

基于光纤通信的防越级跳闸方案设计和应用

李文俊, 程志伟, 薛忠新, 孟海强

(陕煤集团神木张家峁矿业有限公司机电技术部, 陕西 榆林 719300)

摘要: 为了防止煤矿电网越级跳闸, 在传统矿用微机保护的基础上, 设计出一种基于光纤通信的矿井电网防越级跳闸保护系统。该系统依靠发送光纤闭锁信号, 闭锁上级线路速断跳闸, 实现防越级跳闸。在发生速断故障时, 保护装置利用光纤通道, 能对其上级线路快速发送跳闸闭锁信号, 并实现上级线路保护动作时间阶梯化, 防止越级跳闸。系统测试表明, 该方案能够有效防止上级线路越级跳闸, 提高了煤矿电网运行的安全性和稳定性, 并证明了该方案的正确性和有效性。

关键词: 矿井电网; 光纤通信; 越级跳闸; 继电保护; 速断保护

Design and application on preventing override trip system based on fiber-optic communication

LI Wenjun, CHENG Zhiwei, XUE Zhongxin, MENG Haiqiang

(Zhangjiamao Mining Co., Ltd., Shaanxi Coal and Chemical Industry Group Co., Ltd., Yulin 719300, China)

Abstract: To prevent the override trip of mine electric power network, a scheme of preventing override trip system based on fiber-optic communication is proposed. The system depends on sending fiber block signals, and blocks superior line quick-break trip to achieve anti override trip. When the quick-break fault occurs, relays send blocking signals by using optical fiber to the upstream ones, and the time of quick-break protection will be changed automatically, to prevent the override trip. System test shows that, this scheme can effectively prevent the override trip and improve the operation of mine electric power network security and stability. And the correctness and effectiveness of the proposed scheme is proved.

Key words: coal mine electric network; fiber-optic communication; override trip; relay protection; quick-break protection

中图分类号: TM76

文章编号: 1674-3415(2015)21-0131-05

0 引言

我国矿井电网大多数是采用短线缆组成的多级辐射状纵向网络, 由于井下电网线路较短、阻抗较小, 上下级回路的速断保护整定值几乎没有差异。在下级电网回路发生短路故障时, 其故障电流会造成上级速断保护动作, 形成矿井电网越级跳闸现象, 给矿井电网安全运行带来严重影响^[1-3]。

基于光纤通信^[4-5]的矿井电网防越级保护系统依靠光纤闭锁信号的传输, 使下级保护装置动作时对上级保护形成短时间闭锁, 解决了常规矿井微机保护装置选择性和速断性的矛盾, 为解决矿井电网越级跳闸问题提出了新的解决方案。

1 保护原理

本防越级系统采用光纤通信级联闭锁的方式。

井下电网多数采用垂直供电方式, 当井下电力系统中某处发生大电流短路故障时, 短路电流会通过短路点之前所有开关, 安装在这些开关上的保护装置都会检测到短路故障电流^[6-7]。

各级检测到故障电流的所有保护装置在速断保护启动出口之前, 利用光纤通道把闭锁信号发送至上一级线路保护装置。

靠近故障点处的保护装置由于未收到下级闭锁信号, 其发出的闭锁信号等级为1级, 其上级线路接收到该1级闭锁信号后, 对该闭锁信号升级处理形成2级闭锁信号, 再依次上传从而使各级保护的動作时限阶梯化, 有效解决越级跳闸问题。

当光纤闭锁通道建立后, 该防越级系统不管供电系统的运行方式如何变化, 不管供电线路的上一级开关如何变化, 各保护装置无需再次进行设置, 都能有效地进行闭锁, 达到防越级跳闸的目的^[8-9]。

系统工作原理如图 1 所示。K1 点短路时，如果分段开关 103 处于合位运行状态，短路电流流经 111、103、101、102 号开关至短路点。111 号开关检测到短路故障后，通过光纤服务器分别向 103、101 号开关发送 1 级光纤闭锁信号，103 号开关把接收到的闭锁信号通过光纤服务器转发给其上级线路 102 号开关，此时 102 号开关收到的闭锁信号自动变为 2 级，同理 101 号开关保护装置通过光纤通道把 2 级闭锁信号上发至其上级开关。每级闭锁信号都包含不同的闭锁延时信息，上级开关速断保护分级闭锁，从而实现各级开关速断动作的时限阶梯化，如图 2 所示。

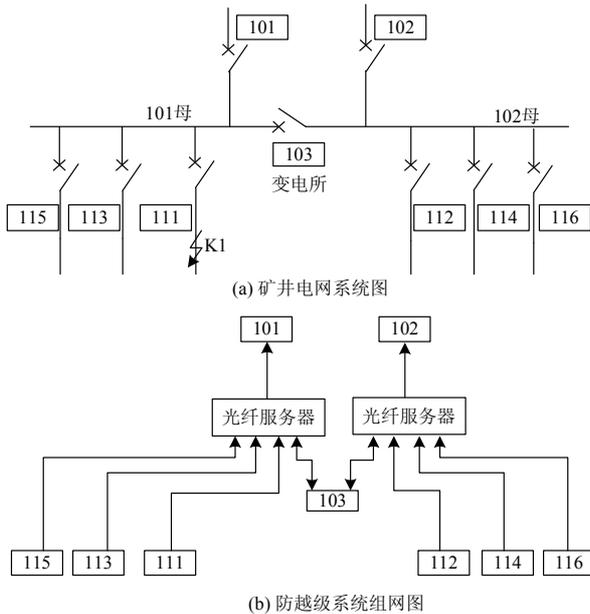


图 1 矿井电网系统及其防越级跳闸方案示意图

Fig. 1 Coal mine power system and preventing override trip system

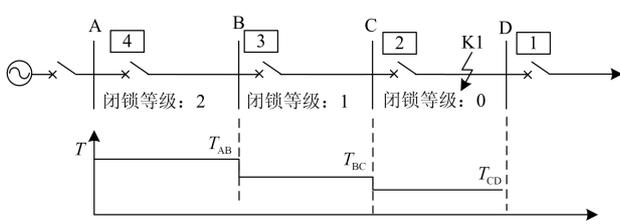


图 2 各级开关速断动作的时限阶梯化示意图

Fig. 2 Quick break protection trip time of different levels of breakers

2 系统组成和组网方式设计

本系统主要包含矿用智能光纤保护装置和智能光纤控制服务器。

2.1 矿用智能光纤保护

矿用智能光纤保护安装于井下隔爆开关内，是集保护、防越级跳闸、测量、控制、监测、通信、录波、事件记录等多种功能于一体的智能保护设备。

该装置采用了 DSP+FPGA+ARM 的硬件结构构架，完成数据的采集、开关量的处理、光纤信号的处理、显示管理以及串行通信结构等功能。其硬件设计结构示意图如图 3 所示。

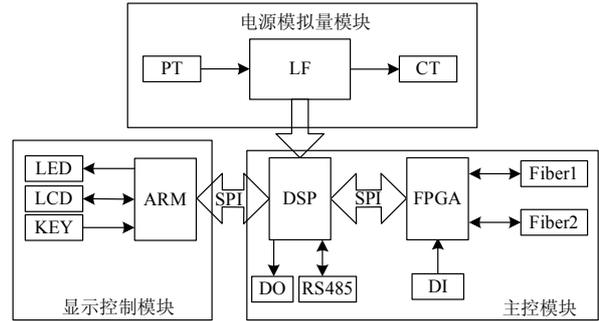


图 3 智能光纤保护装置硬件设计结构示意图

Fig. 3 Hardware structure design of the protection relay

下级线路闭锁信号通过光口传输至 FPGA，由 FPGA 判断该闭锁信号等级，并对该闭锁信号进行重新编码并传递给上一级线路保护装置。整个闭锁信号的处理及传输时间在 1 ms 以内，远远小于速断保护判断和启动时间，确保保护装置在速断动作出口前准确计算出速断闭锁延时时间。

2.2 智能光纤控制服务器

智能光纤控制服务器主要完成各级之间光纤闭锁信号的收集、汇总处理、分发上传等功能^[10]，其核心处理单元由 FPGA 完成。硬件设计框图如图 4 所示。

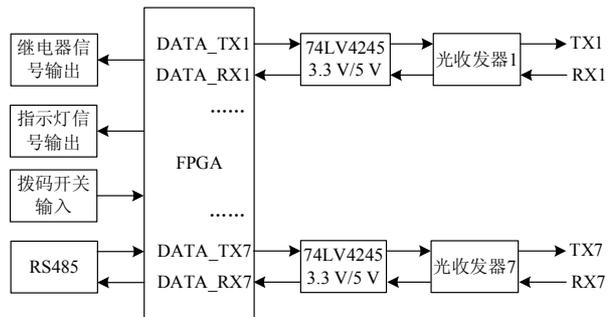


图 4 智能光纤控制服务器硬件设计框图

Fig. 4 Hardware structure design of the optical fiber control server

2.3 防越级组网方式

针对上下两级供电系统防越级，只需要在线路两端各配置一台矿用智能光纤保护，下级线路保护

对上级线路保护发送光闭锁信号, 即可实现防越级跳闸。如图 5 所示。

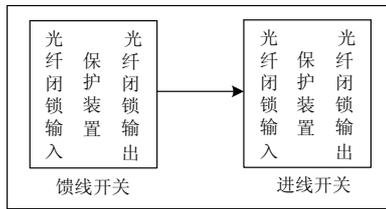


图 5 两级供电系统防越级组网方式
Fig. 5 Preventing override trip system anti two level power supply system

如果是多级系统, 多进线、多分段、多种供电方式可变的情况下, 开关上除了配置矿用智能光纤保护外, 在每段母线上都需要配置一台智能光纤控制服务器, 用于接收母线上各馈线上传的光纤闭锁信号, 再对所有闭锁信号进行集中处理, 上发给上级开关和分段开关, 实现防越级跳闸。如图 6 所示。

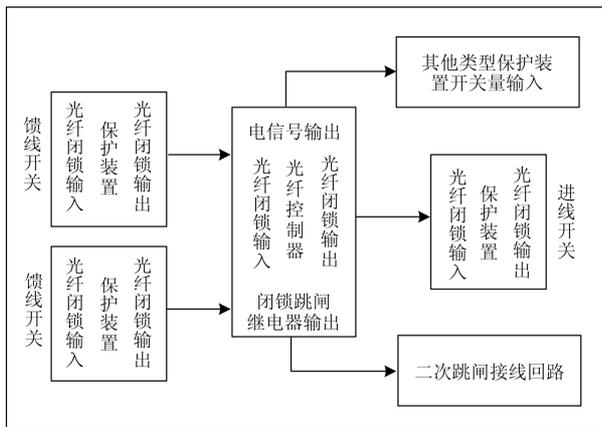


图 6 多级供电系统防越级组网方式
Fig. 6 Preventing override trip system anti multi level power supply system

智能光纤控制服务器除了能利用光纤通道闭锁上级保护装置外, 还能通过电信号出口接入到其他保护装置的开入量上, 利用开入闭锁方式闭锁速断保护; 或者通过继电器出口, 串接在上级开关的二次跳闸回路里, 短时切断跳闸回路, 起到防越级跳闸的作用。

3 防越级软件设计

矿用智能光纤保护装置利用 FPGA 实时接收光口数据, 当接收到闭锁数据时, FPGA 告知 CPU, 并把闭锁数据发送给 CPU, 用于计算闭锁等级和速断闭锁延时时间。

速断保护不再是故障电流大于定值瞬时动作,

其要根据收到的闭锁信号确定延时时间, 在延时间闭锁速断保护, 如果延时过后, 故障仍然存在的话, 保护动作出口。该设计的流程如图 7 所示。

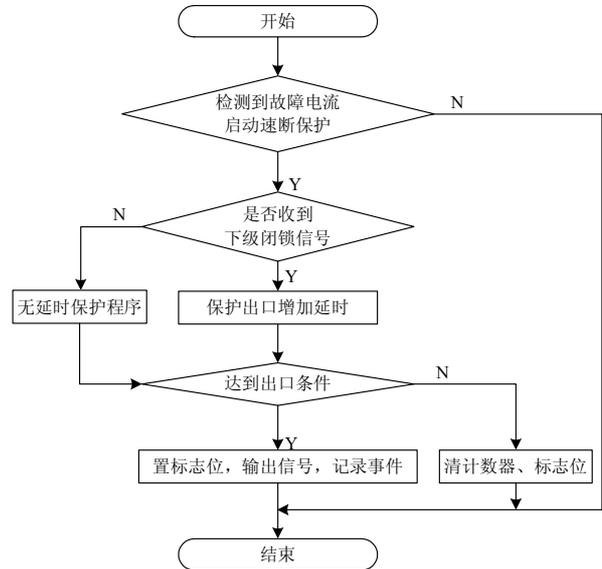


图 7 带防越级功能的速断保护程序流程图
Fig. 7 Program flow chart of quick break protection anti override trip

4 系统测试

针对某公司井下供电系统搭建测试模型, 该测试模型涉及到两条进线 101、102, 一个母联分段 103, 1 条 1 级馈线 111。图 8 给出了方案测试系统模型图, 其中图 8(a)为系统模型图, 图 8(b)为保护系统组网示意图。

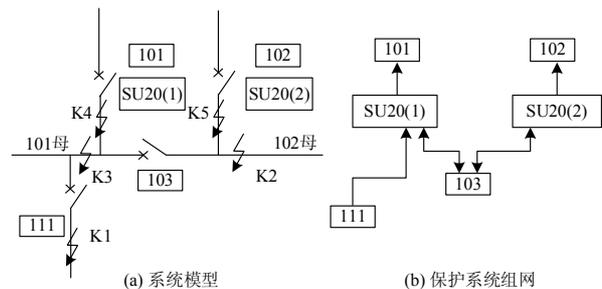


图 8 测试系统模型图
Fig. 8 Model diagram of test system

4.1 模拟 K1 故障, 分段合位数据测试

(1) 测试内容: 开关 101、102、103 合, 模拟 K1 处故障。分别模拟 111 动作、111 不动作两种情况下故障信号传递和保护动作情况。

(2) 测试方法: 四台保护装置电流信号串联连接, 电压信号并联连接, 信号统一由继保测试仪模拟产生, 模拟速断动作。各保护装置的断路器位置

与各开关状态保持一致。

(3) 测试结论: 111 保护装置可靠动作时, 101、103、102 保护装置被可靠闭锁, 显示闭锁等级依次增加。在 111 保护装置拒动作时, 保护装置 101、103 及时动作, 102 保护装置仍然被有效闭锁。实验测试数据如表 1 所示。

表 1 K1 故障, 母联合位实验测试数据表

Table 1 K1 trip, the test data sheet

测试内容	测试描述	闭锁延时等级
111 正常动作	111 速断动作	0 级
	103 速断被闭锁	1 级
	101 速断被闭锁	1 级
	102 速断被闭锁	2 级
111 保护拒动	103 速断延时动作	1 级
	101 速断延时动作	1 级
	102 速断被闭锁	2 级
111 开关拒动	101 速断延时动作	1 级
	103 速断延时动作	1 级
	102 速断被闭锁	2 级
111 保护拒动	101 速断延时动作	1 级
103 保护拒动	102 速断延时动作	2 级
111 开关拒动	101 速断延时动作	1 级
103 开关拒动	102 速断被闭锁	2 级

备注: 111、103 开关拒动时, 在上述模拟实验环境中, 由于电流信号串接, 101 开关跳闸后, 故障电流消失, 102 开关速断延时未动; 而在实际运行环境中, 101 开关跳闸后故障电流依然存在, 102 开关速断延时动作, 延时等级为 2。

4.2 模拟 K2、K3 故障, 分段合位数据测试

(1) 测试内容: 开关 101、102、103 合, 分别模拟 K2、K3 处故障。分别模拟 103 动作、103 不动作两种情况下故障信号传递和保护动作情况。开关 111 合, 保护 111 速断退出, 闭锁信号发射口光纤不连。

(2) 测试方法: 四台保护装置电流信号串联连接, 电压信号并联连接, 信号统一由继保测试仪模拟产生, 模拟速断动作。各保护装置的断路器位置与各开关状态保持一致。

(3) 测试结论: K1 故障时, 102、103 保护装置可靠动作时, 101 保护装置被可靠闭锁, 显示闭锁等级依次增加。K2 故障时, 101、103 保护装置可靠动作时, 102 保护装置被可靠闭锁, 显示闭锁等级依次增加。在 103 保护装置拒动作时, 保护装置 101、102 及时动作。实验测试数据分别如表 2、表 3 所示。

表 2 K2 故障, 母联合位实验测试数据表

Table 2 K2 trip, the test data sheet

测试内容	测试描述	闭锁延时等级
103 正常动作	103 速断动作	0 级
	102 速断动作	0 级
	101 速断延时动作	1 级
103 保护拒动	102 速断动作	0 级
	101 速断延时动作	1 级
103 开关拒动	102 速断动作	0 级
	101 速断延时动作	1 级

表 3 K3 故障, 母联合位实验测试数据表

Table 3 K3 trip, the test data sheet

测试内容	测试描述	闭锁延时等级
103 正常动作	103 速断动作	0 级
	101 速断动作	0 级
	102 速断延时动作	1 级
103 保护拒动	101 速断动作	0 级
	102 速断延时动作	1 级
103 开关拒动	101 速断动作	0 级
	102 速断延时动作	1 级

4.3 模拟 K4、K5 故障, 分段合位数据测试

(1) 测试内容所有开关在合位, 分别模拟 K4、K5 处故障。

(2) 测试结论: K4 故障时, 101 开关速断动作, 其余开关不动作, 当 101 开关拒动时, 其余开关不动作; K5 故障时, 102 开关速断动作, 其余开关不动作, 当 102 开关拒动时, 其余开关不动作。

5 结语

基于光纤级联闭锁方式的防越级跳闸方案可以实现井下供电系统速断保护的选择性动作, 可靠防止系统越级跳闸。该系统已在神木张家峁矿业有限公司得到了广泛应用, 有效防止了井下供电系统越级跳闸的发生, 提高了煤矿的安全生产能力, 取得了良好的经济效益。

参考文献

[1] 史丽萍, 温树峰, 黄延庆. 基于 CAN 网通信的选择性短路保护的研究[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(8): 139-142.

SHI Liping, WEN Shufeng, HUANG Yanqing. Study on selective short-circuit protection based on CAN communication[J]. Power System Protection and Control, 2011, 39(8): 139-142.

- [2] 孟惠霞, 胡满红. 煤矿井下短路越级跳闸的故障分析[J]. 煤矿机械, 2009, 30(2): 223-224.
MENG Huixia, HU Manhong. Analysis of accident for short circuit of skipping grades trip under coal mines[J]. Coal Mine Machinery, 2009, 30(2): 223-224.
- [3] 陈海东, 贲保记, 代文章, 等. 基于 GOOSE 机制的开关所保护的研究[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(13): 134-138.
CHEN Haidong, YUN Baoji, DAI Wenzhang, et al. Research of switch substation's protection based on GOOSE mechanism[J]. Power System Protection and Control, 2013, 41(13): 134-138.
- [4] 高会生, 王慧芳. 基于安全性的继电保护光纤迂回通道路径选择[J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42(14): 25-31.
GAO Huisheng, WANG Huifang. Path selection based on security measure for relay protection[J]. Power System Protection and Control, 2014, 42(14): 25-31.
- [5] 唐海平. 基于光纤通讯的远方备自投设计与实现[J]. 继电器, 2006, 34(4): 80-82.
TANG Haiping. Design and implementation of the far-away place reserve power based on the optical-fiber correspondence[J]. Relay, 2006, 34(4): 80-82.
- [6] 邢晓东. 煤矿井下电网开关越级跳闸的原因及对策[J]. 科技创新导报, 2011, 18: 63.
XING Xiaodong. Causes and countermeasures of coal mine power network switch skip trip[J]. Science and Technology Innovation Herald, 2011, 18: 63.
- [7] 黄英豪. 6 kV 井下馈出线开关柜越级跳闸原因浅析与解决方案[J]. 中国科技信息, 2007(23): 83, 86.
HUANG Yinghao. 6 kV analysis of underground feeder switch cabinet override trip and solutions[J]. China Science and Technology Information, 2007(23): 83, 86.
- [8] 崔智明. 煤矿井下供电越级跳闸问题的解决方案[J]. 煤矿机电, 2011(5): 56-57.
CUI Zhiming. The solution of coal mine underground power supply override trip problem[J]. Coal Mine Electromechanical, 2011(5): 56-57.
- [9] 曹留柱, 曲德臣, 李民中. 电力监控系统越级跳闸方案的研究[J]. 工矿自动化, 2011(8): 180-182.
CAO Liuzhu, QU Dechen, LI Minzhong. Study of leapfrog trip scheme in electric power supervisory control system[J]. Industry and Mine Automation, 2011(8): 180-182.
- [10] 李明, 李景强. 一种基于智能电网的广域备自投方案[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(11): 129-133.
LI Ming, LI Jingqiang. A wide area standby power supply automatic switching scheme based on smart grid[J]. Power System Protection and Control, 2013, 41(11): 129-133.

收稿日期: 2015-01-23; 修回日期: 2015-04-02

作者简介:

李文俊(1966-), 男, 大专, 研究方向为机电; E-mail: lwj.1966@163.com

程志伟(1983-), 男, 硕士研究生, 研究方向为电气自动化;

薛忠新(1975-), 男, 大专, 研究方向为机电;

孟海强(1984-), 男, 硕士, 研究方向为电气工程及其自动化。

(编辑 葛艳娜)