

WXH - 803 光纤电流差动保护的研究

李瑞生¹, 王强¹, 文明浩², 王尔寒¹

(1. 许继电气保护及自动化事业部, 河南 许昌 461000; 2. 华中科技大学, 湖北 武汉 430074)

摘要: 介绍了基于 32 位 DSP 所研制开发的 WXH - 803 数字式光纤电流差动保护在 500 kV 系统中的动模实验情况及 330 kV 挂网运行情况。该装置采用 96 点高采样率、快速短窗算法, 采用故障分量差动、全电流差动、零序差动作为差动保护的判据, 在 500 kV 系统动模中典型动作时间 16 ~ 18 ms。

关键词: 微机线路保护; 光纤; 电流差动保护; 快速短窗算法

中图分类号: TM77 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2004)02-0040-04

0 引言

分相电流差动保护原理简单, 不受系统振荡、线路串补电容、平行互感、系统非全相运行、单侧电源运行方式的影响, 差动保护本身具有选相能力, 保护动作速度快, 最适合作为主保护。近年来, 光纤技术、DSP 技术、通信技术及继电保护技术的迅速发展为光纤电流差动保护的应用提供了机遇。随着通信技术的向前发展和光纤等通信设备的成本下降, 超高压线路光纤电流差动保护将会更广泛地使用。目前国内外大公司相继推出了新的光纤电流差动保护, 国外如 GE 公司的 L90、ABB 公司的 REL561、东芝公司的 GRL - 100、阿尔斯通的 P554 等, 国内如南瑞公司的 RCS - 931、四方公司的 CSL - 403、国电南自的 PSL - 603 等各有其特点。

2000 年许继电气公司推出基于 32 位 DSP 所研制开发的 WXH - 801/802 微机线路保护, 在姚(孟) - 郑(州)线、江(门) - 茂(名)线等 7 条 500 kV 线路运行良好。但一直没有与之配套的光纤电流差动保护。WXH - 803 数字式光纤电流差动保护就是许继电气公司为 800 系列配套开发的光纤电流差动保护。

1 光纤电流差动保护通信插件设计

保护 CPU 采用 TI 公司的 DSP 数字信号处理器 C32 系列, 完成 16 位 A/D 采样、数据计算、故障判别等功能。通信 CPU 完成主从定位、数据收发、采样同步调整、同步校准、通道检测等功能。保护 CPU 和通信 CPU 之间通过双口 RAM 完成并行数据交换, 如图 1。接收数据时, 光收发模块传来 64 kb/s 的同步串行数据, 先把它变为并行数据送至通信 CPU, 完成对数据的检错、同步计算后, 将正确的带有同步信息的数

据通过双口 RAM 送给差动 CPU 插件。发送数据时, 通信 CPU 把差动 CPU 插件传来的采样数据变为 64 kb/s 同步串行数据送至光收发模块, 由光收发模块将串行数据信号转化成光信号, 通过光纤通道传送。

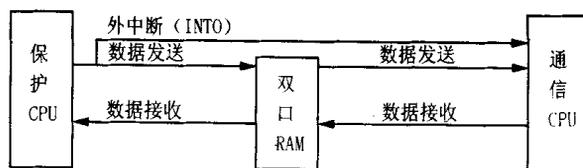


图 1 保护 CPU 和通信 CPU 之间连接

Fig. 1 Interface of protection CPU and communication CPU

差动保护两侧交换的是数字信号, 通道采用专用光纤或复接 PCM (微波或光纤通道) 数据接口。考虑到复接通信设备一般是在通信机房, 离保护间隔有一定距离, 在通信机房设有一个 64 kb/s (亦可为 2M kb/s) 同向数据接口与通用 PCM 设备相连, 采用同步通讯方式, 通信规约符合 CCITT 标准中关于 G. 703 码型协议。保护间隔内的差动保护将数据通过光纤传送给 64 kb/s 同向数据接口。专用、复用通信接口示意图如图 2、3 所示。专用方式下, 发送数据采用内部时钟, 即两侧装置发送时钟工作在“主—主”方式下, 接收时钟采用从接收数据流提取的时钟。复用方式下, 发送数据采用从接收数据流中提取的时钟, 即两侧装置发送时钟工作在“从—从”方式下, 接收时钟仍采用从接收数据流提取的时钟。

2 光纤电流差动保护配置

WXH - 803 数字式光纤电流差动保护装置采用 96 点高速采样、快速变数据窗相量算法 (以下称快速短窗算法)。快速短窗算法在 WXH - 801/802 数字式线路保护中作为短窗方向元件使用^[1]。变窗算法不需要半周整数倍的数据窗, 根据变窗算法计算

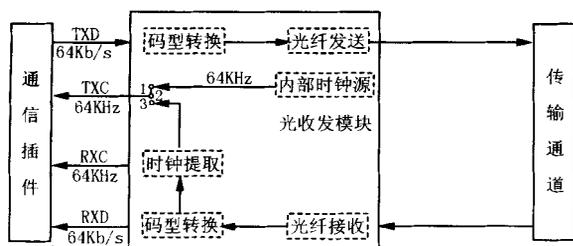


图2 专用方式连接示意图

Fig. 2 Schematic diagram of exclusive model interface

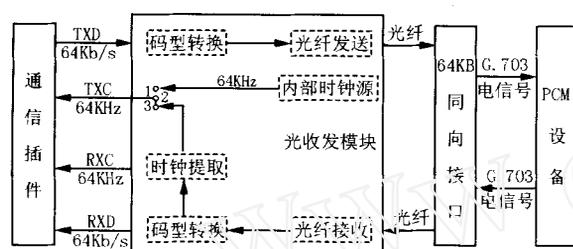


图3 复用方式连接示意图

Fig. 3 Schematic diagram of multiplexing model interface

相量的最小数据窗为四分之一周波。主保护采用故障分量差动、稳态量电流差动、零序差动,后备保护是由三段式相间距离和接地距离以及六段零序方向保护(四段零序电流及二段不灵敏零序电流保护)构成的全套后备保护,并配有自动重合闸。

(a) 故障分量差动保护

$$| I_{m\phi} + I_{n\phi} | > I_{set} \quad (1)$$

$$| I_{m\phi} + I_{n\phi} | > k | I_{m\phi} - I_{n\phi} | \quad (2)$$

式(1)为电流差动判据,式(2)为比率差动判据,两者同时成立保护跳闸,式中: $I_{m\phi}$ 、 $I_{n\phi}$ 为两侧相电流的故障分量; $\phi = A, B, C$; k 为制动系数; I_{set} 为动作门槛。故障分量电流差动保护不受负荷电流的影响,保护的灵敏度高,耐过渡电阻能力强^[2,3]。

(b) 稳态量电流差动保护

$$| I_{m\phi} + I_{n\phi} | > I_{set} \quad (3)$$

$$| I_{m\phi} + I_{n\phi} | > k | I_{m\phi} - I_{n\phi} | \quad (4)$$

电流差动判据和比率差动判据同时成立保护跳闸。式中: $I_{m\phi}$ 、 $I_{n\phi}$ 为两侧相电流的故障分量; $\phi = A, B, C$; $k \geq 1$ 为制动系数; I_{set} 为动作门槛。全电流差动保护利用保护继电器测量的故障电流,是负荷电流与故障分量电流的叠加,一般情况下可以满足灵敏度的要求,但稳态量电流差动保护存在问题,判据中未考虑负荷电流的影响。假设忽略电容电流的影响,无故障及区外故障两侧电流大小相等,方向相反,保护可靠不动作,负荷电流不会产生影响。区内

发生经过渡电阻短路,负荷电流为穿越性电流,对两侧电流大小及相位有影响,使其朝不利动作方向发展,影响保护的灵敏度,即允许过渡电阻能力有限,稳态量电流差动保护允许过渡电阻能力一般不超过250,不满足500 kV线路允许过渡电阻能力300的要求^[4]。图4给出了双端系统区内发生单相经过渡电阻短路的电压、电流向量图,由于负荷电流的存在,使两侧电流相位变大,同时影响两侧电流幅值,在长线路重负荷经过渡电阻短路情况下,影响更严重。若一端故障电流小于负荷电流,两侧电流 I_m 、 I_n 夹角超过 90° ,导致保护拒动^[5]。

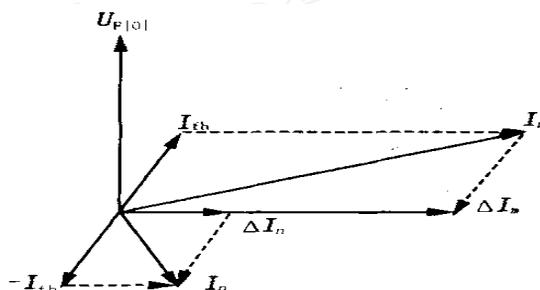


图4 双端系统区内发生单相经过渡电阻短路电压电流向量图

Fig. 4 Vector diagram of fault voltage and current for single phase internal fault with transition resistance on two-end transmission line

(c) 零序电流差动保护

$$| I_{m0} + I_{n0} | > I_{0dz} \quad (5)$$

$$| I_{m0} + I_{n0} | > k | I_{m0} - I_{n0} | \quad (6)$$

当 $I_{CDA} > m \cdot I_{CDB}$ 且 $I_{CDA} > m \cdot I_{CDC}$, 选 A 相; 当 $I_{CDB} > m \cdot I_{CDA}$ 且 $I_{CDB} > m \cdot I_{CDC}$, 选 B 相; 当 $I_{CDC} > m \cdot I_{CDB}$ 且 $I_{CDC} > m \cdot I_{CDA}$, 选 C 相; 其中 m 为选相系数。

电流差动判据和比率差动判据同时成立保护跳闸,式中 I_{m0} 、 I_{n0} 为两侧零序电流, I_{0dz} 为零序电流差动整定值。由于零序分量仅在接地故障时存在,亦为故障分量。区内发生接地故障: I_{m0} 、 I_{n0} 从保护流向线路,只要达到电流差动判据门槛,保护可靠动作;区外发生接地故障:流过两侧的电为穿越性电流,式(5)、(6)均不满足,零序差动保护可靠不动作。

(d) 三种差动保护的配合使用

故障分量电流差动保护不受负荷电流的影响,灵敏度高,但存在时间短,在首次故障使用。稳态量电流差动受负荷电流及过渡电阻的影响,灵敏度下降,可在全相及非全相全过程使用。零序电流差动

仅反应接地故障,接地故障时故障分量差流和零序差流相等,零序差动不比故障分量电流差动保护灵敏度高,可在无法使用故障分量电流差动保护的少数场合(如故障频繁发生而且间隔很短的时候)弥补全电流差动保护灵敏度不足的缺陷。零序电流差动保护需要 100 ms 左右延时以躲过三相合闸不同时等因素的影响及三相门口短路测量误差和暂态分量引起的计算误差^[6]。

3 试验与现场试运行

WXH- 803 数字式光纤电流差动保护装置于 2002 年 10 月通过了国家继电器质量监督检验中心的动模实验,2002 年 11 月通过了华北电科院的数模试验,于 2002 年 9 月在陕西省电力局 330 kV 输电线路张(村)罗(敷) I 线上挂网试运行,该线路全长 97.5 公里,挂网试运行线路如图 5。

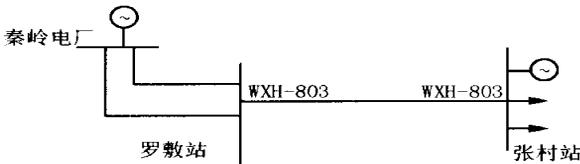


图 5 挂网试运行系统

Fig. 5 Schematic diagram of commissioning of WXH- 803 in 330 kV power system

该线路配置双重保护配置:一套为南瑞公司 RCS - 931 型纵差保护装置;另一套为日本三菱重工 MCD - H PCM 电流差动继电器。鉴于线路较长,以上保护均复用 PCM 通道,保护室与通信机房之间采用光纤连接,在通信机房设有专用数字接口实现光电转换并与通信设备相连。WXH - 803 保护装置输出光信号通过光纤传输至通信机房,在通信机房经过专用设备采用 PCM 复用方式实现与通信设备的连接,如图 6 所示。试运行期间,装置未发生异常情况,经受三次区外故障,正确不动作,倒闸操作过程中,装置未出现异常。

2002 年 11 月在华北电力集团公司电网安全稳定技术管理中心数模试验室进行了 500 kV 数模试验。参加此次试验还有:ALSTOM 公司的 P544 纵联差动保护,南京南瑞继保电气有限公司 RCS - 931A 型纵联差动保护,北京四方继保自动化有限公司 CSL - 103A 型纵联差动保护。由于 WXH - 803 保护装置采用快速变数据窗相量算法,可在保证可靠性的前提下有效地提高电流差动保护的動作速度。验收试验中金属性故障时保护的典型動作时间 16 ~

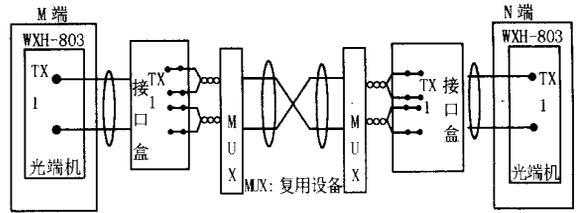


图 6 挂网试运行复用 PCM 光纤接口 (64 KB)

Fig. 6 Commissioning with PCM MUX optical fiber interface

18 ms (含出口继电器时间),此算法至少比采用半周算法的保护快 5 ms。图 7 所示为 150 km 小系统中点发生 A 相单相接地故障 50 ms 后转换为 B 相接地故障,首次 A 相故障 18 ms 后跳 A 相(短路电流 0.9A),后转换为 B 相故障,33 ms 后三相跳闸。

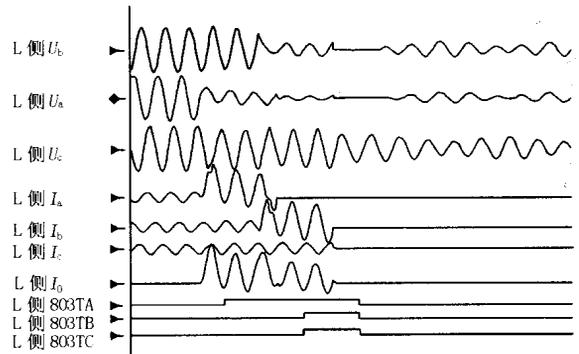


图 7 区内 A 转 B 相故障

Fig. 7 Recorded waves of internal phase A to phase B fault

4 结束语

WXH - 803 数字式光纤电流差动保护装置采用 96 点高速采样、快速短窗算法,采用故障分量差动、稳态量电流差动、零序电流差动作为差动保护的判据。经过 500 kV 系统动模试验、数模试验验证及 330 kV 系统挂网试运行,证明了 WXH - 803 保护装置适用于 500 kV 输电线路。

参考文献:

[1] 李瑞生,索南加乐,张克元,等(LI Rui-sheng, SUONAN Jia-le, ZHANG Ke-yuan, et al). 高压微机线路保护自适应数字滤波器(Adaptive Digital Filter in High Voltage Micro-computer-based Line Protection) [C]. 第八届全国继电保护学术研讨会论文集(8thThe Chinese Conference on Power System Protection). 北京(Beijing), 2001.

[2] 尹项根,等(YIN Xiang-gen, et al). 故障分量差动保护(Fault Component Based Digital Differential Protection) [J].

- 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems), 1999,23(11):13-17.
- [3] 伍叶凯, 页保记, (WU Ye-kai, YE Bao-ji). 利用故障分量的分相式电流差动保护 (Split-phase Current Differential Protection Using Fault Component) [J]. 继电器 (Relay), 1996,24(3):4-9,29.
- [4] 王绪昭, 伍叶凯, 杨奇逊 (WANG Xu-zhao, WU Ye-kai, YANG Qi-xun). 一种适应于双端系统微机微波电流差动保护的跳闸判据 (A Trip Criterion Suited for Microcomputer-based Microwave Current Differential Protection in Double Terminals System) [J]. 继电器 (Relay), 1991,19(4):2-8.
- [5] 高厚磊, 江世芳 (GAO Hou-lei, JIANG Shi-fang). 负荷电流对电流差动保护动作性能影响分析 (Analysis for Affection of Load Current to Operating Performance of Current Differential Protection) [J]. 继电器 (Relay), 1999,27(1):14-16.
- [6] 文明浩, 李瑞生, 王强, 等 (WEN Ming-hao, LI Rui-sheng, WANG Qiang, et al). 分相电流差动线路保护中零序差动作用分析 (Analysis of Zero Sequence Current Differential Protection in Phase Segregated Current Differential Protection for Transmission Lines) [J]. 继电器 (Relay), 2002,30(12):42-44.

收稿日期: 2003-01-08

作者简介:

李瑞生(1966-),男,硕士研究生,高级工程师,许继电气保护与自动化事业部,从事继电保护方面的研究;

王强(1969-),男,硕士研究生,高级工程师,许继电气保护与自动化事业部,从事继电保护方面的研究;

文明浩(1973-),男,博士,现在许继集团作博士后,主要从事高压线路保护的研究。

Study of WXH- 803 current differential protection based on optical fiber

LI Rui-sheng¹, WANG Qiang¹, WEN Ming-hao², WANG Er-han¹

(1. Xi Business Department of Electric Protection and Automation, Xuchang 461000, China;

2. Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: With the development of tele-communication in power systems, current differential protection based on optical fiber will be developed as the main protection of EHV power transmission line. This paper presents WXH-803 current differential protection system developed with 32-bit DSP, and its dynamic simulation test in 500 kV system and commissioning in 330 kV power line. This device employs the methods of 96 sample points per power cycle and short-window fast algorithm, takes fault component current differential, full current differential, and zero sequence current differential as criteria of its differential protection. It takes 16~18 ms when operated in 500 kV dynamic simulation test.

Key words: microcomputer-based line protection; optical fiber; current differential protection; short-window fast algorithm

(上接第 18 页 continued from page 18)

葛耀中(1929-),男,教授,博士生导师,长期从事电力系统新型继电保护与故障测距的理论与应用研究;

徐丙垠(1961-),男,博士,教授,研究方向为电力线路故障监测技术及配电网自动化技术。

Modern travelling wave based fault location principle and its applications to actual fault analysis—Type A principle

CHEN Ping¹, GE Yao-zhong¹, XU Bing-yin², LI Jing²

(1. Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China; 2. Kehui Electric Co., Ltd, Zibo 255031, China)

Abstract: For a long time, studies of transient travelling transmission lines only concentrate on theory analysis and EMTP simulations, but actual transient waveforms of travelling waves are much more complicated, which makes it unapplicable to actual fault analysis of all sorts of single ended travelling wave-based location algorithms till now. In order to make the Type A single ended modern travelling wave based fault location principle for transmission lines using fault induced transient travelling waves to be better used in actual waveform based transient analysis, it is classified into three independent modes of operation, namely standard mode, extended mode and consolidated mode, and the corresponding demonstrations of actual current transient waveform analysis are given. The actual fault analysis shows that the Type A principle possesses very high accuracy, and its absolute location error does not exceed 500 m.

Key words: transmission line; modern travelling wave based fault location; Type A principle; current transients