

# 光纤差动保护的导引线接口装置

王 芊, 刘国伟

(南京南瑞继保电气有限公司, 江苏 南京 211102)

**摘要:** 随着光纤电流差动保护的广泛应用, 其保护原理、功能也更加完善。作为第一代电流差动保护的传输通道——导引线也彻底被光纤所替代。但在少数地区, 由于铺设光缆难度太大, 仍在继续使用导引线。如何能使光纤差动保护装置运行在导引线传输通道上, 既不改变保护装置的功能, 也不需重新铺设光缆, 便因此提了出来。针对这一特殊要求, 开发了光纤差动保护的导引线接口装置。使用该接口装置后, 光纤差动保护不需作任何改动, 就可以在导引线通道上运行, 且保护的動作特性不受影响, 该接口装置同样适用于光纤纵联保护装置、光纤命令传输装置在导引线上的运行。

**关键词:** 电流差动; 导引线; 误码率

## Pilot wires interface of fiber-channel's current differential protection

WANG Qian, LIU Guo-wei

(Nari-relays Electric Co.Ltd.,Nanjing 211102,China)

**Abstract:** With the widely use of current differential protection, the function and principle of current differential protection becomes more perfect. Pilot wire which is used as the transmission channel of the primal current differential protection, has been fully substituted by fiber. Only in few area, pilot wire is still used due to the difficulty of construction fiber channls. If current differential protection could run on pilot wires without any changes, then no need to construct fiber channels. This paper designs a pilot interface to fit this need. Using this interface, current differential protection could run on pilot wires without any changes and the performance do not reduce. This interface also can cooperate with fiber tele-protection, fiber command transmission device running on pilot wires.

**Key words:** current differential protection; pilot wire; bit error rate

中图分类号: TM774 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2009)12-0086-03

## 0 引言

导引线是较早应用的一种传输通道, 这种通道需要铺设电缆, 导引线越长, 成本越高, 安全性越低<sup>[1]</sup>。导引线中传输的是电信号, 要防止雷击和产生的感应电压对保护装置和人身安全构成威胁, 以及造成保护不正确动作, 因此导引线电缆必须有足够的绝缘水平, 从而使投资增大。早期导引线直接传输交流电量, 故导引线保护广泛采用差动保护原理, 但导引线的参数(电阻和分布电容)直接影响保护性能, 从而在技术上也限制了导线保护用于较长的线路(一般不超过10 km)。

随着电力通信的发展和光纤的大量使用, 绝大部分地区都已经组建了光纤通信网。继电保护设备首选光纤为其运行通道, 电力载波为其辅助通道, 导引线已经彻底被舍弃。但在部分地区(如香港、新加坡等地)由于城市建设早已完成, 早期的导引

线保护仍在运行, 其城市特点不允许重新开挖铺设地理光缆或架空光缆。同时由于导引线保护装置使用已久, 技术上十分落后, 装置运行也不稳定<sup>[2]</sup>, 备品备件不全或已不生产, 这些都促使用户寻找新的保护装置来替代。

光纤电流差动保护具有灵敏度高, 不受串补影响且本身有选相功能等优点, 使得它的应用范围越来越广, 在线路保护中占有很高的比率, 是替代导引线保护的不二选择。尤其是最近几年, 光纤电流差动保护的原理已十分完善, 性能也优于其它保护。如果能将其应用在导引线通道上, 不改变保护装置, 不降低保护动作特性, 不需要另外铺设光缆, 那将能非常好地解决这一部分地区用户的难题。

用户向我们提出了这一应用要求后, 我们根据电流差动保护的数据传输速率的不同, 选择速率为64 kbit/s的保护装置, 为其设计了导引线接口装置。在保护装置不做任何改动的情况下, 两侧差动保护

装置通过两台导引线接口装置在导引线上互相通信, 传送保护数据, 完成电流差动计算, 通信结构参见图 1。

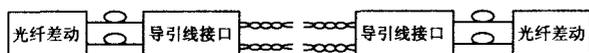


图 1 通信结构图

Fig.1 Schematic diagram of communication

光纤差动保护可以通过导引线接口装置运行在导引线传输通道上; 光纤方向保护和光纤距离保护, 光纤保护命令传输装置也都可以通过导引线接口装置在导引线上运行。

## 1 功能结构

图 2 为导引线接口装置的功能框图, 主要由三个部分组成, 光纤接口、码型变换和导引线收发和接口电路。

光纤接口负责和现有保护装置的光纤通信, 基本功能就是光电转换<sup>[3]</sup>, 不再多述。

码型变换是对保护传送过来的码流进行解码, 同时根据导引线特性, 再次编码成适合在导引线上传输的码流; 在另一个传输方向上做相反的转换。

导引线收发和接口电路, 收发电路负责导引线的发送驱动和信号接收。要求发送驱动能力强, 受分布参数影响小; 接收要求灵敏度高, 这样才能保证装置有足够远的传输距离。由于导引线是户外长距离传输线, 易受到雷击并会感应多种干扰, 必须对这些干扰进行处理, 不能让其进入内部电路<sup>[4]</sup>, 同时要不影响正常的信号接收, 这些工作是由接口电路来完成的。



图 2 导引线接口的功能框图

Fig.2 Schematic diagram of pilot interface

## 2 编码方案

导引线是一种电缆传输线, 为了实现在导引线上远距离传输, 对传输信号有较强的选择性。导引线的最大可传输距离主要是由传输信号决定的, 适合导引线传输的信号可分为模拟调制信号和数字差分信号两类。

### 2.1 模拟调制信号

由于光纤差动采用 64 kbit/s 的同向接口, 光纤内实际传输的码流速率为 256 kbaud/s。为了在导引线上传输, 必须要对光纤传输码流进行压缩。目前常采用 2B1Q 和 4B3T 等方式, 其中 2B1Q 方案尤

其普遍, 支持的芯片也多。2B1Q 是指两个二进制数字可用一个四电平波特来表示, 信号级别有 4 个可能的数值(振幅和极性), 编码规则见表 1。使用 2B1Q 编码后, 可将信息速率降低一半, 图 3 实例中的编码后速率由 160 kbit/s 降到 80 kbaud/s。

采用 2B1Q 方法传输时, 在线路接口端还需要加混合线圈电阻网络、自适应线路均衡、自适应回波抵消等功能单元, 实现起来较复杂, 属于模拟传输方式。传输数字码流时有较大的误码率, 优点是可以使用两根导引线芯进行双向传输。比较适合于传输速率低、对传输误码要求不高的光纤电流差动保护装置, 如传输速率为 9 600 bit/s 的光纤差动保护装置。

从使用这类方案的导引线电流差动装置运行效果来看, 用户也是不满意的。主要是通道误码太多, 差动保护的性能受影响大。

表 1 2B1Q 编码规则

Tab.1 2B1Q coding rules

输入二进制	输出四进制
10	+3
11	+1
01	-1
00	-3

其它类型的模拟传输方式虽然也能实现在一对传输线上双向双工通信, 但由于要采用不对称传输方式, 如频率不对称方式。导致了传输线路的双向传输时延不相等, 并且传输时延相差较大。不满足差动保护对传输通道时延的基本要求<sup>[5]</sup>, 使得差动保护无法应用在这类传输通道上。

### 2.2 数字差分信号

实现导引线信号传输的另一种方法就是数字差分信号传输, 同样需要对光纤信号码流进行压缩, 使其速率降低, 并编码成适合导引线传输的码流。该方法在导引线上只传输两种码元, 比特 0 和比特 1, 分别为其选择合适的样本波形, 保证码间干扰最小。压缩编码时应使得新编码流中的连 0 连 1 数目尽可能小, 以减少接收端时钟提取和数据恢复的难度<sup>[6]</sup>。

该方法的缺点是必须使用 4 芯导引线才能实现双向数据通信, 优点是数据传输的误码率是比较小的, 且不需要均衡、回波抵消等电路, 较易实现。从试验的结果来看, 保护装置运行也很稳定, 没有出现误码、告警等现象。

由于采用双向四线传输方式, 收、发通道完全独立。双向传输速率、时延完全一致, 满足差动保

护对通道时延的基本要求。

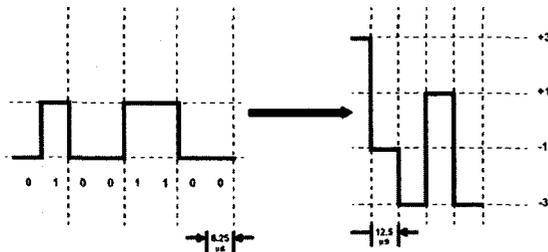


图 3 2B1Q 编码

Fig. 3 2B1Q coding example

### 3 导引线接口装置

装置在设计时, 必须使导引线在进入接口装置前, 屏蔽层就已可靠接地。进入装置后, 用瞬态抑制器、共模抑制器、隔离变压器等进行保护、滤除各种杂波, 确保接收信号的正常通过。对于导引线这类长距离电传输线, 单一的抑制、滤波往往效果不大, 必须使用多种组合电路。同时使用这类滤波电路时, 要选择分布参数小的元器件, 确保接收信号能正常通过, 不能对接收信号有衰减作用。

导引线发送、接收电路的选择对其最大可传输距离、误码率也有一定的影响。选择高输出驱动电流、差分输出的发送芯片和高速、低失真、可控增益的差分接收芯片。可根据导引线的长度, 控制接收电路的增益。

采用大规模可编程逻辑芯片, 灵活的编解码方案, 针对现场导引线型号、配置有多种优化的编解码方案可供选择。

### 4 运行试验

导引线的最大可传输距离除了和导引线本身的线径参数有关外, 导引线上传输的码型(波型)选择对传输距离也有很大的影响, 导引线收发和接口电路对传输距离也有一定的影响。而导引线的线径、分布电容等直接影响到传输距离。对于给定的导引线, 码速越低, 传输距离也越远; 但若码速过低, 在接收方向恢复成光纤信号时, 由于码速跳变大, 提取编码时钟难度也加大。更易受到衰耗、抖动的影响, 反而使传输误码增多。

该导引线接口装置和 RCS-931A 光纤电流差动保护装置, 在 5.5 km 长的导引线上 (AWG24, 0.20 mm<sup>2</sup>), 做过运行试验, 分别进行了区内、区外、转换性故障, 保护装置均能正确动作, 保护动作特性和

光纤通道时一样, 通道单向传输时延为 37 μs。在整个试验过程中, 通道监视计数器维持不变。长时间运行时, 通道不告警, 通道误码率小于  $1.0 \times 10^{-10}$  (实测误码数为 0)。

该接口装置在其它型号导引线上的最大可传输距离, 还有待于进一步的试验来测定。

### 参考文献

- [1] 邬竟. 纵联保护方式比较分析[J]. 湖南电力, 2003, 23(1): 58-61.  
WU Jing. Analysis and Comparison of Tele-protection[J]. Hunan Electric Power, 2003, 23(1): 58-61.
- [2] 毛庆汉. 一起导引线纵差保护拒动事故的分析和处理[J]. 电工技术杂志, 2002, 4: 49-51.  
MAO Qing-han. Analysis One Fail Trip of Pilot Wire Current Differential Protection[J]. Electric Engineering, 2002, 4: 49-51.
- [3] RCS-931A(B、D)型超高压线路成套保护装置技术说明书[Z].  
Instruction Guide of RCS-931A(B、D) Protection System For UHV Power Transmission Line[Z].
- [4] 陈晓东. 电磁场感应和地电位升高对导引线保护的影响[J]. 太原理工大学学报, 2000, 31(1): 56-59.  
CHEN Xiao-dong. Effects of Electromagnetic Field Induction and Ground Potential Rise on Pilot Wire Protection System[J]. Journal Taiyuan University of Technology, 2000, 31(1): 56-59.
- [5] 金华锋, 叶红兵, 等. 复用通道误码和延时对线路纵差保护的影响[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(21): 63-66.  
JIN Hua-feng, YE Hong-bing, et al. Effect of Bit Error and Transmission Delay of Multiplex Channel on Line Current Differential Relay[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(21): 63-66.
- [6] 王芊, 金华锋, 等. 用于差动保护的 E1 速率通信接口[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(7): 55-57.  
WANG Qian, JIN Hua-feng, et al. Research of E1 Interface Used in Current Differential Protection[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(7): 55-57.

收稿日期: 2008-07-29; 修回日期: 2008-08-12

作者简介:

王芊 (1967-), 男, 硕士, 高级工程师, 从事电力系统继电保护的工作; E-mail: qianwang@nari-relays.com

刘国伟 (1977-), 男, 硕士, 高级工程师, 从事电力系统继电保护的工作。