

## 浅谈 6 kV 综合保护柜的应用

王拥军, 张光明

(小龙潭矿务局小龙潭矿, 云南 开远 661601)

**摘要:**针对小龙潭矿务局对移动式电力拖动设备供电中电缆故障突出的问题,自行开发 6 kV 综合保护柜,并应用于现场进行工业性试验。6 kV 综合保护柜具有过流保护、单相接地保护、失压保护、电力计量等功能。重点介绍了对单相接地故障的检测功能。

**关键词:** 矿山供电;综合保护;零序;应用

**中图分类号:** TD 613<sup>+</sup>.5

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1671 - 9816 (2009) 03 - 0059 - 03

### 1 问题的提出

小龙潭矿务局是一个设计能力为年产褐煤 630 万 t 的大型露天矿。下属有小龙潭露天矿、布沼坝露天矿,是我省的重要能源基地。矿务局拥有斗轮机、转载机、胶带机、挖掘机、推土机、重型车辆等多种生产设备。这些设备按耗能方式划分,有电力拖动设备和燃油设备。电力拖动设备,又分为固定式设备和移动式设备。移动设备是指随着采掘工作面的变化而随着移动的设备,如斗轮机、转载机、排土机、单斗挖掘机、电缆车、穿孔机等电力拖动设备。这些移动设备均采用电缆供电,其所处的工作环境恶劣,并随着工作面的推进而移动设备和电缆。各种车辆、装载设备以及推土机等对电缆的碾压是造成移动式设备供电电缆绝缘层损坏的主要原因;由于工作台面的推进,推土机推断预埋的电缆的事故也时有发生;此外,夏天煤面温度高,风吹、日晒、雨淋,物料塌落砸伤,由于环境恶劣使得制作电缆接头的质量无法满足要求。鉴于以上因素电缆经常被损伤,相间短路、单相接地的故障较为频繁。从坑口变电站故障记录显示的情况看,绝大部分的相间短路和接地故障是由于移动设备的电缆出现故障引起的。

按照矿山企业供电设计的要求,对于部分负荷较为集中或电气故障率较高的设备必须设置完善的二级保护,并且将现场保护装置与变电站相应电气控制柜的动作整定值设置为纵向保护形式。当外部线路发生故障时,由于现场保护装置的动作电流整

定值小于变电站相应柜的整定值,或者是现场保护装置的动作时限比变电站的动作时限短,现场装置先动作,故避免因越级跳闸造成大面积停电。而我矿对移动式设备及电缆大部分采用的是跌落保险保护方式,该种保护过于简单,只能对相间短路故障进行保护,因其保险丝熔断电流和时限的分散性,易发生越级跳闸(此类事故已发生过多次),造成大面积停电。在由坑口变电站供电的各条线路上还挂有其它负荷,如 6C23 线路除移动设备 15<sup>#</sup>、16<sup>#</sup> 4 m<sup>3</sup> 电铲外还带有采煤胶带运输系统、三监区等用户;6C12 线路除有 13<sup>#</sup> 4 m<sup>3</sup> 电铲外还带有狱部、一监区、中转水泵站、3<sup>#</sup> 水泵站等用户。如果其中一条线路故障引起变电站跳闸,造成大面积停电影响是很大的,而且影响的用户都是较为重要的。

介于移动式设备供电电缆故障多,而又只采用过于简单的跌落保险保护方式,当发生电缆接地故障时不动作,发生短路故障时易出现拒动作而引起变电站跳闸,一旦发生越级跳闸,不但扩大了停电的范围,可能还会发生诸如煤仓垮仓、矿坑水泵无法排水等事故。尤其现在因北帮剥离废除了 6C13 西北面电铲专用线路后,矛盾更加突出。故在高压架空线路转为电缆向移动式设备供电的这一部分设置一个具有短路、接地、失压等功能的综合保护柜,对移动式设备及供电电缆进行保护是很有必要的。

### 2 6 kV 综合保护柜的功能

小龙潭露天矿根据移动式设备故障多(相间短路及单相接地的故障)的特点,由小龙潭露天矿自行设计,个旧开关厂承接,从节约改造费用的考虑,利用旧式 GG 型高压柜改造而来的 6 kV 综合保护柜于 2002 年 7 月安装于 102<sup>#</sup> 处,对 16<sup>#</sup> 电铲的供电线路

收稿日期:2009-03-07

**作者简介:**王拥军(1970-),男,电气工程师。现在云南省小龙潭矿务局小龙潭露天矿从事机电设备和矿山供电网络管理工作。

进行保护控制实验。

6 kV 综合保护柜的一次设备有隔离刀闸、少油断路器、电流互感器、电压互感器、零序电流互感器等元件。该综合保护柜具有过流保护、单相接地保护、失压保护、电力计量等功能。

2.1 过流保护

6 kV 综合保护柜电流互感器采用的是不完全星形接法,采用 LL-11/5 晶体管型电流继电器。该继电器具有反时限延时和瞬时速断的功能,使得对挖掘机的保护功能更加健全。

(1) 电流继电器整定计算。

继电器动作电流:  $I_{dq} = I_{jmx} \times R_R \times R_{Rq} \times R_{Rj} / (R_f \times n_i)$

式中:  $R_R$ —可靠系数,  $R_R = 1.15 - 1.25$ ;

$R_{Rq}$ —电机自起动系数,  $R_{Rq} = 1.5 - 3$ ;

$R_{Rj}$ —接线系数;

$R_f$ —返回系数;

$n_i$ —电流互感器变比;

$I_{jmx}$ —线路最大计算负荷电流。

如: 250 kW, 6 kV 电机, 额定电流为 25A。

将  $R_R = 1.25, R_{Rj} = 1, R_f = 0.85, n_i = 40, I_{jmx} = 25A$  代入

公式

当取  $R_{Rq} = 2.5$  时,  $I_{dq} = 2.3A$

当取  $R_{Rq} = 3$  时,  $I_{dq} = 2.8A$

实际中取  $I_{dq} = 3A$

这样能够使用电设备躲过起动电流的冲击并具有一定的过载能力。

(2) 速动电流的整定。

速动电流 = 动作电流整定值 × 速动电流倍数

速动电流倍数的取值为 2~8 倍, 根据原动机的参数, 选取速动电流倍数为 3 倍。

(3) 纵向保护。继电器动作电流、速动电流的整定值均小于坑口变电站出线开关动作整定值, 10 倍整定动作电流下动作时间小于坑口变电站相应出线开关的整定值, 从而使现场综合保护柜与变电站出线开关间构成纵向保护, 变电站出线开关成其后备保护。

(4) 试验测试。2002 年 7 月 15 日, 三监区剥离汽车碾压电缆引起综合保护柜断路器动作跳闸, 经查是电缆相间短路造成, 电流继电器动作掉牌, 表明过流保护整定值符合要求, 既躲过了挖掘机起动电流, 当发生相同短路故障时, 又能正确识别并与坑口变电站构成纵向保护。

2.2 单相接地故障检测功能

由于坑口变电站对单相接地故障的检测采用的

是检测电网零序电压的方式获得, 当出现单相接地故障时, 变电站有指示, 但不能显示出是哪一条线路出现的接地故障, 只有靠分别试断开各路出线开关的方法来判断, 故为判明故障而造成大面积停电。当查明原因后, 安排人员去断开相应的跌落保险还有一个过程。若故障发生在雨天, 操作者必须与变电站配合才能断开跌落保险, 可能会造成一些重要用电设备无法运行。当发生单相接地故障时按规程规定是可以运行的, 但不得超过 2 h。因为处于这种状态时是非常危险的, 若另外一处再发生其它相的单相接地故障, 此时通过大地就形成两相短路, 变电站跳闸。单相接地故障的存在会使系统其它两相对地电位升高 1.732 倍, 易造成电缆及设备绝缘层的击穿。单相接地故障长时间存在会使得进入接地故障区域的人或动物发生跨步电压触电。出现接地故障对设备是非常不利的, 对人员也会造成很大的危险。使用 6 kV 综合保护柜可以自行判断其保护的线路段是否发生了接地故障, 经过很短的时间自动执行跳闸指令, 断开故障线路, 从而保证其它用户的正常运行。

在中性点不接地高压供电系统中, 当发生单相漏电和接地故障时, 系统中会产生零序电压和零序电流, 零序电压和零序电流分别通过电压互感器开口三角形端、零序电流互感器采集并引入保护装置中。

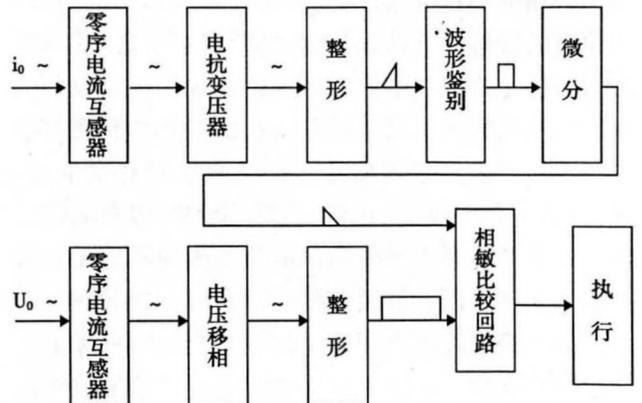


图 1 功率方向保护原理

漏电保护采用 BLD-3 高压漏电保护装置进行检测, 其实质是功率方向保护原理, 如图 1 所示。

当出现接地故障时有零序电流产生, 经中间电路后产生尖波, 而零序电压经移相、整形后, 产生矩形波。对于故障线路, 零序电流尖波与零序电压方波具有重叠时间, BLD-3 型高压漏电保护装置有信号输出, 出口继电器动作; 而对于非故障线路虽有零序电流的产生, 但它与故障电路所产生的零序电流相差 180°, 其尖波不能与电压方波重合, 故高压漏电

保护装置不动作,从而达到有选择性的找出发生单相接地故障的线路。

在对 6 kV 综合保护柜进行调试和试验中, BLD-3 型高压漏电保护装置正常工作时零序电压指示灯常亮,即零序电压方波信号始终输出,经测量,零序电压为 1.2 V(在矿山供电系统中,由于供电质量及其它原因,零序电压出现 1.2 V 的误差是允许的,但此时零序电压指示灯亮),表明装置的灵敏度太高(出现 BLD-3 漏电保护装置的误判),为降低其灵敏度,对零序电压输入信号进行分压后取样,零序电压降为 0.2 V,此时,零序电压指示灯熄灭。进行接地实验,指示灯亮,漏电保护装置动作。实验数据见表 1:

表 1 漏电保护实验数据

项目	直接采样零序电压信号		分压后采样零序电压信号	
	电网正常运行	电网单相接地	电网正常运行	电网单相接地
零序电压 $U_0/V$	1.2	100	0.2	16.7

高压漏电保护装置投入使用后,虽然能够及时切除保护范围内的单相接地故障,但是带来的另一个问题是经常发生误动作,使得生产不能正常进行。经分析原因有:①因电缆较长,约 1 000 m 左右,故其泄漏电流大,且各相对地泄漏电流不均匀;②相间及相对地之间分布电容大且变化大;③现场环境恶劣,电缆经常被汽车等设备碾压,电缆被碾压前后均会改变分布电容和泄漏电流,煤面温度高也会改变其工作状态;④、无线电波及其它信号源的干扰。鉴于以上原因,小龙潭露天矿组织工程技术人员对其进行攻关,采用 BLD-3 型高压漏电保护装置与 PLC 可编程控制器结合,对 BLD-3 型高压漏电保护装置的输出信号进行分析处理,将误动作排除。

从理论上讲, BLD-3 高压漏电保护装置采集到的零序电流信号和零序电压信号经电路处理后产生的尖波和方波只有在本段被保护线路出现单相接地故障时,才具有重叠时间。而实际上,前面所述的原因也会出现尖波与方波的重叠,这就是造成误动作的原因。经深入研究后发现,发生误动作时,尖波与方波出现的重叠是随机的,而当发生本段被保护线路出现单相接地故障时,零序电流产生的尖波信号才与零序电压产生的矩形波信号始终具有重叠时间(偶尔会出现不重叠的时候)。依据以上特点,我们利用可编程控制器(PLC)对高压漏电保护装置的输出

信号进行进一步的处理,从第一次发生重叠开始,在一定的检测时间内,对不小于 10% 的完整周期波形进行检测,如果在全部抽检的完整周期波形中有 85% 以上出现尖波与方波的重叠,表明被保护线路有单相接地故障存在, PLC 对外输出执行跳闸指令;如果在全部抽检的完整周期波形中有不足 85% 的出现了尖波与方波的重叠,则认为是错误信号, PLC 对外不发出任何指令,检测时间到了以后结束检测工作。在试验中还发现,检测时间的选取也很重要。检测时间过短,不能将错误信号有效地剔除;检测时间过长,又不能将故障线路及时地切除。通过试验认为检测时间控制在 20~40 s 较为合适。

通过一段时间的工业性实验,既能正确检测被保护线路的单相接地故障,又使误动作跳闸大大降低,单相接地保护功能达到了预期的效果。

### 2.3 失压保护

在对综合保护柜中还设置了失压保护功能。设备在正常运行中,突然停电后,6 kV 综合保护柜自动脱扣,不会造成突然来电时的人员伤害和设备的自行启动。此功能设置为可选项。

### 2.4 电力计量的功能

长期以来对单台移动式设备的供电均无准确的计量,不能正确的反映设备的用电量,无法进行能耗和成本的考核。6 kV 综合保护柜通过从电压互感器和电流互感器采样信号送到有功电度表,使其具有电力计量的功能,给能耗统计和成本考核提供了重要数据。

### 2.5 6 kV 综合保护柜具有的其它功能

6 kV 综合保护柜的操纵机构采用 CD10-I 电磁式操纵机构,断路器与隔离刀闸、保护柜门之间为机械闭锁,使用直流 220 V 操纵电源。具有电显功能,操作电源由外部变压器经二极管桥式整流后提供给设备,还装设有储能电容,以便在失压的状态下实施跳闸。

## 3 结束语

6 kV 综合保护柜通过近一年的工业性试验,取得了预期的效果,对短路、接地等故障均会执行保护跳闸动作。小龙潭露天矿还召开过专题性会议讨论,认为此项技术已基本成熟,可以推广应用。推广应用元器件选取主流配置,这样,对完善矿区整个供电系统的保护,实现安全生产具有重要的意义。