

[煤矿供电]

煤矿供电防越级跳闸技术的研究

文/淮南矿业集团张集煤矿 郝培亮

提出一种煤矿供电防越级跳闸保护系统的应用方案，来彻底解决存在的“越级跳闸”问题，提高供电可靠性，实现“四遥”功能，为采区变无人值守创造条件。

目前煤矿井下供电系统线路保护普遍面临着速断过电流保护定值无法整定、失压保护零时延、漏电保护无法实现比较、保护器功能不全及通信能力差等多个难题，导致煤矿井下供电出现欠电压、漏电、过电流和短路等故障，严重威胁井下供电的可靠性。尤其是广泛存在的“越级跳闸”，它是影响煤矿井下安全供电的一个重要因素，对井下供电系统安全及可靠运行造成严重的威胁。由于煤矿井下环境特殊，供电系统复杂，多种原因导致越级跳闸事故发生。一旦发生越级跳闸事故，会导致大面积停电，不仅会影响井下的原煤产量，而且会导致井下排水系统停止工作，同时井下停电停风后，还会造成瓦斯积聚，从而导致设备损害、生产停顿、危及人身安全，造成矿井的破坏，后果比较严重。因此防范越级跳闸事故不仅是煤矿井下安全、可靠供电的一项重要任务，也是煤矿井下安全高效生产的基础性工作。

随着电子技术、计算机技术及通信技术的迅猛发展，煤矿管理部门在改进井下保护装置、应用新技术成果的同时，不断强化人员素质的管理，井下供电系统的安全性、可靠性得到了一定的提高。目前煤矿井下供电系统以传统速断过电流保护作为馈线的主保护，由于井下供电系统复杂，供电距离远且线路短(上下级之间的线路不足1 000 m，有的甚至只有四五百米)，存在三端线路，线路速断过流保护定值难以整定、无最小保护范围。尤其是井下普遍存在多级采区变电站级联的情况，通过

增加时间级差实现各级线路保护的整定配合是不可能的。无论在开关正常动作或拒动情况下，线路短路时极易发生越级跳闸，导致大面积停电，严重影响安全生产。越级跳闸是煤矿供电系统的顽疾，传统的基于过电流保护原理的微机保护对此束手无策。为了彻底解决煤矿井下广泛存在的“越级跳闸”事故，本文提出了一种煤矿供电防越级跳闸保护系统的应用方案。

基于数字光纤通信和全站数据网络共享的数字化变电站自动化系统已经成为地面变电站保护系统的最新发展方向，其所具有的优势是不容置疑的，与传统变电站相比具有高性能、高安全性、高可靠性和高经济性的优点。目前成熟的数字化变电站技术已在地面变电站中得到广泛的应用，但对于煤矿井下供电系统中的应用尚属新鲜领域。通过煤矿供电防越级跳闸保护系统在山西潞安常村煤矿高压供电系统中应用的研究，可以推广至井下低压供电系统及其他煤矿井下供电系统中，对降低井下建设成本、提高供电系统保护性能和完全解决供电系统越级跳闸问题，增强供电系统的安全性、可靠性具有实际的意义。

基于光纤通信的防越级跳闸短路保护设计

目前煤矿供电系统中高压配电装置的短路保护仍采用传统的鉴幅式保护原理，只要整定合理，理论上不存在越级跳闸的问题，然而上下级保护装置之间信息相对孤立，仅靠自身的电流定值或动作延时相互配合，无法保证保护装置的选择性而导致配

电装置越级跳闸。本文所设计的防越级跳闸系统，通过光纤将具有纵向关联关系的开关保护测控装置连接起来，当短路故障发生时，通过上下级开关短路保护的时限配合，确定短路故障发生位置，快速

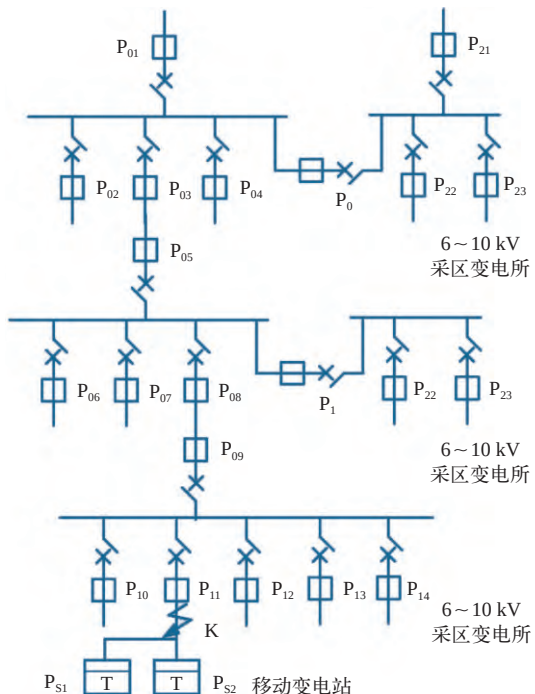


图1 煤矿井下双回路电源供电系统图

切除故障，避免越级跳闸。

图1为一个典型煤矿井下双回路电源供电系统，图中方框位置装有防越级跳闸保护系统。假设图中K点0时刻发生短路故障，则 P_{11} 、 P_{09} 、 P_{08} 、 P_{05} 、 P_{03} 、 P_{01} 保护均检测到短路电流，经过保护装置的瞬时判断处理，分别发出闭锁信号闭锁上一级开关的速断保护，即， P_{11} 向 P_{09} 发出闭锁信号，同时 P_{09} 向 P_{08} 发出闭锁信号，逐级闭锁。闭锁信号通过光纤传输到上一级保护，耗时约10~20 ms（依据线路长短而定），在大约15~25 ms时刻， P_{09} 、 P_{08} 、 P_{05} 、 P_{03} 、 P_{01} 接收到来自下级的保护闭锁信号，在速断出口前关闭跳闸出口。由于 P_{11} 没有接收到任何闭锁信号，速断出口动作，切除故障线路。当故障切除后，各保护装置逐级撤除向上级发出的闭锁信号。如果 P_{11} 发出跳闸信息而断路器拒动时， P_{09} 延时一段时间（一般为躲过断路器跳闸时间）100 ms再次检测是否有闭锁信号。如果检测到有该信号，该保护动作切除故障线路。

由此可知，防越级跳闸保护装置的控制逻辑如图2所示。其中 T_1 为上下级开关间通信延时时间，

依据线路长短一般可整定为15~25 ms。 T_2 为断路器分断延时时间，一般可整定为100~110 ms。当保护装置通过鉴幅原理或相敏原理判断到电流定值达到本级的动作定值，且 T_1 时刻没有收到闭锁信号或 T_2 时刻再次检测到闭锁信号时，保护出口动作。

煤矿供电防越级跳闸保护系统通过高速光纤通信网络，采用光纤闭锁保护模块结合传统速断过流保护模块结构，配置双重化保护，实现短路保护选择性，解决了供电系统的越级跳闸问题，保证了供电的安全性。图3给出了煤矿井下基于光纤联锁各保护装置的供电防越级跳闸保护系统。

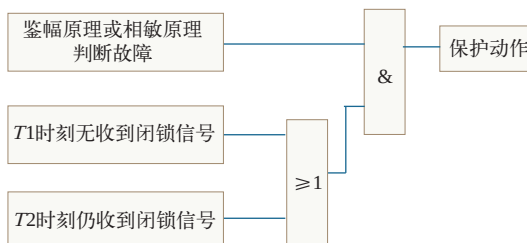


图2 防越级跳闸保护逻辑图

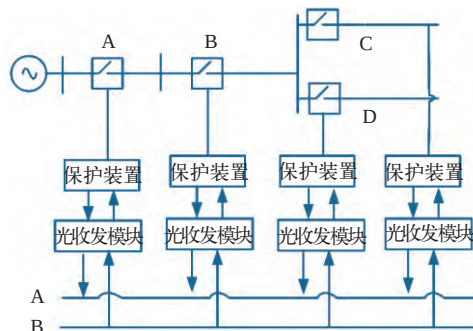


图3 煤矿井下供电联锁保护系统图

防越级跳闸保护系统的分析与应用

随着煤矿井下采掘机械化程度的提高，生产工作面不断向前延伸、扩大，高压供电线路及设备不断深入末端，低压供电系统一直向前延伸，加之井下环境的特殊性，高压供电系统中供电线路成为安全可靠性的薄弱环节。

通过对煤矿井下高压供电系统的分析，目前常村矿井下供电线路保护普遍面临以下难题：①广泛存在“越级跳闸”问题。包括速断过流保护定值无法整定和失压保护零时延的问题。②传统意义上的光纤差动保护不能解决所有问题。目前有不少厂家采用光纤纵差保护作为联络线的主保护，能够可靠解决部分“越级跳闸”问题，但是对于三端线路及多端线路却束手无策。③漏电保护无法实现比较导致的误动作。④保护装置功能不全；⑤保护装置通信能力差。

线的光纤纵差及三端甚至多端线路的光纤纵差。将三端线路及多端线路包含的区域看成一个大的节点,对该节点进行基尔霍夫定律的判断,确定该节点是否处于平衡状态而确定故障点所在,确保在馈线故障时联络线可靠不动作,从而避免“越级跳闸”现象。系统架构如图4所示。



- 1) 电源进线配置光纤差动保护。
- 2) 馈线配置常规短路保护。
- 3) 各变电所母线配置母线差动保护。
- 4) 各变电所母线配置小电流接地选线功能模块。

硬件配置如下。

软件配置为:

本文分析了煤矿井下供电广泛存在的“越级跳闸”问题和防越级跳闸保护系统；介绍防越级跳闸保护系统主要构成部分及其所具有的独特优势，并结合某煤矿井下供电系统的实际情况进行了该煤矿供电防越级跳闸保护系统的方案设计，能够有效地避免越级跳闸的发生。EA

(编辑：白文亭)