

地铁供电系统变压器故障分析与解决措施研究

陈学斌

南京地铁运营有限责任公司

DOI: 10.12238/ems.v6i10.9334

[摘 要] 地铁供电系统作为城市轨道交通的重要组成部分,其稳定性和可靠性直接影响地铁运营的安全和效率。变压器作为地铁供电系统的核心设备之一,其故障可能导致严重后果。本文旨在分析地铁供电系统变压器的常见故障类型及其影响,探讨有效的故障保护和解决措施,以期提高地铁供电系统的稳定性。

[关键词] 地铁供电系统; 变压器故障; 故障分析; 保护措施

Research on Transformer Fault Analysis and Solutions for Subway Power Supply System

Chen Xuebin

Nanjing Metro Operation Co., Ltd

[Abstract] As an important component of urban rail transit, the stability and reliability of the subway power supply system directly affect the safety and efficiency of subway operation. As one of the core equipment of the subway power supply system, the failure of transformers may lead to serious consequences. This article aims to analyze the common types of faults in subway power supply system transformers and their impacts, explore effective fault protection and solutions, in order to improve the stability of subway power supply systems.

[Keywords] subway power supply system; Transformer malfunction; Fault analysis; protective measures

随着城市化进程的加快,地铁作为一种高效、便捷的公共交通工具,已成为城市交通体系的重要组成部分。地铁供电系统的稳定性直接影响到地铁运营的安全性和可靠性。变压器作为地铁供电系统中的关键设备,其运行状况对整个系统的性能至关重要。然而,变压器在长期运行过程中可能会出现各种故障,影响地铁的正常运营。

一、地铁电力系统主要能源

1. 高压供电

高压供电系统是地铁供电的一种常见方式,主要通过变电站将高压电力传输到各个地铁站点。此种方式具有传输效率高、电能损耗低的优点。通常情况下,地铁高压供电系统的电压等级为 35kV 或以上。在电力传输过程中,高压电力经过变电站的降压变压器,将电压降至适合地铁设备使用的水平。高压供电不仅能够保证电力的持续供应,还能满足地铁

运行过程中对电能的高需求。此外，高压供电方式通过分段供电，能够在出现局部故障时迅速切断电源，减少对整个系统的影响。这种灵活的供电方式为地铁的安全运营提供了可靠的保障。

2. 分散供电方式

分散供电方式在地铁供电系统中也得到了广泛应用。该方式通过在地铁线路的不同节点设置多个供电点，各供电点独立向其覆盖的线路段提供电力。这种供电方式能够有效减少单点故障对整个系统的影响，提高供电的可靠性和灵活性。分散供电尤其适用于线路较长且负荷分布不均的地铁系统。通过分散供电，各供电点可以根据具体需求进行电力分配，灵活调整负荷。此外，分散供电方式能够减少长距离输电带来的电能损耗，进一步提高供电效率。分散供电方式的采用，使得地铁供电系统在面对突发状况时，能够迅速调整，维持正常运行。

3. 混合供电方式

混合供电方式结合了高压供电和分散供电的优点，优化了地铁供电系统的整体布局。在混合供电方式下，地铁系统可以在核心区域采用高压供电，保证主要线路段的电力需求；而在外围或负荷相对较小的区域，则采用分散供电方式，灵活调配资源。这种方式不仅提高了供电系统的可靠性，还能减少设备投资和运营成本。混合供电方式的一个显著优势在于其灵活性，可以根据不同区域的电力需求和地铁线路的具体情况，选择最适合的供电方式，从而达到优化资源配置、提高运行效率的目的。通过混合供电方式，地铁供电系统能够在不同运行条件下，保持高效和稳定的电力供应。

4. 地铁内部供电

地铁内部供电系统专为地铁站内的各种设施设备提供电力支持，包括照明、通风、空调和其他辅助设备。内部供电系统通常通过变压器将高压电力转换为适合这些设备使用的

低压电。内部供电系统的稳定性直接影响到地铁站的运营环境和乘客体验。例如，照明系统的正常运行关系到站内的安全，通风和空调系统则影响乘客的舒适度。为此，地铁内部供电系统通常配备了完善的监控和保护装置，实时监测供电状况，及时发现和处理故障。此外，地铁内部供电系统还需要定期维护，确保各个设备能够持续稳定运行，保障地铁站的正常运行。通过科学合理的设计和管理，地铁内部供电系统能够为地铁站提供可靠的电力支持，提升整体运营效率。

二、变压器故障分析与保护

1. 故障类型

变压器在运行过程中可能会遇到各种故障，影响其正常工作。常见的故障类型包括绕组短路、铁芯故障、油质劣化和漏油。绕组短路通常由于绝缘材料老化或过载引起，导致电流异常增加，可能损坏变压器内部元件。铁芯故障主要表现为铁芯过热或机械损伤，影响变压器的磁通路径，从而降低效率。油质劣化是指变压器油在长期使用后，由于高温和氧化作用，导致绝缘性能下降，增加了电气故障的风险。漏油则是由于密封不良或机械损伤引起，造成变压器内部绝缘油泄漏，不仅影响变压器的散热，还可能引发火灾。识别和分析这些故障类型，有助于采取针对性的维护和预防措施，保障变压器的安全运行。

2. 变压器保护

为了减少变压器故障带来的损失，采取有效的保护措施非常重要。差动保护是常见的保护方式之一，通过监测变压器各侧电流的差异，及时发现并切除故障。温度保护是通过在变压器内部安装温度传感器，实时监控运行温度，当温度过高时，自动启动冷却装置或切断电源，防止变压器过热损坏。气体保护则利用变压器内部故障产生的气体进行检测，当气体浓度超过设定值时，发出报警信号，提示进行检查和维护。油位监测通过油位计实时监控变压器油位，当油位下

降到危险水平时，自动报警，防止因漏油导致的绝缘问题。通过这些保护措施，可以大大降低变压器故障发生的概率，提高地铁供电系统的可靠性。

三、变压器发生故障带来的严重影响

变压器故障会对地铁供电系统和整体运营造成多方面的严重影响。首先，变压器故障可能导致大范围停电，直接影响地铁列车的正常运行，造成乘客滞留和交通混乱。停电事故不仅干扰乘客出行，还可能引发安全事故，增加乘客恐慌情绪。其次，变压器故障还会损坏其他相关供电设备，导致连锁反应，进一步扩大故障范围和影响。设备损坏带来的维修和更换成本增加，也会对地铁公司的运营预算造成压力。此外，供电中断还会影响地铁站内的照明、通风、空调等基础设施的正常运转，降低乘客的舒适度和安全性。长期或频繁的变压器故障会对地铁公司的声誉造成负面影响，可能导致乘客对地铁服务的信任度下降，转而选择其他出行方式，从而影响地铁的客流量和收入。因此，变压器故障不仅对地铁系统的物理设备和运行造成直接损害，还会带来广泛的经济和社会影响。

四、变压器故障解决方法

1. 定期维护和技术升级

定期维护是防止变压器故障的重要措施之一。技术人员应定期对变压器进行全面检查，关注绕组、电磁系统和绝缘油的状态。发现异常情况，及时采取处理措施，如更换老化的绝缘材料或清理油质杂质。通过定期维护，可以延长变压器的使用寿命，减少故障发生概率。除了常规维护，技术升级也是提高变压器可靠性的重要手段。采用新型材料和先进的制造工艺，可以增强变压器的抗故障能力。例如，使用高温绝缘材料可以提高变压器的耐热性能，减少过热故障。引入先进的监测设备，可以实时获取变压器的运行状态数据，预判可能的故障风险，提前采取防范措施。定期维护和技术

升级相结合，不仅能提高变压器的运行稳定性，还能优化地铁供电系统的整体效率。

2. 安装智能监测系统和制定应急预案

智能监测系统的安装可以大大提高变压器故障预防能力。这些系统通过传感器和数据分析技术，实时监控变压器的电流、电压、温度和油位等关键参数。当系统检测到异常情况时，会自动发出警报，并向维护人员发送详细的故障信息，使其能够迅速采取相应措施。智能监测系统不仅可以及时发现潜在故障，还能记录变压器的运行历史数据，为后续的维护和管理提供参考。此外，制定详细的应急预案也是变压器故障管理的重要环节。应急预案应包括故障发生后的应对步骤、责任分工和应急资源的调配。地铁公司应定期组织应急演练，确保员工熟悉预案内容，能够在故障发生时迅速响应。通过智能监测和应急预案相结合，地铁供电系统能够在变压器故障发生前进行有效预防，在故障发生后快速恢复正常运行，减少对地铁运营的影响。

五、结语

本文通过详细分析地铁供电系统中变压器的故障类型及其影响，探讨了预防和解决这些故障的方法。笔者认为，定期维护和技术升级是预防变压器故障的有效手段，而智能监测系统和应急预案则是快速响应和处理故障的关键。我们建议地铁公司结合实际情况，综合运用这些方法，以提高供电系统的可靠性和稳定性。通过系统化管理和持续改进，地铁供电系统将能够更好地支持地铁的安全、高效运行，保障乘客的出行体验和安全。

[参考文献]

- [1] 徐景远, 张皓. 地铁供电系统的供电方式及其选择的分析[J]. 黑龙江交通科技, 2020, 43 (11): 165-166.
- [2] 范广. 地铁供电系统变压器保护及故障分析[J]. 中国设备工程, 2023, (08): 157-159.