

光纤电流差动保护有关通道若干问题的探讨

仇群辉, 金宇航, 朱群

(嘉兴电力局, 浙江 嘉兴 314033)

摘要: 光纤电流差动保护是高压线路主保护的发展趋势。阐述不同保护通道光纤电流差动保护的配置及应用原则、同步问题的解决方案, 并以在系统中经常使用的 P544、REL561、RCS-931A、PSL-603G、CSC-103A 光纤电流差动保护装置为例, 讲述装置的内部设置、光功率衰减允许范围以及通道告警处理一般方法等通道方面相关问题, 以供调试和缺陷处理参考。

关键词: 光纤电流差动保护; 配置; 同步; 通道

Some discussion about the optical fiber channel in current differential protection

QIU Qun-hui, JIN Yu-hang, ZHU Qun

(Jiaxing Power Bureau, Jiaxing 314033, China)

Abstract: The main development trend of high voltage transmission line's protection is the line fiber optical differential protection. This paper illustrates some solution on the protection disposition, application principle and synchronization. Examples of how to deal with relay settings, channel luminous and channel warning are given on the debugging and flaw processing of P544, REL561, RCS-931A, PSL-603G, CSC-103A which are widely applied in the protection of high voltage transmission line.

Key words: line fiber optical differential protection; configuration; synchronization; optical fiber channel

中图分类号: TM77

文献标识码: B

文章编号: 1003-4897(2007)18-0057-04

0 引言

随着数字技术的发展, 光纤通道可以用脉冲编码调制的方法传递电流的采样值, 直接供微机保护使用。由于光纤通道频道宽, 光纤保护都能实现分相式差动纵联保护。输电线路采用分相电流差动保护有以下优点: 有绝对选择性, 灵敏度高; 有天然的选相能力; 不受串补电容器的影响。目前在浙江电网使用的光纤分相电流差动保护型号有 P544、REL561、RCS-931A、PSL-603G、CSC-103A 等, 运行状况良好。

1 不同保护通道的保护配置及应用原则

在 220 kV 及以上电压等级的复杂电网线路保护远后备常常灵敏不足, 不能对相邻故障起安全的后备作用, 为此必须采取近后备, 实现近后备的必要条件是保护双重化和配置断路器失灵保护。双重化的两套保护装置必须采用独立通道设备(含光纤、载波等通道及加工设备和供电电源等), 保护通道不同, 要求保护配置和应用原则也不同, 一般有如下要求:

1) 对有 OPGW 光缆的线路, 每套保护直接使用不同的光纤芯或复用光纤通道。配置一套光纤分相

电流差动保护、一套光纤允许式方向/距离保护或两套光纤分相电流差动保护。

2) 对有 OPGW 光缆且完全同杆并架双回线, 每回线均配置一套光纤分相电流差动保护、一套光纤允许式方向/距离保护或两套光纤分相电流差动保护, 每套保护直接使用不同的光纤芯或复用光纤通道。

3) 对有 OPGW 光缆且非同杆并架双回线, 在无 OPGW 光缆的线路上配置一套光纤分相电流差动、一套专用载波高频闭锁式保护或迂回 OPGW 通道的光纤分相电流差动; 在有 OPGW 光缆的线路上保护配置同 1)。

4) 对电缆或电缆架空线混合线路保护通道应采用光纤通道, 一套保护直接使用光纤芯, 另一套保护复用光纤通道, 配置一套光纤分相电流差动保护、一套光纤允许式方向/距离保护或两套光纤分相电流差动保护。

5) 对有 ADSS 光缆的线路, 一套保护直接使用光纤芯, 另一套选用相—地耦合制的电力线高频通道。配置一套光纤分相电流差动保护、一套高频闭锁式方向/距离保护(专用收发信机)。

2 光纤差动保护同步问题的解决方案

2.1 电流采样同步的方法

数字式差动纵联保护在计算差动电流的采样值时,必须用两侧电流在同一时刻的采样值进行计算。为此首先要求线路两侧微机保护的采样必须同步,其次还要求找到收到的采样值与本侧存储的采样值序列中的哪一点属于相同的采样时刻。每侧保护完成采样后立刻将采样发送到对侧去。同步调整方法基于数字通道收发延时相等的“等腰梯形算法”,假设M侧在收到N侧的信息后经过 T_m 时间开始下一次采样,N侧在收到M侧信息后经过 T_n 时间开始下一次采样。因为两侧的采样周期相同,信息传输的时间也相同。如果两侧采样同步,则必有 $T_m = T_n$ 。如果N侧采样比M侧采样时刻早 Δt ,则必有 $T_m - T_n = 2\Delta t$ 。因此只要将 T_n 的值发送到M侧或者反过来将 T_m 发送到N侧,接受端就可计算出 $2\Delta t$,并对采样时刻进行调整达到同步采样^[1]。目前主要采用的电流采样同步的方法有:

1) 采样数据修正法:线路各侧的保护装置不分主从,地位相同,在各自的晶振控制下,以相同的采样频率,独立自由地进行采样。两侧保护对每一帧接受数据都要进行“等腰梯形算法”,求出两侧采样偏差角并根据计算结果对接受数据进行扭转,以达到两侧数据同步。

采样数据修正法优点:各保护装置自由独立采样,采样间隔均匀;当通信干扰或通信中断时,基本不会影响采样同步。只要通信恢复正常,保护根据新接收到的电流向量报文,可立即进行差动保护的算法处理。采样数据修正法缺点:需要对每帧数据都要进行数据修正,传送向量而不是采样值,对数据处理要求较高;不可能适应通信路由发生变化的情况,而且,电网频率的变化也会影响其向量移位修正的结果。

2) 采样时刻调整法:设定一侧保护装置的采样时刻作为基准,其余各侧的装置通过不断的调整,以使所有的保护装置的采样时刻一致。从而达到满足差动保护的要求。为保证两侧保护采样同步,从机发一帧同步请求命令,其中包括采样标号,主机在收到从机发来的命令后返回一帧数据,其中包括主机的采样标号及该采样相对应的时间等信息,从机收到主机的相应数据报文后,可计算出通信传输延时和两侧采样时间差,从机根据这个采样时刻的偏差,确定调整次数,经过保护对采样时间的数次微调,直到两侧采样时间差为零,两侧装置的采样完全同步。采样时刻调整法优点:不必对每帧数据进行调整,采样同步后的差动保护算法处理较为简单,运算中与通道延迟参数 T_0 无直接的关系,在整

个通信处理中,采样同步处理与电流数据的处理是分开的。采样时刻调整法缺点:调整过程的时间较长,不利于一旦采样失步后的快速恢复采样同步;在测量保护装置之间的采样时刻的误差时,仍然与通道延迟参数 T_0 有关,不能适应收发路由不同的通信系统。

两种调整方式均被保护生产厂家采纳,采用采样数据修正法算法保护装置如PSL-603G、P544、REL561;采用采样时刻调整法如RCS-931A、CSC-103A。

2.2 光纤差动保护有关时钟设置

基于通道的采样时刻调整法的采样同步主从定位时钟设置需要确定一端为参考端(主端Master)另一端为同步端(从端Slave),大部分保护生产厂家一般通过整定装置软压板或控制字方式完成主从确定;而采用采样数据修正法原理的保护装置无上述要求。保护装置为完成通信主从时钟的同步,两侧保护装置时钟设置一般采用以下两种方式:“主—主”时钟方式,两侧装置均采用内部时钟,写入时钟为装置时钟,读出时钟为提取时钟即从接受数据流提取时钟;“从—从”时钟方式,采用外部时钟,均取系统同步时钟,即数据发送时钟和接收时钟均从接收数据码流中提取。专用通道(如图1所示)的通信主从时钟方式采用“主—主”时钟方式,采用以64 kbit/s速率复接PCM(G.703)同向接口的复用通道(如图2所示)的通信主从时钟方式必须采用“从—从”时钟方式,通信时两侧的发信时钟、接收时钟均由PCM系统的时钟决定。

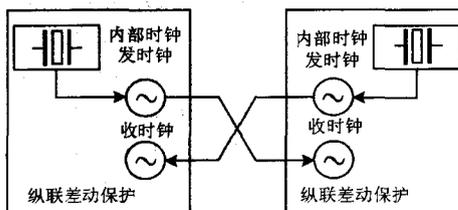


图1 专用光纤通道时钟方式（内时钟方式）

Fig.1 Direct link using optical fibers' clock source (Internal)

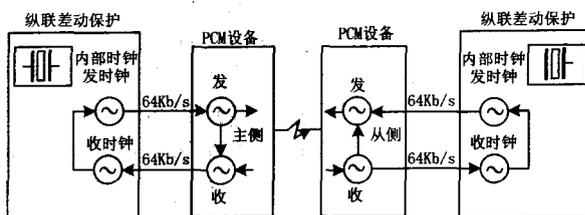


图2 PCM复接通道时钟方式（外时钟方式）

Fig.2 Multiplexed link-relay connected to a remote PCM multiplexer's clock source (External)

复用通道方式在 500 kV 光纤差动型线路保护被广泛采用, 220 kV 光纤差动型线路保护基本采用专用光纤方式, 下面介绍一下在嘉兴局主要运行的线路保护有关时钟设置方式。

1) RCS-931A 通信主从时钟方式: 采用专用光纤通道时, 通过控制字“专用光纤”设置为“1”, 两侧装置定值均应设为“主时钟”。采样同步主从定位方式: 控制字“主机方式”: 指装置运行在主机还是从机方式, 两侧保护装置必须一侧为主机方式, 另一侧为从机方式。

2) PSL-603G 通信主从时钟方式: 采用专用光纤通道时, 将控制字 1 的第 9 位设置成“0”, 采用主时钟方式, 要求两侧整定为主时钟; 同时将控制字 1 第 8 位置 0, 即采用专用光纤通道。采样同步主从定位方式: 采用“采样数据修正法”, 线路各侧的保护装置不分主从, 地位相同, 独立自由地进行采样。

3) CSC-103A 通信主从时钟方式: 采用专用光纤通道时, 通过控制字 KG. 12 设置, 两侧装置定值均应设为“主时钟”。采样同步主从定位方式: <主机方式>控制字 KG. 4; 此位置“1”时为主机方式, 置“0”时为从机方式, 两侧装置必须一侧整定为主机方式, 另一侧整定为从机方式。

4) P544 通信主从时钟方式: 采用复用通道, 两侧的发送时钟、接收时钟均由 PCM 系统的时钟决定, 即采用“从一从”时钟方式, 通过将两侧的“时钟源方式”(Clock Source Ch1) 设为外部时钟(External)。采样同步主从定位方式: 采用“采样数据修正法”, 线路各侧的保护装置不分主从, 地位相同, 独立自由地进行采样。

5) REL561 通信主从时钟方式: 采用复用通道, 两侧的发送时钟、接收时钟均由 PCM 系统的时钟决定, 即采用“从一从”时钟方式, 通过将两侧光电调制解调器 Switch 1、2、3 放 OFF, Switch4 放 ON 实现。同时将“通讯方式”(DiffSync) 一侧设为 Master, 另一侧设为 Slave。采样同步主从定位方式: 采用“采样数据修正法”, 线路各侧的保护装置不分主从, 地位相同, 独立自由地进行采样。

3 通道故障处理

3.1 光纤通道衰耗理论计算方法

在选择光纤保护装置时, 根据被保护线路长度计算出整个通道回路大致光衰耗及考虑合适的通道裕度, 从而确定通道的传输方式和要求保护装置发送功率和接受灵敏度。可采用下面的方法大致计算光纤通道衰耗: 单模光纤衰耗 0.3 dB/km, 接头衰

耗 1 dB/点, 熔接衰耗 0.3 dB/点。通道衰耗校验公式:

光发射功率-光接收灵敏度-0.3×距离-1×接头个数-0.3×熔接个数>6 dB。

例如长度为 50 km 采用专用光纤芯线路(如图 2)的衰耗核算:

发射功率: -5 dB; 接收灵敏度: -34 dB; 线路衰

减: 50 km×0.3 dB/km=15 dB;

连接衰减: 接头 2 个衰减为 2 点×1 dB/点=2 dB;

熔接两个点为: 2 点 0.3 dB/点=0.6 dB;

衰减余量=-5-(-34)-15-0.6-2=11.4 (dB)

>6 (dB)

从上面的理论计算公式可以知道, 光通讯板的发送功率和接受灵敏度是保护装置的一个重要指标, 对于不同厂家相差很大, 下面就嘉兴电力局已投入运行光差保护装置发送功率和接受灵敏度进行探讨, 以供设备选型、通道联调和通道缺陷处理时参考。500 kV 线路一般较长, 采用复用通道较多, 如进口保护装置 P544、REL561 一般应用于 500 kV 线路保护均采用 850 nm, 多模光缆连接, 其光功率衰耗允许范围如表 1。

表 1 复用通道的光功率衰耗允许范围

Tab.1 Multiplying channel luminous power attenuation scope

生产厂家	设备类型	装置型号	发送功率 /dBm	接受灵敏度 /dBm
AREVA	保护装置	P544	-16.8~-22.8	-25.4
	复用接口	P591	-16.8~-22.8	-16.8~-25.4
ABB	保护装置	REL561	-25~-28	-38~-40
	复用接口	21-16	-25~-28	-38~-40

220 kV 变电所之间距离较短, 一般采用专用光纤通道方式的光纤差动保护, 如 RCS-931A、PSL-603G、CSC-103A, 其光功率衰耗允许范围如表 2。

表 2 专用光纤通道的光功率衰耗允许范围

Tab.2 Special-purpose optical fiber channel luminous power attenuation scope

装置型号	光纤种类	发送功率 /dBm	接受灵敏度 /dBm	最大传输距离/km
RCS-931A	单模, 1310 nm	-11~-15	-35~-42	100
PSL-603G	单模, 1310 nm	-6~-12	-30~-33	100
CS-103A	单模, 1310 nm	-1~-10	-35~-38	60

3.2 通道故障处理方法

光纤差动保护作为线路的主保护, 是保证快速切除故障和系统稳定的技术保障, 而通道故障时可能导致保护的误动或拒动, 因此保护装置报通道故障时必须将差动保护退出运行, 运行人员汇报调

度后将差动保护改信号状态,检修人员立刻到现场进行通道故障紧急缺陷处理。引起保护装置报通道故障的原因很多,包括保护装置时钟设置是否正确、保护装置光源发送功率是否正常以及光端机、通道衰耗、接收发送光功率、复用接口装置和复用接口设备是否运行正常等。通道缺陷处理有时需涉及到保护和通信两个专业,涉及到两个变电所、如果是跨地区联络线还涉及两个单位,处理起来比较棘手,笔者认为处理通道故障缺陷应遵循“先看、再判断、最后动手做试验”的原则。看主要是利用外部监视手段,比如监控后台软报文查看是发信有问题还是收信有问题;在保护装置中可查看装置中丢包情况以及装置的收发状态是否正常;对于复用通道可借助通信专业监视手段,向管辖通道故障线路通信管理部门查看通信网关相关信息,以判断是通道传输问题还是保护设备问题。通过看大致能判断出是保护装置还是通道引起通道告警、是哪侧引起通道告警、问题出现在收信回路还是发信回路。

在动手做测试时,首先检查回路中相关光纤接头是否接触牢靠,测试保护装置收发光功率数据是否在技术要求范围内或与基建投产数据做比较。对于采用复用通道的光纤保护,一般采用通道逐级自环试验方式检查通道问题,以 P544 为例,在菜单 I DIFF CONFIG→Address 将装置地址改为“0—0”,通道正常可查看到菜单 MEASUREMENTS4→Channel Status 为“1111”(依次表示通道 2 发、收和通道 1 发、收)。复用方式自环分三步:第一步本端光自环,即用尾纤将保护装置后的 TX 和 RX 连接起来,检查 Channel Status 是否“1111”判断装置收发是否正常;第二步近端 64 K 电自环,即将 64 K 同向接口的 TX+、RX+用线短接, TX-、RX-用线短接,检查 Channel Status 是否“1111”验证保护至 PCM 终端的通道正确性;第三步近端 2 M 电自环,即将近端 2 M 接口的 TX 和 RX 用同轴电缆短接,检查 Channel Status 是否“1111”验证保护至 SDH/PDH 的通道正确性。对于采用专用光纤芯,检查通道上的衰耗可借助光纤测试工具 OTDR,以图形显示方式检测整条线路光缆长度和总的光衰耗,与设计参数比较能方便快捷地判断出问题是否在通道上,也可通过设置装置内部控制字自环检查通道问题,具体方法参阅相关保护说明书。注意测试完毕后恢复装置原来的设置。

4 结论

光纤分相电流差动保护具有独特优越性,越来

越多地被应用于各级电网中,由于其需借助于光纤通道,因此十分有必要明确各级主管部门保护光纤通道的管理职责以及专业分工界面,特别是保护专用芯管理。运行中注意细节问题,如拆下的尾纤端子注意保持清洁,不用时应及时套回专用保护套中等。专业之间人员还需多沟通、多理解和密切配合。为方便运行需考虑光纤芯的冗余度,可通过在保护小室加装保护光纤配线架屏,并在保护小室光配架屏至通信机房光配架屏之间敷设 8 芯光缆构成光缆三角区,这样既可提高光纤芯利用率又能提高保护通道可靠性。

参考文献

- [1] 朱声石.高压电网继电保护原理与技术(第三版)[M].北京:中国电力出版社,2005.
ZHU Sheng-shi. Principle and Technology of Relay Protection for High Voltage Electric Power Net,Third Edition[M]. Beijing:China Electric Power Press,2005.
- [2] 李瑞生.光纤电流差动保护与通道试验技术[M].北京:中国电力出版社,2006.
LI Rui-sheng. Line Fiber Optical Differential Protection and Experimental Technique of Optical Fiber Channel[M]. Beijing:China Electric Power Press,2006.
- [3] 南瑞继电保护电气有限公司.RCS-931A(B、D)型超高压线路成套保护装置[Z].2003.
NARI-Relay Electric Co.,Ltd. RCS-931A(B、D) Protection Relays for Extra High Voltage[Z].2003.
- [4] 国电南京自动化股份有限公司.PSL603G 数字式线路保护装置[Z].2006.
Guodian Nanjing Automation Co.,Ltd.PSL603G Digital Line Protection Relays[Z].2006.
- [5] 北京四方继电保护股份有限公司.CSC-103A 数字式超高压线路保护装置[Z].2006.
Beijing Sifang Automation Co.,Ltd. CSC-103A Protection Relays for Extra High Voltage[Z].2006.
- [6] AREVA. MICOM P540 Series Current Differential Relays Operation Guide OG8613[Z].
- [7] ABB.Technical Reference Manual REL561*2.3 Line Differential and Distance Protection Terminal[Z].

收稿日期:2007-02-28; 修回日期:2007-04-02

作者简介:

仇群辉(1977-),男,工程师,本科,从事继电保护管理工作;E-mail:qiuqunhui@jxep.com.cn

金宇航(1978-),男,助理工程师,本科,从事电力系统通信管理工作;

朱群(1982-),女,助理工程师,本科,从事继电保护管理工作。