

井下供电越级跳闸问题的几种解决方案

张建权（山西焦煤汾西矿业集团曙光煤矿，山西 孝义 032300）

摘要：井下供电系统的安全运行对井下作业安全具有直接影响，但从前期的供电系统运行状况来看，因供电线路的分布十分复杂，经常性的出现短路问题，且存在越级跳闸的现象，致使产生大范围停电的事故问题。基于此，本文先对供电越级跳闸的产生机理做出分析，在此基础上对比研究几种越级跳闸解决方案的优缺点，以期能够找出一种可靠性较强的越级跳闸问题解决方案，保障井下供电系统的运行可靠性，促进井下作业的有序开展。

关键词：井下供电；越级跳闸；供电安全

随着煤矿开采难度的加大，对供电系统的依赖性也显著提升，在针对浅层煤矿进行开采时，只需要设置地面变电所既可，而在开采深度逐步加大的基础上，则需设置井下变电所，保障供电稳定和安全。为了对供电系统进行集中控制，通常会设置多级干线，保障供电网络的全面覆盖。但实则上，此种供电线路排布方式很可能引发越级跳闸问题，致使出现大面积的停电现象，对供电安全和煤矿开采作业效率带来一定影响。基于此，针对防越级跳闸的解决方案展开研究极为必要。

1 井下供电越级跳闸问题的产生机理

为了保障供电系统的稳定性，通常会将地面变电所与井下变电所和各采区变电所形成多层级的供电网络，具体供电网络结构如图1所示。其供电线路主要由截面较大的多段电缆组成。此种供电线路存在供电距离短的优势。但同时发生短路故障问题时，也会由于各部分的电流差异较小而出现多级开关跳闸的现象，此类现象被统称为越级跳闸问题。前期的电网建设中，为了防止越级跳闸问题，采取设定时限值的方式来防止跳闸勿动，但在相关的煤矿安全规程中对时限值给出了一定的约束，导致井下供电线路无法采取此种方式来控制越级跳闸现象，致使在发生短路问题时便会出现大范围停电的问题。与此同时，因井下的瓦斯含量较大，且供电系统相对复杂，恢复供电的耗时较长，这极易埋下瓦斯事故隐患。

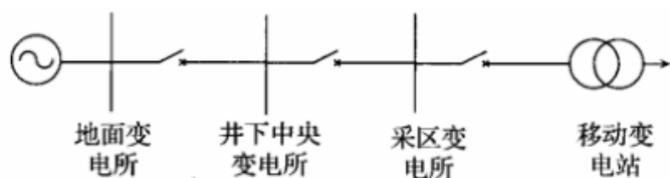


图1 供电线路图

2 常见的供电越级跳闸问题解决方案

2.1 电气信号闭锁保护方案

电气信号闭锁保护方式指的是，通过控制闭锁信号的收发，达成防止越级跳闸的目标。该种保护方案的目的十分明确，但需要通过对逻辑闭锁器的合理设计来发挥越级跳闸的保护作用。因井下供电系统十分复杂，且存在诸多干扰现象，如果单纯依靠电气闭锁信号的传输来实行闭锁保护，很难保证信号传输效果，越级跳闸的

防护动作也难以有效执行。基于此类问题，应用了屏蔽双绞线拆分信号传输的方案进行信号闭锁保护，但该方案在应用中仍旧会受到信号传输距离的影响，且由于井下供电电缆众多，电缆之间的关系较为复杂，对逻辑闭锁器的设置带来了极大的难度。相对来说，电气信号闭锁保护方案的应用需要受到诸多限制，且在实际应用过程中由于不具备自检功能很难发现电缆异常现象，即当电气信号闭锁装置失去作用的情况下，不能及时进行维修，致使其保护作用不甚理想。因此，在现阶段的供电防越级跳闸保护工作中并不常用。



图2 井下复杂的电缆敷设图

2.2 数字化变电集中保护方案

数字化变电集中保护方案主要是通过对变电系统运行信息的采集、传输与处理来达成集中控制和保护的。在此过程中，对通讯网络和通讯系统产生了较大的依赖。而为了保证此类保护方案的有效落实，还需要在井下供电系统中设置多个光纤数据通讯接口，以确保对各个保护控制单元变电状况的实时监测，通过通讯和信号收集能够及时辨别短路故障位置，并借助集中控制器完成相关线路的跳闸控制，这可有效避免越级跳闸的问题。从理论层面来讲，利用数字化技术完成对变电系统短路问题的集中控制具有一定的可行性。但在方案落实的过程中，如何提高各个测量点的数据同步效果是一大难题，对通讯系统的通信能力提出了较为严格的要求，一旦通讯网络不佳，便会使该集中控制系统的保护作用丧失，产生一定的断电风险。因此，要想使用该种集中

保护方案,首先需要解决的问题便是通讯系统的可靠性问题。在今后的通讯技术不断增强的基础上,该种保护方案很可能成为十分有效的越级跳闸问题解决方案。

2.3 光纤纵差保护方案

光纤纵差保护指的是,借助光纤网络对比线路两端的电流值和相位信息,通过信息对比确定是否存在短路现象,并控制跳闸动作,即当判断出现短路问题时,才会控制系统做出跳闸动作切除该线路,避免越级跳闸问题的产生。为保障光纤纵差保护方案的落实,需要首先敷设大范围的通讯光纤,使各个供电系统线路均能通过通讯光纤实现通讯互联。但目前来看,大部分煤矿开采作业中均未实现对通讯光纤的有效敷设,这主要是由于完成通讯光纤敷设需要投入大量的经济成本,且井下作业的环境十分复杂,很容易造成通讯光纤损坏或者通讯电缆损坏的问题,这极有可能影响光纤纵差保护方案的实施效果。因此,要想有效应用该种解决方案,则需首先克服井下作业环境对通信光纤和通信电缆的不利影响。

2.4 GOOSE 闭锁短路保护方案

GOOSE 闭锁短路保护属于一类具有选择功能的短路保护技术,其在井下供电作业中的应用可以有效避免因保护控制器无法判断故障点所做出的越级跳闸动作。该种闭锁保护方案是在智能变电站和以太网监控系统的前提下所生成的一种新型短路保护技术。实践证明,该种保护方案具备较强的抗干扰能力,且保护动作的可靠性较强。与上述几种保护方案相比,成本投入偏低,且可行性更高,该种保护方案的作用特点主要表现在如下几个方面:

第一,该种保护方案的传输模式以无连接模式为主,报文接收的优先等级较强,可直接从应用层和表现层映射至物理层与链路层,这在极大程度上的提高了信息传输的效率,有效避免了信息传输延时的问题。

第二,其中的重发机制可以有效提升数据传输的可靠性,并且通过对次数序号和重发序号以及报文时长等参数可以明确数据传输内容的唯一性,避免出现数据丢失的问题。

第三方面,采取心跳间隔发送的报文发送方式,当出现报文发送异常问题时,可及时发现并完成自检。此种报文发送方式既减轻了 CPU 的负担,又可实现对报文的高效发送,避免出现链路异常现象所引发的越级跳闸问题。

GOOSE 闭锁短路保护的原理为借助光纤网络对井下的保护控制器进行集中控制。通过以太网将各个保护控制器接入监控系统,其系统结构图见图 3。其中的以太网通讯接口可以为 GOOSE 闭锁时间定值提供便利,通过以太网通讯可完成闭锁信号的处理。

在闭锁短路保护系统的作用下,当其中的一段电缆出现短路故障时,所有的保护控制器均可检测到故障电流。此时的闭锁保护系统会根据电流值发送闭锁报文。

此时,所有保护控制器均能接到闭锁报文信息,但由于各个闭锁保护控制器的闭锁间定值不同,只有与故障位置的电流值相近时才会做出切断动作,即完成跳闸操作,其余保护控制器因闭锁间定值与报文信息中的要求不符,不会做出跳闸动作,此时便保障了对短路故障动作的选择性,有效避免越级跳闸问题。

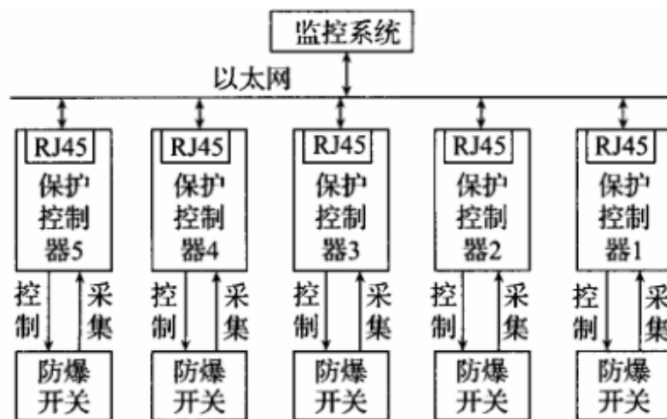


图 3 GOOSE 闭锁短路保护系统结构图

3 结语

由于井下供电系统的越级跳闸现象较为常见,很可能造成瓦斯异常和引发多种井下作业安全事故。上文中针对防治越级跳闸的方案进行了具体的分析,研究显示其中的电气信号闭锁保护方案,数字化变电集中保护方案以及光纤纵差保护方案均存在一定的弊端,对于通讯系统的可靠性以及光纤网络的分布状态等均提出了较高的要求。如果采取上述几种防治方案则需要增加很大的经济成本。相对来说 GOOSE 闭锁短路保护方案更具可行性,也具备成本低廉的特性,选择性控制操作十分可行,可以被作为防治越级跳闸问题的主要方案之一。

参考文献:

- [1] 田光辉. 煤矿供电越级跳闸问题解决策略 [J]. 西部探矿工程, 2020, 32(11): 150-151.
- [2] 李炎明. 网络继电保护在井下供电系统防越级跳闸中的应用 [J]. 江西化工, 2020(03): 161-162.
- [3] 明宏博. 煤矿井下供电系统越级跳闸的原因及对策 [J]. 内蒙古煤炭经济, 2020(03): 185.
- [4] 丁静波. 煤矿供电越级跳闸问题解决方案研究 [J]. 煤炭科学技术, 2014, 42(02): 36-67.
- [5] 郭进亮. 针对煤矿供电短路故障越级跳闸问题解决方案研究 [J]. 科技创新与应用, 2015(06): 111-112.
- [6] 代星军, 刘自学. 煤矿供电越级跳闸问题解决方案探讨 [J]. 山东工业技术, 2018(08): 92.
- [7] 陈明辉. 煤矿供电越级跳闸问题解决方案探讨 [J]. 科技风, 2015(08): 33-33.

作者简介:

张建权 (1980-), 男, 山西平遥人, 2002 年 6 月毕业于太原电力高等专科学校, 专科, 工程师, 研究方向: 矿井供电。