

文章编号:1671-251X(2012)11-0053-04

董玉杰,许丹,郭益督,等.煤矿井下电网区域联锁保护方案及其实时性研究[J].工矿自动化,2012(11):53-56.

煤矿井下电网区域联锁保护方案及其实时性研究

董玉杰¹, 许丹², 郭益督³, 余盈盈⁴

(1. 河南理工大学万方科技学院, 河南 焦作 454000; 2. 河南理工大学电气工程与自动化学院,
河南 焦作 454003; 3. 河南省电力公司驻马店供电公司, 河南 驻马店 463000;
4. 西安交通大学电气工程学院, 陕西 西安 710049))

摘要:针对煤矿井下供电系统通信网络无法满足数据传输实时性、可靠性的要求,很难同时实现保护速动性和选择性的问题,提出了基于交换式以太网的区域联锁保护方案,并采用 OPNET 网络仿真软件对交换式以太网进行了实时性研究。该方案采用树形结构的交换式以太网,在各综合保护装置上增加具备以太网通信接口的智能联锁装置,组成区域联锁系统。仿真结果表明,在同时有 64 个网络节点收发数据的极端情况下,网络整体延时最大值不超过 0.65 ms,端到端最大延时不超过 1 ms,整体数据收发流量比较平稳,说明交换式以太网具有很高的稳定性和可靠性,能够满足本区域联锁保护系统实时性要求,防止越级跳闸事故发生。

关键词:煤矿供电系统;越级跳闸;区域联锁;交换式以太网;实时性仿真

中图分类号:TD611 文献标志码:A 网络出版时间:2012-11-01 14:51

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20121101.1451.016.html>

Research of Zone Interlocking Protection Scheme of Underground Power Grid and Its Real-time Performance

DONG Yu-jie¹, XU Dan², GUO Yi-du³, YU Ying-ying⁴

(1. Wanfang College of Science and Technology of Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454000, China.
2. School of Electrical Engineering and Automation of Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454003,
China. 3. Zhumadian Power Supply Bureau of Henan Electric Power Corporation, Zhumadian 463000,
China. 4. School of Electrical Engineering of Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

Abstract: For the problem that communication network for power supply system of underground cannot meet real-time performance and reliability requirements of data transmission, and hardly achieves fast action and selectivity of protection simultaneously, the paper proposed a zone interlocking protection scheme based on switched Ethernet, and used OPNET network simulation software to study real-time performance of the switched Ethernet. The scheme adopts switched Ethernet of tree structure, and composes regional interlock system by adding smart interlock devices with Ethernet communication interface to integrated protection devices. The simulation results show that the maximum delay of overall network is less than 0.65 ms, the maximum end-to-end delay is less than 1 ms, and overall data transceiver flow is relatively smooth in the extreme case of 64 network nodes sending or receiving data at the same time, which illustrate that switched Ethernet has high stability and reliability to meet real-time requirements of interlock protection system in the region and prevent override trip accident.

收稿日期:2012-08-24

基金项目:河南省控制工程重点学科开放基金项目(KG2011-16);河南省重点攻关项目(112102210004)

作者简介:董玉杰(1974-),男,河北任县人,讲师,硕士,主要研究方向为供配电新技术。E-mail:hpudyj@hpu.edu.cn

Key words: power supply system of coal mine, override trip, zone interlocking, switched Ethernet, real-time simulation

0 引言

煤矿高压供电系统中,从地面变电所到井下中央变电所、各工作面采区变电所之间大多采用纵向、多层级、短距离垂直供电模式。这种供电线路距离短,往往一处短路,上游多级开关同时检测到过流信息,靠电流幅值区分短路保护难以满足纵向选择性要求。为保证井下供电系统的可靠性,近年来利用网络通信实现防越级跳闸的方案日渐增多。参考文献[1]采用 RS485 串行网络实现速断保护选择性,但由于通信速率低而无法满保护速动性要求。参考文献[2]提出的纵差保护方案应用在井下电网多级联分支的线路上时接线过于复杂。参考文献[3]构建了 CAN 总线联锁保护网络,但由于 CAN 总线速率低而无法满实时性要求。可见,由于采用的通信网络无法满数据传输实时性、可靠性的要求,很难同时实现保护速动性和选择性。本文提出了基于交换式以太网的区域联锁保护方案,并对其网络实时性进行了仿真。该方案具有传输速率高、延时小、可靠性高等优点,能够满速断保护的速动性和选择性,防止发生越级跳闸现象。

1 交换式以太网

近年来,以太网以其通信速率高、兼容性好、易于扩展等优势逐渐进入工业控制领域。最初以太网并不是为工业控制设计,无法满控制信号传输低延时和确定性要求。交换技术克服了传统共享式以太网不确定性和实时性欠佳的缺点,使以太网在工业控制领域得到广泛应用^[4]。交换式以太网通过交换机连接各个网段,其各个端口之间可以同时建立多个数据通道,端口之间的数据传输不再受介质访问控制协议的约束,在源端与目的端之间提供点到点连接,使端口独占带宽完成快速实时的通信^[5]。因此本方案采用交换式以太网进行组网,采用光纤作为传输介质。

2 基于交换式以太网的区域联锁保护方案

该方案基于树形结构的交换式以太网设计,在各个综合保护装置上增加具备以太网通信接口的智能联锁装置,组成区域联锁系统,如图 1 所示。当检测到故障时,智能联锁装置对保护装置的速断保护

进行 10 ms 的延时闭锁(末级除外),同时通过网络向上级所有智能联锁装置发送联锁信号。各级智能联锁装置每接收到一个连锁信号就自动延时 10 ms,安排各级保护的动时间,这样既可防止越级跳闸,又具备后备保护,可靠性高。

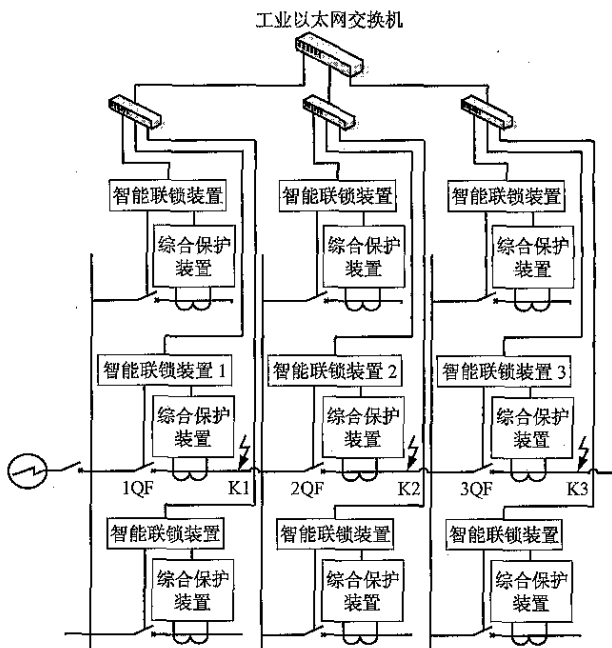


图 1 基于交换式以太网的区域联锁保护方案

表 1 为故障时各智能联锁装置联锁和闭锁的时间关系。

表 1 智能联锁装置联锁和闭锁的时间关系

故障位置	智能联锁装置序号	是否检测到故障	输入联锁数	闭锁延时时间/ms	发送联锁数
K3	3	是	0	10	2
	2	是	1	20	1
	1	是	2	30	—
K2	3	否	0	—	—
	2	是	0	10	1
	1	是	1	20	—
K1	3	否	0	—	—
	2	否	0	—	—
	1	是	0	10	—

实现上述方案的关键是在各级综合保护智能联锁装置之间设计合理可靠的信号传输网络,要能够在最初的 10 ms 内及时、准确地传输联锁信号,安排好各级综合保护装置的动时限。

3 网络实时性仿真

采用 OPNET Modeler 仿真实验验证交换式以太网的实时性。OPNET Modeler 是一种主流网络仿真软件,为通信网络和分布式系统的建模提供了全面的模拟仿真开发环境。它通过执行离散事件仿真来分析各种模拟系统的行为和性能,将各个仿真研究阶段所需要的工具相结合,组成了一个由模型设计工具、仿真核心、数据收集工具和数据分析工具有机结合的大型仿真系统^[1-3]

当井下供电系统下级发生短路故障时,短路电流很可能会超过上级甚至多级保护整定值,上级甚至多级综合保护装置会启动速断保护。此时多级线路智能联锁装置在几乎同一时刻需要通过以太网进行连锁通信,即网络上多个节点几乎同时发送数据,因此在仿真实验中设置多个网络通信节点同时收发数据,验证当多个智能联锁装置同时发送连锁信号时,各连锁信号能够在 10 ms 内实时、可靠地到达。为了保证系统的绝对可靠性,设网络中有 64 个节点同时发送数据。仿真网络模型如图 2 所示,每个二级交换站连接 8 个从站,共有 8 个二级交换机,64 个网络节点。假设从站向主站发送周期性实时数据,通过 Application 工具配置网络中的数据业务,每 10 ms 发送长度为 64 B 的数据帧,仿真实验的测试时间设定为 360 s,测试网络整体延时及网络节点通信延时,结果分别如图 3、图 4 所示。

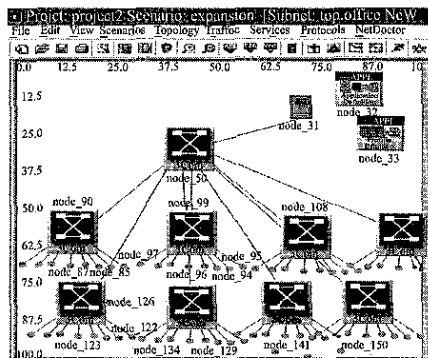


图 2 仿真网络模型图

网络整体延时表示整个网络延时的平均值,是对整个网络环境状态的评估。图 3 中延时曲线波动相对不大,说明网络状况比较稳定。网络整体延时最大值不超过 0.65 ms,这个数值虽然很小,但不能准确反映网络上各个节点收发数据的延时状况,需要考察网络各节点的传输延时状况,才能确定网络传输时间是否能够满足系统连锁信号传输时间的限制。从图 4 可以看出,相对于整体网络延时曲线,

各网络节点的延时是一系列离散值,这是由其周期性发送的特点决定的。由于每个节点发送数据的时间点具有随机性,图 4 中 2 个网络节点的延时曲线并不完全一样,但从整体上相似程度很高,说明网络具有很高的稳定性和可靠性,并且延时时间均远小于系统防越级跳闸连锁信号的传输时间限制。

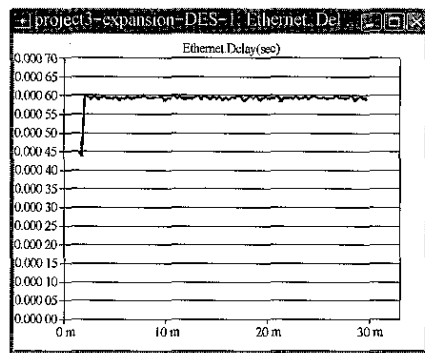


图 3 网络整体延时

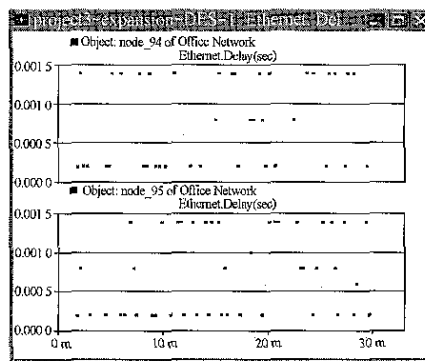


图 4 随机抽取 2 个网络节点的通信延时

将系统仿真测试时间延长为 100 h,通过观察节点收发数据流量、端到端延时和延时波动测试网络长时间运行的稳定性,结果如图 5、图 6 所示。

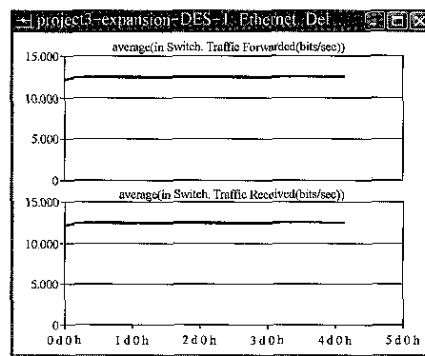


图 5 网络节点收发数据流量

从图 5 可以看出,网络经过长时间运行,整体数据收发流量比较平稳,非常适用于传输数据量小,但对数据收发可靠性、稳定性要求高的连锁系统。图 6 为随机抽取 IP 地址分别为 192.0.0.18 和 192.0.0.19 的 2 个网络节点和其他节点端到端的延时。从图 6 可见,端到端最大延时不超过 1 ms,并

经验交流

文章编号:1671-251X(2012)11-0056-05

杨生元. 波特率自适应 RS485 隔离中继器设计[J]. 工矿自动化, 2012(11):56-60.

波特率自适应 RS485 隔离中继器设计

杨生元

(中煤科工集团常州自动化研究院, 江苏 常州 213015)

摘要:针对传统 RS485 隔离中继器收发状态转换需要等待时间等问题,提出一种以单片机可编程计数器阵列为控制核心的波特率自适应 RS485 隔离中继器设计方案;分析了 3 种传统 RS485 隔离中继器的设计原理及其缺点,详细介绍了波特率自适应 RS485 隔离中继器的原理、计算波特率及字节实际发送时间的方法。实际应用表明,在通信波特率小于 100 kbit/s 的条件下,该中继器数据传输稳定可靠,完全满足矿用产品的远程数据通信要求。

关键词:RS485 隔离中继器;波特率自适应;可编程计数器阵列

中图分类号:TD679

文献标志码:A

网络出版时间:2012-11-01 14:53

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20121101.1453.017.html>

收稿日期:2012-08-09

作者简介:杨生元(1975-),男,湖北荆州人,工程师,现从事煤矿井下电力监控系统以及煤矿电气自动控制方面的研究工作。
E-mail:yangshengyuan00@126.com

且趋于一条直线,说明各网络节点间数据的端到端传输非常稳定。

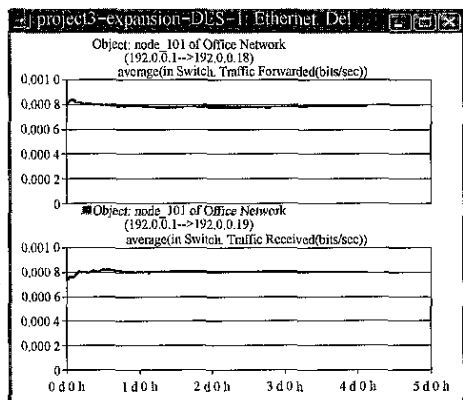


图 6 随机抽取 2 个网络节点的端到端的延时

4 结语

基于交换式以太网的区域联锁保护方案无需改动原有井下供电系统结构,将智能联锁装置串联在各个综合保护装置脱扣信号回路中,具有改造方便、连线简单等优点。通过 OPNET Modeler 仿真软件对交换式以太网进行实时性研究,结果表明,在同时

有 64 个网络节点收发数据的极端情况下,网络整体延时最大值不超过 0.65 ms,端到端最大延时不超过 1 ms,整体数据收发流量比较平稳,说明交换式以太网具有很高的稳定性和可靠性,能够满足本区域联锁保护系统的实时性要求,防止越级跳闸事故发生。

参考文献:

- [1] 宁传文. 煤矿井下供电短路保护新设想[J]. 煤炭技术, 2005, 24(9): 29.
- [2] 冯建勤, 冯巧玲. 级联线路的链式过电流保护方案研究[J]. 继电器, 2006, 34(8): 80-83.
- [3] 张根现, 马星河, 张传书, 等. 井下高压电网防越级跳闸系统研究[J]. 煤矿机电, 2009(2): 56-58.
- [4] 官丽宁. 交换式工业以太网的实时性研究[D]. 太原: 太原科技大学, 2008.
- [5] 胡俊. 组建实时可靠安全的工业以太网[J]. 工业控制计算机, 2003, 16(10): 10-12.
- [6] 胡晓姬, 朱德森, 汪秉文. 基于交换式以太网的网络控制系统仿真平台[J]. 华中科技大学学报: 自然科学版, 2005, 33(10): 89-91.