

继电保护光纤通道仿真测试及研究

尹成群,杨贵

(华北电力大学电子与通信工程学院,河北 保定 071003)

摘要: 随着光纤电流差动保护在电力系统中的广泛应用,实际运行中暴露出越来越多的新问题,其中由于缺乏针对光纤通道的各种误码工况的仿真测试及试验,光纤电流差动保护在通道延时、误码工况下的动作行为和动作性能没有办法进行试验和验证,针对光纤电流差动保护应用的实际情况设计出了仿真测试装置,并介绍了其实现功能、硬件设计和应用。

关键词: 光纤电流差动保护; 延时; 误码

中图分类号: TM76; TM77 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2006)13-0054-04

0 引言

随着光纤通信系统在电力系统中的广泛应用,以电力线载波通道传输信号的传统保护设备正向光纤通道方向发展^[1]。但是电力线载波通道由于电力线本身的特点,干扰大,传输带宽有限,导致了保护设备的可靠性无法与光纤通道相提并论。光纤通道因为光纤的带宽宽度大、传输距离长、通道损耗小和电磁干扰小等本身的优势,必然成为电力线保护的发展趋势。

随着光纤通道在继电保护领域中的应用的日益广泛,在实际应用中由于光纤通道的误码、中断、延时等工况而产生越来越多的新问题,从而影响基于光纤通道的继电保护的应用和电力系统的安全运行。而仿真通道的各种工况的完善仪器设备没有,在实际运行中,大部分只能对光功率进行简单测量,部分网、省局采用通过运行的通讯设备(SDH)进行试验,往往试验周期长,测试不全面,影响设备安全运行。

1 传统测试方案

电力系统继电保护领域中,光纤通讯为主干网的电力通信网络正在逐步建成,电力通信网络的发展和普及为光纤分相电流差动保护的大规模应用提供了充足的通道资源,分相电流差动保护是将来保护发展的必然趋势^[1]。随着光纤电流差动保护应用的普及,调试、投运、运行中由于通道原因暴露的问题愈来愈多。保护与通讯两个专业的配合问题暴露出来的也越来越多,限制光纤电流差动进一步的应用,对保护装置及电网的稳定运行带来隐患。而

试验设备和仿真工具的不完备是限制进一步完善光纤电流差动保护的主要原因之一。

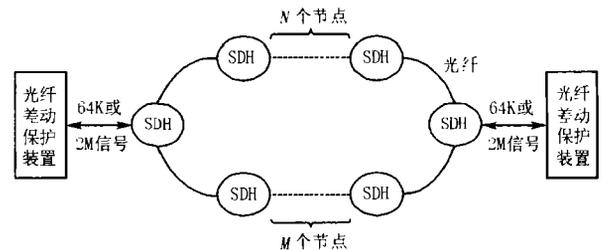


图1 传统测试方法

Fig 1 Traditional test method

1) 光纤电流差动保护遇到的问题

光纤电流差动保护在定检投运前应作保护性能试验及通道的试验及检查。但对通道检查少,或者由于条件限制,对通道检查不充分,给保护装置的安全运行带来隐患,具体体现在:(1)保护装置的光收发功率、接收灵敏度、光收发模块的稳定性等;(2)在正常误码及许可误码的情况下保护装置的动作行为,确保装置在许可误码下装置正确动作;(3)光纤电流差动保护由于是基于通道的纵联保护,通道的时延,间断对保护性能有影响;(4)采用双通道的光纤电流差动保护,应检查双通道保护动作情况及单通道的动作情况;(5)采用复接设备时,有条件时应检查其他业务对光纤电流差动保护的影响。这些影响在目前的光纤电流差动保护定检中均未考虑^[2]。

以上部分问题在文献[2]给出了通常的测试方法和检测手段,但是对通道延时,尤其是收发的不对称延时^[3]、通道瞬时中断、严重误码等方面由于受测试设备等条件的限制,对保护装置不能进行充分的试验和动态测试,对保护性能的影响不能进行充

分的验证,可能给电力系统的安全运行带来隐患。

2 新型测试方案

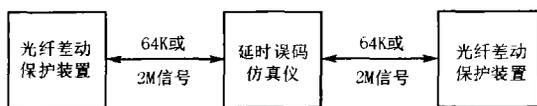


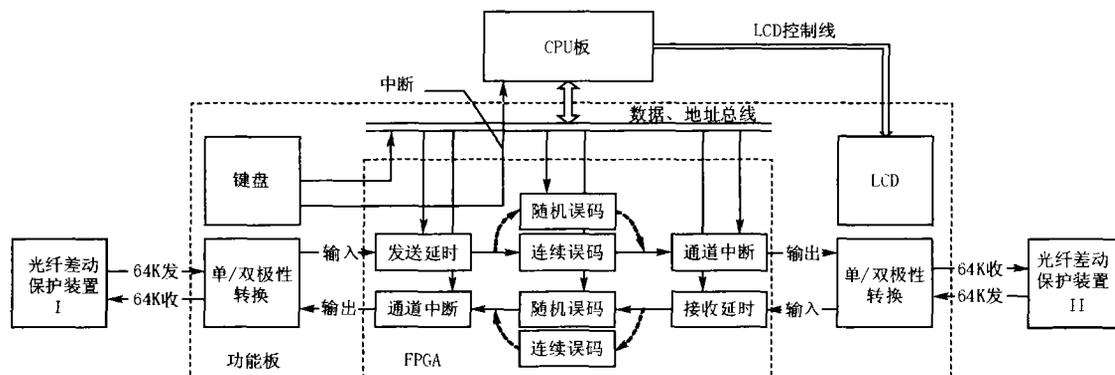
图 2 新型测试方法

Fig 2 New test method

针对传统测试方案中存在的缺陷和不足,设计

开发了延时误码仿真仪。延时误码仿真仪是根据目前光纤电流差动保护中通信设备的主要参数性能,对 64 K和 2 M速率、符合 1B4B 及 HDB3 码型电信号进行接收,然后通过操作设置,输出用来仿真通道中断、延时、误码的各种工况的信号,从而对保护装置进行充分的验证和试验。新型测试方案除了可以测试传统项目外,还可以测试通道误码、中断、延时情况下保护装置的工作情况。

3 延时误码仿真仪设计



注:1. 因为 2M 信号处理与 64 k 信号处理相似,图中没有显示出 2M 信号的处理过程;
2. 图中箭头所指方向为数据传输方向,地址均是由 CPU 板输出。

图 3 装置实现框图

Fig 3 Realization diagram

3.1 功能设计

光纤差动保护具有 64 kbps 和 2 Mbps 两种接口速率,均符合 G703 标准要求,在 64 kbps 电路设置和 2 Mbps 电路设置中采用的方法和原理一致;因此,在以下的论述中均以 64 kbps 信号为例详细介绍装置的功能。

根据 G703 标准的 64 kbps 自身的特点^[4]。设计该装置主要完成以下功能:

1) 单/双极性转换

G703 标准规定 64 kbps 的数据信号采用 1B4B 编码,该码型包含丰富的时钟信息,为接收端提取时钟信号提供了方便;在传输过程中采用双极性信号,双极性信号在传输过程中与单极性信号相比,双极性码优点为:不含直流分量;两种码元极性相反,接收判决电平为 0,稳定性高;可在电缆等线路不接地传送(平衡传输);大大提高了信号在通道传输过程中的抗干扰能力。因此在输入到 FPGA 之前要进行单/双极性转换。使输入的信号为单极性信号。

2) 锁相环实现

锁相环电路是为了实现接收信号的时钟提取。

在进行信号接收时,首先要从接收信号中提取时钟信号,然后利用提取的时钟作为基准进行信号接收。锁相环的工作稳定性直接决定了接收信号的误码率、接收同步时间等重要工作参数。数字锁相环同模拟锁相环比较具有调节方便、跟踪性能好、稳定性高等诸多优点,因此,采用 FPGA 芯片来进行数字锁相环设置。

3) 延时电路设计

光纤差动保护要求收发通道具有相同的延时,为了能够仿真收发不同延时对保护装置的影响,需要将设置收发延时电路分开设计。延时电路主要实现了 64 kbps 的信号延时,通过 FPGA 芯片和 2 片 IS61LV5128 的 SDRAM 配合工作完成收发延时设置,可以实现 0.5 ~ 255 ms 的延时;并可以收发设置为不同延时以满足测试要求。

4) 误码、中断电路设计

通过 ARM7 进行参数设置,实现误码率为 0 ~ 1E-9 的随机误码设置,通过 FPGA 将误码添加到 64 kbps 的信号中;设置、添加位数为 20 ~ 5000 的连续误码。同时,可以在信号中产生长度为 0 ~ 100 ms

的通道中断。

5) 参数设置

需要通过 ARM7 设置的参数如下:

a) 速率选择: 64 kbps, 2 Mbps

b) 误码类型选择: 生成误码率 连续误码位数。

c) 生成误码率选择: 1E-1, 1E-2, 1E-3, 1E-4, 1E-5, 1E-6, 1E-7, 1E-8, 1E-9, 1E-10, 0。

d) 连续误码位数选择 (bit): 0, 20, 100, 300, 500, 2000, 5000。

e) 通道时延选择:

发送端: 0 ~ 25 000 μ s, 步长为 500 μ s

接收端: 0 ~ 25 000 μ s, 步长为 500 μ s

f) 通道中断选择 (ms): 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 100。

通过 ARM7 芯片、键盘、FPGA 芯片和 LCD 配合工作完成装置的初始化设置和装置的运行参数设置。

3.2 硬件设计

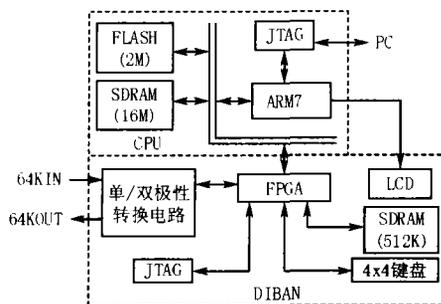


图 4 装置原理框图

Fig 4 Block diagram of instrument s principle

装置原理如图 4 所示。装置由 CPU 板和 DIBAN 板两部分组成, CPU 板是由 ARM7 芯片 S3C44B0X 和 FLASH 芯片、SDRAM 芯片构成的 ARM7 最小系统。FLASH 芯片用来存放 ARM7 运行时的程序代码, SDRAM 芯片用来存放在程序运行时产生的动态数据等信息。DIBAN 板与 CPU 板之间通过数据总线进行信息交换。主要由 FPGA 芯片 EP1K50QC208 和单双极性转换电路、LCD、SDRAM、4x4 键盘等几部分组成。FPGA 芯片主要实现片选和读写控制, 实现了锁相环、延时、误码添加等功能。单双极性转换电路用来完成输入、输出信号的码型转换; LCD 由 ARM7 控制显示配置界面等; SDRAM 用来存储延时产生的动态数据; 4x4 键盘用来输入用户操作信息给 ARM7 芯片, 然后在 LCD 上显示相应的界面。

系统工作时, 首先通过键盘操作对运行参数进

行设置。键盘的地址分配和 ARM7 中断信号的产生都是通过 FPGA 实现的。当键盘有按键操作时, FPGA 产生 ARM7 中断, ARM7 接收到中断后响应中断, 读取键值, 并在 LCD 中显示相应的界面, 同时将所匹配的参数设置到 FPGA 中锁存。当参数设置完成后, 点击确定按键就可以使装置在设置的参数下运行了。

当有信号输入时, 首先经过单双极性转换电路进行极性转换, 然后送入到 FPGA 中进行添加延时、误码和中断, 在进行延时处理时需要将接收到的信息暂时存储到 SDRAM 中。根据参数设置的不同, 可以只添加延时、误码或中断其中一种功能, 或添加其中的两中功能, 也可以添加全部功能。然后将处理后的数据输出到单双进行转换电路输出。

4 试验验证

延时误码仿真仪设计完成后与许继集团公司生产的 WXH-803 光纤差动保护装置进行了现场测试。主要进行的试验项目有: 仿真通道延时对保护装置的影响 (包括收发侧的不对称延时仿真); 在不同误码率下保护装置的工作情况仿真; 仿真通道瞬时间断时对保护装置的影响。试验表明, 这些在传统测试方法中无法完成的测试项目在这里可以方便快捷的完成, 并能满足用户对仿真装置的要求。填补了光纤差动保护装置测试中的空白。

5 结论

本文介绍了光纤电流差动保护装置传统测试方式, 提出了新型测试方式——利用延时误码仿真仪进行测试, 这种方式实现方便, 便于测试。并可以作为光纤差动保护装置的日常测试项目来进行。详细介绍了仿真装置的功能设计和硬件设计。仿真装置采用 ARM7 和 FPGA 配合工作, 提供了良好的人机界面, 便于用户使用。本仿真装置的应用将为光纤差动保护提供便捷的仿真环境。

参考文献:

- [1] 唐成虹, 付建明, 刘宏君, 等. 光纤纵差保护装置中光纤数字接口的设计新方法 [J]. 电力系统自动化, 2005, 29(2): 83-85.
TANG Cheng-hong, FU Jian-ming, LU Hong-jun, et al
A New Method for the Design of the Fiber-optical Digital Interface in Current Differential Protection [J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(2): 83-85.
- [2] 倪伟东, 李瑞生, 李峥峰. 光纤电流差动保护通道试验

及研究 [J]. 继电器, 2005, 33 (8): 68-70

NI Wei-dong, LI Rui-sheng, LI Zheng-feng Experimentation and Research on Optical Fiber Channel in Current Differential Protection System [J]. Relay, 2005, 33 (8): 68-70

- [3] 郑玉平, 金华锋. 线路纵联保护采用光纤通信一些问题的探讨 [A]. 2005第十届全国保护和控制学术研讨会论文集. 2005. 13-18

ZHENG Yu-ping, JIN Hua-feng Some Issues of Line Pilot Relays Using Fiber Communication Network [A]. Proceedings of the 10th National Academic Conference for Electric Power System Protection and Control Nanjing: 2005. 13-18

2005. 13-18

- [4] G 703, Telecommunication Standardization Sector of ITU [S].

收稿日期: 2006-01-11; 修回日期: 2006-03-02

作者简介:

尹成群 (1953 -), 男, 教授、硕士生导师, 主要研究方向为应用电子和信号与信息处理;

杨贵 (1976 -), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为信号与信息处理。E-mail: guiyu@sina.com

Tests and studies of protection optical fiber channel simulation

YN Cheng-qun, YANG Gui

(School of Electric and Communicational Engineering, North China Electric Power University, Baoding 071003, China)

Abstract: New problems emerges with the wide application of optical fiber current differential protection in the power system. Without the simulation tests on various bit-error conditions of optical fiber channel, the problems cannot be tested and verified including the channel time delay, operation behavior and performance on the bit-error condition in optical fiber current differential protection. This paper designs a simulation and test instrument based on the real application of the protection and introduces its functions, hardware design and application.

Key words: optical fiber current differential protection; time delay; bit error

(上接第 45 页 continued from page 45)

- [7] 李慧. 配电系统负荷数据处理方法的研究 (博士学位论文) [D]. 北京: 中国农业大学, 2005.

LI Hui Research on Load Data Processing Method in Distribution Systems, Doctoral Dissertation [D]. Beijing: China Agricultural University, 2005.

- [8] 肖国泉, 王春, 张福伟. 电力负荷预测 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2001.

XIAO Guo-quan, WANG Chun, ZHANG Fu-wei Power

Load Forecasting [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2001.

收稿日期: 2005-12-05; 修回日期: 2006-01-20

作者简介:

李慧 (1976-), 女, 博士, 讲师, 主要研究方向为配电系统状态估计、负荷预测算法研究, 小波分析理论及其应用。

E-mail: lhbxy21@sina.com

On bad data correcting for distribution systems

LI Hui

(Department of Computer and Automation, Beijing Mechanical Industry College, Beijing 100085, China)

Abstract: The paper proves compactly the conclusion that the first datum of original data lists doesn't work in the course of building GM (1, 1) model. Further, a zero addend GM (1, 1) model that takes into account the first datum is developed. It improves the utilization ratio of raw data. Based on the means, combining with the characteristic of continuity and day periodicity changing of power loads, a zero addend GM (1, 1) combined forecasting approach is developed to correct load data of distribution systems. This method selects two original data lists to forecast two values, and combines them to obtain final result by relative-degree analysis approach. Test results indicate that the precision of zero addend model is superior to of primitive model, and the precision of combined forecasting is higher than that of single list forecasting.

Key words: zero addend GM (1, 1) model; relational grade; combined forecasting; distribution system