

光纤纵联保护通道故障在线诊断方法

李响, 李彦, 刘革明

(南京南瑞继保电气有限公司, 江苏 南京 211102)

摘要: 在分析现有光纤纵联保护装置通信方式和通道故障诊断方法的基础上, 通过在光纤纵联保护装置及通信接口装置内实现完善的物理链路和通信状态监测的方法。在不需插拔光纤、电缆或增加冗余监测设备的情况下, 即可实现光纤纵联保护和通信设备的通道状态的在线诊断。能实时显示光纤通道收发功率、误码情况等运行信息。在通道发生故障时, 运行和维护人员通过查看保护装置和后台的实时状态报告, 即可准确地定位通道故障点和故障原因。同时通过设置通道状态的预警值, 能及早发现并解决由于通道故障问题带来的光纤纵联保护安全运行隐患。

关键词: 光纤纵联保护; 通信; 通道故障; 光纤通道; 在线诊断

A channel fault diagnosis method for fiber pilot relay protection

LI Xiang, LI Yan, LIU Geming

(NR Electric Co., Ltd., Nanjing 211102, China)

Abstract: Based on the analysis of the existing channel fault diagnosis method of fiber pilot relay protection, and within the realization of the physical link and communication state monitoring method in the relay protection and communication interface device, online diagnosis for the channel state of fiber pilot relay protection and communication equipment can be realized in case of not need to plug optical fiber, cable or adding redundant monitoring equipment, and can display the fiber channel real-time status, such as transceiver power and error code, etc. When a fault occurs in the channel, real-time status report to operation and maintenance personnel can be shown through the view of the relay protection of LCD, with which channel fault points and fault reasons can be accurately positioned. At the same time, by setting up the channel state of alarm value, the safe operation of hidden trouble for fiber pilot protection because of channel failure problem can be detected and solved early.

Key words: fiber pilot relay protection; communication; channel fault; fiber channel; online diagnosis

中图分类号: TM774

文章编号: 1674-3415(2016)02-0147-04

0 引言

由于光纤通信网络的一些固有优点, 如抗干扰性能强、通信速率高、网络具有自愈功能等, 线路纵联保护已经大规模采用光纤通道作为信息传输通道。近年来线路纵联保护得到了广泛的应用, 部分线路甚至采用两套线路光纤纵差保护作为线路的主保护^[1]。目前光纤纵联保护原理可靠性方面的研究成果已相对比较成熟, 但可靠性仅是保护装置不误动和不拒动, 随着二次设备智能化的普及, 通道信息安全和可靠性也受到越来越多的重视^[2-4]。

光纤纵联保护在运行过程中, 尤其是复用通道, 传输设备和通信环节多, 且经常要对光纤和电

缆通道进行检查和通道实验。检查时要断开传输通道, 且在测试过程中要插拔大量的活动接头, 易使接头受到灰尘污染或出现接头没有对接好等情况, 使得光纤通道产生故障点, 影响光信号传输, 给保护装置的运行带来了安全隐患。在两侧的保护装置出现误码和告警后, 无法准确及时地判断是哪个中间传输环节异常引入的误码。需要退出保护装置, 断开光纤通道, 检查装置的收信光功率是否正常, 再对整个传输通道进行逐一检查, 占用了大量的时间^[5-7]。

对光纤纵联保护复用通道的故障诊断一直是光纤纵联保护的一个难点, 常规的诊断方法需要误码测试仪和光功率测量仪器参与, 且对瞬时性的通

道故障处理效率较低。

本文提出了一种通过在线监测光纤保护装置及通信接口装置的物理链路和通信帧信息误码情况的方法,实现通道故障的快速准确定位。同时可以通过设置通道状态的预警值,及早发现通道故障问题的隐患。

1 光纤纵联保护通道故障诊断关键问题

1.1 光纤纵联保护通信方式及故障模式

光纤纵联保护使用的通信通道包括专用光纤通道和复用光纤通道两种方式,通道速率一般为 64 Kbps 或 2.048 Mbps。通信协议根据各个二次设备厂家和使用地区要求不同,国内一般使用 HDLC 同步帧协议。

目前国内光纤纵联保护应用中,专用光纤通道和复用通道方式都同时存在,复用通道方式中保护装置通过数字复接设备接 SDH 的 E1 通道进行两侧通信,图 1 和图 2 分别为专用光纤通信和复用通信拓扑方式。



图 1 光纤纵联保护专用光纤通信方式

Fig. 1 Fiber pilot protection special optical fiber communication mode

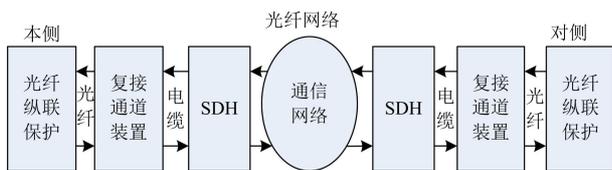


图 2 光纤纵联保护复用通道通信方式

Fig. 2 Fiber pilot protection multiplex channel communication mode

如图 1 所示,对于专用光纤通信,通道较常出现的故障原因是保护装置光缆熔接不良、硬件损坏或光纤法兰接触不良导致的光纤收发光功率裕度不足等。

如图 2 所示,当使用复用通道通信方式时,通信环节和设备相对较多,存在的故障点也相应较多,除了专用光纤通道存在的光纤、光缆问题外,根据多年的变电站运行、维护经验总结,可能存在的其他故障原因还包括:

1) 数字复接设备(MUX)和 SDH 之间电缆或接头不良。

2) 电缆过长导致 E1 电信号衰耗大,信号质量不好。

3) 接地系统不良,在刀闸操作或一次设备故障时易干扰 E1 的电缆信号。

4) SDH 通信系统故障,网络拓扑改变导致通信延时等参数变化^[8]。

5) 保护装置或复接设备的硬件故障等。

显而易见,复用通道的故障点和故障原因多样,分析和解决问题的难度也相应较大。

1.2 传统光纤纵联保护通道故障诊断方式

当收到光纤纵联保护出现误码、通道告警等情况后,运行人员需要到同时到两侧的变电站进行检查保护装置的通道状态统计、观察数字复接装置的告警灯闪烁情况。为了确定故障点,必须采取分段自环的方式来确认故障点^[9],以图 2 中仅本侧有接收到误码的情况分析,排除故障的步骤为:

1) 对侧保护的光纤口进行自环,排除对侧保护装置自身的发送故障。

2) 对侧的保护和复接设备一起进行自环,排除对侧的复接设备的发送故障。

3) 对侧设备连同本侧的 SDH 的通道接口处进行自环,排除通道故障。

4) 对侧设备连同本侧的复接设备和通道一起自环,排除本侧复接设备的接收故障。

可以看出,目前的这种故障点的排除方法步骤较多,排除故障时,需带上光功率计和误码分析仪,反复插拔接口光纤和电缆,且需要在线路的两侧同时做实验,对于相隔数十甚至几百公里的两侧保护设备,很不方便。此外,对于偶发性的通道误码失效情况,该方法排查的效率极低,经过分段自环方式并不一定能及时准确地找到故障点。现有的光纤纵联保护装置大多数只能提供通道的状态统计信息,无法对偶发性的通道故障情况诊断提供更有效的帮助。当通道偶发故障后,运行维护人员需要退出保护进行检测,当无法短时间内查清问题的根本原因时,往往只能更换相应装置或线缆,重新投入保护,给保护装置的安全稳定运行带来极大的隐患。

本文针对前面所述的光纤纵联保护通道故障诊断的几个关键问题,给出了相应的解决方法,在此基础上设计实现了具有在线故障诊断能力的光纤纵联保护通信方案。

2 光纤纵联保护故障诊断的实现

2.1 故障状态监视模块

2.1.1 保护装置监视模块

光纤纵联保护装置内通道状态监测信息如图 3

所示。在数据接收方向：监测每一帧的编码规范、帧格式内容、接收光功率等信息，并对解码后的应用数据分析，判断失步和通道延时变化信息。在数据发送方向：监测发送光功率大小。

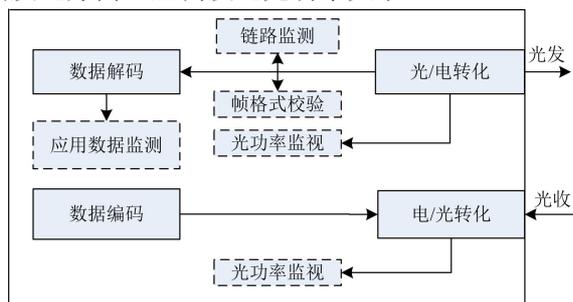


图3 保护装置通道状态监测模块

Fig. 3 Protection device channel state monitoring module

应用程序会判断上述监测信息是否正确，判断光功率裕度是否满足要求，如发现有异常状态，打上时钟同时记录下此次故障信息，形成状态报告。

2.1.2 数字复接装置监视模块

数字复接装置(MUX)内部的通道状态监测信息如图4所示。在E1电口接收方向：监视电缆信号物理电平质量，接收的数据码型是否正确。在E1电口发送方向：监视接收保护光纤的数据码型是否正确。

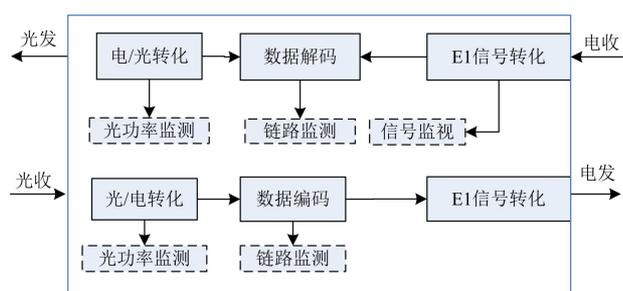


图4 数字复接装置通道状态监测模块

Fig. 4 Digital multiplexing device channel status monitoring module

由图4可以看出，数字接口装置内部软件逻辑通过实时把数字复接装置的诊断状态信息更新到当前数据帧中已定义好的状态字节中，发送到对侧保护装置，并对故障状态进行记录和判断。

2.2 故障状态信息交换

目前国内光纤纵联保护应用中，通信速率一般都为2.048 Mbps，数据链路层通信协议基本采用HDLC协议。如采样速率为1.2 kHz，编码方式采用1 B/4 B编码，每帧数据长度可以达到50个字节。本文在应用数据字节末尾增加2个字节作为故障状态的通信管理开销，实现故障状态的在线诊断。表

1为具体定义的光纤纵联保护通信帧格式，包含HDLC帧头帧尾、帧序号、电流相量信息等应用数据、CRC校验以及状态监测数据及空闲态等。

表1 通信帧格式

Table 1 Communication frame format

帧头、地址、控制信息	电流相量等应用数据	通道1状态	通道2状态	CRC、帧尾
------------	-----------	-------	-------	--------

表2为单通道保护使用通道状态1字节的每个bit作为各种故障状态信息的标志位含义，可详细定位到故障设备和故障点。对于双通道保护的另一个保护通道，使用其中的通道2状态字节，具体定义同通道1状态字节。

表2 故障状态定义

Table 2 Fault state definition

MUX2 电收信号异常	MUX1 光收数据异常	保护1 光收功率异常	保护1 发光功率异常
Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
保护2 光收数据异常	保护2 光收功率异常	MUX2 电收数据异常	MUX2 发光功率异常
Bit7	Bit6	Bit5	Bit4

复用通道中SDH通信网络的状态监测，需要网络设备支持。对于光纤纵联保护来说，应用通信数据采用透传方式，网络通信设备的可靠性和故障监测不在本文研究范围之内^[10-11]。

光纤纵联保护装置及数字接口装置可以根据规定好的协议内容，对通信状态的完整性进行检测，并对通信开销部分进行插入状态标志。当整个通道的通信节点上监测到各种故障异常时，根据故障状态位定义，插入到当前有效帧中，发送到对侧的保护装置，由保护装置记录下这些状态信息。

由于故障点状态与光纤纵联保护装置接收到的监测标志之间存在一一对应的关系，当通道出现故障时，运行人员仅需要查看一侧的保护装置，即可以准确地定位故障点。对于偶发性的误码情况，可以通过查看带有时间标记的状态报告，清晰地分析出故障点，进而有针对性地排查故障原因。

3 结语

本文通过对光纤纵联保护装置和数字接口装置的光、电物理链路和通信状态监测，在出现故障时形成故障状态标志，在通信帧中仅增加很少的管理字节开销来传递这些状态标志位，在不需要插拔光纤、电缆或增加冗余监测设备的情况下，即可实现光纤纵联保护和通信设备通道状态的在线故障诊断，还可以通过预先设置的收、发光功率的高、低

门槛,当光功率异常时,通过报文、指示灯给出提示或告警,大大提高了通道故障的诊断效率,提升了变电站的自动化运维水平。

参考文献

- [1] 何建宗,徐晓春,曾子县,等.一种适用于两相式输电线路的相组合差动保护[J].电力系统保护与控制,2014,42(4):73-76.
HE Jianzong, XU Xiaochun, ZENG Zixian, et al. A new phase combined line current differential relay for two-phase transmission line[J]. Power System Protection and Control, 2014, 42(4): 73-76.
- [2] 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 services of fiber circuitous channel[J]. Power System Protection and Control, 2014, 42(14): 25-31.
- [3] 张兆云,陈卫,张哲,等.一种广域差动保护实现方法[J].电工技术学报,2014,29(2):297-303.
ZHANG Zhaoyun, CHEN Wei, ZHANG Zhe, et al. A method of wide-area differential protection[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2014, 29(2): 297-303.
- [4] 陈强林,李瑞生,马全霞,等.继电保护通道检测平台在光纤差动保护测试中的应用[J].电力系统保护与控制,2009,37(8):84-92.
CHEN Qianglin, LI Ruisheng, MA Quaxia, et al. The detection platform of relay protection channel in fiber differential protection test[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(8): 84-92.
- [5] 卜强生,宋亮亮,张道农,等.基于GPS对时的分散采样差动保护同步测试方法研究[J].电力系统保护与控制,2013,41(22):149-153.
BU Qiangsheng, SONG Liangliang, ZHANG Daonong, et al. Research on the test method of distributed sampling differential protection synchronization based on GPS time[J]. Power System Protection and Control, 2013, 41(22): 149-153.
- [6] 李振华,李红斌,张秋雁,等.一种高压电子式电流互感器在线校验系统[J].电工技术学报,2014,29(7):229-236.
LI Zhenhua, LI Hongbin, ZHANG Qiuyan, et al. An online calibration system for high voltage electronic current transformers[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2014, 29(7): 229-236.
- [7] 刘峰,裘峰源,刘健,等.光纤通道对光纤差动保护影响的实验研究[J].电力系统自动化,2005,29(13):97-99.
LIU Feng, QIU Fengyuan, LIU Jian, et al. Experimental study on the effect of fiber channel on the differential protection[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(13): 97-99.
- [8] 高会生,马博洋.一种基于概率分布的纵联差动保护通道时延模型[J].电力系统保护与控制,2014,42(17):61-65.
GAO Huisheng, MA Boyang. A longitudinal differential protection channel delay model based on the probability distribution[J]. Power System Protection and Control, 2014, 42(17): 61-65.
- [9] 李彦,王芊.基于C37.94协议的纵差保护复用通道故障诊断方法[J].电力系统保护与控制,2011,39(6):120-122.
LI Yan, WANG Qian. A fault detection method for multiplex channel of longitudinal differential protection based on Protocol C37.94[J]. Power System Protection and Control, 2011, 39(6): 120-122.
- [10] 李俊刚,张爱民,张杭,等.广域保护系统数据网络可靠性评估[J].电工技术学报,2015,30(12):344-350.
LI Jungang, ZHANG Aimin, ZHANG Hang, et al. Reliability evaluation of the wide area protect system[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2015, 30(12): 344-350.
- [11] 崇志强,戴志辉,焦彦军.典型广域保护通信网络的信息传输可靠性评估[J].电力系统及其自动化学报,2014,28(4):20-24.
CHONG Zhiqiang, DAI Zhihui, JIAO Yanjun. Information transmission reliability of communication network in typical wide area protection[J]. Proceedings of the CSU-EPSCA, 2014, 28(4): 20-24.

收稿日期:2015-04-01; 修回日期:2015-07-30

作者简介:

李响(1981-),男,硕士,工程师,从事电力系统交流保护控制系统平台开发;E-mail:lix@nrec.com

李彦(1979-),男,硕士,工程师,从事电力系统继电保护工作;

刘革新(1980-),男,硕士,工程师,从事电力系统继电保护工作。

(编辑 葛艳娜)