

煤矿供配电系统继电保护设计与探究

董兴飞

天地（常州）自动化股份有限公司 江苏 常州 213015

摘要：煤矿供配电系统的稳定运行对安全生产至关重要，继电保护作为其关键保障环节不容忽视。短路、过负荷、漏电及接地保护等设计要点，直接关系到系统故障时能否快速、准确动作。通过采用先进技术与装置，强化设备维护管理，完善监测诊断功能以及提升人员专业素质等优化策略，可有效提升继电保护性能，保障煤矿供配电系统安全、可靠、高效运行，为煤矿生产提供坚实电力支撑。

关键词：煤矿；供配电系统；继电保护；设计

引言

在煤矿生产中，供配电系统是维持各项作业正常运转的动力源泉。其运行的稳定性与可靠性，直接关系到煤矿生产的安全性及效率。然而，复杂的井下环境及大功率设备的频繁启停，使得供配电系统易出现各类故障。本文聚焦煤矿供配电系统继电保护领域，深入剖析设计要点，并探索切实可行的优化策略，旨在提升继电保护水平，保障煤矿供配电系统稳定运行，助力煤矿安全生产。

1 煤矿供配电系统与继电保护概述

煤矿供配电系统与继电保护是保障煤矿安全生产与稳定供电的核心环节。煤矿供配电系统由地面变电所、井下中央变电所、采区变电所及各电压等级配电线路构成，其运行环境复杂，存在瓦斯、煤尘等易燃易爆风险，且设备密集、运行方式多变，对供电可靠性要求极高。该系统需满足安全、可靠、优质、经济的运行目标，通过双回路供电、环形网络及备用电源配置等措施，确保在设备故障或外部电网波动时，仍能维持关键负荷的连续供电。继电保护作为供配电系统的安全屏障，其核心功能是实时监测电气参数异常，通过快速切除故障设备或发出告警信号，防止事故扩大。煤矿井下6~10kV供电系统普遍采用过电流保护、速断保护及变压器瓦斯保护等装置，针对相间短路、单相接地等典型故障，通过电流增大、电压降低等特征量触发保护动作。继电保护装置需具备选择性、速动性、灵敏性和可靠性四项基本要求，确保在故障发生时，仅切除故障元件，最大限度减少停电范围。为适应煤矿复杂工况，继电保护设计需兼顾技术特性与运行需求。例如，井下供电系统多采用中性点不接地方式，需配置漏电保护装置以防范电弧接地过电压；针对瓦斯、煤尘爆炸风险，保护装置需采用防爆设计，并优化动作逻辑以避免误动或拒

动。随着煤矿生产集中化与设备大型化发展，供配电系统电压等级逐步提升，继电保护需同步升级以应对高电压、大容量设备的保护需求。通过科学配置继电保护装置，煤矿供配电系统可实现故障快速隔离与供电恢复，为安全生产提供坚实保障。

2 煤矿供配电系统继电保护设计要点

2.1 短路保护设计要点

在煤矿供配电系统中，短路故障是极为严重的情况。短路时，电路中的电流会瞬间急剧增大，远远超出正常工作电流。短路电流产生的巨大热量，可能迅速损毁电气设备，引发火灾，甚至威胁井下工作人员的生命安全。为有效应对短路故障，短路保护装置的选型至关重要。应依据煤矿供配电系统的电压等级、线路分布以及预期短路电流大小等因素，精准挑选合适的短路保护设备，如熔断器、断路器等。这些设备需具备快速切断短路电流的能力，以限制故障影响范围。在实际设计中，要精确计算短路电流值。通过对系统中各元件参数的细致分析，运用科学的计算方法，获取不同短路点的短路电流数据。依据这些数据，合理设定保护装置的动作电流和动作时间。确保在发生短路时，保护装置能够迅速、准确地动作，将故障线路从系统中切除。要注重短路保护的选择性。在复杂的煤矿供配电网络中，不同位置发生短路故障时，应保证离故障点最近的保护装置动作，而上级保护装置不动作，避免越级跳闸，维持非故障区域的正常供电^[1]。

2.2 过负荷保护设计要点

过负荷现象在煤矿供配电系统中较为常见。当电气设备或线路长时间运行在超过其额定负荷的状态时，就会出现过负荷。过负荷会导致设备温度升高，加速绝缘材料老化，降低设备使用寿命，严重时甚至引发设备故障。设计过负荷保护时，要对设备的额定电流、运行特

性等参数进行深入了解。基于这些参数,合理设置过负荷保护的动作电流和动作时间。过负荷保护的动作电流应略高于设备的额定电流,动作时间则根据设备的允许过负荷能力来确定,确保在设备过负荷但尚未造成严重损坏时,保护装置能够及时发出报警信号或采取相应的保护动作。在供配电系统中,不同类型的设备对过负荷的承受能力有所差异。对于电机类设备,要考虑其启动电流和运行过程中的堵转情况,避免过负荷保护在电机正常启动或短暂堵转时误动作。对于变压器等设备,需结合其散热条件和绝缘性能,精确设定过负荷保护参数。过负荷保护应具备一定的延时特性,这是因为在实际运行中,电气设备可能会因短暂的冲击性负荷出现瞬间过电流,但这种情况并非真正的过负荷。通过设置合理的延时,可有效防止保护装置的误动作,保证系统的稳定运行。

2.3 漏电保护设计要点

漏电故障在煤矿井下环境中具有极大的危险性。由于井下环境潮湿,电气设备和线路容易受潮,导致绝缘性能下降,进而引发漏电。漏电不仅可能造成人身触电事故,还可能引发瓦斯爆炸等严重后果。漏电保护设计需采用先进的检测技术,常见的有零序电流保护、零序功率方向保护等。通过对线路中的零序电流、零序电压等参数的实时监测,准确判断是否发生漏电故障。在选择漏电保护装置时,要充分考虑煤矿井下的特殊环境。装置应具备良好的防潮、防尘、防爆性能,以适应恶劣的工作条件。要确保装置的灵敏度和可靠性,能够及时检测到微小的漏电流。对于不同电压等级和线路长度的供配电系统,漏电保护的動作电流和動作时间设置有所不同。一般而言,低压供电系统的漏电保护動作电流应设置在较小值,以快速切断漏电故障线路,保障人员安全,而高压供电系统的漏电保护,则需综合考虑系统电容电流等因素,合理设置動作参数。漏电保护还应具备自检功能。定期对保护装置自身的性能进行检测,确保在关键时刻能够正常工作。一旦发现保护装置出现故障,应及时发出报警信号,以便维修人员进行处理^[2]。

2.4 接地保护设计要点

接地保护是煤矿供配电系统安全运行的重要保障。通过良好的接地,可将电气设备外壳上可能出现的漏电流引入大地,避免人员触电事故发生。接地保护还有助于降低电气设备遭受雷击等过电压冲击时的损坏风险。在进行接地保护设计时,先要选择合适的接地方式。煤矿井下常用的接地方式有中性点不接地系统、中性点经消弧线圈接地系统等。应根据供配电系统的实际

情况,如电压等级、线路分布、电容电流大小等,合理选择接地方式,确保接地保护的有效性。接地电阻的大小是接地保护设计的关键参数。为保证接地保护的效果,接地电阻应尽可能小。在实际施工中,要采取有效的降阻措施,如选择合适的接地材料、增加接地极数量、改善接地极周围土壤条件等。要定期对接地电阻进行检测,确保其始终符合设计要求。此外,要构建完善的接地网络。将电气设备的外壳、电缆金属外皮、接地极等通过可靠的连接,形成一个完整的接地网络。这样,在发生漏电等故障时,漏电流能够迅速通过接地网络流入大地,降低设备外壳和周围环境的电位,保障人员和设备安全。对接地网络要进行定期维护和检查,及时发现并修复可能出现的连接松动、腐蚀等问题,确保接地保护的可靠性。

3 煤矿供配电系统继电保护优化策略

3.1 采用先进的继电保护技术与装置

(1) 煤矿供配电系统的复杂性与重要性,决定了其继电保护技术需与时俱进。数字化继电保护技术的应用,便是显著进步。通过数字信号处理技术,能够更为精准地对故障信号进行采集与分析,快速判断故障类型与位置,相较于传统技术,大大提升了动作的准确性与快速性。例如,数字式电流保护装置可对电流的幅值、相位等参数进行精确运算,及时检测出短路、过载等故障。(2) 智能化继电保护装置也是发展趋势。这类装置具备自我学习与自适应能力,能依据系统运行状态实时调整保护定值与动作特性。在煤矿开采过程中,设备负荷情况多变,智能化装置可通过对实时数据的分析,自动优化保护策略,避免因定值不合理导致的误动作或拒动作。如智能型变压器保护装置,能根据变压器的油温、绕组温度等多参数综合判断其运行状况,实现更可靠的保护。(3) 集成化的继电保护系统同样值得关注。它将多种保护功能集成于一体,减少了设备数量与接线复杂度,提高了系统的可靠性与可维护性。通过高速通信网络,实现各保护装置间的信息共享与协同工作,增强了对复杂故障的应对能力。例如,将线路保护、母线保护、变压器保护等功能集成在一个系统中,各部分之间相互配合,可有效提升整个供配电系统的保护性能。

3.2 加强设备维护与管理

(1) 煤矿供配电系统中的继电保护设备长期处于恶劣环境中运行,定期的巡检与维护至关重要。应制定详细的巡检计划,安排专业人员对设备外观、连接线路、运行参数等进行检查。查看设备外壳有无破损、变形,接线端子是否松动、氧化,运行指示灯是否正常等。及

时发现潜在问题并加以解决,可有效避免设备故障引发的保护误动作。(2)设备的清洁工作不可忽视。煤矿井下多粉尘,粉尘积聚在继电保护设备上,可能影响其散热与绝缘性能。定期使用专用工具对设备进行清洁,清除灰尘与杂物,保持设备良好的运行环境。要对设备的散热风扇等散热部件进行检查与维护,确保其正常运转,保障设备在适宜温度下工作。(3)对于老化、性能下降的设备,要及时进行更新与升级。随着运行时间的增加,设备的元器件会逐渐老化,导致保护性能降低。通过对设备运行数据的分析与评估,确定老化设备清单,逐步进行更换。选用新型、性能更优的设备,可提高继电保护系统的整体可靠性,更好地适应煤矿供电系统的运行需求^[3]。

3.3 完善继电保护系统的监测与诊断功能

(1)构建全面的监测体系是完善继电保护系统的基础。利用先进的传感器技术,对继电保护设备的运行参数,如电流、电压、温度、功率等关键指标进行全方位、实时化的监测。通过高效的数据采集装置,将这些参数精准传输至监控中心,实现设备运行状态的远程、动态监控。一旦参数出现异常波动,能够迅速、及时发出预警信号,为故障诊断提供坚实依据。(2)故障诊断技术的应用至关重要。采用基于人工智能的故障诊断方法,如神经网络、专家系统等。这些技术可对大量的运行数据进行学习与分析,建立故障模型。当系统发生故障时,能够快速准确地判断故障原因与位置。例如,神经网络可通过对历史故障数据的学习,识别出不同故障类型对应的特征向量,从而在新故障发生时迅速给出诊断结果。(3)状态评估功能也是监测与诊断系统的重要组成部分。通过对设备运行数据的长期分析,评估继电保护设备的健康状态,预测设备的剩余使用寿命。根据评估结果,合理安排设备的维护与检修计划,实现从传统的定期检修向状态检修的转变,提高设备的利用率,降低维护成本。

3.4 提升继电保护人员的专业素质

(1)继电保护人员需具备扎实的专业知识,这是保障煤矿供电系统安全稳定运行的关键所在。应定期组

织内部培训,邀请行业专家对煤矿供电系统继电保护的新技术、新装置、新原理进行深入讲解与培训。鼓励员工自主学习,通过阅读专业书籍、参加线上课程等方式,提升对电气原理、继电保护知识的理解与掌握程度,使其能够熟练运用相关知识进行设备操作与维护。

(2)实践操作能力的培养不可或缺。建立模拟实训平台,让继电保护人员在模拟环境中进行设备安装、调试、故障排查等操作训练。通过实际动手操作,加深对理论知识的理解,提高应对实际问题的能力。例如,模拟不同类型的故障场景,让员工进行故障诊断与处理,积累实践经验。(3)培养员工的创新思维与应急处理能力。鼓励员工在工作中不断探索创新,提出优化继电保护系统的新思路、新方法。制定完善的应急预案,并定期组织应急演练。在演练中,锻炼员工在突发情况下的快速反应与决策能力,确保在系统出现故障时,能够迅速采取有效的应对策略,保障煤矿供电系统的安全稳定运行^[4]。

结语

综上所述,煤矿供电系统继电保护设计关乎整个煤矿生产的安全与稳定。通过对短路、过负荷、漏电和接地保护等关键设计要点的精准把控,以及积极采用先进技术装置、加强设备维护管理、完善监测诊断功能、提升人员素质等优化策略,能够显著增强继电保护的可靠性与灵敏性。未来,随着科技不断进步,持续优化继电保护系统,将为煤矿供电系统的安全高效运行提供更为坚实的保障,推动煤矿行业的可持续发展。

参考文献

- [1]王强.煤矿供电系统继电保护的设计研究[J].内蒙古石油化工,2020,46(12):24-25.
- [2]荣通通.矿井供电系统继电保护的设计[J].中国化工贸易,2021(25):139-141.
- [3]裴仁亮.煤矿供电系统越级跳闸分析及对策[J].电脑采购,2021(17):103-105.
- [4]栗娟.煤矿供电系统继电保护分析[J].西部探矿工程,2024,36(12):141-142,146.