

光纤通道应用于继电保护中的若干问题探讨

许西平, 王鹏

(陕西省商洛供电局, 陕西 商洛 726000)

摘要: 近年来, 光纤保护包括光纤电流纵差保护和允许式光纤距离保护、方向保护使用日益广泛, 当继电保护装置与光纤通道连接构成系统时, 存在一些必须考虑的问题。介绍了光纤通道的特点, 以及光纤通道与继电保护主要配合方式, 重点分析了双回线光纤电流差动保护的尾纤在现场连接问题, 提出了改进措施。对光纤电流纵差保护装置的几种采样同步解决方案进行分析比较; 线路主保护对通道的要求进行简要说明。

关键词: 光纤通道; 继电保护; 连接; 同步; 路由

Discussion on the application of fiber channel in relay protection

XU Xi-ping, WANG Peng

(Shangluo Power Supply Bureau, Shangluo 726000, China)

Abstract: In recent years, optical link pilot protection including optical fiber differential current protection and permissive optical fiber distance protection, directional protection is applied more extensively. While relay protection equipment and optical fiber channel are linked to compose a system, there are some problems that must be concerned. This paper introduces the characteristics of fiber channel, and primary mode of optical fiber channel and relay protection cooperation, then especially analyzes some problems in the process that the tail section fiber of the double circuit optical fiber differential current protection is how to link on the job, and offers innovative approach. It analyzes and compares several sampling synchronous solutions to optical fiber differential current protection equipments. It simplifies the relay protection's requests on channel.

Key words: optical fiber channel; relay protection; link; synchronous; route

中图分类号: TM76 文献标识码: B 文章编号: 1003-4897(2007)04-0075-04

0 引言

高压输电线路纵联保护主要是依赖于通道, 使线路两端的保护装置进行故障信息的交换, 进而判别出是本线故障, 还是区外故障。纵联保护根据使用信号的方式, 主要分为闭锁式保护、允许式保护、远方跳闸保护、电流差动保护。

以上保护的通道类型主要有: 专用载波(专用收发信机)、复用载波、复用微波、专用光纤、复用光纤等方式。其中, 早期载波保护存在抗误动能力较差的问题, 在运行中多次发生因收信间断而造成的保护误动事故。随着光纤技术的发展, 在纵联保护通道的使用上, 已经由原来的单一的载波通道变为现在的载波、光纤等多种通道方式。由于光纤通道所具有的先天优势, 在继电保护、安全自动装置领域的应用日益广泛, 随之也出现了新的应用问题、技术问题需要我们去分析。

1 光纤通道作为纵联保护通道的特点

光纤通道相对于其他通道(载波、微波等)具有以下特点:

1) 传输质量高, 误码率低^[1]。目前所采用的光纤保护对通道误码要求为两种: 一种是向量式光纤差动, 采用传输向量的工作原理, 发生误码时, 可以用向量递推等方式来合成。由于其动作灵敏度高、速度慢, 因而对通道要求较低, 通道误码率约为 $10^{-3} \sim 10^{-5}$ 。另一种是传输采样值的光纤差动, 由于其灵敏度高、速度快, 因而对通道要求也高, 误码率约为 10^{-7} 。而光纤通信所提供的通道的误码率约为 $10^{-9} \sim 10^{-11}$ 。可以看出, 这种特点使得光纤通道很容易满足继电保护对通道所要求的“透明度”, 即发端保护装置发送的信息, 经通道传输后到达收端, 使收端保护装置所看到的信息与发端原始发送信息完全一致, 没有增加或减少任何细节, 通信设

备正常工作时，通道误码是完全能满足继电保护对通道的要求的。

2) 光的频率高，所以频带宽，传输的信息量大。这样可以使线路两端保护装置尽可能多地交换信息，从而可以大大加强继电保护动作的正确性和可靠性。

3) 抗干扰能力强。由于光信号的特点，可以有效地防止雷电、系统故障时产生的电磁方面的干扰，因此，光纤通道最适合应用于继电保护通道。

以上光纤通道的三个特点，是继电保护所采用的其它通道形式所无法比拟的，在通道选择上应为首选。目前西北地区较多采用OPGW 架空地线复合光缆，分别承载包括保护、远动、语音等业务。

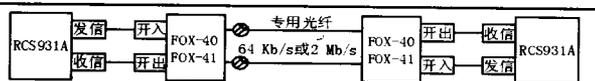


图1 专用光纤通道

Fig.1 Private fiber channel

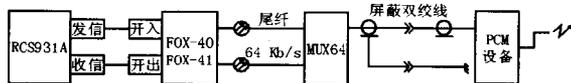


图2 复用光纤通道

Fig.2 Complex fiber channel



图3 复用光纤通道

Fig.3 Complex fiber channel

2 光纤通道与继电保护配合方式

目前，纵联保护采用光纤通道的方式，在现场运行设备中，主要有以下几种方式。

2.1 专用光纤通道

光纤与纵联保护配合构成专用光纤纵联保护，在光纤通道上传输允许信号和直跳信号。保护装置具有光接口，保护与保护之间通过光纤直接相连。保护装置还可以和保护专用光纤接口装置（如：FOX-40）通过电信号连接后，线路两侧的保护专用光纤接口装置再通过光纤通道直接连接。专用光纤通道的优点是避免了与其他装置的联系（包括通信专业的设备），减少了信号的传输环节，增加了使用的可靠性；缺点是光芯利用率降低（与复用比较），保护人员维护通道设备没有优势。短线路一般采用较多，如图1所示。

2.2 复用光纤保护

保护装置通过电信号和专用光纤通信接口装置（如：FOX-40）在保护室连接，从保护室通过光纤和通信室的数字复接接口（如：MUX-64）连接，再上复用设备（如：PCM 设备或 SDH E1 接口），经复用设备上光纤通道。优点是提高了光芯的利用率。缺点是中间环节增加，数字复接接口和复用设备均安装在通信室，不利于运行人员巡视检查，通信设备有问题要影响保护装置的运行。由于光信号抗干扰能力强，可以用于变电站内保护室和通信室之间的连接。目前这种方式被广泛地采用，如图2、3所示。

在光纤纵联电流差动保护的通道形式中，复用光纤通道方式和专用光纤通道方式均有采用。

3 光纤通道应用中几个问题

因专用（或复用）光纤纵联保护和常规的纵联保护主要的区别就是通道介质形式不一样，常规的高频闭锁距离和高频零序方向采用闭锁式，光纤纵联距离保护、方向保护一般采用允许式，但构成纵联保护的原理与常规保护没有区别，在此不再分析。下面笔者主要针对光纤纵联电流差动保护在实际应用中几个特殊问题进行分析和讨论。

3.1 双电源双回线光纤电流纵联差动

光纤电流差动原理较为简单^[2]，通过计算线路两侧电流差值的有无，从而判别区内或区外故障，区外故障时，故障电流为穿越性电流，两侧电流的差值为零。区内故障时，故障电流由线路两侧向故障点流，两侧电流差值为两侧故障电流的和。在图3所示的双电源双回线系统中，两条线路采用同杆架设，两端均采用光纤电流纵联差动做为主保护，型号为 RCS-943A。保护装置和 FOX-40 继电保护光纤通信接口装置安装在保护室，MUX-64/2M 继电保护信号数字复接接口、PCM 设备安装在通信机房。光纤配线架上的光纤接头很多，分别承载包括保护、远动、语音等数字业务，现场如果标识不清或者工作人员疏忽，可能会出现纤芯插错的情况，从而造成继电保护装置的不正确动作，现场运行中也出现过类似事情。

通过下面例子进行说明，为表示方便，图4、5、6均略去纵联保护通道中的光纤通信接口装置、数字复接接口和PCM设备部分。图4为正确连接方式，图5、图6是现场出现过的两种错误接线方式。

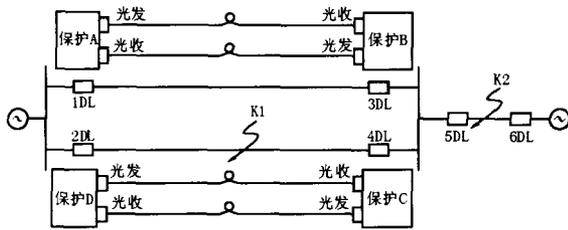


图 4 正确连接方式

Fig. 4 Correct connection mode

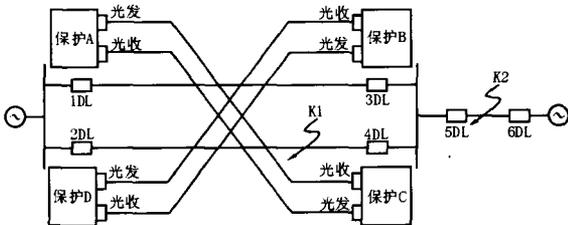


图 5 第一种错误连接方式

Fig.5 The first wrong connection mode

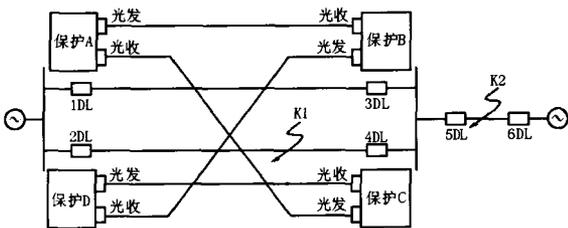


图 6 第二种错误连接方式

Fig.6 The second wrong connection mode

3.1.1 保护装置反映出的报警情况

首先讨论第一种错误情况（图 5），因为两侧装置一对一的连接，而且收发互联，无法判断出错误，差动保护肯定不能报警。

第二种错误情况（图 6），一般情况下会报警的，但可能报警也会返回。为什么不确定的呢，因为对一台装置（A）而言，它的收发分别和两台装置（B、C）发生关系，对差动保护而言，同步调整是必须的，但在这台保护装置（A）根据接收报文（B）调整同步，而其报文发送至对端的所对应另一台装置（C），因为调整对象错误，各装置间可能形不成采样同步，装置因为不能同步，差动保护无法投入，而报警。但因为各装置晶振有一定的误差，导致装置间的采样时刻呈一个缓慢振荡的状态，各装置间可能一会进入同步状态，一会失步，所以第二种错误情况会出现间断性报警。

3.1.2 系统发生区外故障时，错误接线情况下的保护动作行为

先说第一种错误情况（图 5），在发生双回线的区外故障时，如 K2 点，因为双回甲乙两线感受的故障电流基本一致（均为穿越性），所以原则上不会误动作，但如果双回线路参数差距较大，当区外故障时，双回线感受故障电流不同，对于图 5 的错误接线方式有差流，那么保护就会误动作，而且是双回线一起误动。

对于第二种错误情况（图 6），在装置因为无法同步而告警时，差动退出，所有的故障都不会动作，不论区内故障、区外故障。如果各装置都恰好同步，保护的动作为会复杂些，基本的原则是，图 6 中的四套保护，凡是能正确接收本线对侧装置报文的，保护的动作为都应该正确，而不能接收本线对侧装置报文的（接收的是邻线对侧装置报文），其保护动作为同第二种的错误情况，在此就不再赘述。

3.1.3 当系统发生区内故障时，错误接线情况下的保护动作行为

在发生双回线其中一回的区内故障时，如 K1 点，第一种错误连接方式肯定会误动，跳双回线，后果很严重。当任一条线路转检修，操作第一台断路器时，转检修的线路相当于负荷电流从有到无发生突变，而另一条运行线路的电流由负荷电流突变为两倍的负荷电流。分析图 5 的连接方式，不难得出结论，两回线路两端的四套保护装置均会产生差电流，跳开双回线，造成事故发生。这在实际系统中也发生过。

3.1.4 现场如何处理这种情况

保护生产厂家已经注意到这个问题，比如南瑞继保采用了纵联识别码的方式来可靠检查出上述的错误连接方式，对 RCS-900 系列光纤纵联保护进行软件升级，作以下改进：

1) 增加保护定值项：增加两项保护定值，分别为定值 1：“本侧纵联识别码”，定值 2：“对侧纵联识别码”。定值整定原则：“本侧纵联识别码”整定范围（0~65536）；“对侧纵联识别码”整定范围（0~65536）；全网同类型保护纵联识别码具有唯一性。

典型线路保护配置如图 7，整定时 P1~P4 均应取不同的“本侧纵联识别码”，同时本机整定对侧纵联识别码。例如：

P1：“本侧纵联识别码”整定为 1000；“对侧纵联识别码”整定为 1001。

P2: “本侧纵联识别码”整定为 1001; “对侧纵联识别码”整定为 1000。

P3: “本侧纵联识别码”整定为 1004; “对侧纵联识别码”整定为 1005。

P4: “本侧纵联识别码”整定为 1005; “对侧纵联识别码”整定为 1004。

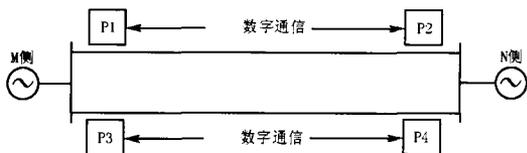


图 7 典型线路保护配置

Fig.7 A typical circuit protection layout

2) 增加显示项目: 在保护状态分级菜单的通道状态中, 增加“对侧纵联识别码”, 显示对侧保护的通讯地址, 便于调试及日常检查。

3) 增加自检信息: 通道自检的故障类型增加“纵联识别码出错”, 检查接收报文的纵联识别码信息。

线路正常运行状态下, 保护投入, 对 P1 保护而言, 发送报文中包含本侧纵联识别码—1000; 检查接收报文中对侧纵联识别码与本机定值“对侧纵联识别码”比较(应都为 1001), 当且仅当两者相同时, 才认可接收报文中的保护信息, 否则弃之不用; 在接收保护纵联识别码异常情况下, 延时 1 s 给出报警信息。

3.2 同步问题

对于光纤电流纵差保护装置而言, 两侧保护装置的采样同步是必须要解决的主要问题之一^[3], 目前各保护生产厂家主要采用以下几种解决方案: 采样数据修正法、采样时刻调整法、基于 GPS 同步法。

GPS 同步法依赖于 GPS 对时, 采样同步与通信路由无关, 可适应各种形式的通信系统, 可以达到相当高的精度, 不受电网频率的影响。从原理上来说是一种理想的采样同步方法, 但它会受到自然环境和社会环境的制约, GPS 卫星的战时受控也是要引起重视的。

对于采样数据修正法, 由于允许各保护装置自由独立采样, 如果通信路由是固定不变的话, 在通道延时已被测好之后, 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, 保护根据接收到的电流向量报文, 可立即进行差动保护算法处理。这对于差动保护的快速动作较为有利。缺点是每次的差动保护算法处理均要进行数据修正处理, 且总离不开通道延迟参数 T_d 。它不适应通信路

由发生变化的情况, 而且, 电网频率的变化也会影响其向量移位修正的结果。

对于采样时刻调整法, 其优点在于采样同步后的差动保护算法处理较为简单, 运算中与通道延迟参数 T_d 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。由于产生采样时刻的晶振一般稳定性好, 精度高, 只要采样同步完成之后, 在正常情况下, 这一同步完全凭惯性保持一段较长的时间, 这给测量通道延迟参数 T_d 带来充分的时间; 前后两次采样时刻的误差测量和调整之间的时间间隔也可以较长。由于同路由切换完成时间一般是毫秒级的, 因此它完全可以适应通信路由发生变化的情况(但在通道延迟参数 T_d 的测量计算中, 仍然要求手法路由相等), 不能适应收发路由不同的通信系统。

随着电力系统通信网络的日益完善, 自愈环网或可变路径的光纤通道逐渐增多。在这种情况下, 安全自动装置、继电保护在光纤通道应用过程中出现了许多新的问题, 比如光纤通道中双向通道倒换环的应用提高了光纤通道的可靠性, 但在单纤中断情况下会造成通道双向路由的不一致, 从而收、发延时不对称, 两侧装置的同步时刻会有一个固定偏差 ΔT , 使保护装置在区内故障时灵敏度降低, 区外故障时可能会引起误动。

所以, 对于光纤电流纵差保护, 不能采用双向通道倒换环, 建议采用独立的双向通道作为备用, 以提高通道可靠性。光纤纵联距离保护和光纤纵联方向保护、安全自动装置、其它辅助保护, 在双向路由传输时延相差不得超过 10 ms 的情况下, 可以采用双向通道倒换环。

3.3 光缆与保护配合问题^[4]

根据《继电保护和安全自动装置技术规程》, 220 kV 及以上线路不允许无纵联保护运行。《国家电网公司十八项电网重大反事故措施(试行)》规定, 线路纵联保护的通道(含光纤、微波、载波等通道及加工设备和供电电源等)应遵循相互独立的原则按双重化配置。因此, 在光纤通道与纵联保护的配合上, 不允许同一线路的两套纵联保护使用一条光缆。防止因光缆出现问题, 造成运行线路停运。对于双回线路, 允许每条线路的其中一套可以共用一条光缆, 而另一套则必须走其他光缆或通道。

(下转第 86 页 continued on page 86)

3 结论

该型母线保护在失灵开入处理上选用光耦输入,因为光耦的动作特性只受电压作用,功率 1 W 左右即可动作。所以在失灵开入端存在较大电容时,直流正接地会造成失灵开入工作异常,条件满足时,会导致失灵逻辑误动。

改进措施:根据华北网调文件要求,厂家已提

出用 8 W 中间继电器在光耦前重动的改进方案,整改后工作正常。

收稿日期:2006-06-25

作者简介:

王永红(1975-),男,工程师,从事继电保护调试及检修工作;E-mail:yunxiao30118385@sina.com

郭旭光(1978-),男,工程师,从事远动及继电保护调试及检修工作。

(上接第 78 页 continued from page 78)

4 小结

随着通信技术的发展,继电保护可以选择的通道类型越来越多。当前,光纤网络的形成,为继电保护采用高性能的通道提供了硬件基础。但如何有效地利用它,使它为继电保护更好地服务,这也不是很容易做到的。这需要工程设计、运行、维护、通信、保护各专业之间的协调、沟通,需要现场运行经验的积累,应用过程中有更多新问题有待于我们去探讨、分析和解决。

参考文献

- [1] DL/T 5062-1996,微波电路传输继电保护信息设计技术规定[S].
DL/T 5062-1996,Microwave Circuit Transport Relay Protection Information Design Technical Regulations[S].
- [2] RCS-931A(B、D)型超高压线路成套保护装置技术说明

书[Z].

RCS-931A(B、D) Type Ultrahigh Voltage Circuit Whole Set Protection Equipments Technical Instruction [Z].

- [3] 何毅冰.SDH 光纤通道项目研究[Z].

HE Yi-bing.SDH Fiber Channel Item Study[Z].

- [4] 伍叶凯.光纤差动保护的通信接口技术[Z].

WU Ye-kai.Fiber Differential Current Protection's Communication Interface Technique[Z].

- [5] 国家电力调度通信中心.电力系统继电保护规定汇编[Z].

National Electric Power Dispatching and Commutation Center. Power System Relay Protection Regulations Collection[Z].

收稿日期:2006-11-27; 修回日期:2006-12-25

作者简介:

许西平(1977-),男,本科,助理工程师,长期从事电力系统继电保护及自动装置运行管理工作;

E-mail:slxxping@126.com

王鹏(1978-),男,本科,助理工程师,长期从事电力系统远动装置运行管理工作。

(上接第 80 页 continued from page 80)

2.5 实际应用

为了解决潢 3 号主变图纸的矛盾,我们把上述 4 套图纸集中在一起,以现场实际为基准,用 AUTO CAD 软件绘制出一套最新图纸,该套图纸既删除了原有图纸中不符合现场实际的部分,又把一些彼此关联的部分重新组合、更新,并且把这套图纸重新编号排列,使人一目了然,查看、使用十分方便。其他各站各间隔也按此进行整理并上传至主服务器。现已在生产活动中投入使用,效果十分明显。

3 结束语

图纸微机动态化管理及网络化应用可以解决 1 中所述当前图纸管理及应用模式的种种弊端,实用性强、可靠性高、并具有开放性和先进性,是实现电网坚强的一种必然趋势。我公司实施图纸微机动态化管理及网络化应用以来,给安全生产带来了极

大的方便,提高了劳动生产率,具有很高的推广价值。

参考文献

- [1] 王皓,何鸣,关守仲.继电保护图纸网络化管理系统的研究和实现[J].继电器,2004,32(3):69-71.
WANG Hao, HE Ming, GUAN Shou-zhong. Study and Implementation of Network Management System about Relaying Blueprint[J]. Relay, 2004, 32(3): 69-71.
- [2] GB14285-93, 继电保护及安全自动装置技术规程[S].
GB14258-93, Codes for Relay Protection and Safe and Automatic Equipment Techniques[S].

收稿日期:2006-11-14; 修回日期:2006-12-09

作者简介:

孙立存(1967-),男,本科,工程师,研究方向为继电保护;E-mail:liuqiuchi@sina.com

范振(1968-),男,本科,工程师,研究方向为变电及直流系统运行;

范艳丽(1968-),女,专科,工程师,研究方向为继电保护。