

矿山供配电系统中的自动化技术分析及应用

侯晋杰

(中国黄金集团建设有限公司矿业分公司, 陕西 西安 710000)

摘要 随着工业自动化、信息化技术的快速发展, 自动化技术在矿山供配电系统中的应用逐渐成为行业发展的必然趋势。自动化技术通过引入智能传感器、通信网络、计算机控制系统等先进设备与技术, 实现对供配电系统的实时监测、远程控制和智能管理。本文分析了自动化技术在矿山供配电系统中的应用意义, 从多个角度阐述了自动化技术在矿山供配电系统中的应用方法, 旨在对提高供配电系统的运行效率和可靠性有所裨益, 从而降低运维成本, 有效提升能源利用效率, 助力矿山企业实现节能减排目标。

关键词 矿山供配电系统; 自动化技术; 节能降耗

中图分类号: TD61

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.21.007

0 引言

随着我国社会经济的不断发展, 矿产资源需求量逐年增长, 矿山项目数量与开采规模有所增加。与此同时, 面对愈发复杂的矿山生产形势, 现有供配电系统的供电承载能力有限, 频繁出现电源故障与其他故障, 成为限制矿山生产能力提升的主要问题。为此, 在智能化矿山建设过程中, 应积极引入自动化技术, 对现有系统进行自动化升级改造, 提高矿山供配电系统的智能化程度, 推动矿山行业的技术进步和可持续发展。

1 自动化技术在矿山供配电系统中的应用意义

1.1 提高稳定程度

早期矿山供配电系统采取人工管理、手动控制方式, 根据现场巡查结果和仪表测量数值, 评估供配电系统运行工况, 分析供电需求, 手动下达各项控制指令, 调整电源设备与其他供配电设备的运行状态。矿山供配电系统负荷频繁波动, 传统管理模式下, 由于信息反馈不及时, 未能实时了解供电需求, 供配电系统无法长期保持最高运行效率, 运行工况欠缺稳定性, 偶尔出现各类问题。通过自动化技术的应用, 由后台程序接管供配电设备及传感器等配套装置的控制权限, 基于预设规则, 自动采集现场数据, 实时评估系统工况和矿山生产设备供电需求, 自行切换到最佳运行模式, 在线计算各项运行参数的最佳值, 向现场设备远程下达控制指令, 保证供配电系统长期稳定维持在经济运行状态, 以提高供电质量、降低实际用电成本为控制目标^[1]。

1.2 缩短故障持续时间

矿山供配电系统本身存在结构复杂的特点, 由于所处环境条件较为恶劣, 设备线路老化速度超出正常水准, 系统运行期间, 频繁出现故障问题。故障类型众多, 故障机理复杂, 难以在短时间内锁定故障位置, 无法准确及时地进行故障处理, 甚至引起矿山生产设备断电停机。自动化供配电系统以故障诊断定位为核心功能, 利用智能算法与数学模型来诊断故障问题, 智能算法负责收集各类型故障案例, 数学模型负责提取故障特征和回溯故障发生过程, 准确出具故障诊断报告, 标记故障位置和划定故障影响范围, 协助工作人员迅速切除故障部分, 通过缩短故障持续时间来满足平稳供电要求。

1.3 降低运维成本

矿山供配电系统总体运维成本较高, 增加了采矿企业的负担。通过自动化技术的应用, 分别通过延长供配电设备使用寿命、推行自动化管理模式和预防多数故障问题发生, 控制实际运维成本, 起到降低平均采矿成本和创造额外经济效益的作用。以故障预防为例, 基于在线监测结果和状态预测报告, 及时察觉故障隐患, 故障问题实质发生前, 采取专项防治处理措施, 避免因故障爆发而缩短设备寿命和引起停电事件^[2]。

1.4 节能降耗

结合往期矿山项目来看, 供配电系统能耗水平超出设计预期, 产生高昂的用电成本, 一部分电力能源被无效浪费, 违背了绿色可持续发展理念, 不利于建设现代矿山项目。在传统管理模式, 仅依靠工作人

员主观判断,无法识别全部的能耗超标问题与采取有效处理措施,供配电系统节能潜力有待挖掘。而自动化技术的应用,可通过能耗异常分析和负荷调节手段,将系统能耗水平限制在合理区间,进而降低总体采矿成本。其中,能耗异常分析是建立能耗模型,按照数字孪生建设方法,预测正常工况下的供配电系统用能过程,对比预测结果和实际能耗数据,从中标记能耗超标的异常部分,分析能耗超标原因,并提供节能建议。负荷调节依托系统强大数据采集分析能力来实现,全方位采集监测数据,客观评估矿山生产设备供电需求,按照实际需求,动态调整供电模式,向供配电设备合理分配运行负荷,既能满足供电需求,又能降低总体能耗水平。

2 自动化技术在矿山供配电系统中的应用方法

2.1 PLC 运行控制

目前,PLC 技术是矿山供配电系统主流自动化控制方式,PLC 全称为可编程逻辑控制器,支持开环控制、闭环控制两种方式,跟踪监测供配电系统运行过程,按照预定方案或实际供电需求,自行下达各项功能指令,精准调节现场设备运行状态,有利于保证供配电系统长期平稳运行,由自动化控制方式取代了人工控制方式。其中,开环控制即为自适应控制,不对供配电系统运行模式加以限制,无需提前导入控制计划,以供电需求评估结果,把供配电系统切换到最为适宜的运行模式,在线计算各项运行参数的最佳值,对比计算结果和监测数据,输出纠偏调控指令,适用于控制精度要求宽泛、输出变化明显的矿山供配电系统。闭环控制也被称为反馈控制,提前在后台程序内编写内容详尽的控制计划,确定各项控制指令的时间次序和逻辑关系,按时下达各项控制指令,并设定各项运行参数的标准值、上限值和下限值,把输出值作为反馈数据,基于输入值、输出值偏差情况,针对性下达控制指令^[3]。闭环控制方式可以保证矿山供配电系统完全按照预设工况平稳运行,控制精度高,但环境适应能力较差,多用于控制精度要求严格、输出变化幅度有限的矿山供配电系统。此外,PLC 控制系统功能结构较为复杂,除去运行控制功能外,还支持信号采集、数据处理、人机交互、故障自诊断、实时通信与冗余备份等,系统开发期间容易出错,PLC 系统搭建完毕后,必须全面进行调试检查,逐一测试各项功能,确认所有功能均得以正常发挥后,才能将 PLC 控制系统投入使用。

2.2 故障智能处理

早期矿山供配电系统采取故障人工处理方法,工作人员按照监测数据,判断系统工况是否异常,以及偏离预期工况,将其作为故障判据,分析故障数据来判定故障性质,分析故障原因,采取相应处理措施。这往往需要前往矿山生产现场,开展故障诊断工作,故障处理效率低下,故障持续时间偏长,偶尔还会出现故障诊断失误问题。为缩短故障持续时间和减轻供配电设备故障受损程度,需应用自动化技术来建立故障智能处理机制,完全由自动化系统代为完成故障诊断、定位、隔离、恢复等全部操作,或准确出具故障诊断报告,协助工作人员高效处理故障问题。例如:在故障诊断环节,可选取诊断精度较高的专家知识诊断法,建立故障样本库,收集若干故障案例,总结专家知识经验,深入探究故障问题的形成原因及演变发展规律,总结故障征兆和判据,向故障样本库内导入供配电系统故障数据,按照故障特征比对结果,判断故障类型,出具诊断报告。而在故障隔离环节,提前设定供配电系统各部分的隔离切除流程顺序,故障诊断报告内标记故障位置和故障影响范围,保证供配电系统稳定运行的前提下,自动化系统启动故障隔离程序,远程切除故障部分,保留其他正常部分,继续维持系统运行,对故障部分进行初始化处理,或是前往现场进行抢修,确认故障问题得到根除后,再把隔离部分重新投入运行^[4]。

2.3 监测预警

监测预警作为自动化供配电系统的核心功能,同时,也是保证供电过程安全的重要手段,跟踪监测系统运行过程,实时采集分析现场设备运行数据,基于数据分析结果,判断系统工况是否偏离预期工况,实时察觉故障隐患和其他安全隐患,并启动预警程序,向工作人员发送预警信号。采取无线传感器网络、人工智能、数据挖掘等技术手段,共同建立监测预警机制,环境监测子系统、视频巡查子系统、设备监测子系统连同现场执行设备,同步把运行数据上传到智能监控主机,对全部监测数据进行关联分析,客观评估供配电系统运行状况,把监测数据异常波动、运行参数超出警戒限制、环境温度与空气湿度超标作为异常情况的判据,确定供配电系统运行状况异常后,自行发送响应预警信号,直至问题得到解决,或是供配电系统自行恢复正常工况后,方可解除预警信号。为进一步改善矿山供配电系统运行情况,监测预警场景内,

额外采取分级预警、状态预测两项技术措施。其中,分级预警是根据系统稳定程度和隐患危害系数,设定若干预警等级,工作人员根据预警信号等级,了解问题严重程度。例如:设定橙色预警和红色预警等级,橙色预警表明供配电系统工况呈现出偏离预期工况的变化趋势,要求工作人员后续重点监控系统运行过程;红色预警表明供配电系统完全脱离预期工况,即将爆发或是当前已经存在故障问题,工作人员立即开展故障诊断工作,必要时,可紧急停止供电过程。状态预测是通过数据关联分析手段,结合历史数据来总结供配电系统运行规律,按照当前时刻监测数据,推测未来时刻的系统工况,以提前发现问题、及时消弭故障隐患为控制准则。

2.4 不间断供电

矿山供配电系统可靠程度较低,问题根源在于,在外部环境侵蚀与长时间高强度工作影响下,电源设备与输电线路老化速度加快,频繁出现故障问题,故障持续期间导致供电中断,最终干扰到矿山生产秩序,因生产设备断电停机而无法继续开展作业,严重时还会引起安全事故,如通风装置停机导致井下空间氧气含量下降。为实现稳定供电目标,最大限度地消除供配电系统对矿山生产效率造成的影响,需要在自动化供配电系统内实现不间断供电功能。不间断供电即为电源自动投切功能,矿山供配电系统接入多路主要电源,设置柴油发电机或是 UPS 电源作为备用电源^[5]。矿山生产期间,跟踪监测电源工作状态,一路主要电源出现故障,迅速发送预警信号,协助工作人员高效处理故障问题。而在所有主要电源均故障失效时,自动退出故障电源,短时间内把备用电源投入使用。

2.5 防越级跳闸保护

矿山供配电系统继电保护机制主要采取阶段式保护方式,分阶段控制各台继电保护装置展开动作,各阶段合力切除故障部分,理论上,足以保证供配电系统运行安全。但根据实际情况来看,偶尔会出现越级跳闸问题,单个阶段装置失灵,未能在规定时间内展开动作,从而引起越级跳闸事故。对此,需要应用自动化技术来建立防越级跳闸保护机制,部署具备短路闭锁功能的跳闸装置,确定供配电系统出现故障问题后,控制故障位置最近开关展开跳闸动作,切断故障线路,并在通过较大电流时,利用内部释放线圈带电等手段,充分释放电流,避免因电压波动而导致继电保护装置错误展开动作。防越级跳闸系统由地面监控

模块、失压延时模块、通信监控模块和智能保护模块组成,地面监控模块负责全天候监控地面输配电系统运行状况;失压延时模块负责主动放电来降低电压,以欠压线圈作为供电方式;通信监控模块负责保存监控数据,同步发送给主站;智能保护模块负责根据故障情况,动态调节控制参数。

2.6 负荷转供

负荷转供是矿山供配电系统应对线路/设备故障的常见措施,确定设备故障和线路故障问题后,迅速隔离故障部分,故障部分原本承担负荷被称为停电负荷,把停电负荷临时转移到临近正常部分,直至故障问题得到解决后,再把先期隔离部分重新投入运行,停电负荷复位。在早期矿山供配电系统,工作人员按照自身主观判断,随意选择停电负荷转移路线,引起线路过载故障,故障范围进一步扩大。因此,应把负荷转供作为矿山供配电系统自动化改造内容,建立数学模型,量化评估停电负荷转移对系统正常部分运行状况造成的影响,准确计算线路过载概率、过载程度,自动出具停电负荷转移供应方案。

3 结束语

供配电系统自动化升级改造,是打造现代矿山项目的重要一环,也是保证供配电系统平稳运行和矿山生产活动顺利开展的关键。采矿企业必须认识到自动化技术的应用价值,以提高供电质量和降低用电成本为目标,做好需求调研工作,围绕实际需求,科学制定供配电系统自动化改造方案,组合采取 PLC 运行控制、故障智能处理、监测预警、不间断供电、防越级跳闸保护、负荷转供等技术措施,切实改善矿山供配电系统运行条件。

参考文献:

- [1] 王丽. 矿山供配电系统中的自动化技术分析及应用[J]. 中国金属通报, 2023(07):83-85.
- [2] 王珏赞. 矿山供配电系统中的自动化技术分析及应用[J]. 中国金属通报, 2021(03):67-68.
- [3] 张建国. 露天煤矿供配电系统安全控制技术创新方法研究[J]. 露天采矿技术, 2024,39(04):64-68.
- [4] 郭磊. 煤矿供配电系统中防越级跳闸保护技术的应用分析[J]. 当代化工研究, 2021(17):187-188.
- [5] 孙旭娜. 矿山供配电系统中的自动化技术分析及应用[J]. 世界有色金属, 2020(02):19-20.