

# 500 kV 线路纵联保护数字通道的探讨

陈明

(河北省电力公司超高压输变电分公司,河北 石家庄 050051)

摘要:从继电保护专业的角度介绍了 500 kV 线路纵联保护数字通道的原理,包括保护装置和通信设备的接口方式,保护装置和通信设备之间的时钟关系,纵联保护对通道性能的要求,以及通道延时对继电保护的影响。介绍了实际运行中遇到的问题,从继电保护专业的角度提出了在设计、施工和维护中应注意的问题和解决方法以及查找故障和使用 2 Mbit/s 数字通道传输保护信号的方法。

关键词:纵联保护; 数字通道; 光电转换器

中图分类号: TM773 文献标识码: B 文章编号: 1003-4897(2005)20-0036-04

## 0 引言

电力系统继电保护是电力工业生产运行中的重要环节,对电网的安全、稳定和经济运行起着关键的作用。线路纵联保护以其全线速断的特点,在目前 500 kV 电压等级的电力线路中广泛地作为主保护使用,而数字通道由于其较高传输速率和较强抗干扰性的特点,越来越多地成为 500 kV 线路纵联保护的通道方式。

## 1 纵联保护的分类

500 kV 线路纵联保护主要分为两种:纵联电流差动保护和允许式纵联方向(距离)保护。

1) 纵联电流差动保护借助通道传输输电线路两端的电流信息,以基尔霍夫第一定律为依据,能简单、可靠地判断出区内、区外故障。因此,近年来国内外各大公司均加强了在该领域的研究开发,相继推出了纵联电流差动保护产品。由于需要将三相电流传送到线路对端的保护,纵联电流差动保护至少需要 64 kbit/s 速率的数字通道(国外个别厂家可以利用 56 kbit/s 速率的数字通道),一般利用数字化的微波或光纤通道传送。

当然也可以利用专门的一对光纤芯传输,这样减少了通道的中间环节,简单、可靠,但利用率低,一般只适用于较短的、有直达路由的线路。

2) 允许式纵联方向(距离)保护在启动后判断方向为正时向对端发送允许信号。每端的保护只能接收对端的信号,而不能接收自身的信号。每端的保护必须在本端方向元件动作,且又收到对端的允许信号之后,才能动作于跳闸。

允许式纵联方向(距离)保护有两种通道方式:

一是利用音频接口,将允许信号通过键控移频方式调制到音频信号中,再利用载波通道、微波通道或光纤通道中的单独话路传送至对端解调出来即可;二是利用数字光纤接口,将允许信号采用数字编码方式转换为 64 kbit/s 速率或 2 Mbit/s 速率的同步编码信息,利用数字化的微波或光纤通道传送至对端,通过解码得到允许信号。

## 2 纵联保护数字通道方式

### 2.1 通道传输的接口设备

根据文献 [1] 要求,一般 64 kbit/s 速率的同步编码信息利用双绞线传送电气信号时,传输距离不宜大于 50 m。在通信设备和保护装置不在一起或有强干扰时,一般在保护装置内将 64 kbit/s 电气信号转换为以光纤为传输介质的信号(或通过数字光纤接口装置完成),用光纤传送至通信机房,由光电转换器转换为 64 kbit/s 电气信号,用双绞线送至通信终端设备,再由通信专业的通道传输到对端,对端经过一系列相反的步骤将信号送到继电保护装置。这样,避免了强干扰电信号影响电气信号,但中间环节较多。

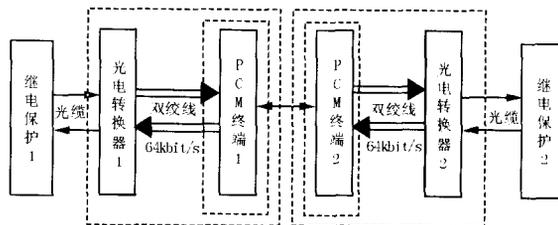
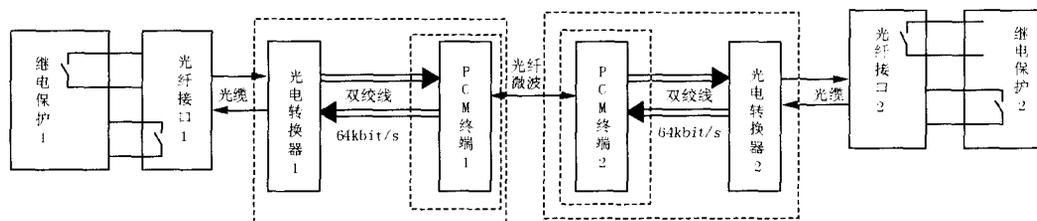


图 1 纵联电流差动保护的通道传输框图

Fig 1 Channel transmission diagram of the longitudinal current differential protection



注:大虚线框内为通信机房内的设备;小虚线框内为通信专业设备。

图 2 允许式纵联保护的通道传输框图

Fig 2 Channel transmission diagram of the allowed-type longitudinal protection

对于在接口内传输的 64 kbit/s 数字信号来说,不论是从光电转换器进入通信设备,还是从通信设备进入光电转换器,都要满足国际电报电话咨询委员会 (CCITT) 提出的 G 703.1 建议。

## 2.2 光电转换器和通信终端设备的接口方式

接口方式是指数据单元中数据信息和时钟信息的传送方式。64 kbit/s 数字信号一般有两种,同向接口 (co-directional) 和反向接口 (contra-directional)。同向接口是指接口内数据信号的时钟与数据是一起传送的,接收端的时钟信号要从接收端接收的数据中提取。反向接口是指接口内数据信号的时钟和数据是分开传送的,数据信号的收发和时钟信号的收发是独立进行的,不管是收信还是发信回路,时钟信号都是由通信终端设备 PCM 传送至光电转换器。目前电力通信系统大多是 PDH 和 SDH 同步传输网络,必须使用同向接口。

## 2.3 保护装置、光电转换器和通信终端设备时钟的设置

时钟是两侧保护装置建立同步的关键因素。在数据同步传输中,有了时钟才使得数据码流的准确传送成为可能。这里说的时钟和继电保护装置本身用来表述年月日时分秒的时钟是完全不同的。

同向接口中,时钟的设置共有三种方式:主时钟、从时钟、外时钟。主时钟有时也称为内时钟方式,是指使用设备自身的时钟振荡器产生的时钟信号,用于和数据信号一起发送至对端。从时钟是指使用从设备接收到对端的码流中提取时钟信号,用于和要发送的数据信号一起送回对端,同时也和要发送的数据信号一起送至下一级设备。外时钟是指使用接收的外部时钟信号 (如 GPS 时钟) 用于和数据信号一起发送至对端。在图 1 所示的传输方式中,必须有且只有一个主时钟源,其他均设置为从时钟,才能保证数据的同步传输,不产生滑码。这样就可以使保护设备和通信设备之间、通信设备和对端通信设备之间的数据码流建立在一个统一时钟的基

础上,设置为从时钟的设备从接收到的数据码流中提取,从而在整个保护通道设备之间建立同步的数据传输。由于瞬时的滑码对语音、网络信号的影响不大,所以用于继电保护的通道尤其要注意这一点。

## 2.4 保护装置对通道性能的要求

对继电保护“四性”的要求同样也适用于纵联保护的数字通道。文献 [1] 规定了用于继电保护的数字通信通道应具备的质量指标。

保护装置应当对接收的每帧数据进行校验,发现有误码就将该帧数据丢弃;当连续多帧数据有误码时,闭锁保护,并发出信号。有的保护装置在轻微误码时发出通道告警信号;在严重误码时闭锁保护装置,并发出通道异常闭锁保护信号。

## 2.5 通道传输延时对保护装置的影响

超高压电网对线路主保护的快速性有严格要求,希望尽量减少通道的传输延时。文献 [1] 规定了传输主保护信息的数字通道传输延时不应大于 5 ms。大多数纵联电流差动保护装置都可以做到数字通道传输延时小于 10 ms 时能够正常工作。

保护数字通道一般还同时传输远方跳闸信号,在实际利用毫秒计测试中发现通道传输延时大约在 30 ~ 40 ms 之间。远方跳闸信号一般是传输延时动作的失灵保护、过电压命令信号,延时稍大是允许的。但对于有高抗的线路,远方跳闸信号还传输高抗保护动作远跳对端的信号,要求两侧断路器瞬时跳闸。这时,要注意通道传输的延时不应太大。

一般经过一次 64 kbit/s 中转,延时将增加 3 ~ 5 ms。为此,文献 [1] 规定了传输主保护信息的数字通道尽量避免 64 kbit/s 中转,宜采用基群 (2 Mbit/s) 中转,以减少数字通道的传输延时,同时也改善了通信专业的工作条件。

## 3 存在的问题和对策

### 3.1 经常出现的故障

在运行过程中,光纤通道的可靠性虽然较高,但

也有损坏的情况,如光缆断芯、光纤接头松动或积尘、光源老化、光缆受外力破坏、外界环境变化等原因导致损耗增大,甚至通道中断的现象。需要在设计施工中注意以下几点:

1) 保护屏到通信机房的光缆留有足够备用芯(一般运行中使用两芯),通常可按备用 100%考虑,在应用于重要线路的保护时应当备用 150%~200%。

2) 保护屏到通信机房使用带铠甲的光缆,适合在电缆沟道中敷设。

3) 熔接光缆时使用先进的熔接设备和质量好的尾纤、光缆接头盒等,熔接后测试光缆的传输损耗,并在两端的尾纤上标号便于更换。

4) 通信路由的选择优先采用适用环境范围广、中间环节少的直达光缆,尽量避免使用迂回环节多的光缆或微波。

### 3.2 保护和通信设备的接口的位置

属于保护设备的光电转换器必须放置在通信终端设备附近。以前通信机房没有考虑光电转换器的预留位置,造成多套保护的光电转换器共用一面屏和一套电源,增大了互相干扰的机会。且保护专业人员不能经常到通信机房维护这些设备,不利于保护的安全运行。目前,对光电转换器的日常维护只能由保护专业人员和通信专业人员同时参加才能完成,而通信专业和保护专业在一些单位属于不同的部门,增大了工作的难度。

笔者认为,对于新建 500 kV 变电站,可以在通信机房的旁边设置一个专用的保护接口室,设计上和通信机房统一考虑抗干扰和屏蔽要求。既可以满足 64 kbit/s 信号近距离传输的要求,又可以满足保护设备和通信设备分别运行维护的需要。至于和通信设备连接的电缆(如双绞线和电源电缆)的日常维护工作量几乎没有。

在不远的将来,数字通道大量应用为保护的纵联通道。如果同一条线路的两套纵联保护都使用数字通道时,要考虑两个光电转换器分别用双套电源供电的问题。这时,宜将通信的两套电源引至保护接口小室,设置直流分电屏,避免光电转换器的电源开关大量地放在通信机房。

### 3.3 通道故障时保护装置的处理方法

数字通道的稳定可靠是纵联保护正确工作的基础。一旦通道发生故障,纵联保护将不能正常工作。为提高保护装置的可靠性,当数字通道发生故障时,纵联电流差动保护自动退出。但对于前面图 2 所示

的纵联方向(距离)保护通道传输方式,保护装置自身无法判断数字通道是否正常,一般依靠变电站运行人员发现数字接口发出通道异常信号后,手动将保护装置的纵联保护部分退出运行。

能不能在通道故障时让保护装置的纵联保护部分自动退出,在通道恢复时又自动投入呢?数字接口装置在通道异常或装置自身异常时都可以输出两副报警接点,利用一副常闭接点(指通道正常时断开)去发信号提示变电站运行人员,可以将另一副常开接点(通道正常时闭合)串联在纵联保护投入压板的回路,在通道异常时自动断开纵联保护投入压板的开入回路,将纵联保护退出。这种方法不适合投退压板需手动确认的保护装置。

### 3.4 纵联通道选择应注意的问题

同一线路的两套纵联保护通道绝对不能有公用的部分,防止在此设备异常或检修时线路失去速动保护。对于重要的 500 kV 线路,应当保证两套纵联通道(包括从通信设备到通信电源在内的所有通信设备)都做到完全独立。同时应当避免变电站不同线路的多套纵联保护都使用同一个路由,否则此通道的设备异常或检修时,会使多条线路只剩一套主保护运行。

### 3.5 通道异常时故障点的查找

数字通道的任何设备故障都会使通道异常中断。在通道异常时查找故障点的主要方法是逐步排除法。如果保护通道故障的同时伴随着同一个通信终端设备上其他话路的故障,如电话中断、远动通道中断等异常,或者同时多套保护通道故障,则可判断为通信设备的异常。查找保护通道的故障时,可以把光电转换器的电气信号输出输入端和通信终端设备断开,将光电转换器的输出端接至光电转换器的输入端,观察本端保护设备的工作状况,如正常,则初步判断为通信设备或对端保护设备的原因。也可以将本端通信终端设备的输出端接至通信终端设备的输入端,如对端正常,则初步判断为本端保护设备的原因。然后用替换法确定具体故障点,解决问题。

### 3.6 光电转换器的接口

目前,一般由光电转换器将保护装置送来的光信号转换为 64 kbit/s 的电信号,送至通信终端设备复用为 2 Mbit/s 的基群信号,再送至 PDH 或 SDH 通信设备。诚然,保护装置需要 64 kbit/s 的传输速率就满足正常运行的需要了,但通信终端设备一般同时承担着话路、中继、远动等语音信号,日常维护量较大,通信终端设备经常退出运行,使得复用的纵

联保护被迫退出运行。

笔者认为,可以在光电转换器内将保护信息直接转换为 2 Mbit/s 的基群信号,直接送至 PDH 或 SDH 通信设备。这样做理由如下:

1) 通信光设备和微波设备一般都有很高的传输带宽。目前只使用其中很少的通道,大量 2 Mbit/s 的基群通道闲置。况且,为了提高继电保护 64 kbit/s 数字通道的可靠性,很多情况下通信专业为保护通道配备了专用的 PCM 终端设备。如果保护采用 2 Mbit/s 通道方式,可以节省两端的 PCM 终端设备,不但不会造成通道资源的浪费,还可以减少通信设备的成本。

2) 减少了传输环节,缩短了传输延时,降低了故障几率,提高了保护用数字通道的可靠性,提高了纵联保护的可用率。

3) 减少了和通信设备公用部分,通信专业人员在终端设备上工作仅和话路、中继、远动等语音信号有关,不用考虑继电保护的特殊要求。

4) 提高继电保护数据传送通道的带宽,为研发新型保护原理创造条件。

采用 64 kbit/s 通道方式的优点是可以选用带主、备 2 Mbit/s 通道的通信终端设备。如果主 2 Mbit/s 通道出现故障,通信终端设备可以自动切换到备用 2 Mbit/s 通道。

目前,国内一些继电保护生产厂家已经制造出

可以将保护信息直接转换为 2 Mbit/s 基群信号的光电转换器,并开始投入运行。如果光电转换器能够有两个 2 Mbit/s 通道,可以自动切换,就更可靠了。

#### 4 结束语

继电保护和通信网络都是电力系统的重要组成部分,都为电网的安全运行服务。继电保护对通信通道的依赖性越来越大,只有两个专业在设计、施工、运行维护中通力协作,才能把继电保护的工作做好。

#### 参考文献:

- [1] DL/T 5062-1996,微波电路传输继电保护信息设计技术规定[S].  
DL/T 5062-1996, Microwave Circuit Transmission Protection Information Design Technical Stipulation[S].
- [2] 常凤然,高艳萍.纵联通道运行中的几个问题分析[J].继电器,2004,32(24):54-57.  
CHANG Feng-ran, GAO Yan-ping Analysis of Some Problems in Operation of Pilot Channels[J]. Relay, 2004, 32(24): 54-57.

收稿日期: 2005-02-22; 修回日期: 2005-05-11

作者简介:

陈明(1975-),男,本科,工程师,主要从事继电保护的运行维护管理工作。E-mail: qvyangxian@hotmail.com

### Discussion of digital channel for 500 kV power line longitudinal protection

CHEN Ming

(Ultra High Voltage Transmission & Transformation Subcompany, Hebei Electric Power Corporation, Shijiazhuang 050051, China)

**Abstract:** This paper introduces principle of digital channel for 500 kV line longitudinal protection from the viewpoint of the relay protection, including the interface way and clock relation of the protection device and the communication equipment, the needs of longitudinal protection to the channel performance, as well as influence of channel time delay to relay protection. It introduces the problems probably occurring in actual operation. The problems that should be noticed and the solutions in design, construction and maintenance are introduced. Fault seeking method and the way of 2Mbit/s digital channel transmit protection signal are also proposed.

**Key words:** longitudinal protection; digital channel; optical-electricity switch

### 标准使世界更安全

我们都希望生活在一个更安全、更安定的世界里。然而,地震、飓风、洪水、交通事故、传染病和工业事故,除了给人类带来物质损失以外,每年还导致成千上万的人员伤亡。为了应对这些威胁,国际标准提供了广为认可的解决方案。国际标准在防止和减少人员伤亡以及物质损失方面所起到的重要作用日益突出,标准在这方面的应用也更加广泛。

今年世界标准日的主题是“标准使世界更安全”。由国际电工委员会(IEC)、国际标准化组织(ISO)和国际电信联盟(ITU)这三大国际标准化组织所制定的国际标准构成了一个非常有价值的安全网络。

IEC、ISO和ITU所制定的国际标准适用于国家和区域使用和有效实施,有助于良好行为规范的推广和新技术的传播,同时避免由于国家安全和安全法规可能导致的新的贸易壁垒。有助于使我们的世界变得更加安全。三大组织当前制定的标准,正着重于解决21世纪所面临的新的安全问题。IEC、ISO和ITU将携手努力,为了一个更安全的世界共同制定国际标准。