

煤矿井下供电系统智能化升级路径探析

李瑞强

焦作煤业(集团)新乡能源有限公司 河南 新乡 453000

摘要: 随着煤炭行业智能化发展,井下供电系统升级迫在眉睫。本文聚焦煤矿井下供电系统智能化升级。首先阐述其必要性,包括提升供电安全性、可靠性,降低运维成本及促进煤矿智能化建设。接着介绍关键技术,如分布式网络保护防越级跳闸、高压接地故障精确选线、低压漏电精确选漏等技术。最后提出建设方案,涵盖构建智能化供电综合管控平台、升级供电设备、完善通信网络、安装智能监测装置以及建立数据管理与分析系统,为煤矿井下供电系统智能化升级提供全面参考。

关键词: 煤矿井下; 供电系统; 智能化升级; 关键技术; 建设方案

引言: 在煤炭行业不断发展的进程中,煤矿智能化建设成为必然趋势。煤矿井下供电系统作为煤矿生产的关键支撑,其运行状况直接影响着煤矿的生产效率与安全水平。传统的井下供电系统在安全性、可靠性以及运维管理等方面存在诸多不足,难以满足现代煤矿高效、安全生产的需求。因此,对煤矿井下供电系统进行智能化升级迫在眉睫。通过引入先进技术和创新理念,实现供电系统的智能化管控,对于提升煤矿整体竞争力、保障安全生产具有重要意义。

1 煤矿井下供电系统智能化升级的必要性

1.1 提高供电安全性

煤矿井下环境复杂恶劣,存在瓦斯、煤尘等易燃易爆物质,传统供电系统在故障发生时,难以快速精确定位与处理,易引发电气火灾、瓦斯爆炸等严重事故。智能化升级后,借助先进的传感器和智能监测装置,可实时监测供电设备的运行状态、电气参数等,提前发现潜在安全隐患并及时预警。一旦故障发生,能迅速切断故障线路,防止故障扩大,有效避免因供电问题引发的安全事故,为井下作业人员生命安全和煤矿财产安全提供坚实保障,极大提升煤矿供电安全性。

1.2 提升供电可靠性

传统煤矿井下供电系统在面对复杂工况和突发状况时,容易出现供电中断、电压波动等问题,影响煤矿正常生产。智能化升级可实现对供电系统的实时监控与动态调整。通过智能控制技术,根据实际用电需求合理分配电力资源,确保各设备稳定运行。同时,分布式网络保护等技术能快速隔离故障区域,保障非故障区域正常供电,减少停电范围和时长。而且,智能系统可对设备进行预测性维护,提前发现并处理设备隐患,降低设备故障率,从而显著提升供电可靠性^[1]。

1.3 降低运维成本

传统煤矿井下供电系统运维主要依靠人工定期巡检,不仅工作量大、效率低,而且难以全面及时发现设备潜在问题,导致设备故障频发,维修成本增加。智能化升级后,通过安装智能监测装置,可实时采集设备运行数据并上传至管控平台,运维人员无需频繁下井巡检,在地面即可远程掌握设备状态。利用大数据分析和人工智能技术,能对设备故障进行精准诊断和预测,提前安排维护计划,实现精准维修,避免过度维修和设备突发故障造成的高额维修费用,有效降低煤矿供电系统的运维成本。

1.4 促进煤矿智能化建设

煤矿智能化建设是煤炭行业发展的必然趋势,涵盖生产、安全、管理等多个方面。供电系统作为煤矿生产的核心基础设施,其智能化程度直接影响煤矿整体智能化水平。井下供电系统智能化升级后,可与煤矿其他智能化子系统实现无缝对接和数据共享,如与采掘设备、通风系统、安全监控系统等协同工作。通过智能化的电力调度和管理,为其他系统提供稳定可靠的电力支持,同时根据其他系统运行状态动态调整供电策略,实现煤矿生产全流程的智能化管控,推动煤矿向智能化、高效化、安全化方向发展。

2 煤矿井下供电系统智能化升级的关键技术

2.1 分布式网络保护防越级跳闸技术

煤矿井下供电系统层级多、线路复杂,传统保护方式易出现越级跳闸,影响正常生产。分布式网络保护防越级跳闸技术能有效解决这一问题。该技术基于高速通信网络,将各个保护装置连接成一个有机整体。每个保护装置具备独立判断能力,可实时采集所在线路的电气参数,如电流、电压等。当发生故障时,保护装置迅速

将故障信息上传至网络。通过分布式算法,系统能在极短时间内确定故障位置,仅跳开故障线路最近的上级开关,避免越级跳闸。此技术具有快速性和准确性。其通信速度快,能在毫秒级完成信息交互与判断;判断精准,可准确区分故障类型和位置。同时,具备自适应能力,能根据系统运行方式变化自动调整保护定值。

2.2 边缘计算、附加信号”高压接地故障精确选线技术

在煤矿井下高压供电系统中,接地故障选线准确与否至关重要。“边缘计算、附加信号”高压接地故障精确选线技术为解决这一问题提供了有效方案。该技术结合边缘计算和附加信号注入法。边缘计算使故障选线装置具备本地数据处理能力,能在靠近数据源的地方快速分析采集到的电气信息,减少数据传输延迟和带宽占用。附加信号注入法是在系统发生接地故障时,向系统注入特定频率的信号。选线装置通过检测各线路中该信号的特征,如幅值、相位等,来判断故障线路。此技术选线精度高,不受系统运行方式、接地电阻等因素影响。边缘计算提升了数据处理速度和实时性,能在故障发生后迅速做出判断。附加信号注入法提供了明确的选线依据,避免误判。应用该技术,可快速准确找出高压接地故障线路,及时排除故障,保障煤矿高压供电系统安全稳定运行,减少因故障选线不准确导致的停电损失。

2.3 相对判据排他法”低压漏电精确选漏技术

煤矿井下低压供电系统漏电故障频繁,准确选漏是保障安全的关键。“相对判据排他法”低压漏电精确选漏技术可实现精准选漏。该技术基于多个电气参数的相对变化关系进行判断。它采集各支路的零序电流、零序电压等参数,通过计算各支路参数之间的相对比值和变化趋势,建立相对判据。当发生漏电故障时,故障支路的参数相对变化与其他正常支路明显不同,利用这种排他性特征确定故障支路。此技术选漏准确度高,能有效排除系统正常运行时的干扰和误判。它不依赖于固定的阈值,而是根据参数相对变化关系判断,适应性强,可应对不同负载情况和运行方式。同时,该技术响应速度快,能在漏电发生瞬间快速定位故障支路。应用该技术,可及时切断漏电故障线路,防止漏电事故扩大,保障煤矿井下人员和设备安全,提高低压供电系统的可靠性和智能化水平^[2]。

2.4 低压漏电远程联动试验技术

为确保煤矿井下低压漏电保护装置可靠动作,定期试验必不可少。低压漏电远程联动试验技术实现了试验的便捷与高效。该技术依托通信网络,将井下各低压漏电保护装置与地面控制中心连接。在地面控制中心,操

作人员可通过专用软件远程控制井下保护装置进行漏电试验。试验时,控制中心发送指令,使保护装置模拟漏电故障,检测其动作是否正确、动作时间是否符合要求。同时,试验数据实时反馈至控制中心,便于记录和分析。此技术具有显著优势。它无需人员下井操作,减少了劳动强度和安全风险,尤其适用于复杂恶劣的井下环境。试验过程可远程监控,能及时发现保护装置存在的问题并处理。而且,可实现批量试验,提高试验效率,确保所有保护装置都能按时得到检验。应用该技术,有助于保障低压漏电保护装置的可靠性,为煤矿井下低压供电系统安全运行提供有力支持。

2.5 供电定值智能整定技术

煤矿井下供电系统运行方式多变,传统定值整定方式难以满足实际需求。供电定值智能整定技术实现了定值的动态、精准整定。该技术基于对供电系统拓扑结构、设备参数、运行数据等的全面采集和分析。利用智能算法,如神经网络、遗传算法等,根据系统当前运行状态和未来可能的变化趋势,自动计算并调整保护装置的定值。例如,根据线路负载变化、故障概率等因素,实时优化过流保护、速断保护等定值。此技术具有智能化和自适应特点。它能根据系统实际情况自动调整定值,无需人工频繁干预,提高了整定效率和准确性。同时,可适应不同的运行方式和故障情况,确保保护装置在各种工况下都能可靠动作。应用供电定值智能整定技术,可提升煤矿供电系统的保护性能,减少因定值不合理导致的保护误动或拒动,保障供电系统安全稳定运行,推动煤矿供电智能化发展。

3 煤矿井下供电系统智能化升级的建设方案

3.1 构建智能化供电综合管控平台

构建智能化供电综合管控平台是煤矿井下供电系统智能化升级的核心。该平台整合了监控、管理、调度、分析等多种功能,能全面掌控供电系统运行。通过实时采集井下供电设备的电流、电压、功率等参数,以及设备状态信息,以直观的图形化界面呈现,让运维人员快速了解系统全貌。平台具备智能分析模块,利用大数据和人工智能算法,对采集的数据深度挖掘。可提前预测设备故障,为预防性维护提供依据,减少非计划停机。同时,能根据煤矿生产实际需求,智能调整供电策略,优化电力分配,提高能源利用效率。此外,平台支持远程操控,运维人员可在地面控制中心对井下设备进行开关操作、参数设置等,降低劳动强度与安全风险。并且具有完善的报警机制,一旦出现异常,及时发出警报并推送详细信息,方便快速处理,保障供电系统稳定可靠

运行,推动煤矿供电管理向智能化、精细化迈进^[3]。

3.2 升级供电设备

升级供电设备是煤矿井下供电系统智能化升级的基础。选用具备智能化功能的新型设备,如智能开关柜,其内置高精度传感器和智能控制器,可实时监测设备运行状态,实现过载、短路、漏电等自动保护,快速切断故障电路,防止事故扩大。智能变压器能根据负载变化自动调整运行模式,提高能源转换效率,降低能耗。采用新型电缆,具有更好的绝缘性能和抗干扰能力,减少电力传输损耗。同时,对老旧设备进行逐步淘汰,确保整个供电系统设备性能先进、可靠。新设备还应具备良好的兼容性,能与后续智能化系统无缝对接,为供电系统的智能化运行提供坚实的硬件支撑,提升供电系统的整体智能化水平。

3.3 完善通信网络

完善通信网络是煤矿井下供电系统智能化升级的关键。构建高速、稳定、可靠的通信网络,确保井下供电设备与地面管控平台间数据实时准确传输。采用工业以太网与无线通信相结合的方式,根据井下环境特点合理布局。在主要巷道和设备集中区域铺设光纤,利用光纤通信的高速、大容量特性,实现大量数据快速传输。在偏远或不便布线区域,采用无线通信技术,如Wi-Fi6、LoRa等,保证数据采集与传输的覆盖范围。同时,加强通信网络的抗干扰能力,采取屏蔽、接地、滤波等措施,减少外界电磁干扰。建立冗余通信链路,当一条链路故障时自动切换,保障通信连续性,为供电系统智能化提供可靠的通信保障。

3.4 安装智能监测装置

安装智能监测装置是煤矿井下供电系统智能化升级的重要举措。在供电系统的关键部位,如开关柜、电缆接头、变压器等处,安装高精度智能监测装置。这些装置配备多种传感器,可实时采集设备的电流、电压、温度、绝缘电阻等参数。智能监测装置具备数据存储和传输功能,能将采集的数据通过通信网络上传至管控平台。通过对数据的实时监测和分析,可及时发现设备异常,如过热、漏电、绝缘老化等,提前预警潜在故障。同时,记录设备运行历史数据,为故障诊断、性能评估和寿命预

测提供依据。运维人员可根据监测结果制定精准的维护计划,实现设备的预防性维护,提高设备可靠性和使用寿命,保障供电系统安全稳定运行。

3.5 建立数据管理与分析系统

建立数据管理与分析系统是煤矿井下供电系统智能化升级的重要支撑。该系统负责对供电系统产生的大量数据进行全面管理和深度分析。采用大数据存储技术,构建高效的数据仓库,将实时采集的设备运行数据、历史数据、故障数据等进行分类存储,方便查询和调用。利用先进的数据分析算法和模型,如机器学习、深度学习等,对数据进行挖掘分析。通过分析设备运行参数变化趋势,预测设备剩余使用寿命;通过对故障数据的关联分析,找出故障发生规律和原因,为设备改进和优化提供参考。同时,数据管理与分析系统可为煤矿管理决策提供数据支持,帮助管理人员制定科学合理的供电策略、设备采购和维护计划,提高煤矿供电系统智能化管理水平,实现煤矿高效、安全、可持续发展^[4]。

结束语

煤矿井下供电系统智能化升级是顺应时代发展、保障煤矿安全生产与高效运营的必然选择。通过构建综合管控平台、升级设备、完善通信网络等举措,结合分布式网络保护、边缘计算选线等关键技术,供电系统在可靠性、安全性与智能化管理方面取得显著提升。然而,升级过程仍面临技术融合、成本控制等挑战。未来,需持续加大研发投入,加强产学研合作,推动技术创新与成果转化,不断完善智能化升级路径,打造更加安全、高效、绿色的煤矿井下供电系统,为煤炭行业高质量发展筑牢根基。

参考文献

- [1]范海云,武彦军,张建树等.煤矿井下高压智能供电系统的研究[J].电气应用,2022,41(09):149-153.
- [2]庞伟.煤矿井下高压供电系统故障安全作业流程分析[J].能源与节能,2022(04):185-187.
- [3]卫小兵.煤矿井下高压供电系统继电保护配置分析[J].科技与企业,2023(13):234
- [4]刘士光.煤矿井下高压供电系统过电压的分析与预防[J].科技创新导报,2023(19):223.