

# Analysis on the Problems and Countermeasures of Railway Traction Power Supply System

Kuo Yuan

Guoneng Shuohuang Railway Development Co., Ltd., Cangzhou, Hebei, 062350, China

## Abstract

As the core power facility of railway transportation, the railway traction power supply system is of great importance to the safety and operation efficiency of railway operation. However, under the background of the continuous development of railway transportation and the increasing degree of electrification, the railway traction power supply system faces a series of problems, such as high grid load, high voltage fluctuation and power loss. These problems have a negative impact on the stability of railway operation and energy utilization efficiency. Therefore, this paper mainly discusses "the existing problems of railway traction power supply system and the coping measures", in order to provide reference for the improvement and optimization of railway traction power supply system.

## Keywords

railway traction power supply system; existing problems; coping strategy; research

# 铁道牵引供电系统存在的问题及其应对策略探析

袁阔

国能朔黄铁路发展有限责任公司, 中国·河北 沧州 062350

## 摘要

铁道牵引供电系统作为铁路运输的核心电力设施, 对于铁路运行的安全性和运营效率至关重要。然而, 在铁路运输不断发展和电气化程度提高的背景下, 铁道牵引供电系统面临着一系列问题, 如电网负荷高、电压波动大和电能损耗等。这些问题对铁路运行稳定性和能源利用效率造成负面影响。因此, 论文主要对“铁道牵引供电系统存在问题及应对措施”进行探讨, 以期对铁道牵引供电系统的改进和优化提供参考。

## 关键词

铁道牵引供电系统; 存在问题; 应对策略; 研究

## 1 引言

铁道牵引供电系统作为铁路运输的动力来源, 负责向电力机车和列车提供所需的电能, 因此必须保证其稳定供电。然而, 传统的牵引供电系统在面对高负荷、电压波动和能源浪费等问题时, 显得力不从心。可见深入探讨铁道牵引供电系统存在的问题势在必行。

## 2 铁道牵引供电系统存在的问题

### 2.1 电网负荷高

随着铁路运输不断增长和电气化程度的提高, 供电系统所面临的负荷压力也随之增大。主要体现在以下几个方面: 第一, 电网容量有限。供电系统电网容量是有限的, 特别是在老旧线路和设备上, 容易受到限制。同时, 随着电力需求不断增加, 电网容量无法无限地扩大。从而导致供电

系统面临电网容量不足的问题, 无法满足当前和未来的电力需求。第二, 负荷分布不均匀。在不同地区, 铁路运输需求存在差异化, 从而导致电网负荷分布不均匀。

### 2.2 电压波动大

铁道牵引供电系统中存在一个重要问题, 即电压波动大。电压波动是指电网中电压值在短时间内发生较大幅度的变化。电压波动可能会导致电力设备的运行不稳定, 特别是对于需要稳定电压供应的设备, 如信号系统和通信设备等。一旦电压波动超过设备承受能力, 就会造成设备故障、数据传输错误或系统中断等, 进而影响铁路运输的安全和运行可靠性。通常由以下几个因素造成:

第一, 过长线路电压降低。由于铁道牵引供电系统需要将电能远距离输送至不同的牵引站点, 因而涉及电力传输线路的损耗和电压降低等问题。在长距离输电线路中, 由于电阻、电感和电容等元件的存在, 电力在传输过程中会发生一定的线路损耗, 从而导致电压逐渐下降。首先, 电线的电阻会引起功率损耗, 使电压下降。其次, 线路中的电感和电

【作者简介】袁阔, 男, 中国河北沧州人, 本科, 助理工程师, 从事铁道供电研究。

容元件会引起电流和电压之间的相位差,从而导致电能的传输损失和电压降低。尤其是随着输电距离的增加,线路损耗将变得更加显著,电压下降也会更加明显。

第二,运行状态不稳定。在铁路牵引供电系统中,电力机车和其他设备的运行会引起瞬时电流变化,进而导致电网电压波动。特别是在电力机车的启动、加速和制动过程中,经常会出现电流急剧变化的情况,从而对电网的电压稳定性产生较大影响。

### 2.3 电能损耗

电能损耗是指在电力传输和供应过程中所产生的能量损失,这种损失会导致电能的浪费和效率降低。常见电能损耗的问题有以下两种:

第一,输电变压器损耗。在铁道牵引供电系统中,变压器扮演着将高电压变换到适应牵引设备需求的低电压的重要角色。然而,变压器本身也存在能量损耗,包括铁芯损耗、铜线损耗和绕组损耗等。首先,铁芯损耗是变压器中的一个重要能量损耗来源。由于变压器铁芯的磁化和消磁过程中存在磁滞和涡流损耗,会导致能量损失。这种损耗主要取决于铁芯的材料特性和变压器的设计。其次,铜线损耗是由于变压器中导线的电阻而引起的能量损耗。即电流通过导线时会产生热量,从而导致电能损失。最后,绕组损耗也是变压器中的一种损耗形式。绕组损耗主要包括绕组电阻和绕组电流引起的电流损耗。这些损耗会导致电能 在变压器转换过程中的能量损失。

第二,牵引设备能效问题。由于设备本身的设计和 工作特性,存在一定程度的能量损耗和能效问题。例如,电力机车的电力传动系统中可能存在机械传动的能量损耗,例如齿轮传动、传动带等。这些能量损耗会导致电能浪费,从而降低能效。同时,电力机车的电机效率也会对电能的利用产生影响。电机效率是指电机将输入电能转化为机械能输出的能力,效率越高,其能量损耗越少。因此,提高电力机车电机的效率对于降低能量损耗具有重要意义。

## 3 铁道牵引供电系统应对策略

### 3.1 优化电网结构

优化电网结构旨在提高电网的可靠性、灵活性和适应性,以应对系统存在的问题并提高供电系统的性能。应做到以下几点:

第一,强化电网调度和管理。在优化电网结构中,强化电网调度和管理至关重要。通过准确预测和调整电力需求、合理分配电能资源以及灵活调度供电设备,可以有效降低电网负荷压力、减少电能损耗,最大限度确保电力供应的可靠性。首先,准确预测电力需求是优化电网调度的关键。可以利用历史数据、统计分析和预测模型等方法,对不同时间段和地区的电力需求进行准确预测。并基于这些预测结果,合理规划、安排电力供应计划,在满足电力需求的前提

下最大限度地减少能量浪费。其次,合理分配电能资源必须考虑不同地区的电力需求、供电能力和电网容量等因素,以确保供电平衡和供需匹配。可以通过优化输电线路和变电站布置以及灵活调整电力传输路径和电能调度方案来实现。最后,灵活调度供电设备也是强化电网调度和管理的关键。可以根据电力需求的变化和负荷情况,灵活调整供电设备的运行状态和工作方式,以确保电力供应的稳定性和高效性。通常包括设备的启停控制、负荷调节、电力平衡等措施,实现全方位管理供电效果。

第二,增加电网容量和可扩展性。为解决电网容量有限的问题,可以采取增加电网容量和提升可扩展性的策略。一方面,增加输电线路的数量和容量,可以提高电网的输电能力。例如,新建输电线路、扩建现有线路以及升级线路设备等措施。通过合理规划和布置输电线路,可以减少输电距离和电阻损耗,提高电能传输的效率。另一方面,对老旧的变电站设备进行升级和改造,以提高变电站的容量和性能。包括替换过时的设备、增加变压器容量、引入新的电力传输技术等措施。以增加电网的供电能力和可扩展性。

### 3.2 采用新的电力传输技术

在铁道牵引供电系统中采用新的电力传输技术是一项重要策略。以下对一些可行的新电力传输技术进行说明:

第一,高压直流输电技术。是一种先进的电力传输技术,采用的是直流电进行长距离的电能传输。相比传统的交流输电,高压直流输电具有低线路损耗、传输效率高以及解决电压降低的优势。一方面,在传统交流输电中,由于电流频繁地改变方向,导致输电电路上存在较大的电阻和电感损耗。而高压直流输电技术采用的是直流电传输,电流方向一致,相较而言高压直流系统比交流系统具有更高的传输效率。另一方面,长距离输电线路会引起电压降低,这在传统的交流输电中会导致较大的能量损失。而高压直流输电技术可以通过使用换流站和高压转换器来稳定电压,减少电压降低的影响。从而有助于提高供电系统的稳定性和可靠性,特别适用于铁道牵引供电系统中需要远距离输电的情况。

第二,微电网技术。是一种新兴的电力系统概念,由分布式能源资源,如太阳能、风能等和储能设备组成,形成一个小型独立的电力系统。一方面,微电网可以独立运行或与传统电力网络进行互联,具有较高的灵活性和可靠性。当传统电力网络出现故障或断电时,微电网可以独立运行,以保障铁道牵引供电的连续性和稳定性。同时,微电网还可以协同多能源运行,即根据实际情况灵活调整能源的使用方式,保证电力供应。此外,在铁道牵引供电系统引入微电网技术,可以减少对传统电力网的依赖,降低对传统能源的消耗,这对实现铁路运输的可持续发展和环保目标具有积极意义。另一方面,微电网可以通过储能设备的运用,以平衡能源的供需关系,提高电能的利用效率。例如,储能设备可以在能源供应过剩时储存多余的能量,在需求高峰期释放能

量,实现能源的平衡调度。这不仅可以提高能源的利用率,还可以降低电网负荷压力和电能损耗。

### 3.3 详细设计与改造

详细设计与改造是铁道牵引供电系统应对问题的关键。通过对系统进行详细设计和必要的改造,可以快速提升供电系统性能。首先,在设计阶段,需要根据实际需求和系统特点,进行设备选型和配置的优化。关键设备如牵引变电所、断路器、隔离开关和电容器组等应根据系统负载要求进行合理选择和配置。并选用具有适当容量和性能的设备,以满足系统的电能供应需求和确保设备可靠运行。其次,在布置设备时,应避免设备之间的干扰和冲突,以确保设备之间有足够的安全距离和通道,为操作和维护提供便利。同时,为了提高供电系统的稳定性,在改造过程中应注重采用稳压、稳流和稳频等技术。这些技术可以对电网进行动态调节和控制,从而保持供电系统的电压和频率稳定。最后,在改造过程中,引入先进的监测和控制系统可以实现对供电系统的实时监测、数据采集和远程控制。通过安装监测设备并进行数据分析,可以实时监测系统的运行状态和负荷情况,及时发现潜在问题并采取解决措施。使得远程控制系统对设备和线路的远程操作和调整成为可能,大大提高了运维的效率和响应能力。需要注意的是,降低线路损耗也是铁道牵引供电系统设计和改造的重要目标。合理选择导线材料和截面可以有效降低线路电阻,减少线路损耗。一方面,采用低电阻率的导线材料,如铜或铝,可以减小电阻损耗。同时截面积越大导线电阻越小,对减少电能损耗更有利。另一方面,通过优化线路设计,可以尽量减少线路长度和导线跨越,进一步降低线

路损耗。较短的线路长度意味着电能传输距离较短,从而减少导线的电阻损耗。同时,减少导线的跨越,如通过合理的支架和导线布置,有利于减少导线的电阻和电感损耗,从而提高线路传输效率。

## 4 结语

铁道牵引供电系统在运行过程中存在诸多问题,如电能损耗、电压波动等。为了应对这些问题,可以采取一系列有效策略。例如,优化电网结构、采用新的电力传输技术和进行详细设计与改造等,通过这些策略,可以提高系统运行效率和稳定性,并降低能量损失,从而实现可靠、高效的电力供应。在未来,应对铁道牵引供电系统进行持续改进和创新,为铁路运输行业长期发展和高质量服务提供坚实支撑。

## 参考文献

- [1] 宋奇吼,周昌松,徐百钊,等.改进型铁道牵引供电结构:CN2019 22170624.9[P].2023-06-20.
- [2] 林云志,魏应冬,李笑倩,等.川藏铁路贯通式柔性交流牵引供电系统[J].铁道工程学报,2021(7):34-35.
- [3] 赵四洪,刘浩,陈仕龙,等.贯通式同相牵引直接供电系统牵引网边界频率特性研究[J].铁道科学与工程学报,2021(11):2.
- [4] 高洪波.浅析铁路牵引供电系统中存在的问题及解决对策[J].轻松学电脑,2021(5):1.
- [5] 杨璠.高速铁路牵引供电系统能耗计算及节能评估[J].铁道运输与经济,2021,43(9):7.
- [6] 李伟博.高速铁路牵引供电系统关键技术问题分析及研究[J].世界轨道交通,2022(6):13.