

城市轨道交通供电系统的设计与运用分析

陈新鹏

(天津凯发电气股份有限公司, 天津 300392)

摘要: 铁路牵引供电系统中, 影响其安全性的因素很多。因此, 在铁路牵引供电系统的建设中, 要深入研究供电系统的设计与运用, 预防事故发生, 为铁路的安全运行提供保障。针对城市轨道交通供电系统可靠性较低的状况, 文章以城市轨道交通供电系统为研究对象, 重点分析轨道交通供电系统的设计与运用, 达到提高轨道交通供电系统可靠性的目的, 对提高轨道交通运营具有重要意义。

关键词: 城市轨道交通; 供电系统; 设计与运用

中图分类号: U223

文献标识码: A

文章编号: 1674-1064 (2022) 01-168-03

DOI: 10.12310/j.issn.1674-1064.2022.01.057

作为一项基于示范工程的科研实验, 通过研究轨道交通供配电设施的负荷特性和配电特性, 以及现有供电系统和控制方式, 提出针对不同规模轨道交通的供配电系统优化方案, 解决目前轨道交通机电系统供配电方案中存在的电缆用量大、供电质量差、控制方式单一和调压功能成本高等问题。通过新的分布式智慧供电方案, 实现对轨道交通内照明、通风、监控等设备供电。

1 轨道交通供电系统中存在的问题

1.1 线路短路引起的跳闸

轨道交通的运行环境相对恶劣, 容易导致供电线路短路, 可能导致短时间内保护电源开关自动断开, 其他保护开关功能随之失效, 出现电路跳闸断电或越级跳闸等现象, 造成轨道运行大面积停电。

1.2 上下级开关失效

电容线圈电流补偿受线圈消弧率和线圈电流补偿、电缆接线长度以及电缆运行方式等因素影响, 电缆在接地或者连接时, 其具有上下级自动保护中断开关的自动选线功能保护中断功能自动失效, 选择中断功能保护失效, 出现电路跳闸中断或越级跳闸现象。

1.3 开关欠压脱扣器动作

短路电压故障和接地母线电网短路电压频率波动会导致跳闸, 母线短时欠压。在这种欠压状态下, 母线会发生超驰或跳闸, 主要原因是母线大功率控制开关短时欠压, 使脱扣器通常处于自动解锁状态。

1.4 上级开关后备保护动作

在恶劣现场工作条件环境下, 高压跳闸保护供电开关的后备上级自动跳闸开关保护供电机构连续运动时的灵敏度明显下降, 甚至二次跳闸卡塞, 导致后备上级高压跳闸保护供电开关的后备上级自动跳闸开关保护机构动作不合理。上级

自动停止跳闸保护开关高压供电开关停止动作, 引起后备高压下级跳闸保护高压开关停止动作, 造成后备高压直流供电系统控制电路系统中后备高压供电越级保护开关二次跳闸保护故障卡塞现象的频繁发生。

2 城市轨道交通供电系统的设计与应用

2.1 PLC控制器

轨道交通供电控制系统改造中, 采用PLC控制器代替原有继电器, 实现了通过计算机编程控制轨道交通供电控制系统的目的。作为轨道交通供电控制系统的核心器件, PLC控制器的可靠性极为关键, 结合轨道交通供电控制系统的实际情况, 选择了西门子S7-200系列CPU226的PLC。

PLC控制器中配置中央处理器、数据存储器 and 信息通信等模块, 具备较强的数据采集、分析、处理和存储的能力, 能够根据轨道交通供电情况采集到可靠的监控数据并进行逻辑分析, 在控制系统监控界面实时显示监控人员观察掌握轨道交通供电系统的运行情况。中央处理器主要负责采集数据的运算处理。数据存储器主要负责实时存储轨道交通供电系统运行数据, 由ROM和RAM两部分构成。通信系统主要负责实时传输数据信息、发送远程控制指令等。

2.2 环网交换机

作为轨道交通供电控制系统中的重要组成部分, 环网开关具有输电范围广的特点, 在轨道交通供电控制系统中发挥着重要作用。环网交换机现场安装过程清晰、操作简单、使用维护方便快捷。

与此同时, 遇到危险情况可以自动发出感应报警信号, 将其接入轨道交通供电控制系统, 能够实现轨道交通供电系统的监测与自动控制。轨道交通控制系统环网交换机工作原理如图1所示, 连接轨道交通供电系统监控中心及各个分站控制点, 实现供电系统的实时监测与远程控制。

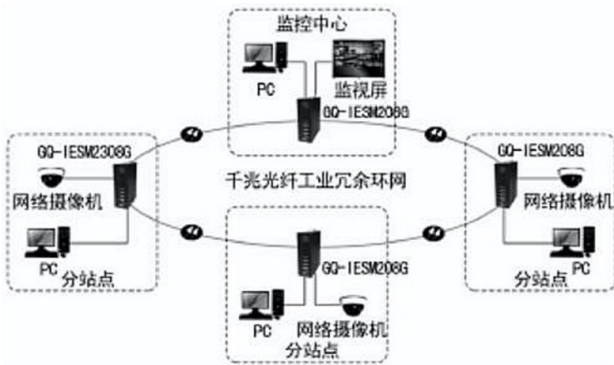


图1 环网交换机工作原理

2.3 保护装置总体设计

线路保护装置主要有以下四种功能：

第一，远程监控功能。保护装置可以在线测量供电系统中的电压、电流等，计算有功、无功功率参数，将数据传输到主机，主机可设定与调整保护装置的参数。同时，保护装置也可监测断路器、闸刀的开关信息，在线控制断路器与闸刀的通断。

第二，保护功能。保护功能包括过流保护、欠压保护、过压保护等，可通过保护软压板控制每个保护动作的启动与停止。

第三，故障报警功能。保护装置检测到故障时，会通过语音报警、主机界面显示等方式提醒工作人员。如果保护装置存在故障，也可进行故障报警并停止运行，经工作人员修复后保护装置可上电继续运行。

第四，故障定位功能。主机可通过对上传故障数据的分析处理确定故障发生位置，方便工作人员及时维修故障线路。

2.4 智慧供电总体方案

轨道交通线路的机电设施仅由一端变电站供电，直接为轨道交通中的照明、通风、监控等设备供电。智慧供电上位机既可发挥智慧供电长距离输送电能的优势，又便于集中管理维护。上位机与下位机之间进行智能通信。上位机可对下位机任意一条回路进行开关控制。

例如，监控与照明设备由同一台下位机的不同回路供电，白天可关闭照明回路，监控回路不受影响。上位机可监测每台下位机的运行情况，下位机可收集其任意一条回路用电设备情况，反馈给上位机，实现电力监控功能。可检测电流、电压、有功功率、无功功率、视在功率、功率因数、高次谐波等参数^[1]。

2.5 轨道交通供电系统

轨道交通供电系统的总体设计结构应严格遵循轨道交通安全规程和国家有关供电专业技术规程、规范的有关规定。提供平面供电系统图，并附输配电电气系统电路图、电气设备电路布置设计示意图、电力、电话、信号、电力机车等电路图，电路布置必须与电气设计原理图一致；需要增加电气设备时，要向单位机电管理部门提出申请。轨道运行机电管理部门供电管理负责人参加审批；供电管理技术员负责供电管理设计，机电管理部门供电设备管理组相关负责人参加审

批；其他单位按供电管理设计要求施工。

电力变电所及线路都应按有关规定装设过流、短路、漏电、欠压释放等继电保护装置，动作电压值必须稳定正确，且定期试验，动作可靠。

专用防爆电气设备必须完全符合电气设备防爆性能各项专业技术标准的要求。如果防爆性能严重受损，应立即更换，严禁继续使用。

供电设备必须有保护接地，必须按要求安装接地连接线、局部接地极、主接地极，任何保护接地点的接地电阻不得超过 $2\ \Omega$ ，各移动和手持电气设备的接地连接导体与局部接地极的电阻值不得超过 $1\ \Omega$ 。

轨道交通必须按照国家规定要求安装光源照明和光电信号控制装置，轨道交通机电设备和输配电连接点的安装位置和使用空间要完全符合规定要求。具备防止电气线路火灾及其他相关事故的安全防护措施，灭火防护设施齐全，设置防火位置符合规定，有专人专门负责管理并定期检验。

3 轨道交通供配电系统中的无功补偿

通常情况下，轨道交通供电系统的用电设备需要从电源处获得有功功率，还应从电源处获得一定的无功功率。如果无法从供电系统中获得无功功率，将导致用电设备不能在正常状态下运行。

第一，低压集中补偿。低压集中补偿是在轨道运行供电系统的低压开关和无功补偿装置的共同作用下加强负荷，通过电容器控制供电系统的平滑调节和工作量，连接供电系统的电容器和变压器母线。

第二，高压集中补偿。通常情况下，轨道交通轨道运行供电系统中，高压集中补偿是通过补偿供电系统电容器，保证供电稳定性。无功补偿要在煤电供电系统的线路末端或者变电站强化高压负荷，保证体现无功补偿的效益。

第三，低压个别补偿。从综合分析角度出发，低压个别补偿是从无功功率需求角度分析轨道交通轨道运行的供电系统和设备，其更具针对性，通过低压个别补偿满足电气设备对无功功率的需求，为轨道交通轨道运行供电配置和供电系统的稳定运行提供技术支持。基于此，也可最大程度地避免发生无功倒送现象^[2]。

4 BIM技术在轨道交通供电系统中的应用要点

4.1 设计阶段

BIM技术在轨道交通供电系统设计阶段的应用，可分为科研设计、施工设计两个阶段。

科研设计阶段的设计活动主要体现为：首先，利用三维可视化技术实现轨道交通供电工程的具象化与具体化，便于设计人员分析、比对与优化；其次，参数化进程服务轨道交通供电结构设计，便于性能对比与方案确认；最后，统计计算各设计方案的数据信息，为下一阶段提供决策指导。

在施工设计阶段，借助上一阶段的数据信息，与轨道、桥

梁、轨道交通、通信、信号等多专业相互配合、协同设计,通过BIM模型细化与深化轨道交通供电的施工方 案,借助参数化族库提高出图效率、准确计算数据,完成三维可视化设计,并进行方案存储与交底。通过三维碰撞检查,提前发现施工中可能出现的交叉、跨越、碰撞等问题,并及时整改。

4.2 施工阶段

施工阶段的BIM技术多用于施工进度管理、材料跟踪管理、工艺流程管理等。

施工进度管理基于参数化施工相关数据,管理人员可全面认知与整体把控施工进度。

物料追踪管理通过对施工中涉及的海量器材、设备进行编码分配,可加强施工现场的资材控制,方便物料追踪。

工艺流程管理通过制定标准化作业流程,加强技术交底和过程监控,保证关键工序的施工质量^[9]。

4.3 运维阶段

在维护阶段,BIM技术可以实现建筑的数字化和信息化。一方面,通过参数化管理可以精确控制轨道交通供电系统的状态,便于高效实施设备定位与维修数据反馈等。另一方面,利用可视化技术可实现安装器材、设备与运营成本的全面管理,从时间、空间多角度确保计算活动的精确性与时效性。零部件检验测量、计算零配件领取腕臂装置、定位管装置预配吊弦、吊索、拉线预配集中配送YN成品包装抽样检查合格。

5 优化轨道交通供电系统防雷技术的建议

5.1 避免绝缘子永久性破坏

铁路运输一旦发生雷击,绝缘子将永久损坏。发生这种现象的原因是绝缘子受到雷击时会不断闪烁,绝缘子中的工频会逐一被烧毁,最终导致绝缘子彻底被烧毁。在轨道交通供电系统中,如何解决绝缘子永久性烧毁的问题就显得尤为重要。

轨道交通供电系统中,常用的绝缘子保护方法是在水平绝缘子和悬式绝缘子的两端设置保护间隔,一旦绝缘子遭受雷击,会出现闪烁现象,系统将自动疏导工频电弧,使绝缘子受到一定的保护。但是,这种保护方式存在弊端,即遭到雷击时会发生跳闸现象,一旦跳闸会引起供电系统失效,导致列车出现不安全问题^[9]。

5.2 增强变电所的防雷效果

轨道交通供电系统中,变电站保护应采用独立的防雷设施,采用避雷针等防雷措施将直击雷引入大地,避雷针能够保护范围内的所有设备,在将直击雷引入地下前保证具有良好的接地性,并与地面保持一定的距离。在变电所进电位置也可以设置一些较小的避雷线,以保证在遭受直击雷的情况下通过避雷针阻止雷电波进入,避免变压器受损。

在馈线出线的一端,要设置符合规定的抗雷线圈,抗雷线圈与避雷器相互配合,有效抵御雷电波的入侵。变电所附

近可以设置避雷器,防止远距离的雷电电波顺着线道入侵。此外,雷电波可能通过变压器将电压传送到低压绕组,导致变压器毁损,因此,要在低压绕组附近设置避雷器,避免变压器因电压过高受损。

6 超限数据告警及超周期设备监测

按照规定确定的周期进行设备预警管理,统计分析全断面的设备维护监测,系统自动比对维护周期标准,对供电设备进行全面检查、单项设备检查、巡视检查,对未按照规定周期完成的及检修超周期设备进行色块预警、预报,按照红、黄等级,对超检修周期设备发出提示。

实时跟踪和监控设备的运用状态,将采集到的接触网拉出值、导高等几何参数以曲线形式绘制,直观反映几何参数超限情况。对历年轨道交通变电设备预防性试验报告数据进行超限预警和历史数据的趋势分析,提取供电大数据平台中的有效数据,并自动形成运行分析报告。

对于检测设备的采集、录入或导入系统的供电设备技术参数、未按规定时间处理缺陷问题,能够自动筛选实现超标预警,发生跳闸后,根据保护装置数据自动生成跳闸分析报告,指导维修部门制定计划,安排检修作业,防止设备出现漏修、失修,达到智能运行维护管理的目的,确保设备安全^[5]。

7 结语

近年来,我国铁路建设的快速发展为铁路运输提供了更加便捷的通道。电力机车供电的可靠性尤为关键,是我国铁路发展建设的关键。通过城市轨道交通供电系统的设计与运用研究可以发现,当前的轨道交通供电系统建设中存在许多不足之处,导致轨道交通发生各种安全事故。随着我国轨道交通的建设规模不断扩大,要不断提高轨道交通供电系统设计与应用的研究力度,推动我国经济快速发展。

参考文献

- [1] 李晓聆.城市轨道交通牵引供电系统跟踪识别指标研究[J].现代信息科技,2021(17):141-144.
- [2] 徐丽莉,石宏明,史文钊.上海轨道交通2号线直流牵引供电系统运行仿真研究[J].科学技术创新,2021(26):41-43.
- [3] 陈伟杰,李立颖,卜立峰,等.城市轨道交通高架区间牵引供电系统环网电缆新型敷设方案的应用[J].电工技术,2021(16):160-162.
- [4] 施伟峰.上海轨道交通超大规模供电系统一体化委外运维管理[J].城市轨道交通研究,2021(8):23-25.
- [5] 王义,刘禹兴,王文浩,等.城市轨道交通供电系统中中压环网跨域信息传输方案研究[J].电工技术,2021(14):163-165.