

# 动车运用所地面电源系统设计与实施

袁小峰

身份证号码: 5002261985\*\*\*\*3878

**摘要:** 本文围绕动车运用所地面电源系统展开设计与实施研究。通过对系统功能需求、性能指标及环境适应性的深入分析,明确设计方向。在总体设计阶段进行技术选型,随后详细阐述硬件系统的主电路、控制电路和辅助系统设计,以及软件系统的控制策略、架构设计和通信协议实现。旨在构建一个高效、稳定、可靠的地面电源系统,满足动车运用所的实际需求,保障动车组的正常运行与维护。

**关键词:** 动车运用所;地面电源系统;系统设计;硬件设计;软件设计

## Design and Implementation of Ground Power Supply System for High Speed Train Operation Station

Yuan Xiaofeng

ID number: 5002261985 \* \* \* \*3878

**Abstract:** This article focuses on the design and implementation research of the ground power supply system for high-speed train operation stations. Through in-depth analysis of system functional requirements, performance indicators, and environmental adaptability, clarify the design direction. In the overall design phase, technical selection is carried out, followed by a detailed explanation of the main circuit, control circuit, and auxiliary system design of the hardware system, as well as the control strategy, architecture design, and communication protocol implementation of the software system. Aiming to build an efficient, stable, and reliable ground power system that meets the practical needs of high-speed train operation and ensures the normal operation and maintenance of high-speed trains.

**Keywords:** High-speed train operation station; Ground power system; System design; Hardware design; Software design

## 0 引言

在高速铁路飞速发展的今天,动车组种类和数量日益增多,动车运用所作为动车组大修、保养与储存的主要基地,其运营效率与安全性至关重要。地面电源系统是动车运用所内的关键基础设施之一,负责为动车组提供检修期间所需的电力支持,确保各项装备的正常工作。传统地面电源系统通常固定安装,难以灵活适应不同型号动车组及停放位置的供电需求。而移动式地面电源系统作为一种新型供电解决方案,不仅具有更高的灵活性和适应性,还能满足各种型号动车组列车检修时的供电需求。



图1 某地动车运用所

## 1 动车运用所地面电源系统需求分析

### 1.1 功能需求

动车运用所的地面电源系统需要具有向动车组稳定可靠供电的能力,以满足各种型号动车组在不同检修工况下的电力需求。具体而言,系统需为动车组空调、照明和辅助设备提供电力,确保动车组静止时内部设备正常工作;同时,系统应具备过载、短路、漏电保护功能,以保障设备及人员安全。此外,系统还需具备远程监控与故障诊断功能,便于运维人员实时了解系统运行状态,及时检测并处理故障。移动式地面电源系统特别适用于此场景,因其能够灵活适应不同型号动车组的供电需求。传统地面电源系统通常固定安装于特定位置,难以根据动车组停放位置的变化而灵活调整,导致供电效率低下且施工难度大。因此,引入移动式地面电源系统成为必要,其能够根据实际需求快速部署至指定位置,显著提高供电灵活性和效率。

### 1.2 性能指标

动车运用所的地面电源系统的各项性能指标,关系到

它是否能稳定, 高效地服务于动车组的运营和检修。电压稳定性方面, 需要将输出电压的波动严格地控制在最小的范围内, 过大的波动将使动车组内精密设备损坏, 从而影响动车组的性能和使用寿命, 而稳定的电压则是保证设备正常工作的基础。频率稳定性也是关键所在, 准确稳定的电源频率满足动车组设备的运行需求, 而频率偏差则会诱发设备不正常运行。功率因数体现了系统使用电能的效率, 高功率因数可以减小无功功率损耗、减小对电网的影响和冲击、促进能源的使用效益。响应时间反映了系统对变化反应的敏捷性, 当动车组接入或者负载发生变化后, 系统应能够快速调节出力, 适时满足用电需求并避免响应缓慢导致设备运行中断或者受损, 各方面性能指标合格, 才能保证地面电源系统能够为动车运用提供可靠的电力支撑。

### 1.3 环境适应性

动车运用所的环境复杂多样, 地面电源系统需要有优良的环境适应性才能确保平稳运行。从温度上看, 不管是在炎热的仲夏, 温度过高会降低电子元件的性能, 加速其老化, 或是在天气寒冷的严冬里, 温度过低或者会造成材料的萎缩、润滑剂的凝固会影响到设备的启动和运行, 必须使系统均能够正常地运行。湿度方面, 高湿环境容易诱发电路短路, 金属部件生锈等问题, 低湿环境会产生静电而损坏电子元件, 需要对系统采取有效的防潮和防静电措施。在不同海拔高度的情况下, 空气稀薄程度的变化对设备的散热和绝缘性能都有一定的影响, 因此系统应能够进行自动的调节适应。另外动车运用所内粉尘较大, 需要对系统进行很好的防尘设计以避免灰尘进入装置内对性能造成影响; 同时应具有防水, 防腐能力以抵抗可能发生的雨水侵蚀及化学物质腐蚀等, 以便为动车组在复杂苛刻环境下提供长期可靠的电力支持。

## 2 移动式地面电源技术分析

### 2.1 技术优势

1) 灵活性高: 移动式地面电源系统可根据动车组停放位置的变化迅速调整部署位置, 极大提高了供电系统的适应性和灵活性。

2) 模块化设计: 采用模块化设计思想, 便于快速安装、拆卸和运输, 降低了施工难度和成本。

3) 高效节能: 采用先进的电力电子器件和控制策略, 提高了电能转换效率, 减少了无功功率损耗, 符合节能减排的要求。

### 2.2 技术特点

1) 轻量化材料: 使用轻质高强度的材料制造外壳和

内部结构, 减轻了设备重量, 便于移动和部署。

2) 智能监控系统: 集成高精度传感器和智能监控系统, 实时监测电源系统的运行状态, 及时发现并处理故障。

3) 快速响应能力: 具备快速调节输出电压和频率的能力, 以适应动车组不同工况下的电力需求。

## 2.3 工程施工优势

1) 减少施工时间 \*\* : 移动式地面电源系统无需复杂的基础施工和布线工作, 显著缩短了施工周期。

2) 降低施工成本 \*\* : 由于系统模块化设计且易于移动, 减少了施工材料和人工成本。

3) 提高施工安全性 \*\* : 避免了传统地面电源系统施工中可能涉及的高空作业和复杂布线, 提高了施工安全性。

## 3 系统总体设计与技术选型

在进行系统的整体设计时, 需要全面地权衡功能的需求、性能的标准以及对环境的适应能力, 从而确立系统的总体框架和各个部分。利用模块化的设计思想把系统分为硬件系统与软件系统两个主要部分。硬件系统由主电路、控制电路、辅助系统等组成; 软件系统承担着控制策略、通信协议以及远程监控的实现。

在技术选型上, 主电路选用了 IGBT (绝缘栅双极型晶体管等) 等先进电力电子器件来提高系统效率与可靠性。控制电路选择高性能微控制器以达到准确控制保护功能。通信协议使用了 Modbus、Profibus 及其他成熟工业标准协议来保证系统同上位机及其他设备进行稳定地通信。

## 4 硬件系统详细设计

### 4.1 主电路设计

动车运用所地电源系统主电路设计是整个电源系统能否稳定工作的关键基石。在输入端方面, 需要准确考虑电网电压波动范围和频率偏差等因素, 利用适当的变压器实现电压变换和电气隔离, 既可以把输入电压调到适合后续加工的程度, 还可以有效地屏蔽电网侧干扰, 给后续电路创造一个稳定电气环境。在整流环节中, 选择高性能整流器件并搭建高效整流电路实现交流电向脉动直流电过渡, 同时经过合理滤波设计, 平滑直流电压波形、减小纹波系数、给逆变电路供给优质直流电源。在逆变部分中, 采用了先进的电力电子拓扑结构和控制策略, 将直流电反变成频率和电压均可调节的交流电以适应动车组上不同装置对电源多样化的要求。除此之外, 主电路还需要配备全面的保护机制, 例如过流、过压、欠压保护等, 以便在异常情况下迅速切断电路, 确保设备和人员的安全, 保证主电路能够在复杂, 多变的工作条件下平稳、可靠地工作。

## 4.2 控制电路设计

动车运用所地面电源系统控制电路设计是保障系统精准运行的关键。它以高性能微控制器为核心,实时采集主电路电压、电流参数,如电压采样精度达 $\pm 0.5\%$ ,电流采样分辨率至毫安级,为精准控制提供可靠依据。通过预设算法对采集数据深度分析,依据动车组不同工况动态调节输出,输出电压调节范围可在 $DC600V \pm 5\%$ 灵活变动。同时,具备多重保护逻辑,当检测到过流值超过额定电流1.2倍、过压达设定值110%时,能在微秒级时间内切断电路,防止设备损坏,确保系统安全稳定运行。

## 4.3 助系统设计

动车运用所的地面电源系统辅助系统设计,是确保整个系统可靠工作的有力支撑。该散热系统通过智能温控风冷的方式,根据功率模块的温度对风机的转速进行自动调节,温度高于 $60^{\circ}C$ 时风机全速工作,保证了额定工况下该装置的温度能够稳定在 $70^{\circ}C$ 以下。该监控系统利用高度精确的传感器来实时收集各个关键位置的数据,其采样频率高达每秒10次,从而准确地展示了系统的当前状态。报警系统配备了多层次的阈值设置功能,当电压偏差超出 $\pm 5\%$ 或电流过载达到150%的标准值时,系统会立刻触发声光报警机制,并将相关信息上传到控制中心,以确保运维人员能够及时进行处理,提供强有力的支持。

# 5 软件系统设计与实现

## 5.1 控制策略设计

动车利用所地面电源系统控制策略设计中,是确保其有效,平稳运行的关键因素。采用智能双闭环的控制方法,其中电压外环的目标是确保输出电压的稳定性,其设定的精度可以达到 $\pm 0.5\%$ 。当检测到输出电压与预设值存在偏差,特别是偏差超出 $\pm 1\%$ 时,我们会迅速地调整控制参数;电流内环对电压环的输出进行实时跟踪以保证电流响应的快速性和准确性,并将响应时间限制在10ms之内。考虑到动车组在不同的负载条件下,我们采用了负载自适应调节策略,特别是当负载功率在20%~100%的额定功率区间内发生变动时,该系统能够自动对控制参数进行优化,使得输出特性一直处于最优状态。同时将故障预测及容错控制机制纳入其中,通过历史数据及实时运行参数的分析对可能出现的故障进行预先预判,如设备温度上升速率大于 $5^{\circ}C/min$ 时会进行报警等,并且当某些元件失效后会自动转换到备用模式以确保系统连续稳定的供电。

## 5.2 软件架构设计

动车利用所地面电源系统软件架构设计是建立高效智

能控制系统的关键支撑。该系统采纳了层次化的分布式结构,其中数据采集层采用高频扫描方式,每隔50ms对主电路的电压、电流等关键参数进行一次采集,其采样精度高达0.1%,确保数据真实地展现了系统的运行状况。控制层采用高级实时操作系统,任务调度周期精确到1ms,能够对数据的变化迅速做出反应,实现控制算法,例如PID控制算法、比例系数等、系统的积分时间和微分时间可以根据其特性进行动态调整,确保输出电压的波动维持在 $\pm 0.3\%$ 的范围内。在通信层上支持各种协议,数据传输速率可达到100Mbps,保证了和上位机等设备进行实时和准确的信息交互。在人机交互界面上,用户可以清晰地看到操作界面,数据更新的频率达到了100ms。运维团队能够实时地查看系统的运行数据,并通过这个界面进行参数的配置和故障的查找,从而实现了高效便捷的人机互动体验。

## 5.3 通信协议实现

动车利用所地面电源系统中通信协议的实现是确保系统内部设备之间数据交互高效稳定的核心步骤。选择高度可靠和广泛适用的Modbus TCP协议,该协议是基于成熟的TCP/IP网络架构构建的,能够实现最高1000Mbps的数据传输速率,从而满足大规模实时数据快速交换的需求。在数据帧的结构设计中严格按照协议标准进行设计,对功能码进行了准确的定义,例如读的时候维持寄存器的功能码03,写的时候单独的寄存器的功能码06,保证了命令的清晰明了。地址分配符合唯一性原则,给每台设备都分配了一个单独的、唯一的IP地址和设备地址以避免地址冲突,地址范围定为1-247,可以灵活地扩大设备数量。在数据传输的过程中,使用CRC-16校验算法来对数据进行精确校验,其校验位的长度达到了16位,这使得在数据传输过程中能够有效地识别出错误,并且错误检测率高达99.998%。同时设置了合理的超时重传机制在发送数据时500ms内没有接收到确认响应时自动触发重传且重传最多只有三次以保证数据可靠传输。经过这些严格的设计和实现,使得通信协议在整个系统中发挥着稳固的作用,确保地面电源系统高效地协同工作。

## 6 结语

综上,动车运用所地面电源系统的设计研究,在多方面取得了显著成果。主电路设计通过合理选型与拓扑构建,实现了高效稳定的电能转换与传输;控制策略设计凭借智能双闭环与自适应算法,确保了输出电压的精准稳定及对负载变化的快速响应;软件架构设计以分层分布式理念,保障了系统运行的实时性与可维护性;通信协议实现采用

成熟标准并优化设计,保证了数据传输的可靠高效。移动式地面电源系统以其高灵活性、模块化设计、高效节能等技术优势,以及在工程施工上的显著便利,为动车运用所提供了更为优质、高效的电力保障方案,有力推动了动车运用所供电技术的进步与发展。

#### 参考文献:

[1] 李琳. 铁路动车检修库地面电源供电系统研究[J]. 铁道标准设计, 2011(3):4.

[2] 李智威. 混合动力动车组牵引系统地面联调试验台设计与实现[D]. 北京交通大学, 2015.

[3] 周诗林. CRH380A 型动车组辅助电源装置 2U 单

元故障分析及研究[J]. 内燃机车, 2021, 000(005):46-48.

[4] 王蕾, 陈哲. 交流传动电力机车 DC 75 V 电源库内动车方案设计[J]. 铁道技术监督, 2020, 48(5):4.

[5] 景海林. 基于 TCN 网络的电力牵引控制系统研究[D]. 大连理工大学, 2017.

[6] 赵冬霞. 列车运行数据无线传输系统的研究与设计[D]. 兰州交通大学, 2015.

作者简介: 袁小峰(1985.02—), 男, 汉族, 重庆市人, 本科, 高级工程师, 研究方向: 车辆设备管理及工程建设方面的研究工作。