

光纤保护接口技术

程晓东

(浙江省电力试验研究院, 浙江 杭州 310014)

摘要: 在全线速动线路主保护配置中纵联光纤保护逐渐占据主导地位, 主要讨论了构成纵联光纤保护两端或多端间相互交换保护信息所需接口设备的相关技术, 如保护专用光端机技术、复用数字通道技术和同步采样技术等。光纤保护系统的组成主要包括光通信接口设备、光通信系统和光纤保护装置。主要对不同光纤差动保护同步技术和不同光纤保护同步传输技术作了详细比较, 认为采样时刻调整法、采样数据修正法是较实用的差动保护同步技术, 专用光纤接口、专用 SDH 系统 E1 通道接口是应优先采用的光纤保护同步传输技术。

关键词: 光纤保护; 同步采样; 复用通道

Technology of the interface on fiber optic protection

CHENG Xiao-dong

(Zhejiang Electric Power Test and Research Institute, Hangzhou 310014, China)

Abstract: The pilot fiber optic protection has being dominant in the high-speed through line protection. The paper mainly discusses the technologies of the interface by which the two or three fiber optic protection terminals exchange the relay information, such as optic fiber transmitter/receiver, duplicating digital communication channels, synchronization sampling. The fiber optic protection system includes interface on fiber optic communication, fiber optic system and fiber optic protection. The paper compares fiber optic protection synchronization technologies and fiber optic protection synchronization communication technologies. It concludes that sampling time adjusting, sampling data correcting are scientific techniques, and private optic fiber interface, private SDH E1 interface are firstly used transmission techniques.

Key words: optical-fiber protection; synchronous samble; duplicate channel

中图分类号: TM77; TM76

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2007)17-0076-04

0 引言

光纤保护可以简单地定义为两端或多端纵联线路保护交换保护信息所需经过光纤通道的保护, 一般按保护装置间所交换信息的不同可以分为光纤差动保护、光纤距离保护、光纤方向保护, 按光纤通道占用方式的不同又可以分为专用光纤保护和复用光纤保护。

光纤保护系统主要由保护装置、光通信接口设备和光通信系统组成, 以双端光纤保护系统为例, 如图 1。



图1 光纤保护系统组成

Fig.1 Structure of fiber optic protection system

光纤保护装置可以采用光接口方式和电接口方式与光通信接口设备相连接。光纤距离保护和光纤方向保护主要传输接点信号, 一般采用电接口方式

与光通信接口设备交换信息, 而光纤差动保护传输的主要是电流量数字信号, 一般采用光接口方式, 保护装置内置专用通信模块和光端机实现与光通信接口设备交换信息。

1 光通信接口设备

保护用光通信接口设备是保护信息实现远距离传输不可缺少的中间环节, 它的可靠性和可用性直接影响光纤保护系统运行性能。光通信接口设备主要包括尾纤和跳线、尾纤盘线盒、光缆接线盒、保护专用光缆、保护专用光配线架、光电转换设备等光纤保护设备与光通信系统连接的接口设备。其中, 光电转换设备是光纤保护系统接口设备中的核心设备, 它实现了保护信息数字化远距离传输和复用 SDH 或 PDH 光通信系统数字通道等功能。目前, 高压线路保护专用的开关量接点转换设备和光电转换设备一般都有保护设备厂家自己研究开发, 如 FOX-41A/MUX-64B、CSY-102B、CSC-186A/B、GXC-01/642M/640、P591 等, 也有专业通信厂家研

究开发,如 Fiber Data 12-16xx、NSD70D、RFL9745、FOM20 等。

2 光通信系统

目前,随着电力系统中架空地线复合光缆(OPGW)、全介质自承式光缆(ADSS)等光纤通道资源越来越丰富,电力系统通信也越来越依赖光通信系统。同时,光通信技术的不断发展给电力系统光通信技术带来快速地发展,特别是数字通信容量、数字通信带宽、数字通信冗余度、数字通信可靠性等有了极大提高。电力系统中采用的光通信系统主要包括数字信号复用设备(PCM)、光配线架(ODF)、数字配线架(DDF)、PDH 或 SDH 光通信设备和光缆通道等设备。

3 光纤保护装置接口技术

光纤方向保护、光纤距离保护与高频方向保护、高频距离保护在保护实现原理上没有任何本质区别,其主要区别在于实现全线速动纵联保护时采用的信号传输通道不同,保护装置仍然采用常规的输入/输出电接口方式与光电转换设备相连接实现光纤纵联保护。光纤差动保护为了实时交换线路两端(或多端)电流量数据实现电流差动保护关键技术在于两侧数据同步,以及如何克服通道传输延时和远距离同步传输等,使光纤保护在实践应用上与传统保护相比对通信系统提出了更高的要求,同时,保护信号作为一种特殊数据业务与电力系统通信密切相关。

3.1 差动保护同步技术

目前,在电力系统中应用的数据同步技术主要可以分为同步采样和采样同步化两类。同步采样可分为基于系统参考相量的同步采样技术和基于全球定位系统 GPS 信号的同步采样技术,后者已在电力系统实时监测系统的同步相量测量装置中得到广泛应用。基于数据通信的采样同步化方法又可分为采样时刻调整法、采样数据修正法和时钟校正法。

3.1.1 采样时刻调整法

对于采样时刻调整法,当两侧装置采样同步后,仅需对齐两侧装置的采样标号即可保证算法的正确性,无需为通道延时进行额外的补偿计算。其优点在于采样同步后的差动保护算法处理较为简单,运算中与通道延迟时间 T_0 无直接的关系。在整个通信处理中,采样同步处理与电流数据的处理是分开的。但一般要求产生采样脉冲的晶振稳定性好、精度高。在两侧(或多侧)保护装置采样同步完成后,在正常情况下,采样同步完全凭借采样脉冲系

统的惯性能维持一段较长的时间,这就减轻了差动保护系统因数据同步而带来的计算负荷。同时,采样时刻调整法可以允许较大的前后两次通道传输延时时间测量差和较长的采样时刻调整时间间隔。因此,它从理论上讲可以适应通信路由的切换,但仍然要求通道切换后其收发路由的通道延时相等。其缺点是:第一,一般采样时刻调整过程的时间较长,采样失步后恢复较慢;第二,在采样时刻误差测量和同步时,仍然与通道延迟参数 T_0 有关,同样不能适应收发路由采用不同通道的系统;第三,差动保护系统必须预先设定其中一端为参考端(或称主侧),其他端为被同步端(或称从侧)。基于这种同步技术的装置有:ABB 公司的 REL561、南瑞继保公司的 RCS-931、北京四方公司的 CSC-103 等,它们都必须将系统一端整定为主侧(或 MASTER)、另一端整定为从侧(或 SLAVE)才能正常工作。

3.1.2 采样数据修正法

对于采样数据修正法,当两侧装置正确测量通道延时后,通过软件计算方法时刻修正补偿数据传输延时以实现数据同步。其优点在于保护装置自由独立采样,如果通信路由固定不变,则在通道延迟时间被测量后,当通信干扰或通信中断时,基本不会影响采样同步。只要通信恢复正常,保护根据新接收到的电流向量报文,可立即进行差动保护的算法处理,对于差动保护的快速动作较为有利。其缺点是:第一,每次差动保护算法处理均要进行数据修正处理,且与通道延迟时间 T_0 相关;第二,当通信路由发生变化时,应可靠闭锁差动保护,等通道稳定后才可开放差动保护;第三,电网频率的变化也会影响其电流相量相位修正的结果,进一步可能影响差动保护动作。基于这种同步技术的装置有:AREVA 公司的 P546、南京南自公司的 PSL 603 等,它们不需要为系统整定主从方式。

3.1.3 基于 GPS 的同步采样

基于 GPS 的同步采样是以高精度的 GPS 脉冲信号(一般为 1PPS 秒脉冲)为基准通过锁相环技术产生高速的同步采样信号,如南瑞集团公司的 SMU-1 型同步相量测量装置其采样脉冲可达 10 kHz。基于 GPS 的同步采样其优点是:第一,与通信路由无关,无需测量通道传输延时,可以适应各种形式的通信系统;第二,不受电网系统频率的影响,用于数据同步的计算量也较少。从原理上来说,它基本上克服了其他各种同步技术方法的缺点,是一种理想的同步采样方法。但是,它对 GPS 时钟脉冲信号的精度要求较高,且 GPS 信号的可靠性和对它的依赖性也是同步采样系统必须解决的问题。

3.2 光纤保护同步传输技术

由于目前光纤保护的实现原理还必须依赖于光通信系统。尤其是复用光纤保护，必须采用同步传输技术借助于光纤通信系统 SDH 等同步传输网实现保护信息交换。为了保证保护信息的正确、可靠传输，必须保证通信两端的时钟严格同步，否则易出现“滑码”，造成保护信息交换时出现周期性的误码或丢包现象，严重时可能导致光纤保护误动。光纤保护同步传输可能经过的通道环节因通道方式不同而各不相同，同步传输时钟工作方式也不同。一般采用专用通道方式时，要求两侧保护装置都设置成主时钟方式，即两侧保护装置分别以内部时钟为发时钟，接收时钟从接收信号中提取，如图 2。

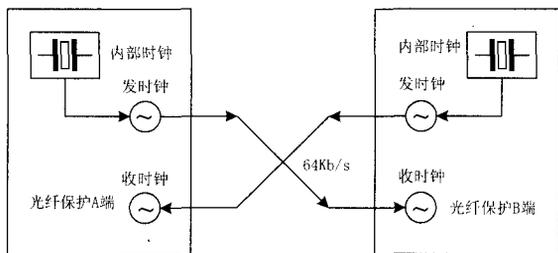


图 2 主-主方式

Fig.2 Master-Master system

一般采用复用通道方式时，要求两侧保护装置都设置成外部时钟方式，即两侧保护装置接收、发送都从接收信号中提取，如图 3。

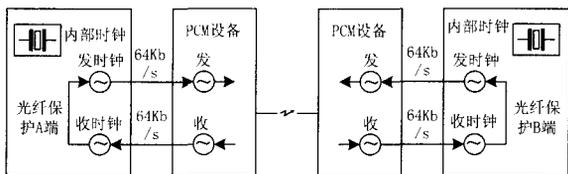


图 3 从-从方式

Fig.3 Slave-Slave system

同步传输时误码的产生不仅与时钟方式设置相关，还与通道中各种设备受到的不确定性干扰因素相关，所以必须对通道数据进行实时监控，一旦发生严重误码情况，应能够及时告警或闭锁保护功能。

4 光电转换设备接口技术

光电转换设备包括安装在保护屏内和通信机房里的保护专用光电转换设备，它主要实现将电接口方式的保护信息转换成光信号实现远距离传输或将光接口方式的保护信息转换成符合 ITU-T G. 703 建

议的电信号实现复用数字通道传输。一般要求光电转换设备应具有直流电源消失告警和通道故障告警等告警功能，并提供空接点输出。

4.1 光端机

光电转换设备的光端机可以是多模或单模光端机，它主要有光源和光检测器两部分组成。光纤通信使用的光源是半导体光源，又分为发光二极管 (LED) 和激光二极管 (LD)。发光二极管发射的是自然光，多用于多模光端机。激光二极管发射的是激光，其亮度高、方向性强、单色性好，是一种相干光，特别适于长途光纤通信，多用于单模光端机。光检测器是光纤通信系统的重要器件之一，它的作用是在光接收端将接收到的光信号变换为电信号。光检测器又有两种类型，一种是本征型光电二极管 (PIN 管)，多用于多模光端机；另一种是雪崩光电二极管 (APD)，它具有内部增益，光接收灵敏度较高，多用于单模光端机。

平均光发送功率、光接收灵敏度、光波长等参数是评价光端机性能的重要技术指标。多模光端机常用的光信号波长为 850 nm 或 1 300 nm，其平均光发送功率为 -30~-10 dBm、光接收灵敏度为 -10~-45 dBm，一般可以实现小于 50 km 的远距离传输。单模光端机常用的光信号波长为 1 300 nm 或 1 550 nm，其平均光发送功率为 -30~-10 dBm、光接收灵敏度为 -10~-45 dBm，一般可以实现小于 100 km 的远距离传输。目前，专用光纤保护通道方式为了可以实现更远距离传输或允许更大的通道损耗应采用单模光端机。

4.2 复用通道接口

目前，复用光纤保护采用的数字通道接口按传输速率主要分为 E0 (64kbit/s) 接口和 E1 (2 048 kbit/s 或 2 Mbit/s) 接口。E0 接口按同步传输时钟信号的传输方式可以分为同向接口、反向接口、中央时钟接口，保护专用的光电转换设备 E0 接口应采用同向接口方式，即 64 kbit/s 信息信号和 64kHz 时钟信号以同一方向传输，如图 4。

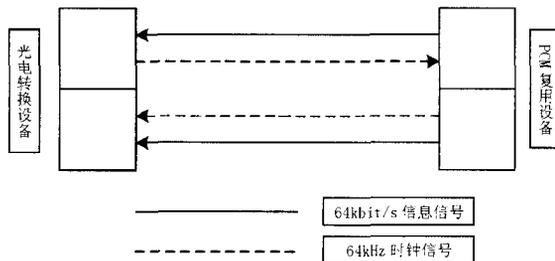


图 4 同向接口示意图

Fig.4 Codirectional interface

E0 同向接口只需在收发方向各一对屏蔽双绞线就可实现信息信号和时钟信号的传输,其传输的电信号脉宽为 $3.9 \mu\text{s}$,有脉冲标称电压为 1.0 V ,无脉冲标称电压为 $0 \pm 0.1 \text{ V}$ 。

E1 接口一般采用一对同轴电缆实现非平衡方式传输,也可以采用两对屏蔽双绞线实现平衡方式传输。其信号编码采用高密度 3 阶编码 (HDB3) 实现数据传输,信号编码脉宽为 244 ns ,同轴电缆传输时有脉冲标称电压为 2.37 V ,无脉冲标称电压为 $0 \pm 0.237 \text{ V}$ 。

若选用 E0 接口方式时,需要增加专用 PCM 时分复用设备使其复用到 E1 端口上,不仅给光纤保护系统增加设备投资,而且经过 PCM 复用设备后给保护信息的传输增加了传输延时,影响光纤保护动作的快速性,所以复用光纤保护宜直接采用 E1 接口。

5 结论

随着光纤保护在 220 kV 和 500 kV 系统中应用越来越多,其保护通道方式也更加多样化,对继电保护专业人员掌握光纤保护的相关接口技术提出了更高的要求。本文结合目前 220 kV 和 500 kV 系统中常用的光纤保护较系统地、详细地论述了光纤保护涉及的一些接口技术,如保护装置同步采样的主从方式、同步传输时钟主从方式等。

参考文献

- [1] AREVA 公司 P54X 系列装置说明书[Z]. AREVA P54X Series Relays Manuals[Z].
- [2] ABB 公司 REL561 装置说明书[Z]. ABB REL561 Relay Manuals[Z].
- [3] 南瑞继保公司 RCS-931 装置说明书[Z]. Nari-relays RCS-931 Relay Manuals[Z].
- [4] 国电南自公司 PSL 600 系列装置说明书[Z]. Guo-dian Nanjing Automation Co. PSL 600 Series Relays Manuals[Z].
- [5] 北京四方公司 CSC-100 系列装置说明书[Z]. Beijing Sifang Automation Co. CSC-100 series relays manuals.
- [6] 吴云,雷雨田.光纤保护通道配置[J].电力系统通信,2003,(9):11-14. WU Yun, LEI Yu-tian.Telecommunication Channel Scheme of Protection Based on Optical fiber[J]. Telecommunications for Electric Power System, 2003,(9): 11-14.
- [7] 赵建青,尹项根,陈德树.广东电网光纤保护方案的分析[J].广东电力,2001,14(1):14-15. ZHAO Jian-qing, YIN Xiang-gen, CHEN De-shu. Analysis of Optical Fiber-link Pilot Protection Schemes for Power Network of Guangdong[J].Guangdong Electric Power, 2001,14(1):14-15.
- [8] 李锋,张德泉.浅谈华中电网 500 kV 线路光纤保护的应用[J].华中电力,2004,(5):34-36. LI Feng, ZHANG De-quan. Application of 500 kV Line Optical Fiber Protection of Central China Grid[J]. Central China Electric Power,2004,(5):34-36.
- [9] 彭承柱.SDH 传送网技术[M].北京:电子工业出版社,1996. PENG Cheng-zhu.The Technology of SDH Transmission Network[M].Beijing:Publishing House of Electronics Industry, 1996.

收稿日期:2007-01-15; 修回日期:2007-03-07

作者简介:

程晓东(1976-),男,工程师,从事电力系统继电保护及其自动化调试工作。E-mail:chen-xiaodong@ri.zpepc.com

(上接第 75 页 continued from page 75)

- ZHANG Zheng-hu,HU Yu-ren.The Numerical Communication Between Intelligent Apparatus Based on VB and Computer[J]. The Applied Computer,2001,(1): 3-4.
- [3] 刘文,邱云超,肖锦栋.多协议现场通信技术及其在工程中的应用[J].微计算机信息,1997,(4):14-17. LIU Wei,QIU Yun-chao, XIAO Jin-dong.Multi-protocol Field Communication Technology and it's Use in Engineering[J].Microcomputer Information,1997,(4):14-17.
- [4] 瑞新,汪远征.Visual Basic 程序设计教程[M].北京:机械工业出版社,2000. LIU Rui-xin, WANG Yuan-zheng.The Course of Visual Basic Programmer Design[M].Beijing:China Machine Press,2000.
- [5] 韩京才.WINDOWS 2000 SERVER[M].北京:机械工业出版社,2000. HAN Jing-cai. WINDOWS 2000 SERVER[M]. Beijing:China Machine Press,2000.

收稿日期:2007-01-12; 修回日期:2007-02-05

作者简介:

葛新锋(1978-),男,讲师,主要从事数控机床方面的研究。E-mail:gexinfeng11@sohu.com