

中压配电网合环倒负荷操作与控制策略

钟雄

国网江西省电力有限公司瑞金市供电分公司，江西省赣州市，342500；

摘要：本文以中压配电网合环倒负荷操作及控制策略为核心研究对象，系统展开专项分析。研究首先阐述中压配电网的结构特点与当前运行现状，明确合环倒负荷操作的定义内涵、核心作用及常用实施方法；进而深入剖析合环操作的前提条件与标准化流程，重点针对 10 千伏配网这一主流应用场景，梳理其线路参数、负荷特性等因素带来的特殊操作注意事项。在此基础上，提出涵盖潮流调控、电压稳定控制及故障应急处置的综合控制策略，并配套开展操作风险评估与防控措施研究。本文研究成果可为中压配电网合环倒负荷操作提供科学可行的技术依据，助力提升电网运行的可靠性与稳定性。

关键词：中压配电网；合环倒负荷操作；控制策略；10 千伏配网

DOI：10. 64216/3080-1508. 26. 01. 074

中压配电网是电力系统的关键环节，其运行可靠性直接决定用户用电质量。合环倒负荷操作作为提升中压配网供电可靠性的核心手段，能在基本不中断用户供电的前提下，实现负荷的高效转移，大幅减少停电影响。但该操作过程中，电网会出现潮流重新分布、电压异常波动等现象，若操作流程不规范或参数把控不当，极易诱发设备故障甚至电网停运事故。鉴于此，深入探索中压配电网合环倒负荷的操作机制与控制策略，尤其针对 10 千伏配网这一应用广泛的场景，分析其线路特性、负荷分布等特殊情况对操作的影响，对保障配网安全稳定运行具有重要现实价值。

1 中压配电网合环倒负荷操作概述

1.1 中压配电网的特点与现状

中压配电网一般指电压等级在 1 - 35 千伏的配电网，在电力系统中起着承上启下的关键作用。其特点主要体现在以下几个方面。中压配电网覆盖范围广，连接着众多的用户和电源点，网络拓扑结构多样，包括辐射状、环状、网状等。不同的网络结构在供电可靠性、运行灵活性和经济性等方面存在差异。负荷特性多样，中压配电网所带负荷类型丰富，涵盖了工业、商业、居民等多种用户。不同类型的负荷具有不同的用电特性，如工业负荷通常具有较大的功率需求和较高的稳定性要求，而居民负荷则具有明显的季节性和时段性特点。设备数量众多，中压配电网包含大量的电力设备，如变压器、开关柜、电缆、架空线路等。这些设备的运行状态直接影响着电网的安全稳定运行。受环境影响大，中压配电网的部分线路采用架空方式敷设，容易受到自然灾害（如雷击、大风、暴雨等）和外力破坏（如树木倒伏、

车辆碰撞等）的影响，导致线路故障和停电事故。

目前，随着经济的快速发展和电力需求的不断增长，中压配电网面临着越来越大的供电压力。同时，用户对供电可靠性和电能质量的要求也越来越高。为了满足这些需求，提高中压配电网的供电可靠性和运行效率，合环倒负荷操作逐渐成为一种重要的技术手段。

1.2 合环倒负荷操作的概念与作用

合环倒负荷操作是指在中压配电网中，通过将原本处于开环运行的两条或多条线路进行合环连接，然后在合环状态下进行负荷的转移，最后再将线路恢复到开环运行状态的一种操作方式。

合环倒负荷操作的主要作用包括。传统的停电倒负荷方式会导致用户停电，给用户带来不便和经济损失。而合环倒负荷操作可以在不中断用户供电的情况下实现负荷的转移，大大提高了供电可靠性。通过合环倒负荷操作，可以合理调整电网的潮流分布，使电网的运行更加经济、高效。例如，将负荷从重载线路转移到轻载线路，避免线路过载，降低电网的损耗。在进行电网设备检修、故障处理等工作时，采用合环倒负荷操作可以减少停电时间，提高电网的可用率^[1]。

2 中压配电网合环倒负荷操作方法

2.1 合环条件分析

合环操作并非在任何情况下都能进行，需要满足一定的条件，以确保操作的安全性和可靠性。主要的合环条件包括，合环点两侧电源的相位必须相同，否则会在合环瞬间产生很大的环流，可能导致设备损坏和电网故障。在实际操作中，需要通过测量和计算来确保相位一

致。电压差满足要求,合环点两侧的电压差应在允许范围内。一般来说,电压差不宜过大,否则会引起较大的冲击电流。通常要求电压差不超过额定电压的一定比例,如20%。相序一致,合环点两侧电源的相序必须一致,以保证电力系统的正常运行。相序不一致会导致电机反转、设备损坏等问题。系统运行方式允许,合环操作应符合电网的整体运行方式 and 安全稳定要求。在进行合环操作前,需要对电网的潮流分布、短路容量等进行计算和分析,确保操作不会对电网的安全稳定运行造成影响。

2.2 操作流程与步骤

中压配电网合环倒负荷操作的一般流程和步骤如下,操作前准备 收集资料,收集合环线路的相关资料,包括线路参数、设备信息、负荷情况等。潮流计算,利用电力系统分析软件对合环前后的潮流分布进行计算,评估合环操作的可行性和安全性。制定方案,根据潮流计算结果和电网运行要求,制定详细的合环倒负荷操作方案,明确操作步骤、注意事项和应急措施。设备检查,对合环点两侧的开关、保护装置等设备进行全面检查,确保设备处于良好的运行状态。合环操作 - 核对相位,在合环点两侧测量相位,确保相位相同。调整电压,如果合环点两侧的电压差超出允许范围,需要通过调整变压器分接头等方式进行电压调整。在满足合环条件后,按照操作方案进行合环操作,合上合环点的开关。监测潮流和电压,合环后,密切监测合环线路的潮流和电压变化情况,确保电网运行正常。负荷转移 - 调整负荷,根据操作方案,逐步调整负荷,将负荷从原线路转移到目标线路。在负荷转移过程中,要注意控制转移速度,避免出现过大的潮流变化。监测负荷变化,实时监测负荷变化情况,确保负荷转移过程平稳、安全。解环操作 - 确认负荷转移完成,在负荷转移完成后,确认目标线路的负荷情况和原线路的空载情况。解环,按照操作方案进行解环操作,断开合环点的开关。检查设备状态,解环后,再次检查合环点两侧的开关、保护装置等设备的状态,确保设备正常运行^[2]。

2.3 10 千伏配网合环操作的特殊注意事项

10 千伏配网作为中压配电网的重要组成部分,其合环操作具有一些特殊的注意事项。10 千伏配网的线路长度相对较短,线路参数(如电阻、电抗等)的差异可能会对合环操作产生较大影响。在进行合环操作前,需要准确测量和计算线路参数,考虑线路参数差异对潮流分布和环流的影响。10 千伏配网所带负荷类型多样,负荷

特性复杂。在合环操作过程中,要充分考虑负荷的动态特性,如电动机的启动电流、冲击负荷等,避免因负荷变化导致电网不稳定。10 千伏配网的保护装置配置较为复杂,不同的保护装置之间需要进行良好的配合。在合环操作前,要检查保护装置的动作特性和整定值,确保保护装置在合环过程中能够正确动作,避免误动作或拒动作。10 千伏配网的通信和自动化水平相对较低,在合环操作过程中,可能存在信息传递不及时、不准确的问题。因此,需要加强通信和自动化系统的建设,提高信息的实时性和准确性,确保合环操作的安全可靠。

3 中压配电网合环倒负荷控制策略

3.1 潮流控制策略

潮流控制是中压配电网合环倒负荷操作中的关键环节,其目的是确保合环操作过程中电网的潮流分布合理,避免出现过载、环流过大等问题。主要的潮流控制策略。通过调整变压器的分接头,可以改变变压器的变比,从而调整电网的电压和潮流分布。在合环操作前,可以根据潮流计算结果,合理调整变压器的分接头,使合环点两侧的电压和潮流达到最佳状态。电容器可以提供无功功率,改善电网的功率因数,降低线路损耗。在合环操作过程中,可以根据电网的无功需求,合理投切电容器,调整电网的无功潮流,提高电网的运行效率。在负荷转移过程中,要根据电网的潮流分布和设备容量,合理控制负荷转移的速度和方向。可以采用分步转移、动态调整等方式,避免出现过大的潮流变化,确保电网的安全稳定运行^[3]。

3.2 电压控制策略

电压控制对于保证中压配电网的电能质量和设备安全运行至关重要。在合环倒负荷操作过程中,可能会出现电压波动和电压偏差等问题,需要采取相应的电压控制策略。主要的电压控制策略。调压变压器可以根据电网的电压变化自动调整变比,维持电压稳定。在合环操作过程中,可以通过调压变压器对电压进行实时调整,确保合环点两侧的电压在允许范围内。无功补偿装置(如电容器、静止无功补偿器等)可以提供或吸收无功功率,调节电网的电压。在合环操作前,要根据电网的无功需求和电压情况,合理配置无功补偿装置,并在操作过程中进行动态控制。建立完善的电压监测系统,实时监测合环线路的电压变化情况。当电压超出允许范围时,及时采取调节措施,如调整变压器分接头、投切无功补偿装置等。

3.3 故障应急控制策略

尽管在合环倒负荷操作前进行了充分的准备和计算,但仍然可能会出现故障情况。因此,需要制定完善的故障应急控制策略,以应对可能出现的故障。主要的故障应急控制策略包括。建立故障快速定位系统,在故障发生后能够迅速确定故障位置。同时,通过自动化开关等设备,快速隔离故障线路,避免故障扩大。在故障发生后,要及时将故障线路的负荷转移到其他正常线路上,以保证用户的供电。可以通过合环操作等方式实现负荷转供,但要注意转供过程中的潮流和电压变化。对于重要用户,可以配置备用电源,在主电源故障时及时投入备用电源,确保用户的连续供电。备用电源可以是柴油发电机、不间断电源等。在故障排除后,要尽快恢复电网的正常运行。恢复过程中要按照一定的顺序进行操作,避免出现新的故障^[4]。

4 中压配电网合环倒负荷操作的风险评估与防范

4.1 风险评估方法

中压配电网开展合环倒负荷操作时,易面临各类安全隐患,因此需依托科学手段开展风险评估工作,当前主流评估方式可分为三类。其一为历史数据统计法,该方法通过对过往电网故障记录进行系统性梳理与量化分析,精准测算合环流程中不同故障类型的发生概率,再结合故障可能引发的设备损坏、供电中断等后果,完成风险等级的综合判定。其二是潮流计算分析法,借助专业电力系统分析工具,对合环操作前后电网的潮流分布情况进行数值计算,重点排查潮流过载、节点电压异常波动等潜在问题,依据计算结果量化评估操作风险。其三为仿真建模评估法,通过构建与实际电网参数匹配的中压配网仿真模型,动态模拟合环操作的全流程,直观呈现操作过程中电网的运行状态变化,进而明确风险的影响范围与严重程度,为风险防控提供可视化依据^[5]。

4.2 风险防范措施

为了降低中压配电网合环倒负荷操作的风险,需要采取以下防范措施。定期对电网设备进行巡检、维护和检修,确保设备处于良好的运行状态。对老化、损坏的设备要及时进行更换,提高设备的可靠性。加强对操作人员的培训,提高操作人员的技术水平和安全意识。操作人员要熟悉合环倒负荷操作的流程和注意事项,严格

按照操作规范进行操作。合理配置保护装置,确保保护装置在合环操作过程中能够正确动作。定期对保护装置进行校验和调试,保证保护装置的可靠性。制定完善的应急预案,明确在出现故障时的应急处理措施和流程。定期组织应急演练,提高应急处理能力。建立完善的运行监测系统,实时监测合环线路的潮流、电压、电流等参数。一旦发现异常情况,及时采取措施进行处理。

5 结束语

本文围绕中压配电网合环倒负荷操作与控制策略展开了全面深入的研究。详细阐述了中压配电网的特点与现状,明确了合环倒负荷操作的概念和作用。通过对合环条件的分析,制定了科学合理的操作流程和步骤,特别是针对10千伏配网的特殊情况,提出了相应的注意事项。研究表明,合理运用合环倒负荷操作技术,并采取有效的控制策略和防范措施,可以提高中压配电网的供电可靠性和运行效率,减少停电时间,降低电网损耗,为用户提供更加优质、可靠的电力供应。随着电力系统的不断发展和智能化水平的提高,中压配电网合环倒负荷操作技术也将不断创新和完善。未来的研究方向可以利用人工智能、大数据等技术,实现中压配电网合环倒负荷操作的智能化控制。通过实时监测和分析电网的运行数据,自动判断合环操作的可行性和安全性,并制定最优的操作方案。

参考文献

- [1]王多新.电网规划与电力设计中确保电网安全的措施分析[J].光源与照明,2022,(10):191-193.
- [2]练海飞.中压配电线路故障跳闸的影响因素及处理方案解析[J].农村电气化,2022,(07):12-13+26.
- [3]白浩,雷金勇,周长城,等.考虑安全性和经济性均衡的中压配电系统最佳负载能力计算方法[J].电力系统及其自动化学报,2020,32(12):119-123.
- [4]张顺,文承毅,何礼鹏,等.一种基于典型接线模式的城市复杂中压配电网的可靠性评估算法[J].四川电力技术,2020,43(04):20-23+83.
- [5]朱倩.基于复杂网络的中压配电网综合评估指标体系研究[D].东南大学,2020.

作者简介:钟雄(1967.02—),性别:男,民族:汉,籍贯:江西瑞金,学历:本科,职称:助理工程师,研究方向:配网运行维护。