

Research on Lightning Protection Strengthening Measures for Railway Traction Substations

Xiuying Wang

Guoneng Shuohuang Railway Company Suning Branch, Cangzhou, Hebei, 061000, China

Abstract

Modern railway system plays an indispensable role in promoting the development of transportation field, and railway traction substation, as a key part of this system, is responsible for converting high-voltage electric energy into electric energy needed for electric trains. However, these facilities are often located in open geographical locations and are vulnerable to natural disasters, especially lightning activity. Through the comprehensive use of engineering technology, power system knowledge and modern science, various lightning protection measures will include lightning rod system, grounding system, the use of insulating materials and the implementation of monitoring and early warning systems. In addition, this study will explore how to improve energy efficiency and sustainability to coordinate lightning protection measures with energy saving measures to ensure the continuous and reliable operation of the power system.

Keywords

railway traction substation; lightning protection; strengthening measures

铁道牵引变电所防雷加强措施的研究

王秀英

国能朔黄铁路公司肃宁分公司, 中国·河北 沧州 061000

摘要

现代铁路系统在推动交通领域的发展中扮演着不可或缺的角色, 而铁道牵引变电所作为这一系统的关键组成部分, 负责将高压电能转化为电动列车所需的电能。然而, 这些设施常常位于开放的地理位置, 容易受到自然灾害, 尤其是雷电活动的威胁。通过综合运用工程技术、电力系统知识和现代科学, 将探讨各种防雷措施包括避雷针系统、接地系统、绝缘材料的使用以及监测和预警系统的实施。此外, 本研究还将探讨如何改善能效和可持续性, 以使防雷措施与节能措施相互协调, 确保电力系统的持续可靠运行。

关键词

铁道牵引变电所; 防雷; 加强措施

1 引言

雷电对铁道牵引变电所的影响会导致设备损坏、电力中断甚至安全风险。因此, 针对这一挑战, 进行防雷加强措施的研究至关重要。本研究的目标是深入探讨如何有效地保护铁道牵引变电所免受雷电危害, 确保其设备的可靠性和稳定性。这项研究的重要性不仅体现在保障铁路系统的安全和可靠性上, 还在于减少维修成本、延长设备寿命以及提高能源效率。本研究的成果将为铁路运输业界提供有益的指导, 有望改善电气化铁路系统的安全性和可持续性, 为旅客和货物运输提供更可靠的服务。

【作者简介】王秀英(1989-), 女, 中国内蒙古呼和浩特人, 本科, 工程师, 从事铁道供电、变配电研究。

2 牵引变电所介绍

2.1 结构和组成部分

牵引变电所通常包括多个关键组成部分, 各个部分通力合作让电能得到有效供应。它们配备了高压输电线路, 这些线路从电力站或电网输送高压电能到变电所。在变电所内, 这些高压线路将电能传输到变电设备, 其中包括变压器, 它们的任务是将高压电转化为适用于电动列车的电能, 通常为交流电(AC)或直流电。此外, 牵引变电所还包括配电设备, 如断路器、隔离开关和保护装置, 用于确保电能的分配和安全运行, 它们还拥有控制系统, 以监测和调节电能的输出以满足列车牵引系统的需求。通常还包括备用电源和紧急停电系统, 以便确保在紧急情况下保持列车运行的安全^[1]。

2.2 功能和作用

牵引变电所的主要功能是将高压电能转化为适用于电

动列车的电能，以推动列车运行。这里有两种主要类型的电气化系统：

①交流电气化系统：在这种系统中的变电所将高压交流电转化为列车所需的交流电。这种系统通常用于城市轻轨和高速列车。

②直流电气化系统：直流电气化系统将高压直流电转化为列车所需的直流电。这种系统在地铁系统和一些长距离铁路线路中较为常见。

牵引变电所的另一个重要作用是确保电能的稳定性和可靠性。电能质量的保障对列车运行至关重要，因为波动或中断会导致列车事故或乘客不便。因此，这些设施配备了多层次的保护和监测系统以防止电能问题，并在必要时切断电源以确保安全。

3 提道牵引变电所防雷的重要性

牵引变电所是现代铁路电气化系统中的核心组成部分，负责将高压电能转化为电动列车所需的电能，推动铁路运输的运行。然而，雷电活动对这些变电所构成潜在威胁，因此防雷措施的重要性愈发凸显。

首要的考虑是人员安全。牵引变电所通常位于开放的区域，这意味着工作人员在雷电话跃时会面临电击风险，因此保障员工的生命安全至关重要，适当的防雷措施可以降低电击风险，减少潜在的伤害和事故。一方面，对于牵引变电所内的设备来说，防雷措施也至关重要，这些设备包括变压器、配电设备、控制系统等，它们的正常运行对于确保列车牵引系统的高效工作至关重要，雷电引发的电力波动或设备损坏会导致电能供应中断，对铁路运输造成重大干扰^[2]。另一方面，牵引变电所的防雷措施对于铁路系统的可靠性也有深远的影响，铁路系统的可靠性是提供准时、高效服务的关键因素，电能供应中断会导致列车晚点，乘客不便，甚至造成列车事故，防雷措施有助于确保电气化铁路系统的可靠性，提高列车运行的稳定性。

此外，从环境和经济角度看，防雷措施对铁路系统的可持续性也至关重要，电气化铁路通常比传统的燃油列车更环保，减少了碳排放，因此保护牵引变电所免受雷击损害有助于维护电气化铁路的可持续性，降低维修和替换成本。

4 铁道牵引变电所雷击的原因及入侵途径

雷击是自然界中一种常见但具有潜在危险的自然现象，对于铁道牵引变电所而言，它会引发严重的问题。

4.1 雷击的原因

地理位置：铁道牵引变电所通常位于露天或半露天的地理位置，靠近铁路线路。这种开放性位置使得这些设施更容易受到雷电活动的影响，尤其是在雷电话跃地区。

金属结构：牵引变电所的建筑和设备通常包含大量的金属元素，如导电电缆、钢结构等。这些金属构成了雷击的

吸引物，因为雷电往往会寻找最短路径通过金属物体释放电荷。

高耸结构：变电所通常拥有高耸的构造，如变压器、继电器室等。这些构造将雷电的引导路径提高，增加了遭受雷击的风险。

气象条件：雷电活动通常与气象条件相关，如气温、湿度和气压。不稳定的大气条件，特别是暴风雨、雷暴和降水，增加了雷电活动的可能性^[3]。

4.2 雷击的入侵途径

直接雷击：这是最常见的情况，其中闪电亲自击中了变电所的结构或设备。当雷电路径穿过空气中的气体和绝缘材料，它会沿着最短路径，通常是金属或导电物体，释放电荷。这会导致设备受损、火灾爆炸或停电。

间接雷击：间接雷击发生在变电所附近地面上，当闪电击中地面时，它会通过地下回路或建筑结构的金属部分传导到变电所。这种情况下，变电所的设备会受到电流冲击，引发设备故障或损坏。

电磁干扰：雷电产生的电磁场也会对变电所的设备产生干扰，而无须直接击中。这种电磁干扰会导致设备故障、通信中断或数据丢失。

5 铁道牵引变电所防雷加强措施

5.1 直击雷的防护

铁道牵引变电所是现代铁路系统的核心，负责将高压电能转化为适用于电动列车的电能，以推动铁路运输。然而，它们常常位于暴露的地理位置，容易受到雷电袭击的威胁，因此需要采取有效的防雷措施，特别是针对直击雷的防护。

一项重要的防雷措施是安装避雷针系统，这些避雷针通常位于变电所的高耸结构上如变压器和继电器室。避雷针是金属尖顶的构造物，它们具有极强的导电性，能够吸引雷电并将其传导到地下，远离变电所的设施和设备。这种设计可以有效减少直击雷的危险，将雷电的能量引导到安全的地方，减少了对变电所内部系统的损害和风险。除了避雷针系统，接地系统也是直击雷的防护关键组成部分，良好的接地系统可以将雷电产生的电流安全引导到地下，防止电压潜在的危害，这个系统包括大地电极、导体和接地网，它们共同协作以确保雷电引发的电流能够安全地离开变电所，减轻了雷击事件对设备和人员的威胁。

此外，绝缘材料也在直击雷的防护中发挥重要作用，通过在设备和电缆上使用高质量的绝缘材料，可以降低电荷的传导，减少电流的流动，从而减少了雷击事件对设备的损害，绝缘材料的使用还可以提高变电所系统的可靠性，减少电气问题和故障的发生。监测和预警系统也是直击雷的防护的一部分，雷电检测和预警系统可以提前探测雷电活动并及时发出警报，以便采取必要的措施来保护变电所设施和人员，这系统主要由闪电探测器、雷达和气象传感器，用于监

测天气条件并提供准确的雷电风险信息^[4]。

要定期开展维护和检查工作,确保避雷针、接地系统和绝缘材料的正常运行非常重要,通过定期检查和维修这些防雷措施可以确保它们在需要时发挥最佳作用,减少雷电事件的风险。总之,在铁道牵引变电所防雷加强措施中,直击雷的防护至关重要,采取适当的防雷措施,如避雷针系统、接地系统、绝缘材料、监测和预警系统以及定期的维护和检查,有助于确保变电所的设备 and 人员免受雷击事件的威胁,维护电气化铁路系统的安全和可靠运行。

5.2 防止感应雷

在铁道牵引变电所的设计和运行中,需要对绝缘系统进行协调和距离的规划,确定合适的绝缘子配置、绝缘涂层的材质以及电缆的布置,适当的绝缘协调和距离可以减少电场和磁场的影响,降低感应电压的产生。电磁屏蔽和隔离是另一种有效的感应雷措施,通过在关键设备和系统周围设置屏蔽结构可以减少外部电磁场对设备的影响。此外,采用合适的隔离措施如绝缘隔离器和绝缘缆线可以降低电流和电压的传导,从而减少感应电压。

良好的地线和接地系统对于防止感应雷非常重要,它们确保了电流的安全通道,将不必要的电荷引导到地下,减少电场的干扰,通过维护和检查地线和接地系统的有效性,可以提高变电所的电气系统的稳定性,降低感应电压的风险。

5.3 推动变电所节能措施的改善

铁道牵引变电所在现代铁路系统中扮演着至关重要的角色,用于将高压电能转化为电动列车所需的电能,从而推动铁路运输。然而在强调加强防雷措施的同时,也需要考虑如何推动变电所的节能措施以提高能源效率和可持续性。

能效评估和监测是开始的关键步骤,通过定期的能效评估和监测了解变电所电气设备的效率,检查电缆和变压器的能源损耗以及确定潜在的能源浪费点,这提供了改进节能措施的基础,为未来的提高提供了依据^[5]。同时还要注意采用高效设备和技术,选择电力转换设备和变压器等先进设备以降低能源损耗,同时使用能源效率更高的电缆和绝缘材料,可以有效减少能源的浪费。另一个关键领域是照明和制冷系统的改进,采用LED照明和智能照明控制系统可以显著降低照明的能耗,同时选择高效的制冷设备和维护制冷系统,这也有助于减少电力的消耗。智能监控和自动化系统的引入也有助于提高能源效率,这些系统能够实现远程监控和自动控制,对设备的能源使用进行实时跟踪和调整,从而确保最佳性能,这些自动化控制系统还可以识别和纠正能源浪费,提高整个变电所的能源效率。最后,人员的培训和意识也是推动变电所节能改善的重要因素,培训工作人员了解能源效率最佳实践,鼓励他们参与能源节约活动,有助于形成一个节能文化,以支持变电所的可持续性。

总之,铁道牵引变电所作为铁路系统的核心组成部分,

应当努力改善其节能措施。通过能效评估和监测、高效设备和技术、高效照明和制冷系统、智能监控和自动化系统以及人员的培训和意识,可以有效提高变电所的能源效率,降低能源消耗,为可持续铁路运输作出贡献。这些改进不仅有助于降低能源成本,还有助于减少对环境的影响,提高变电所的可持续性。

5.4 分流保护工作

铁道牵引变电所在现代铁路系统中扮演着至关重要的角色,将高压电能转化为电动列车所需的电能,推动铁路运输。当前这些设施通常位于开放的地理位置容易受到雷电活动的影响。在加强防雷措施的同时,分流保护工作是必不可少的。

分流保护的目的在于保护变电所设备、减轻电击风险,并确保电力系统的可靠性和持续运行,分流保护是针对雷电事件的主要应对措施,它旨在将雷电能量安全引导到地下,避免其对设备和系统造成损害。

雷电的影响不容小觑,它会导致电压激增和电流涌入从而对设备造成严重的损坏。分流保护工作的目标是将这种雷电能量迅速分散和排除以减轻其影响,这种保护系统包括接地系统、防雷线路和绝缘材料,它们协同工作,将雷电能量引导到地下,从而保障电力系统的安全运行。

在铁道牵引变电所中,分流保护工作不仅是一项技术任务,还涉及设备的选择、定期检查和维修,进而保障其有效性。分流保护系统需要定期检测,以便它们仍然能够有效引导雷电能量,减轻电击风险^[6]。

6 结语

综上所述,雷电威胁不仅对设备造成潜在的损害,还对乘客和工作人员的安全构成风险。通过综合应用工程技术、电力系统知识和现代科学探讨了多种防雷措施,包括避雷针系统、接地系统、绝缘材料的使用以及监测和预警系统的实施。本研究为铁道牵引变电所的防雷加强措施提供了全面的视角,并为铁路系统的持续发展提供了关键的支持。希望这一工作能够为铁路运输领域的安全和可持续性作出贡献,为旅客提供更加可靠和安全的出行体验,为交通运输行业的未来增添新的活力。

参考文献

- [1] 张琛.铁道牵引变电所的防雷措施研究[J].海峡科技与产业,2018(9):67-68.
- [2] 王志刚.浅析铁路牵引供电系统防雷技术研究与建议[J].价值工程,2017,36(6):143-144.
- [3] 周瑶.铁路牵引变电所现代防雷设计理念与应用方案[J].电气化铁道,2015(2):22-24.
- [4] 边辉杰.牵引变电所的防雷保护措施[J].硅谷,2015,8(4):170-171.
- [5] 何迅.铁路牵引变电所的防雷措施分析[J].科技创新与应用,2014(8):146.
- [6] 孙美云.牵引变电所的防雷保护措施[J].内蒙古煤炭经济,2012(2):35-36.