

文章编号:1671-251X(2023)S1-0122-04

大柳塔煤矿防越级智能供电监控系统

暴强, 杜怀龙

(国家能源集团神东煤炭集团有限责任公司 大柳塔煤矿, 陕西 神木 719315)

摘要:国家能源集团神东煤炭集团有限责任公司大柳塔煤矿存在多级变电所级联的情况,井下供电系统复杂,传统的供电监控方式采用人工巡检或固定摄像头定点监视,但人工巡检浪费人力资源、效率低,易出现巡检不全面、不及时的情况,而固定摄像头定点监视的范围有限。根据大柳塔煤矿井下变电所的基本条件和供电无人值守的要求,对煤矿井下智能供电监控系统进行了研究,提出了煤矿井下变电所分布式网络保护防越级技术、自动化矿用隔爆兼本质安全型高压真空配电装置、煤矿井下变电所机器人智能巡检系统。分布式网络保护防越级技术减少了因煤矿井下变电所越级跳闸、选线不准、开关柜拒跳等问题造成的突发性大范围电力中断;自动化矿用隔爆兼本质安全型高压真空配电装置取代了人工挂接地和拉手车停送电倒闸操作;煤矿井下变电所机器人智能巡检系统有效替代了人工巡检。防越级智能供电监控系统的应用实现了井下变电所无人值守,为煤矿井下电力供应提供了有效保障。

关键词:供电智能化;监控系统;防越级;配电装置;机器人巡检

中图分类号:TD67 文献标志码:A

Anti-override intelligent power supply monitoring system in Daliuta Coal Mine

BAO Qiang, DU Huailong

(Daliuta Coal Mine, CHN Energy Shendong Coal Group Co., Ltd., Shenmu 719315, China)

0 引言

煤矿井下变电所是煤矿井下供电的运行中枢,变电所内部的高低压配电柜、变压器、馈电开关等设备的安全可靠运行直接关系到煤矿井下的安全生产。目前随着煤矿综合自动化技术的不断升级和改造,变电所设备基本实现了远程集中监测功能。煤矿井下变电所配置视频监控系统,但是由于视频监控系统存在监控盲区,而且监控画面主要依赖于调度人员的肉眼查看,视频监控系统不具备智能识别、故障判断、与控制系统联动等智能功能,不能及时和准确地对设备实时运行状态进行分析、反馈和处理。越级跳闸未能彻底解决,因越级跳闸引起井下作业地点大范围停电、停风,从而造成安全隐患。接地故障选线不准确,开关保护误动作,存在由于选线不准确导致大范围停电、越级跳闸、电缆或设备绝缘被击穿等问题。针对开关故障不分闸缺乏监测预警手段,开关机构不灵敏导致分闸不及时或不分闸,造成事故发生。开关不动作,极有可能造成大范围停电,

甚至导致主要通风机停止运行,瓦斯积聚。低压开关漏电选线失准,漏电保护发生误动作或不动作,造成作业人员触电事故。漏电保护的有效性、可靠性关系到作业人员的生命安全。《煤矿安全规程》规定变电所每日进行低压漏电试验,每月进行 1 次远方漏电试验,但存在漏试、假试现象。煤矿井下变电所设备在长期不间断运行状态中,存在特别大的事故风险隐患,因此对变电所区域实现全方位的智能化巡检非常重要。传统的监控方式通常采用人工巡检或固定摄像头定点监视,但这 2 种方式都存在较大的安全管理漏洞:人工巡检浪费人力资源、效率低,易出现巡检不全面、不及时的情况,并且煤矿井下恶劣条件对人身安全存在威胁;固定摄像头定点监视的范围有限,若想扩大监控范围,必需在运行设备处安装许多摄像头。本文以国家能源集团神东煤炭集团有限责任公司大柳塔煤矿为背景,针对煤矿井下变电所应用防越级智能供电监控系统,利用机器人对井下环境、设备进行监测,可提高煤矿井下变电所运行管理智能化水平。

收稿日期:2023-07-11;责任编辑:盛男。

作者简介:暴强(1987—),男,陕西神木人,现从事煤矿机电管理工作,E-mail:552029675@qq.com。

1 大柳塔煤矿供电基本情况

大柳塔煤矿井下设有多处变电所(中央变电所、盘区变电所)和配电点。井下供电电压等级为高压 10 kV/3 300 V、低压 1 140 V/660 V,照明 127 V。大柳塔煤矿供电系统分为 2 个部分:由五当沟 35 kV 变电站引不同母线段的 10 kV 双回路高压使用矿用铠装电力电缆输送到井下 22 煤变电所和 52 煤中央变电所;由白家渠 35 kV 变电站引不同母线段的 10 kV 双回路高压使用矿用铠装电力电缆输送到井下 52 煤五盘区变电所。变电所 10 kV 电源

线路采用放射式供电,并以 10 kV 双回路矿用铠装电力电缆分别向盘区变电所及各配电点供电。各变电所内高压开关选用 PJG770-(10)型矿用隔爆型永磁式高压真空配电装置,井下供电接线方式采用单母线分段制接线方式,在 2 段母线中间各安装 1 个联络开关,正常运行情况下井上下双回路供电分列运行井下供电系统。存在多级变电所级联的情况,井下供电系统复杂,大采高工作面和单巷掘进工作面遭遇突然停电,极易造成安全事故,降低矿井安全生产系数。大柳塔煤矿井下供电系统如图 1 所示。

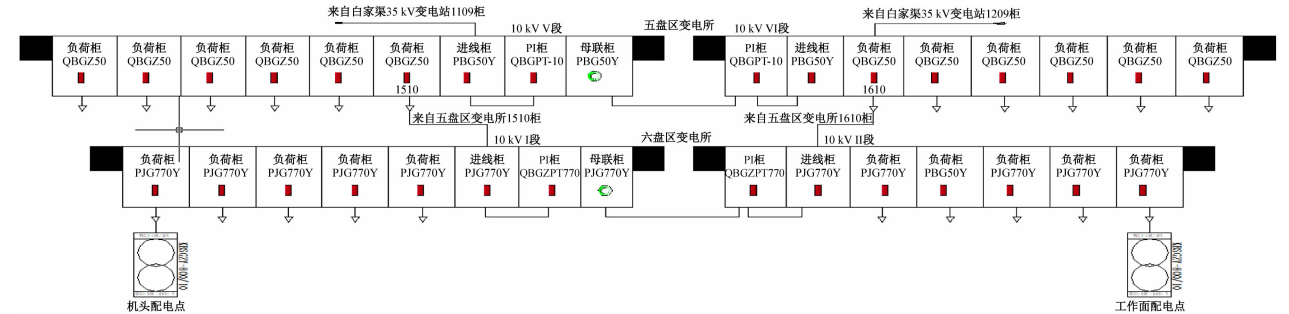


图 1 大柳塔煤矿井下供电系统

2 防越级智能供电无人值守条件

- 煤矿供电无人值守需要具备 6 个方面的技术。
- 1) 全面防越级跳闸。各子系统相对独立,有独立的故障自诊断功能,发生故障时,能迅速将自诊断信息送往集中控制中心;具有短路故障防越级跳闸、电压波动防越级跳闸、开关拒跳防越级跳闸功能。
 - 2) 高压接地故障精确选线。采用集中注入、分布式接地选线技术,实现高压单相接地故障精确选线准确率 100%。
 - 3) 低压漏电精确选漏。低压漏电故障精确选漏准确率 100%;低压漏电保护远程一键测试;测试报告自动生成。
 - 4) 远程控制、智能预警。控制系统具备遥测、遥信、遥控、遥调、遥视监控功能,远程控制;开关机构异常智能预警;保护定值远程整定、定值自检;基于 Linux 系统监控软件平台。
 - 5) 防误闭锁、卫星校时。远程“联席控制”,一人操作,一人监护,防止误操作;远程“电子挂牌”,防止误操作;就地“电子挂牌”确保作业安全;远程控制身份识别,操作留痕;卫星同步校时,高低压开关全覆盖。
 - 6) 备用电源可靠。综合分站和交换机配套安装供电不得低于 4 h 的后备电源,备用电源全面配置;分布式配置备用电源;备用电源生命周期

3 分布式防越级供电监控系统在大柳塔煤矿的应用

现阶段防越级保护的类型主要分为信号闭锁防越级、差动保护防越级、集中判断防越级、分布式网络保护防越级 4 类。大柳塔煤矿采用分布式网络保护防越级技术,在地面变电所、井下变电所各线路分布式安装防越级微机保护装置,接入井下以太环网,保护装置根据供电级联关系自动组网,当发生越级跳闸故障时,保护装置之间在 2 ms 内完成信息交换和故障定位,由离故障点最近的保护装置发出跳闸命令,切除故障,防止越级跳闸。漏电防越级原理如图 2 所示。

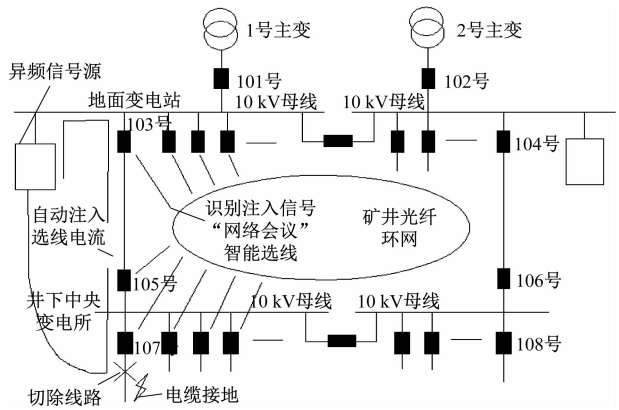


图 2 漏电防越级原理

3.1 分布式防越级技术

3.1.1 短路故障防越级跳闸

基于分布式网络保护技术,能够实现短路故障防越级,同时实现零延时切断故障。当发生短路故障时,上下级开关都能检测到电流,此时,上下级开关之间自动构建防越级区域保护,上下级开关形成一体,综合判断故障类型和故障点。确认故障点之后,由离故障点最近的开关跳闸切断故障。分布式网络保护防越级技术自动组网,信息实时共享,故障综合识别,通过区域网络保护算法和信息优先传输技术,信息传输延时应小于 1 ms,并具备传输延时仿真测试功能。

3.1.2 电压波动防越级跳闸

由于雷电、电动机群起、系统短路引起母线短时欠电压,开关无压释放跳闸,导致大范围停电。当发生电压波动时,微机保护装置自动投入无压释放保护功能,使开关无压释放延时跳闸,同时,检测到电压波动的微机保护装置自动组网,实时共享信息,综合判断导致电压波动的故障类型和故障点,确定故障点后,由距离故障点最近的开关切除故障,电压恢复正常,有效防止越级跳闸,可避免电压波动引起的大范围断电事故。

3.1.3 开关拒跳防越级跳闸

煤矿井下环境恶劣,开关跳闸机构灵敏度下降,出现卡塞现象,若发生故障开关跳闸不及时就会导致大范围停电。基于分布式网络保护技术可有效避免因开关拒跳引起的大范围停电事故。开关微机保护装置在线监测开关机构跳闸行程时间,并将时间实时共享给上级开关,上级开关根据收到的时间进行下级开关灵敏性预测。当预测下级开关机构不灵活发生供电故障时,上级开关与下级开关同时跳闸切除故障,由开关拒跳互保延时跳闸转为事前预知零延时跳闸,及时切除故障,有效缓解故障对机电设备的冲击和破坏。

3.1.4 高压接地故障精确选线

高压接地故障选线不准,保护误动作,导致停电范围扩大、越级跳闸,会发生电缆、器材被击穿的现象。基于信号注入与分布式网络保护相结合的精确选线技术,实现接地故障精确选线。当单相接地发生故障时,零序电压升高。异频信号源自动投入,向系统注入选线信号,选线信号流经母线—开关—接地点—大地后回到信号源,构成信号传输回路。开关监测到注入的选线信号,通过光纤环网构建区域网络保护,定位接地点,用最靠近接地点的开关将故障切除。

3.1.5 低压漏电故障精确选漏

漏电故障选线不准确,设备保护不可靠误动作、不动作,直接威胁井下工人生命安全。基于分布式网络保护技术可以实现低压线路漏电故障精确选漏。当低压线路供电系统发生漏电故障,总开关通过附加直流的方式检测到系统漏电故障,同时将漏电故障信息通过网络发送到分开关,分开关之间实时共享零序电压、零序电流及相位等信息。分开关根据采集到的故障信息和其他开关共享的故障信息进行综合判别,通过综合对比各开关零序电压和零序电流的相位角与幅值,确定相位角和幅值的一致性范围,当其中一个开关的相位角和幅值与一致性范围发生偏离时,判断此开关回路漏电、跳闸。

3.1.6 低压开关漏电远程试验

基于分布式网络保护低压漏电故障技术,操作人员可以在控制系统进行低压设备一键漏电试验操作,试验完毕自动恢复供电,且能够自动生成试验报告并进行保存。操作人员在上位机选择漏电试验,漏电试验信号经保护器作用于馈电漏电试验回路,进行漏电试验。远程一键漏电试验操作原理如图 3 所示。自动试验不会遗漏,报告清晰记录试验时间、漏电保护的电阻、试验是否合格等信息,数据异常能发出预警,确保漏电保护的有效性。

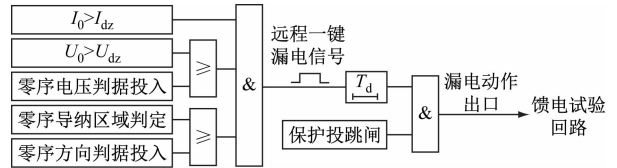


图 3 远程一键漏电试验操作原理

3.1.7 远程控制、智能预警

控制系统采用双服务器、热备、在线切换。操作系统采用 Linux 操作系统软件平台,有效防止病毒入侵控制系统。控制网采用双以太网架构。开关机构灵敏性在线监测,异常自动告警。全面实现高压、低压、照明综保和移动变电站远程控制。

3.1.8 防误闭锁

为了防止人为误操作事故,煤矿井下变电所应使用微机防误闭锁系统对检修设备进行闭锁。

3.1.9 卫星同步校时全覆盖

组成控制系统的后台监控系统卫星校时、监控分站卫星校时、高低压开关卫星校时、视屏卫星校时确保在同一个时间轴上,当发生故障时能准确分析事故的原因和发生的顺序。

3.1.10 分布式备用电源

备用电源的可靠运行能有效避免停电后服务器的运行和中断,对服务器备用电源、环网交换机备用

电源、高低压开关保护装置备用电源的使用周期和剩余容量实时监控、分析,确保备用电源运行可靠。

3.2 自动配电装置

1) 自动刀闸。高压隔爆配电装置断路器具备电动分合闸功能,接地地刀具有电动分合闸作用。断路器、接地地刀具备机械闭锁和电气闭锁双重联锁功能,断路器在合闸状态,接地地刀不得进行合闸操作,同样接地地刀处于合闸状态,断路器无法进行合闸操作。

2) 新型智能综合微电脑保护装置。高压隔爆配电装置保护器采用智能综合微电脑保护装置,具备保护定值远程数据传输与整定,自检合理优化整定值。操作者可在地面控制进行定值修改。

3.3 智能巡检系统

3.3.1 机器人视频监控

机器人系统搭载分辨率为 1 920×1 080 的工业高清可见光摄像头及全景云台,传输速率为 25 帧/s。机器人巡检过程中行走至变电所待巡检设备预设坐标处,全景高清摄像头锁定至预置点,对需要巡视的设备进行视频巡检,能够实时查看设备运行数据和变电所环境状况。巡检结果上传到地面集控中心服务器进行录像保存,由上位机软件识别分析图像。

3.3.2 机器人智能巡检

巡检机器人支持全自动巡检和遥控巡检。全自动巡检分为常规巡检和联动巡检 2 种模式:常规巡检模式下,机器人根据系统设定的巡检任务内容、时间、轨迹等信息,自动开展巡检任务,进行常规巡检流程操作;联动巡检模式下,由变电所的远程监控系统自动形成指令,机器人对发出指令的巡视点设备开展自主巡检任务,进行联动巡检流程操作。遥控巡检由操作人员在现场手动遥控机器人完成巡视。

3.3.3 人脸识别

将机器人系统和供配电系统进行联锁,在停送电时对操作人员面部信息进行识别比对,只有比对通过或系统授权人员才可以进行供配电设备的操作,确保煤矿井下停电、送电安全技术措施的落实执行,进行操作人员人脸识别授权,有效实施“谁停电,谁送电”的措施。

4 结语

应用防越级智能供电监控系统后,井下变电所

实现了无人值守、减员增效,可以提前预测高压隔爆开关运行状况,根据运行状况合理安排故障提前排除,减少供电系统的突发故障,提升设备使用寿命,保障煤矿井下的电力供应稳定,提高变电所安全性,实现对井下电力情况的全面、远程控制,为煤矿开采工作提供可靠的电力保障。

参考文献:

[1] 赵利起,张亚峰. 煤矿井下供电防越级跳闸系统的研究与应用[J]. 煤炭科技,2017,38(3):109-112.

[2] 路淑军,王岐林,李洛杰. 井下高压隔爆配电装置常见故障及防治措施探析[J]. 科技传播,2014,6(10):84-85.

[3] 冯晓斌. 特大采高综采工作面机尾冒顶治理技术[J]. 煤炭科学技术,2016,44(4):17-21.

[4] 彭迈. 矿用综合保护装置设计研究与应用[D]. 西安:西安科技大学,2019.

[5] 勇辉,王丹丹,王福忠. 智能网络继电保护技术在首山一矿的应用[J]. 煤矿机电,2014(6):95-97.

[6] 张文瑞. 煤矿供电防越级跳闸监控系统[J]. 工矿自动化,2018,44(9):98-101.

[7] 长孙佳庆. 煤矿井下电力监控系统研究[D]. 西安:西安科技大学,2019.

[8] 吴俊峰. 煤矿供电新型防越级跳闸系统的应用[J]. 机电信息,2019(35):54-55.

[9] 梁云峰. 纳林河二号矿井电力监控系统设计与应用[D]. 西安:西安科技大学,2015.

[10] 高登彦,高登云,侯志成. 特近层间距下煤层综采工作面初采压架机理及处理措施[J]. 煤炭工程,2015,47(8):64-67.

[11] 赵雪林. 无人值守变电所系统设计与配置[J]. 煤炭科技,2012(2):68-69.

[12] 瞿强,焦成栋,张衍阳,等. 井下高爆开关一体化电源系统在煤矿的应用[J]. 煤炭科技,2017,38(3):85-86,90.

[13] 郭瑞祺. 煤矿井下变电所智能监控系统的应用研究[J]. 内蒙古煤炭经济,2022(12):142-144.

[14] 张世永. 煤矿供电系统防越级跳闸技术浅谈[J]. 内蒙古煤炭经济,2014(6):138.

[15] 吕延森. 煤矿供电系统防越级跳闸技术应用研究[J]. 煤炭科学技术,2017,45(增刊1):157-160.

[16] 孟令剑. 煤矿供电系统防越级跳闸技术应用研究[J]. 矿业装备,2022(1):271-273.

[17] 王文建. 煤矿井下高压供电防越级跳闸方案的研究与应用[J]. 机电工程技术,2019,48(1):115-118.