

# 500kV 变电站运行及维护技术探究

## Exploration on the Operation and Maintenance Technology of 500kV Substation

林景礼 吕士良 邹丰阳 朱振龙

Jingli Lin Shiliang Lv Fengyang Zou Zhenlong Zhu

国网山东省电力公司超高压公司 中国·山东 济南 250118

State Grid Shandong Electric Power Company Ultra High Voltage Company, Jinan, Shandong, 250118, China

**摘要:** 目前, 500kV 变电站是外输供电基础设施之一, 其供电质量对整个供电系统至关重要。在此基础上, 论文首先分析了 500kV 变电站的运行维护管理, 其次探讨了 500kV 变电站常见的故障问题及运行维护措施, 最后给出了运行维护工作中要注意的问题, 以此来供相关人士交流参考。

**Abstract:** At present, 500kV substation is one of the external power supply infrastructure, and its power supply quality is very important to the whole power supply system. On this basis, this paper first analyzes the operation and maintenance management of 500kV substation, and then discusses the common fault problems and operation and maintenance measures of 500kV substation, and finally gives the problems to be paid attention to in the operation and maintenance work, so as to provide reference for relevant people.

**关键词:** 500kV; 变电站; 运行; 维护; 技术

**Keywords:** 500kV; substation; operation; maintenance; technology

**DOI:** 10.12346/peti.v5i2.7985

## 1 引言

近年来, 500kV 变电站在中国的电网建设中, 得到了较为广泛的应用, 不同城市之间的电位连接越来越紧密, 输电容量越来越大, 一旦发生事故, 就会产生连锁反应, 不仅给国民经济造成严重的、无法估量的损失, 还会在一定程度上威胁社会稳定和国家安全, 给居民的日常生活和工作带来不好的影响。因此, 有必要密切关注 500kV 变电站的运行和维护技术, 针对常见的故障问题, 进行详细的、系统的分析与探究, 找到故障原因, 选择合适、准确、科学的解决策略, 确保在短时间内处理好变电站运行故障, 从而提高 500kV 变电站的运行水平, 保障中国运电输电工作的安全和稳定。

## 2 概述 500kV 变电站的运行维护管理

500kV 变电站属于特高压变电站的一种, 其运行维护工作具有较强的连续性, 且对安全要求非常高。目前, 中国的 500kV 变电站运行维护管理工作主要有两种形式: 手动模式

和无人值守模式。手动模式指的是由多人共同进行维护, 以此来实现 500kV 变电站的不间断运行。无人值守模式指的是通过上级调度或集中控制中心实现自动化运作。现阶段, 中国高压电网以 220kV 电压为主, 特高压电网以 500kV 电压为主。当然, 作为高压电力骨干网络, 500kV 变电站具有明显的优势, 其不仅可以充分利用各种资源, 节约建设资本投资、互通有无、互为备用的功能优势, 在一定程度上保证电网的稳定运行。随着当前城市化的持续发展和发展, 居民电力越来越多, 对电流稳定性的要求也越来越高, 中国大部分高压变电站实现了远程控制, 聚集较为紧密, 在一定程度上增加了操作的隐患。从目前的发展来看, 中国 500kV 变电站日常的运行维护方法大致可以分为两种: 一是电力系统的故障维修。这种故障检修主要是对整个电网的操作, 能够实现最大限度上保证变电站的正常运行。二是电气设备的维护检修。这种检修仅限于变电站内特定设备的更换或维护, 对变电站的高效运行大有帮助。500kV 变电站的正常运行具

【作者简介】林景礼 (1993-), 男, 中国山东烟台人, 本科, 助理工程师, 从事超高压变电站变电运行维护研究。

有较高的社会价值和经济效益，一方面可以让变电站在输电过程中逐步找到最佳的方案，另一方面能够为中国居民正常使用电力奠定良好的基础。

其中，主变压器的保护机制主要有以下几点：第一，是主变压器的纵向差动保护。主要是指主变压器的主电流值与次电流值比较后的电流保护，基本保护装置由主变压器两侧的基本电流互感器组成，通过集中化的后备保护，提前确定一个可跳闸断路器的阈值，一旦超过阈值，会在第一时间发生跳闸，同时实施有效的后备保护措施，以此来实现输电系统的高效保护。第二，主变压器的过电流保护。在500kV变电站实际运行的过程中，主变压器之间短路的后备保护壳主要用于该项目的维护，主要是在低压状态下启动，形成适当的过电流保护。如果基本电流超过预定值，则需要有限的时间内进行操作，促使相对应的断路器跳闸或发送相应的报警信号。第三，主变压器的过励磁保护。相应的过励磁保护主要是在基础运行模式下开启的，能够防止变压器内部的铁芯或者其他金属组成部分的温度过高，并根据变压器的实际容量和变压器的实际操作灵敏度进行有效区分。如果发生过电流，有必要利用过电流保护，以此来确保系统的安全运行。基本的过励磁保护是防止系统出现变压器过励磁，促进该系统利用基础动作跳闸。第四，主变压器的瓦斯保护。在系统的实际运行中，主变压器内部的瓦斯继电器是比较重要的保护部件，主要针对的是无法辨别的故障问题，在一定程度上有效规避了故障的发生。瓦斯保护可以分为轻型瓦斯保护和重型瓦斯保护。在500kV变压器的瓦斯保护机制中，相应的瓦斯继电器的冷却方式是冷却油循环机制，而基本的重瓦斯流速必须进行严格的控制。

### 3 500kV 变电站的故障问题以及运行维护措施

#### 3.1 用电系统的故障问题及运行维护措施

现阶段，500kV 变压器的电力系统存在以下问题：第一，站内电力系统的独立电力容易出现用电失压现象，造成变电站线路跳闸，从而导致站内交流系统压力失去控制，给站内交流系统的主接线方式和工作方式带来问题。第二，雷雨等自然灾害天气会影响供电信号的稳定性，导致负荷电流和电压在一定范围内出现较大程度的波动。第三，变电站线路复杂，馈线负荷不平衡。第四，站内设备较多，重要的变压器保护开关、小车开关设置及检查不准确，不能起到很好的保护作用。针对用电系统的故障问题，要根据故障原因，选择合适的维修方法，可采用的解决措施有以下几种：设置双回路系统，以此来保证变电站的供电需求；定期对 AIS 设备进行检修和维护，保持负荷平衡；改善必要的防雷装置，减少和避免自然灾害的影响；及时改造和更换新电缆，以此来解决馈线不平衡问题。

#### 3.2 电容器的故障问题及运行维护措施

在变电站设备中，电容器是非常重要的部件，在电网中

发挥着重要的作用。在变电站的实际运行过程中，变电站的位置建在一些偏远地区，环境比较恶劣，变电站在这种恶劣的环境下，内部的设备特别是变电站的电容器，容易受到一定的损坏，大幅缩短使用寿命，影响使用效率。对于高压变电站来说，电容器设备的损坏还有可能来源于以下几个方面：第一，电容器本身长期使用导致的故障问题，具体表现为电容器出现异常声响，证明内部部件有所损坏。第二，由于突然负载的影响，电容器的相对精度缺乏准确性，导致电容器无法正常工作。

针对电容器故障问题，相关技术人员应首先准确检测电容器故障的原因和准确时间，查明故障的具体原因后，应根据具体故障和实际情况采取有效措施，确保电容器的正常运行。当电容器出现故障时，要迅速进行处理，防止故障范围扩大，影响变电站整个系统的运行。与此同时，电容器的长期故障会对变电站的使用效果产生重大影响，给变电站造成巨大损失。由此可以看出，电容器的维护必须及时有效。另外，在电容器运行初期，应定期维护电容器不受雨雪等恶劣天气的影响，以保证电容器的最大寿命，保证变电站的稳定性。除此之外，如果电容器发出异常声音，应及时关闭系统运行，特别是发现电容器喷油起火、接头发热、套管放电等故障问题时，必须迅速停止运行，切断所有电源，不要用水灭火，而是要用沙子覆盖火灾，保证设备的整体安全。同时，所有放电工作必须在合闸前完成，以此来避免电容器堵塞，确保设备系统的安全<sup>[1]</sup>。

#### 3.3 变压器的故障问题及运行维护措施

变压器是变电站的核心设备，常见的变压器故障包括套管故障、铁芯故障、绕组故障、瓦斯保护故障、变压器火灾故障等。①套管故障。套管故障的主要原因是：污垢积累太多，严重影响正常工作；密封松动导致主绝缘受潮；电容器芯片本身存在缺陷，在操作过程中会出现游离放电现象。②铁芯故障。铁芯故障的原因是：硅钢片之间的绝缘损坏；钢板局部短路。③绕组故障。绕组故障的原因是：部分导线的表面出现了毛刺或者尖棱，出现绝缘扭伤和接合焊接不严格的情况，直接导致绕组匝间短路；变压器使用不良，设备受潮，直接发生匝间短路；系统负载大，绕组本身在使用过程中过热，导致短路；大气过电压超压引起绕组匝间或相间绝缘破坏现象，造成短路故障；分接开关进行倒换的时候，使用不标准，使接线板位置不当，出现局部短路现象；漏油导致变压器油位降低，铁芯绕组和壳体的泥浆沉积减少了变压器的冷却面积，烧坏了绝缘；变压器超过使用寿命，部分主绝缘老化，压缩强度不足。④瓦斯保护故障。轻瓦斯作用于信号，重瓦斯作用于跳闸。故障原因是空气进入变压器内部；变压器自身的质量问题，在运行中有少量气体，导致瓦斯故障；内部绝缘受损，部分线路短路。⑤变压器着火故障。变压器是主要设备，但在使用过程中，内部和外部的故障会导致火灾，主要原因是套管被外力损坏，变压器漏油后产生火

花,发生变压器火灾。当发生变压器故障时,必须单独处理,以确保变压器的安全稳定运行。主要措施有:对铁芯的外部进行检查,采用直流电压和电流计法测量钢板的绝缘电阻数据,以确定故障位置;瓦斯保护动作跳闸时,应检查油浸防爆门的焊接点、裂纹、外壳变形等;变压器着火后,要迅速切断变压器侧断路器,断电冷却,检查点火位置<sup>[2]</sup>。

## 4 500kV 变电站运行及维护工作中需要注意的问题

### 4.1 不断改进技术装备, 引进高技术人才

随着500kV变电站数量的增加,我国迫切需要制定有关安全生产的法律法规,提高工作人员的技术能力。相关企业应该加强值班人员的技术操作培训,积极引进和培养高技术人才,以此来保证变压器的安全运行。另外,部分电力企业在变电站建设初期购买变压器,长时间没有更新和维护变电站运营相关设施。同时,由于对变电站运营设施的更换缺乏有效的监督管理,部分变电站运营者在项目实施过程中存在缺陷,会影响变电站运营设备的有效运行,造成安全事故。为此,电力企业必须增强监督意识,实施有效监督,定期或不定期地对系统设备进行必要的日常维护。另外,电力企业还要动态监控设备系统状态,综合监督管理系统设备的操作维护技术、测试标准,确保设备的连续性和系统稳定性。

### 4.2 严格检查变压器中的油

在500kV变电站的运行过程中,要重点观察油的位置,检查油是否达到标准。一般情况下,油的理想颜色是黄色或透明。当变压器出现异常时,一方面要对机油颜色检查,依靠在线监测设备,以便更好地了解石油的质量。另一方面,在科学标准中,如果油温迅速升高,则绕组绝缘层的应用效果将逐渐降低,直到完全无效为止。因此,变压器运行时要严格遵循对温度的控制。另外,油的位置也是参考依据,因为在正常环境下油的位置不变,如果冷却装置或容器油出现问题,不能保证原来的功能,油的位置会引起比较明显的波动,技术人员能够根据维修设备,检测油位是否处于标准位置,使变电站充分发挥适当的价值<sup>[3]</sup>。

### 4.3 完善规章制度, 加强管理

为了加强变电站的运行和维护管理,有必要改进现有规章制度,进一步加强管理工作,充分考虑设备的情况和实际发展的需要。因此,为了保证变电站的运行和维护管理顺利

进行,必须制定相关的维护规定。具体而言,第一,相关电力企业有必要确保规章制度的权威性,严格落实规章制度的执行。第二,在运维工作过程中,运维工作项目要保证符合标准化要求。同时,还要时刻监测维护工作的动态性和可管理性。在完善规章制度的同时,还要加强设备条件的管理。除此之外,设备必须定期维护,不同种类的设备维护周期都不一样,电力企业有必要聘请专业的技术人员担任保养维护工作,密切关注设备的安全故障,确保能够及时解决问题,以此来保证整个变电站稳定健康地运行。

### 4.4 建立系统的变电站运行维护管理系统

一方面,交接班制度。由于500kV变电站人力资源不足,合理安排后,应按照调度规则的要求认真进行作业交接。对于大轮班,操作员和管理人员在轮班期间必须能够集中精力从事相关工作。另一方面,定期检查制度。第一,可以赋予检查员检查高压设备的特定权利,使其除了定期设备检查活动外,还可以检查大多数二次设备。检查次数可以与早期、中、后期相结合,确认统一标准。一般来说,日常检查和组织活动在上午进行。第二,如果在检修环节发现设备异常,则必须在第一时间向变电站报告情况,同时还要在MIS系统平台上记录主要问题,以供后续处理。同时,员工要把个人和企业紧密联系起来,建立各种记录档案和有效的科学管理制度,明确每个人的责任,形成有效、科学的运营管理制度,保证电网的安全运行。

## 5 结语

综上所述,为了保证500kV变电站的稳定运行,有必要加强变电站的运行维护管理,增强员工的专业技能和责任意识,结合实际情况进行技术创新,形成健全、科学、合理、有效的运行维护机制,落实故障预防措施,以确保变电站的安全稳定运行,保障变电站的不间断启用。

## 参考文献

- [1] 薛志国,徐汝俊,牛海伟,等.500kV变电站运行维护技术探讨[J].轻松学电脑,2021(1):1.
- [2] 王鹏.500kV变电站变压器运行及继电保护措施深入探讨[J].通讯世界,2018(7):2.
- [3] 王宏芳.500kV智能变电站运行与维护管理模式研究[J].工业,2021(2015-32):228.