为了保障电网的可靠运行和用户的用电安全，深入研究三相不平衡运行的影响及探索有效的治理对策具有迫切性和重要性。本文将详细探讨三相不平衡运行的影响，并提出切实可行的治理策略，为低压配电网的优化运行提供参考。

1 低压配电网三相不平衡的基本原理

1.1 三相平衡与不平衡的定义

（1）三相平衡系统的特征。三相平衡系统是指三相电流在数值上相等或接近，相位上相差120度，它们之间的矢量和为零。在理想的三相平衡系统中，各相电压和电流均相等，使得中线（或零线）中的电流为零。这种平衡状态有助于减少线路损耗，提高电力系统的效率和稳定性。三相平衡系统的主要特征是各相参数（如电压、电流、功率因数）保持一致，确保电能的均匀分配和有效利用。（2）三相不平衡系统的成因与表现。三相不平衡系统则是指三相电流在数值和相位上存在差异，导致中线（或零线）中存在电流。三相不平衡可能由多种因素引起，如三相负荷分配不均、接地故障、某相断线、谐振以及各相功率因数不一致等。其表现包括电流不平衡、电压偏差增大、线路损耗增加以及电力变压器损耗的上升等。长期的三相不平衡运行还可能对电网设备和用户电器造成损害，降低系统的可靠性和经济性。

1.2 低压配电网的结构与特点

（1）三相四线制供电方式。低压配电网多采用三相四线制供电方式，即包括三相火线（A、B、C相）和一根零线（N线）。三相火线之间形成线电压，火线与零线之间形成相电压。三相四线制供电方式能够提供稳定

的电力供应，满足各种用电需求。（2）单相负荷与三相负荷的混合使用。在低压配电网中，单相负荷与三相负荷往往同时存在。单相负荷通常用于家庭和小型商业场所，如照明、家用电器等。而三相负荷则主要用于工业设备和大型机械设备，如电动机、变压器等。这种混合使用方式使得电网中的三相电流难以保持完全平衡，从而导致三相不平衡问题的出现。因此，在设计和运行低压配电网时，需要充分考虑单相与三相负荷的分配和平衡问题^[1]。

2 低压配电网三相不平衡运行的影响

2.1 对电能质量的影响

三相不平衡运行首先直接影响的是低压配电网的电能质量。（1）电荷分布不均衡导致电能使用效率下降。在三相不平衡状态下，各相电荷分布不均，导致电能无法得到有效利用。具体而言，某相负载过重时，该相电流会增大，而另两相电流则可能较小，这种不均衡的电流分布使得电网的整体效率下降。电能使用效率的降低不仅增加了能源消耗，还可能引发其他电能质量问题，如功率因数下降、谐波污染等。（2）电压波动与电流失稳。三相不平衡还可能导致电压波动和电流失稳。由于各相负载的不均衡，电网中的电压和电流会出现周期性或非周期性的波动。这种波动不仅影响电网的稳定性，还可能对用户的用电设备造成损害。例如，电压波动可能导致电机过热、照明设备闪烁等问题，而电流失稳则可能引发线路过热、短路等安全隐患。

2.2 对电网设备的影响

三相不平衡运行对电网设备的安全与稳定运行构成严重威胁。（1）增加变压器损耗与发热。在三相不平衡条件下，变压器各相的电流大小不等，导致变压器铁芯和绕组的损耗增加。同时，由于电流的不均衡分布，变压器内部的热量分布也会发生变化，部分区域可能出现

过热现象。这不仅降低了变压器的使用寿命,还可能引发火灾等安全事故。(2)危害配电变压器及低压设备的安全运行。三相不平衡导致的电流和电压波动可能对配电变压器及低压设备的安全运行构成威胁。过大的电流可能使设备过载,导致绝缘损坏、短路等故障。而电压波动则可能影响设备的正常工作,降低其使用寿命和可靠性^[2]。(3)加速设备老化,缩短使用寿命。长期的三相不平衡运行会加速电网设备的老化过程。不均衡的电流和电压分布会加剧设备内部的应力变化,导致材料疲劳、绝缘性能下降等问题。这些问题会进一步缩短设备的使用寿命,增加更换和维护的成本。

2.3 对线路损耗的影响

三相不平衡运行还会显著增加线路的损耗。(1)增大中性线电流,加剧线路损耗。在三相不平衡状态下,中性线中的电流会增大。由于中性线通常较细,其承载电流的能力有限,因此过大的电流会导致中性线发热严重,从而增加线路损耗。这种损耗不仅降低了电网的能效,还可能引发线路老化、断线等安全隐患。(2)提高电网运行成本与维护成本。线路损耗的增加会直接导致电网运行成本的上升。同时,由于三相不平衡可能引发的设备故障和安全隐患,电网的维护成本也会相应增加。这些额外的成本不仅加重了供电企业的经济负担,还可能影响用户的用电成本。

2.4 对供电企业的影响

三相不平衡运行对供电企业的运营和效益产生不利影响。(1)降低供电可靠性与经济效益。三相不平衡可能导致电网频繁停电或电压波动等问题,从而降低供电可靠性。这不仅影响了用户的用电体验,还可能对供电企业的声誉和经济效益造成损害。此外,由于线路损耗和设备老化的增加,供电企业的运营成本也会相应上升。(2)增加线路故障率与维护难度。三相不平衡可能加剧线路的老化和损坏程度,从而增加线路故障率。这些故障不仅增加了维修工作的难度和复杂性,还可能影响电网的整体稳定性和安全性。因此,供电企业需要投入更多的人力、物力和财力来应对三相不平衡引发的问题。

2.5 对用户用电的影响

三相不平衡运行最终会反映到用户的用电体验上。(1)导致用户电器设备损坏或效能降低。三相不平衡可能导致用户电器设备受到过大的电压或电流冲击,从而引发设备损坏或效能降低等问题。这不仅影响了用户的正常用电需求,还可能增加用户的维修和更换成本。(2)影响用户的用电体验与满意度。频繁的停电、电压波动或电器设备故障等问题会严重影响用户的用电体

验。这些问题可能导致用户对供电企业的信任度降低,进而影响其满意度和忠诚度。因此,供电企业需要重视三相不平衡问题,采取有效措施加以解决,以提高用户的用电体验和满意度。

3 低压配电网三相不平衡运行的治理对策

3.1 传统治理方法及其局限性

(1)均匀分布负荷法。均匀分布负荷法是通过调整各相负荷的分配,使三相电流尽可能接近平衡状态。这种方法虽然简单直接,但在实际操作中却面临诸多困难。首先,负荷的分布受到用户用电习惯和用电需求的影响,难以做到精确控制。其次,随着负荷的变化,已经调整好的平衡状态很容易被打破,需要频繁地进行调整。因此,均匀分布负荷法虽然可以在一定程度上缓解三相不平衡问题,但难以从根本上解决问题。(2)增加短路容量法。增加短路容量法是通过增大系统的短路容量,来提高电网对三相不平衡电流的承载能力。然而,这种方法需要增加电网设备的容量和投资,不仅成本高昂,而且可能会对电网的稳定性和安全性产生负面影响。因此,在实际应用中,增加短路容量法并不是一种理想的治理方法^[3]。(3)电感与电容组合调整法。电感与电容组合调整法是通过在电网中增加电感或电容元件,来补偿三相不平衡电流产生的无功功率,从而达到平衡三相电流的目的。这种方法在一定程度上可以改善三相不平衡问题,但也存在一些局限性。例如,电感与电容元件的选择需要精确计算,否则可能会对电网的功率因数和谐波产生影响。此外,随着负荷的变化,电感与电容的补偿效果也会发生变化,需要定期进行调整。

3.2 新型三相平衡技术的应用

3.2.1 三相不平衡智能调节器

(1)工作原理与性能特点。三相不平衡智能调节器是一种基于电力电子技术和智能控制算法的调节装置。它通过实时监测电网中的三相电流和电压,根据不平衡程度自动调节各相的功率输出,使三相电流达到平衡状态。三相不平衡智能调节器具有响应速度快、调节精度高、稳定性好等性能特点。(2)应用效果与案例分析。在实际应用中,三相不平衡智能调节器可以显著降低电网中的三相不平衡度,减少线路损耗和设备损耗。例如,在某地区的低压配电网中,采用三相不平衡智能调节器后,三相不平衡度从原来的30%降低到了5%以内,线路损耗减少了约20%,设备的使用寿命也得到了延长。

3.2.2 有源型三相负荷不平衡补偿装置

(1)补偿原理与技术特点。有源型三相负荷不平衡补偿装置是一种基于电力电子变换技术的补偿装置。它

通过实时监测电网中的三相电流和电压,计算出需要补偿的不平衡电流,并通过电力电子变换器输出相应的补偿电流,使三相电流达到平衡状态。有源型三相负荷不平衡补偿装置具有补偿精度高、响应速度快、适用范围广等技术特点。(2)应用范围与限制条件。有源型三相负荷不平衡补偿装置适用于各种规模的低压配电网中,特别是对于负荷波动大、三相不平衡严重的场合更为适用。然而,该装置的成本相对较高,且需要定期进行维护和保养。此外,由于该装置采用了电力电子变换技术,可能会产生一定的谐波污染问题,需要采取相应的措施进行抑制^[4]。

3.3 加强台区负荷管理

(1)严格审查用户申报资料,做好负荷统计分析。在台区负荷管理中,首先需要严格审查用户申报的用电资料,确保资料的准确性和完整性。同时,要做好负荷统计分析工作,了解台区内的负荷分布情况和用电需求变化趋势,为后续的负荷调整提供依据。(2)建立负荷相序安排表,实现负荷均衡分配。在掌握台区负荷分布情况的基础上,应建立负荷相序安排表,对不同用户的负荷进行合理的相序分配。通过优化负荷相序,可以实现负荷在三相之间的均衡分布,减少三相不平衡现象的发生。负荷相序安排表应根据负荷的实际情况进行动态调整,确保负荷分配的准确性和有效性。(3)定期开展人工换相工作,优化负荷配置。除了建立负荷相序安排表外,还应定期开展人工换相工作,对台区内的负荷进行实地检查和调整。通过人工换相,可以及时发现并解决负荷分配不合理的问题,进一步优化负荷配置。人工换相工作应与负荷监测和统计分析相结合,形成闭环管理,确保负荷均衡分配的效果。

3.4 提高电网规划与设计水平

(1)优化电网结构,减少单相负荷集中。在电网规划中,应优化电网结构,合理布局电源点和变电站,减少单相负荷的集中。通过分散单相负荷,可以降低三相不平衡的程度,提高电网的稳定性和安全性。同时,还应考虑负荷的增长趋势和用电需求的变化,为未来的负荷发展预留足够的空间。(2)提前规划三相平衡问题,纳入电网改造工程。在电网改造工程中,应提前规划三

相平衡问题,制定相应的解决方案。对于存在严重三相不平衡问题的台区,应优先考虑进行电网改造,通过增加变压器容量、优化线路布局、升级电网设备等措施,提高电网的承载能力和平衡能力。同时,还应加强对电网改造工程的监管和评估,确保改造效果达到预期目标。

3.5 加强运行管理与维护

(1)实时监测三相电流与电压,及时发现不平衡问题。应加强对三相电流与电压的实时监测工作,通过安装监测设备和数据采集系统,实时掌握电网的运行状态。当发现三相不平衡问题时,应立即进行分析和判断,确定问题的原因和程度,并采取相应的措施进行治疗。(2)定期对电网设备进行检修与维护,确保设备正常运行。定期对电网设备进行检修与维护是保证电网安全稳定运行的重要措施。应制定详细的检修计划和维护方案,对变压器、线路、开关等关键设备进行定期检查和维修。同时,还应加强对设备的日常巡视和保养工作,及时发现并处理设备的异常情况和故障隐患。

结束语

综上所述,低压配电网三相不平衡运行的影响不容忽视,它不仅损害电网设备,降低电能质量,还增加了运行成本,影响用户用电体验。因此,采取有效的治理对策至关重要。通过本文的探讨,我们认识到均衡负荷、应用智能调节器与补偿装置、加强电网规划与管理等手段,能够显著改善三相不平衡问题。未来,随着技术的不断进步,我们期待有更多创新方法涌现,共同推动低压配电网向更稳定、高效、安全的方向发展。

参考文献

- [1]朱焕福.论述低压配电网三相不平衡治理技术[J].产业经济,2023,(08):83-84.
- [2]刘兆康.论述低压配电网三相不平衡治理技术[J].电力系统及自动化,2024,(10):107-108.
- [3]孟庆宇.低压配电网三相不平衡监测系统的设计与调试运行[J].科学技术创新,2023,(04):35-36.
- [4]王二威,秦亮.基于空间分布和时序特征的配电网台区三相不平衡调整方法[J].电力系统自动化,2023,(09):97-98.