

RCS-900 系列保护装置与 2 048 kbit/s 复用通道时钟的配合

王爱玲¹, 陈新南², 刘 捷³, 曹树江⁴, 王 芊¹, 金华锋¹, 郑玉平¹

(1. 南京南瑞继保电气有限公司, 江苏省南京市 211100; 2. 中国南方电网电力调度通信中心, 广东省广州市 510620)
(3. 四川省电力公司调度通信中心, 四川省成都市 610041; 4. 河北省电力公司调度通信中心, 河北省石家庄市 050021)

摘要: 在 RCS-900 系列保护装置采用 2 048 kbit/s 复用通道的推广过程中,发现打开通道的输出再定时功能,并且将保护装置的通信时钟设置为内时钟方式时,保护装置接收信号会产生滑码。针对上述现象,研究了通道输出再定时对业务频率的影响,并测试了通道输出再定时以及两侧保护装置通信发送时钟在各种模式组合下的业务传送效果。研究表明:通道输出再定时能把来自数字同步网的定时基准信号和业务数据信号合成在一起送给外接继电保护装置;打开通道输出再定时功能时,需将继电保护装置通信时钟设置为“从-从”方式;关闭通道输出再定时功能时,至少将一侧继电保护的通信时钟设置为内时钟方式。

关键词: 线路保护装置; 复用通道; 再定时; 通信时钟; 滑码

中图分类号: TM774

1 保护装置通信时钟设定

国内电力光纤通信网绝大部分采用同步数字系列(SDH)体系^[1-7]。SDH 具有众多优点,如丰富的开销比特,便于网络运行、管理和维护;统一的网络节点接口,简化了信号互通;带宽极高,能提供大量信息通道。上述优点为继电保护采用 2 048 kbit/s 复用通道在技术及通信资源方面创造了应用基础。与 64 kbit/s 通道相比,采用 2 048 kbit/s 通道可节省脉码调制(PCM)终端投资^[8],减少通道传输时延,增大信息传输量,从而提高保护性能等。实际情况也表明 2 048 kbit/s 通道将比 64 kbit/s 通道具有更加广泛的应用前景^[9-10]。

SDH 采用指针调整技术,可以确保业务和时钟透明传输,前提是要求与支路相连的客户设备的

2 048 kbit/s 输入器能完全满足 G. 823^[11] 建议的抖动和漂移容限要求。RCS-900 系列保护通信发送时钟采用“主时钟”方式^[12],晶振和标称频率的最大偏差 $\pm 50 \times 10^{-6}$,能满足 G. 823 建议的抖动和漂移容限要求。

保证同步通信稳定可靠的一个前提条件是整个通信回路中有且只有一个同步定时基准。如图 1 所示,保护装置 I 选择内部晶振(“主”方式)作为通信发送时钟^[13],保护装置 II 选择从接收码流提取的时钟(“从”方式)作为通信发送时钟,通过两侧光电转换装置和 2 048 kbit/s 通道,构成了如图中虚线所示的同步路径,整个路径有且只有一个同步定时基准,并且此基准能满足 G. 823 建议的抖动和漂移容限的要求,通信稳定可靠。

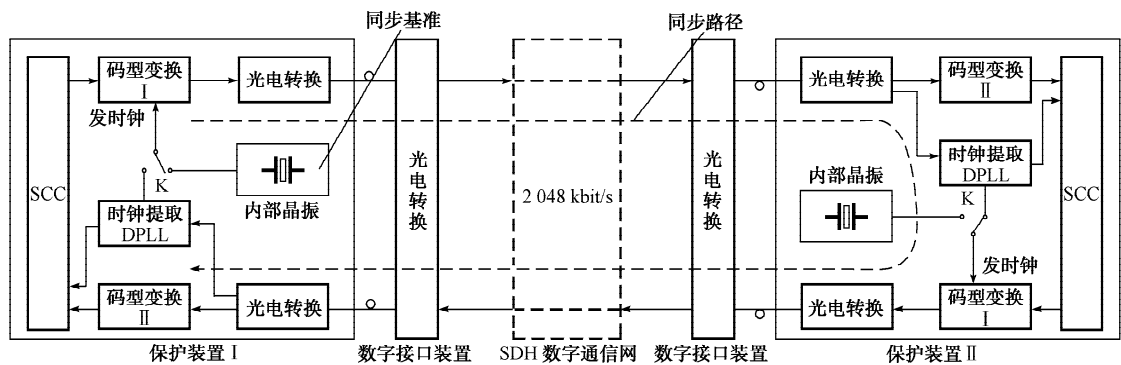


图 1 “主-从”方式
Fig. 1 “Master-slave” mode

如图 2 所示,保护装置 I, II 均选择内部晶振 (“主”方式)作为通信发送时钟,此时两侧装置之间不同方向的通信路径完全独立,2 个方向为 2 个独立的同步路径,各路径有且只有惟一的同步定时基

准,信息交换稳定可靠。RCS-900 系列保护装置通过控制字设置来确定同步定时基准选择,为了统一保护装置的控制字设置,建议将保护装置的通信时钟设置为“主-主”方式。

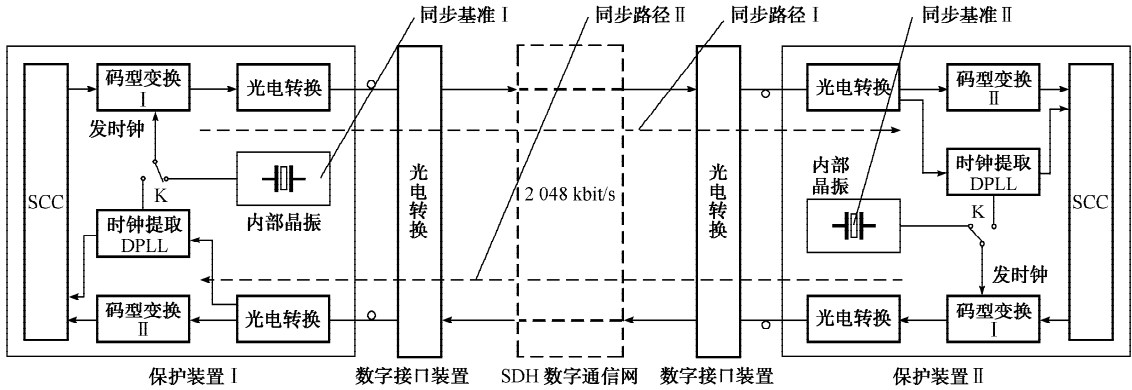


图 2 “主-主”方式
Fig. 2 “Master-master” mode

2 工程特例

采用 2 048 kbit/s 通道的线路保护装置在系统内广泛使用,大量的运行实例表明 RCS-900 系列保护装置采用“主-主”时钟方式时信息交换是稳定可靠的,但在推广过程中也发现了 2 个特例。

联络川渝电网的南(南充)万(万县)线两侧保护装置 RCS-931 AM 通信时钟设置成“主-主”方式,万县侧保护装置接收信号没有误码,南充侧保护装置接收信号有滑码;将两侧保护装置通信时钟设置成“从-从”方式,通信正常。由于南万线是运行线路,为了不影响一次系统的运行,当时没有对所碰到的问题进行进一步研究。

贵州天(天生桥)兴(兴义)220 kV 线路投运前,与南万线所遇现象相似,兴义变侧 RCS-931 AM 每隔约 2 s 接收信号有一误帧,通信时钟设置成“从-从”方式后,滑码消失。根据上述现象,可以排除保护装置和数字接口装置本身存在缺陷的可能,造成滑码最有可能的原因是通道本身的设置问题,即 2 048 kbit/s 通道不一定能确保信号的透明传输。

如图 3 所示,天兴线所用 2 048 kbit/s 通道并非点对点直连。通道在兴义局经 E1 接口转接,其中天生桥局与兴义局之间采用的是阿尔卡特的 SDH 设备,兴义局与兴义变之间采用的是诺基亚的 SDH 设备。在兴义变 E1 接口处自环,将误码仪的发送时钟设置为内时钟方式,在天生桥局测试整个通道的误码,测试结果与保护装置检测到的基本相似。天生桥局 E1 接口处自环,在兴义局用误码仪测试由阿尔卡特设备构成的 2 048 kbit/s 通道,通

道没有误码。在兴义变 E1 接口处自环,在兴义局用误码仪测试由诺基亚设备构成的 2 048 kbit/s 通道,存在通信滑码;将误码仪的信号发送时钟设置为从接收码流提取(外时钟方式),通道没有滑码。为了确认上述现象是与 SDH 设备相关还是与特定的 2 048 kbit/s 通道相关,对同一设备上另外的 2 048 kbit/s 通道做了同样试验,试验结果表明上述特性与通道相关。为此可确认是诺基亚 SDH 设备对 2 048 kbit/s 通道的某个设置改变了对应通道的传输特性,并且该设置应与通道相关。查阅诺基亚 SDH 设备的相关资料,比较不同 2 048 kbit/s 通道的设置,发现是 2 048 kbit/s 通道的输出再定时功能影响了通道特性。

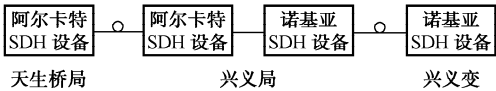


图 3 天兴线通道构成
Fig. 3 Communication channel of Tianxing line

3 输出再定时功能

SDH 所有网元的时钟都相互同步,任何一个 SDH 网元都有可能提供定时参考基准。对于不能满足 G. 823 建议的抖动和漂移容限要求的外接客户设备,或者其他需要从 2 048 kbit/s 支路信号获得数字同步网定时基准信号的外接客户设备,部分 SDH 设备能把来自数字同步网的定时基准信号和业务数据信号合成在一起送给外接客户设备。此功能称为 2 048 kbit/s 支路的输出再定时功能。

输出再定时功能原理如图 4 所示。锁相环 (PLL) 从接收到的支路信号中恢复时钟 f_1 , 通过解同步功能模块以 f_1 无差错地恢复原来的数据, 写入到再定时缓存器; 再定时缓冲器内的数据以频率 f_0 输出数据, 其中 f_0 从数字同步网提取, 能作为性能良好的定时基准。如果输入时钟 f_1 和输出时钟 f_0 同步, 通过再定时模块的信号能保证无差错地透明传输, 如果 f_1 恒大于 f_0 , 会导致再定时缓存器定时溢出, 否则再定时缓存器会定时读空, 2 种情况都表现为滑码。如果在绝大部分时间内 f_1 和 f_0 保持一致, 短暂偏移但并没有导致再定时缓存器溢出或读空, 输出再定时功能可以消除通道抖动, 仍然能够保持信息正常传输。

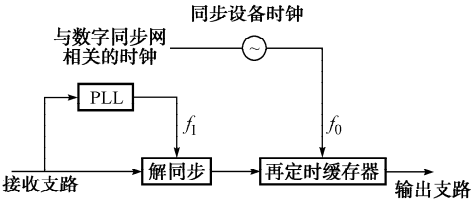


图 4 2 048 kbit/s 通道输出再定时功能框图
Fig. 4 Diagram of retiming of 2 048 kbit/s channel

4 实验研究

为了验证 2 048 kbit/s 通道再定时功能对传输业务的影响, 明确继电保护装置通信时钟和通道再定时的配合关系, 在河北中调通信机房试验如下。

4.1 业务影响

实验接线如图 5 所示。其中连接于 2 套传输性能分析仪的部分为 2 048 kbit/s 电路的示意图, $M \rightarrow N$ 方向末端切换开关 K1 对应于网管中“Retiming”设置项, 默认值为“Off”, 对应于 K1 打到位置 1, 也就是再定时缓冲器不起作用; 如果设置为“On”, 对应于 K1 打到位置 2, 则投入再定时缓冲器。

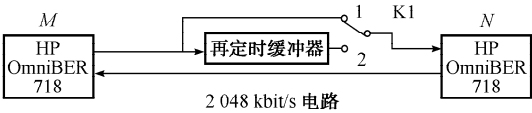


图 5 业务影响测试连接
Fig. 5 Connection of service influence test

将传输性能分析仪的发送时钟 Clock 设置为“Internal”, 设置不同的频率偏移值 Frequency Offset, 打开或关闭通道的输出再定时功能; 在输出端用传输性能分析仪观察接收信号的频率偏移值和通道误码, 结果如表 1 所示。结果表明: ①当输出再定时关闭时, 接收端数据频率偏移随着发送端频率偏移而偏移, 并且接收端频偏量与发送端频偏量完

全一致, 接收数据完全无滑码。②当输出再定时打开后, 不管发送端是否有频偏, 接收码流的频率完全等同于系统频率 2 048 kbit/s, 接收端总会有滑码, 随着频偏的增大, 出现滑码的概率也成正比增大。

表 1 业务影响测试结果
Table 1 Results of service influence test

序号	M 侧		N 侧		
	OMNI 718 时钟工作方式	OMNI 718 发送频率偏移 ($\times 10^{-6}$)	输出再定时	输出码流频率偏移 ($\times 10^{-6}$)	接收端码流结果
1	Internal	0	Off	0 ± 1	无滑码
2	Internal	50	Off	50 ± 1	无滑码
3	Internal	100	Off	100 ± 1	无滑码
4	Internal	0	On	0	有滑码, 频率极低
5	Internal	50	On	0	有滑码, 频率较高
6	Internal	100	On	0	有滑码, 频率极高

4.2 时钟配合

实验接线如图 6 所示。其中数字接口装置主要实现光电转换功能, 对通信时钟没有影响。在两侧线路纵差保护装置通信时钟方式(内时钟或外时钟)和通道输出再定时功能(On 或 Off)不同组合下, 观察两侧保护装置通信业务状况。



图 6 时钟配合测试连接
Fig. 6 Connection of clock coordination test

实验结果如表 2 所示。实验结果示意图形象、直观地表达出了各种配合方案下的通信效果, 各符号的含义如图 7 所示。

表 2 时钟配合测试结果
Table 2 Results of clock coordination test

序号	M 侧			N 侧			实验结果示意图
	输出再定时	保护装置通信时钟方式	测试结果	输出再定时	保护装置通信时钟方式	测试结果	
1	Off	内(主)时钟	无滑码	Off	外(从)时钟	无滑码	
2	On	内(主)时钟	有滑码	Off	外(从)时钟	无滑码	
3	Off	内(主)时钟	无滑码	On	外(从)时钟	有滑码	
4	On	内(主)时钟	有滑码	On	外(从)时钟	有滑码	
5	Off	外(从)时钟	无滑码	Off	外(从)时钟	无滑码	
6	On	外(从)时钟	无滑码	Off	外(从)时钟	无滑码	
7	Off	外(从)时钟	无滑码	On	外(从)时钟	无滑码	
8	On	外(从)时钟	无滑码	On	外(从)时钟	无滑码	
9	Off	内(主)时钟	无滑码	Off	内(主)时钟	无滑码	
10	On	内(主)时钟	有滑码	Off	内(主)时钟	无滑码	
11	Off	内(主)时钟	无滑码	On	内(主)时钟	有滑码	
12	On	内(主)时钟	有滑码	On	内(主)时钟	有滑码	

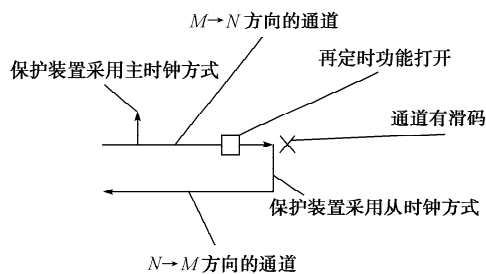


图 7 实验结果示图

Fig. 7 Sketch map for experiment results

分析表 2 各种组合下的实验结果,得出结论如下:

1) 序号 2~4, 10~12 这 6 种组合均有滑码,特点是产生滑码的通道内同时存在 2 个不同的定时基准(保护装置的主时钟和再定时功能提供的定时基准)。

2) 序号 8 对应的通道内虽然有 2 个定时基准,但由于这 2 个定时基准都由通道的再定时功能提供,频率完全相同,因此没有产生滑码。但如果这 2 个定时基准的相位偏差较大,也不利于信号的可靠传输。

3) 序号 5 对应的通道虽然没有滑码,但由于通道内没有定时基准,形成了一时钟环,两侧装置在一个自由振荡的频率下进行通信,是不可靠的。

4) 序号 1, 6, 7, 9 对应的通道均有且只有 1 个定时基准,通信稳定可靠。

5 结语

2 048 kbit/s 通道的输出再定时功能与外接通信设备包括继电保护装置的发送时钟配合是否默契将会影响业务的传输质量。当输出再定时功能关闭时,在 SDH 设备抖动、偏移容限范围内,通道能透明传输业务和信号频率;当输出再定时功能打开时,不管对侧信号发送频率如何,接收侧信号都以系统中标准的 2 048 kbit/s 的频率输出信号。

保护装置采用 SDH 的 2 048 kbit/s 通道作为通信通道时,必须坚持的原则是:通道内有且只能有 1 个定时基准。当 2 048 kbit/s 通道任一侧输出再定时功能打开时,通道两侧继电保护装置的通信发送时钟必须采用线路时钟;当 2 048 kbit/s 通道两侧输出再定时功能均关闭时,通道两侧继电保护装置的通信发送时钟至少有一侧采用内时钟方式,否则在 2 048 kbit/s 通道上形成不稳定的同步环,容易造成通道滑码。

由于并不是所有 SDH 设备 2 048 kbit/s 通道具有输出再定时功能,即使有输出再定时功能的

SDH 设备,其缺省状态也通常是关闭输出再定时功能,同时,为了统一保护装置的通信时钟设置,建议用于继电保护装置的 2 048 kbit/s 通道关闭其输出再定时功能,同时将保护装置通信时钟设置为“主-主”方式。

目前南万线两侧继电保护装置通信时钟设置为“从-从”方式,南充侧通道输出再定时功能打开,通信状态良好;天兴线所用 2 048 kbit/s 通道输出再定时功能全部关闭,两侧继电保护装置通信时钟设置为“主-主”方式,滑码已消失。

参考文献

- [1] 韦乐平. 光同步数字传送网. 北京: 人民邮电出版社, 1998.
WEI Leping. Optical synchronous digital transport network. Beijing: People's Posts and Telecommunications Publishing House, 1998.
- [2] 毛谦. SDH 光传送网的保护倒换. 光通信研究, 1994(1/2): 30-39.
MAO Qian. Protection switching of SDH optical transport network. Study on Optical Communication, 1994(1/2): 30-39.
- [3] 刘忠伟, 翟虹强, 尹传平, 等. SDH 技术及其应用与发展. 电力系统自动化, 2001, 25(3): 72-76.
LIU Zhongwei, ZHAI Hongqiang, YIN Chuanping, et al. SDH technology and its application and development. Automation of Electric Power Systems, 2001, 25(3): 72-76.
- [4] 辛耀中, 卢长燕. 电力系统数据网络技术体制分析. 电力系统自动化, 2000, 24(21): 1-6.
XIN Yaozhong, LU Changyan. Analysis of data network technology architecture for power systems. Automation of Electric Power Systems, 2000, 24(21): 1-6.
- [5] 吴云. 基于光纤+SDH+IP 技术的继电保护及故障信息传输系统. 电力系统自动化, 2004, 28(1): 88-91.
WU Yun. Relay protection and fault information transfer system based on optical fiber + SDH + IP technology. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(1): 88-91.
- [6] 高芸. IDS-2000 综合数字通信系统及其技术特点. 电力系统自动化, 1998, 22(3): 36-40.
GAO Yun. IDS-2000 integrated digital communication system and its technical characteristics. Automation of Electric Power Systems, 1998, 22(3): 36-40.
- [7] 姜正豪, 蔡智威. IDS-2000 智能 PCM 系统在电力系统中的应用. 电力系统自动化, 1999, 23(20): 48-49.
JIANG Zhenghao, CAI Zhiwei. Application of IDS-2000 intelligent system in power systems. Automation of Electric Power Systems, 1999, 23(20): 48-49.
- [8] 刘开增. 用于数字光纤通信的 PCM 多路终端设备. 电力系统自动化, 1981, 5(6): 76-82.
LIU Kaizeng. PCM multiplex terminal equipment for fiber-optical communication. Automation of Electric Power Systems, 1981, 5(6): 76-82.
- [9] 金华锋, 余荣云, 吴奕, 等. 继电保护数字复用通道的时延. 电力系统自动化, 2006, 30(7): 42-45, 84.
JIN Huafeng, YU Rongyun, WU Yi, et al. Transmission delay

- of multiplex channel used for protection relays. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(7): 42-45, 84.
- [10] 金华锋, 余荣云, 朱晓彤, 等. 线路纵联保护中双向复用段倒换环动态时延特性. 电力系统自动化, 2006, 30(3): 65-70.
- JIN Huafeng, YU Rongyun, ZHU Xiaotong, et al. Research on dynamic transmission delay of bi-directional multiplex section switching ring used for line pilot relay. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(3): 65-70.
- [11] ITU-T G. 823 The control of jitter and wander within digital networks which are based on the 2 048 kbit/s hierarchy. 1993.
- [12] 许建德, 陆以群. 新型数字电流差动保护装置中的数据采样同步和通信方式. 电力系统自动化, 1993, 17(4): 23-26.
- XU Jiande, LU Yiqun. A new scheme of sampling synchronization & communication for digital current differential relay. Automation of Electric Power Systems,

1993, 17(4): 23-26.

- [13] 王爱玲, 蔡敏, 金华锋, 等. RCS-900 系列保护装置的同步通信时钟. 电力系统自动化, 2006, 30(24): 53-56.

WANG Ailing, CAI Min, JIN Huafeng, et al. Clock setting for synchronous communication of RCS-900 series protection equipment. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(24): 53-56.

王爱玲(1954—), 女, 高级工程师, 从事电力系统继电保护研究及生产管理工作. E-mail: wangal@nari-relays.com

陈新南(1963—), 男, 处长, 从事电力系统通信运行管理工作.

刘捷(1973—), 男, 硕士, 从事电力系统通信运行管理工作.

Coordination in Communication Clock for RCS-900 Serial Protection and 2 048 kbit/s Multiplex Channel

WANG Ailing¹, CHEN Xinnan², LIU Jie³, CAO Shujiang⁴, WANG Qian¹, JIN Huafeng¹, ZHENG Yuping¹

(1. Nanjing Nari-Relays Protection Electric Power Co Ltd, Nanjing 211100, China)

(2. China South Grid Dispatch and Communication Center, Guangzhou 510620, China)

(3. Sichuan Electric Power Company Dispatch and Communication Center, Chengdu 610041, China)

(4. Hebei Electric Power Company Dispatch and Communication Center, Shijiazhuang 050021, China)

Abstract: If the RCS-900 protection adopts the 2 048 kbit/s multiplex channel, slips may occur in the receiving code of the protective equipment while the retiming function of the channel is on and the communication clock of the protective equipment is set in the inner clock mode. The impact of the retiming function on service is studied and the service transmission results in different modes of combination of the retiming function and the transmission clock are tested. The results show that part of the 2 048 kbit/s channels can perform the retiming function, combine the reference timing and service data for transmission to the protection equipment. The protection equipment communication clock should adopt the "slave-slave" mode when the retiming function is on and at least the communication clock on one side of the protection equipments should adopt the inner clock mode with the retiming function off.

Key words: protective equipment; multiplex channel; retiming; communication clock; slip