

煤矿掘进工作面供电系统选择性漏电保护的实现

崔文强¹, 张星荣¹, 李安平¹, 宋建成¹, 陈瑞强², 张家元²

(1. 太原理工大学弘科电器厂, 山西 太原 030024; 2. 晋城矿务局王台铺煤矿, 山西 晋城 048006)

摘要: 针对煤矿井下掘进工作面供电系统无选择性漏电保护的问题, 根据实际需要, 提出了基于附加直流电源和零序电流方向检测的选择性漏电保护方案。在原有保护的基础上, 设计了零序电压检测电路和中断信号发生器, 配合我厂生产的分支馈电开关, 可有效地完成掘进工作面供电系统两级漏电保护功能。

关键词: 漏电保护; 选择性; 零序电流; 零序电压

中图分类号: TM773

文献标识码: B

文章编号: 1003-4897(2001)06-0028-03

1 引言

在矿井供电系统中, 漏电故障在电气故障中所占比重较大。它不仅直接影响人身安全, 还会形成单相接地, 进而造成相间短路引发瓦斯和煤尘爆炸, 严重影响煤炭生产。

对于掘进工作面供电系统, 由于负荷较大, 一般采用移动变电站供电, 以使高压深入采区负荷中心, 提高供电效率。掘进、通风设备电源均取自移动变电站低压馈电开关。尽管在该开关中设置了漏电保护, 但其采用附加直流电源检测的工作原理, 漏电保护动作无选择性, 易造成无计划停风。为此, 《煤矿安全规程》要求掘进工作面的局部通风机应实行三专供电, 即专用变压器、专用开关、专用线路。这不仅造成人力、设备投入较大, 而且不能从根本上解决漏电保护的选择性问题。

本文在原有漏电保护装置的基础上, 提出了基于附加直流电源和零序电流方向检测的选择性漏电保护系统。该系统既利用了现有设备, 又可完成掘进工作面低压电网单相漏电时的横向和纵向两级选择性漏电保护功能。在人身触电时, 分支线路横向选择性漏电保护动作时间小于 30ms, 总馈电开关纵向选择性漏电保护动作时间为 230~250ms, 满足 JB 6314-92 标准的规定。

2 保护系统的原理

2.1 掘进工作面供电系统

2.1.1 改造前的供电系统

在大多数煤矿, 掘进工作面低压供电系统如图 1 所示。

在图示供电系统, 装设在总馈电开关 BKD_1 中附加直流电源检测装置作为漏电主保护。磁力起动器 $BQD10$ 、 $BQZBH$ 直接给风机和掘进设备供电。无

论 d_1 还是 d_2 点发生漏电故障, 都会使 BKD_1 跳闸, 造成整个低压供电系统停电, 工作面停风, 给井下人身安全造成严重威胁。

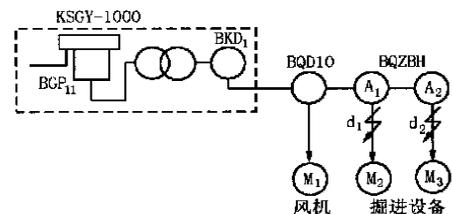


图1 改造前供电系统

2.1.2 改造后的供电系统

改进后, 掘进工作面低压供电系统仍保留 $BQZBH$ 系列磁力起动器 A_1 、 A_2 。具体如图 2 所示。

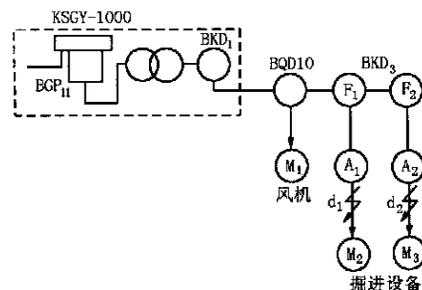


图2 改造后供电系统

在此供电系统中, 采用了基于零序电流方向检测, 具有选择性漏电保护功能的 BKD_3 系列分支馈电开关。当 d_1 点发生漏电故障时, 分支馈电开关 F_1 跳闸; d_2 点发生漏电故障时, 分支馈电开关 F_2 跳闸, 其他支路和风机均不受影响, 大大缩小了停电范围。

2.2 总馈电开关工作原理

移动变电站低压馈电开关(即总馈电开关)内的漏电保护采用附加直流电源检测原理, 对整个供电系统的漏电信号进行检测, 检测回路采用桥式比较

电路,如图3所示。

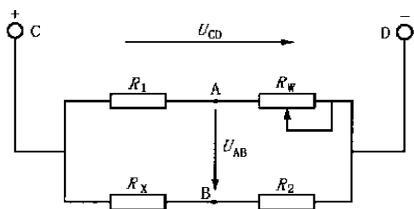


图3 附加直流检测电路

图中,CD 两端接直流电源,AB 两点间压降即为漏电检测信号。调整 R_W 可以改变漏电保护动作电阻值。绝缘电阻桥臂 R_X 由零序电抗器直流电阻 R_{1r} 、三相电抗器直流电阻 R_{2r} 、电网绝缘电阻 R_e 和接地电阻 R_d 组成,由于 R_{1r} 、 R_{2r} 、 R_d 和 R_e 相比很小,所以该桥臂主要由三相电网对地绝缘电阻 R_e 决定,即 $R_X \approx R_e$ 。随着绝缘电阻 R_e 降低, U_{AB} 减小,当低于门坎电压时,执行回路启动,馈电开关跳闸,整个低压电网停电。

由此可见,这种保护装置既不能区分是干线还是分支线路漏电,也不能区分是哪条支路漏电。为了实现两级选择性漏电保护,应当在总开关漏电保护装置中加入延时电路和中断信号产生电路。这样不仅可以实现掘进工作面供电系统选择性漏电保护,而且可以保证两级漏电动作值的一致性。延时电路可以保证在分支线路漏电且分支馈电开关拒动时实现后备保护,即纵向选择性漏电保护。中断信号可以保证在发生漏电故障时,分支馈电开关的信号处理和分析系统及时响应,在 30ms 内切除漏电故障。

原理框图如图4所示。

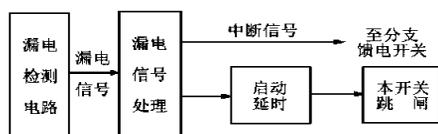
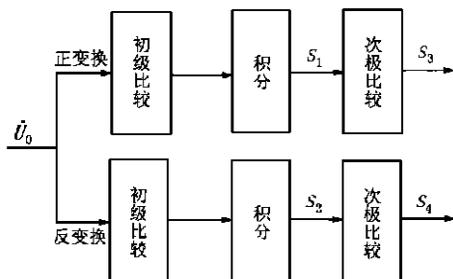


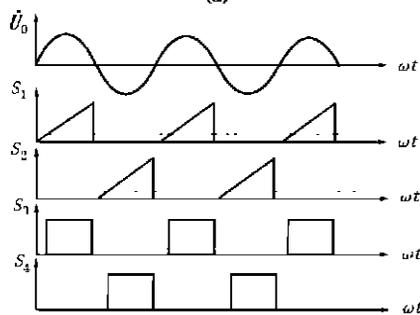
图4 系统工作原理图

同时,为了满足分开关零序电流方向检测的需要,从总开关三相电容器人为中性点取出零序电压信号,作为分开关判别零序电流方向的基准。这样可以提高零序电流信号检测的灵敏度和准确性。零序电压波形变换原理及其波形图5所示。

由图5可知,利用比较器,就得到了 S_3 、 S_4 正负两个方波信号。为提高系统检测的灵敏度,可以降低比较电压,使方波信号宽度增大,信号增强。



(a)



(b)

图5 零序电压波形变换原理及波形图

2.3 分支馈电开关工作原理

基于零序电流方向检测的分支馈电开关漏电保护原理如图6所示。

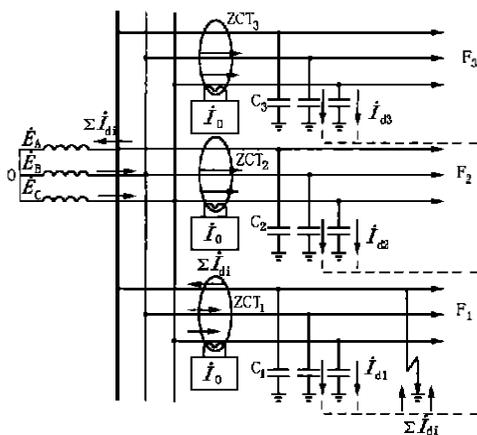


图6 零序电流保护原理图

图6中, $ZCT_1 \sim ZCT_3$ 分别为分支线路 $F_1 \sim F_3$ 的零序电流互感器; $i_{d1} \sim i_{d3}$ 分别为各分支线路的接地电流; i_{di} 为各分支线接地电流之和。当 F_1 线路 A 相发生接地故障时,全电网 A 相对地电位均为零,所有线路的 B、C 相对地漏电流 i_d 都从接地点流回电源,主要为电容电流。此电流可由各支路零序电流互感器检测。故障支路接地电流为整个电网接地电流之和减去本线路的接地电流,其方向是自线路流向母线,而非故障支路接地电流由母线流向线路,方向与故障支路相反。由此可见,根据零序电流的

方向即可判断出故障支路。利用接地故障时的零序电压作为比较基准,故障支路和非故障支路零序电流方向判别原理如图7和图8所示。

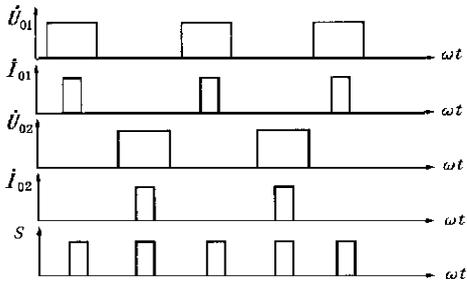


图7 故障相零序电流方向判别波形图

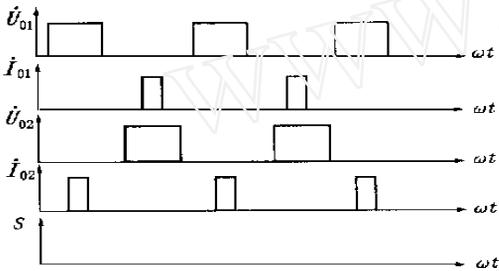


图8 非故障相零序电流方向判别波形图

图中,S为波形比较的结果, U_{01} 、 U_{02} 分别为零序电压正负半波信号, I_{01} 、 I_{02} 分别为零序电流正负半波信号。由波形图可以看出,故障支路的零序电流经过波形变换后,与零序电压相位一致,S为一列脉冲信号;非故障支路零序电流与零序电压相位相反,无波形信号输出。由此可以很清楚地区分出故障支路来。通过采用全波比相,可以加快信号的检测速度,提高了保护系统的可靠性和灵敏度,缩短了保护的動作时间。

2.4 保护系统的工作原理

分支馈电开关保护系统采用MCS-51单片机作为中央处理单元。漏电信号的分析、判断及动作响应均由CPU控制执行,信号处理速度快而且可靠性和灵敏度较高。当系统某一点发生漏电故障时,只要漏电电阻小于总开关的動作电阻,总馈电开关的漏电检测单元响应,向分支馈电开关发出中断信号同时起动自身延时单元工作。分支馈电开关CPU接受到中断信号后检测零序电流方向,若本支路漏电立即跳闸,否则延时并关断中断。若总馈电开关延时时间到,再检测漏电故障,若漏电故障还存在,说明分开关拒动或漏电发生在移动变电站与分开关之间的电缆上,总馈电开关即移动变电站低压馈电开关跳闸,实现纵向选择性漏电保护。

3 试验及应用

由改进后的移动变电站低压馈电开关和BKD₃分支馈电开关组成的两级选择性漏电保护系统已于1999年12月应用于晋城矿务局王台铺煤矿LZ2276巷。下井前,对系统进行了模拟试验,两台分支馈电开关,电网电压1140V,保护系统的漏电动作时间(漏电阻为1k Ω)如表1所示。

表1

项目	$C_0(\mu\text{F})$	$C_1(\mu\text{F})$	$C_2(\mu\text{F})$	动作时间(ms)
1	0.10	0.10	0.47	25.47
2	0.10	0.47	0.10	24.60
3	0.22	0.10	0.47	28.31
4	0.22	0.47	0.10	22.96
5	0.47	0.10	0.47	23.46

表1中数据均为五次测量平均值。 C_0 为干线线路对地电容, C_1 为故障支路馈电线路对地电容, C_2 为非故障支路馈电线路对地电容。由数据可以看出,保护动作指标满足设计要求。

该系统试验成功后自1999年12月份投入运行,多次因导线碰壳或电机绕组漏油导致分支馈电开关动作,开关动作可靠,缩小了停电范围,大大减少了无计划停风次数。分支馈电开关保护系统配有数字显示系统,故障跳闸后显示故障类型,很大程度上缩短了排除故障时间,深受用户好评。

4 结论

本文提出了掘进工作面供电系统原移动变电站低压馈电开关附加直流电源检测漏电保护的改进方案,再配以基于零序电流方向判断漏电保护的分支馈电开关,可以实现掘进工作面供电系统横向和纵向两级选择性漏电保护的功能。其技术指标达到国内先进水平。现场运行结果表明,该系统运转正常,动作可靠,有很高的性价比,能给煤矿生产带来较高的经济效益,具有广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] 崔景岳,刘思沛.煤矿供电.北京:北京煤炭工业出版社,1988.
- [2] 宋建成.基于零序电流方向的选择性漏电保护系统的研究.电网技术,1998,22(9):53~56.

(下转第37页)

具有 RS232 计算机标准接口和继电器干触点,具有遥测、遥控、通信等功能。其输出特性为:

- (1) 输出电压为 380V/220V(三相四线),输出频率为 50Hz;
- (2) 输出电压稳压精度高,不大于 1.5 %;
- (3) 输出电压畸变率低,100 %非线性负载时的畸变率不大于 4 %;
- (4) 负载从 0~100 %突变时,输出电压波动小,不大于 5 %;
- (5) 100 %不平衡负载时,电压不平衡不大于 1.5 %;

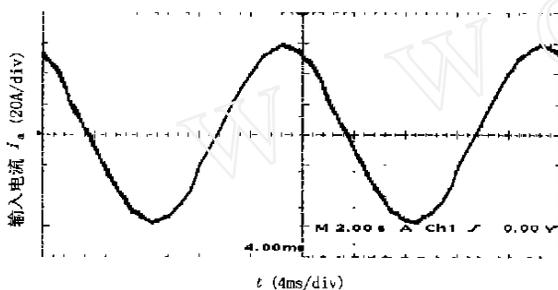


图 6 UPS 输入电流波形

6 结论

本文采用 PWM 整流电路,研制出一台 30kVA 三相输出在线式智能 UPS。实验结果表明,同采用

相控整流电路 UPS 相比,本文研制的 UPS 具有以下优点:

- (1) 输入电流接近正弦波,极大地减少 UPS 产生的谐波对电网的污染,不需增加额外的滤波装置,从而可减少装置的体积;
- (2) 输入功率因数 0.99,使得 UPS 与电网之间传递的无功很少,可以降低 UPS 电源系统的变压器容量,大幅减少无功损耗,从而可以节约能源,降低系统成本;
- (3) PWM 整流电路输出直流电压纹波小,可延长蓄电池使用寿命。

采用高频 PWM 整流电路的 UPS 完全满足“绿色用电”的要求,具有十分广阔的发展前途。

参考文献:

- [1] 王兆安,杨君,刘进军. 谐波抑制和无功功率补偿. 北京:机械工业出版社,1998.
- [2] 董晓鹏,王兆安. 三相电压型单位功率因数 PWM 整流器的研究. 电力电子技术,1997,(4).

收稿日期: 2000-11-30;

作者简介: 姚为正(1967-),男,博士,主要从事电力电子产品的研究与设计工作; 孙良坤(1967-),男,工程师,主要从事不间断电源 UPS 的研究与设计工作; 甘江华(1975-),男,工程师,主要从事不间断电源 UPS 的研究与设计工作。

An uninterruptible power system using high frequency PWM rectifier

YAO Wei-zheng¹, WANG Zhao-an¹, SUN Liang-kun², GAN Jiang-hua², YU Wen-bin²

(1. Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China; 2. XI Power Co., Ltd, Xuchang 461000, China)

Abstract: The system configure of a UPS using high frequency PWM rectifier is introduced, and the operation principle of PWM rectifier and its control method are analyzed. A 30kVA UPS prototype is manufactured according to them. The experiment results indicate that the UPS using high frequency PWM rectifier has the characteristics of low harmonic current and high input power factor, and has a good future.

Keyword: PWM; rectifier; UPS

(上接第 30 页)

收稿日期: 2000-11-02

作者简介: 崔文强(1975-),男,本科,从事电器自动化研究与应用工作; 张星荣(1972-),男,本科,从事电器自动化研究及应用工作; 陈瑞强(1972-),男,本科,从事煤矿电器应用工作。

Achievement of selective leakage protection system in underground tunneling face power supply networks

CUI Wen-qiang¹, ZHANG Xing-rong¹, LI An-ping¹, SONG Jian-cheng¹, CHEN Rui-qiang², ZHANG Jia-yuan²

(1. Hongke Electrical Apparatus Factory, Taiyuan 030024, China; 2. Jincheng Mining Bureau, Jincheng 048006, China)

Abstract: On the basis of analyzing the causes being short of selection leakage protection in underground tunneling face networks, a selection leakage protective scheme based on additional DC measurement and zero sequence current direction judgement is presented in this paper. A detecting circuit of zero sequence voltage and generator of interrupt control signal is also designed with which the latitudinal and longitudinal selective leakage protection can be effectively achieved combined with subfeeding gears switch produced by Hongke Electrical Apparatus Factory.

Keywords: leakage protection; selectivity; zero sequence current; zero sequence voltage