

# 保护接口的调制原理及保护模式

刘爱国<sup>1</sup>, 白玉良<sup>2</sup>, 张剑<sup>1</sup>, 刘国建<sup>1</sup>

(1. 许继昌南通信设备有限公司, 河南 许昌 461000; 2. 许继集团有限公司, 河南 许昌 461000)

**摘要:** 保护接口目前大量应用于模拟和数字通信网中传输保护命令, 是继电保护系统的重要组成部分。描述了保护接口的调制原理及其各自的性能特点, 目的主要是加深了解它的基本功能即信号变换; 最后还介绍了保护接口的保护模式与继电保护装置的关系, 同时引入了它的几个重要参数: 保护命令的确认时间、展宽时间和评估时间以及与传输时间之间的关系, 以便我们在实际应用中更恰当地选择相适应的保护模式和参数, 使远方保护系统更可靠、更安全地运行。

**关键词:** 移频键控; 编码方式; 保护模式; 展宽时间

## Modulation principles and protection mode of teleprotection equipment

LIU Ai-guo<sup>1</sup>, BAI Yu-liang<sup>2</sup>, ZHANG Jian<sup>1</sup>, LIU Guo-jian<sup>1</sup>

(1. XJ Changnan Communication Equipment Co., Ltd, Xuchang 461000, China

2. XJ Group Corporation, Xuchang 461000, China)

**Abstract:** Teleprotection equipment for the transmission of protection commands is abundantly used in digital and analog communication networks. Teleprotection equipment is the important part of relay protection system. This paper describes the modulation principles and their features of teleprotection equipment. The main purpose is to understand the basic function i.e. signal transformation more deeply. The relation between protection mode and relay protection equipment is analyzed. And several important parameters of teleprotection equipment are introduced, including confirmation time, extension time, evaluation time and the relation between evaluation time and transmission time of teleprotection equipment, so it can select the suitable protection mode and parameters in application more appropriately, in order to operate the teleprotection system more reliably and securely.

**Key words:** FSK; coded way; protection mode; extension time

中图分类号: TM76; TM77

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2007)16-0015-03

## 0 引言

在输电网络中, 保护接口用于安全可靠的快速传输数个保护命令。依靠其具备的模拟和数字通道传输能力, 目前与继电保护装置配合大量应用于电力通信网中, 保证能够迅速的识别、隔离以及再处理电网的故障。为确保继保系统的可靠安全运行, 现在的保护命令路由主要是“载波+2M”、“光纤+2M”、双载波或双纤芯共存的双路由模拟数字混合网络。为此我们有必要了解一下保护接口的调制原理及其特点, 特别是与继电保护装置密切相关的保护模式。当前除了传统的“2+2”模式仍在部分应用外, 随着同杆并架线路的迅速增多, “3+x”模式被广泛采用, 目的是为了适应具有跨线路选相功能的主保护系统。

## 1 调制原理

### 1.1 移频键控

移频键控 FSK 是非编码方式, 属于非线性调制, 利用受矩形脉冲序列控制的开关电路对  $n$  个不同的独立频率源进行选通。原理框图如图 1 所示。

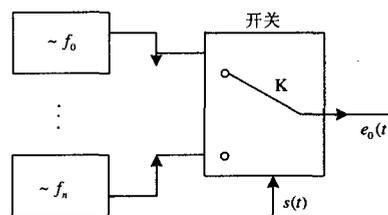


图 1  $n$  进制移频键控 (nFSK) 调制原理框图

Fig. 1 The modulation principle of nFSK

图中:  $s(t)$  代表保护命令信息的二进制矩形脉冲序列,  $e_0(t)$  即是 nFSK 跳频信号。

通常情况下,  $s(t)$  控制信息使  $e_0(t)$  一直输出

$f_0$  频率监视通道, 这就是我们经常提到的监频信号; 当检测到有保护命令输入时,  $s(t)$  控制开关 K 使  $e_0(t)$  输出对应的跳频信号  $f_i$ 。在使用的频率中, 每次只发送一个频率信号, 从而保证所有可用的传输功率都为单个频率所用, 并以此为保护信号提供最长的传输距离。由于电路实现比较简单, 所以采用 FSK 调制的保护命令传输时间最快, 可靠性也高, 常用于对传输时间要求较短的允许式、闭锁式保护。该类型保护接口与电力线载波机结合使用时, 传输时间最快小于 10 ms。

如果传输 2 个独立命令, 则需要  $n=C_2^1+C_2^2=3$  个跳频频率; 依次类推, 如果传输 3 个独立命令, 则需要  $n=C_3^1+C_3^2+C_3^3=7$  个跳频频率; 如果传输 4 个独立命令, 则需要  $n=C_4^1+C_4^2+C_4^3+C_4^4=15$  个跳频频率。由于电力线载波通信的特殊性, 仅在 0.3~2.0 kHz 带宽内编排 16 个频率是不现实的。现在最先进的保护接口最多编排 8 个频率。所以一台保护接口传输 4 个或 4 个以上独立命令时必须采用编码方式。

1.2 编码方式

1.2.1 并行编码

同时发送两个频率 ( $f_1+f_2$ ) 来传输一个有效信号, 如图 2 所示, 监频信号  $f_0$  停发。受信端根据同时完全检测出的两个频率确定为有效信号。这就显著地增强了保护接口的安全性, 也就是将接收虚假命令 (离散频率) 的可能性降到最小。理论上对信号功率来说, 双频率的同时传送缩短了传输的距离, 而编码信号保持了与非编码信号相同的传输时间。实际上为了加强其可靠性, 编码信号的传输时间要比非编码信号慢 4~5 ms。采用这种编码的传输时间已经做到 <15 ms。

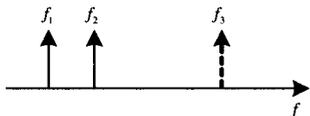


图 2 并行编码信号  
Fig. 2 The parallel coded signal

1.2.2 串行编码

交替发送两个频率 ( $f_1+f_2$ ) 来传输一个有效信号, 如图 3 所示, 监频信号  $f_0$  停发。受信端根据完全检测出的两个频率时隙确定为有效信号。由于是有规律地双频率时隙, 因此也大大增强了保护接口的安全性。但是, 串行编码是在两个离散频率间的切换, 在强白噪声干扰情况下可靠性方面要低于并行编码。对信号功率来说, 双频率的交替传送保证了与非编码信号相同的传输距离, 而编码信号的传

输时间却大打折扣。采用这种编码的传输时间一般 <30 ms。值得一提的是, 混合原理保护模式中快速命令通常采用 FSK 方式, 慢速命令采用编码方式, 然而当快速命令和慢速命令要求同时传送时, 信道必然采用编码方式, 这时的传输时间对于快速命令已远远不能满足要求。

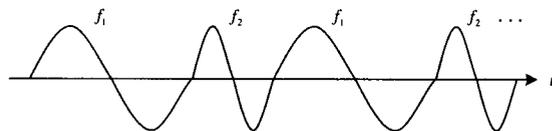


图 3 串行编码信号

Fig.3 The serial coded signal

1.3 数字帧

当采用数字路由传输时, 有效保护信号首先生成最高优先权的数据流, 信息长度一般为 40 bits, 数据帧格式如图 4 所示。然后数据流按照匹配的数字接口标准编码传输, G703.1 (64 kbps) 标准通常采用 AMI (传号交替反传码) 传输码, 传输时间 <5 ms; G703.6 (2 Mbps) 标准通常采用 HDB<sub>3</sub> (三阶高密度双极性码) 传输码, 传输时间 <3 ms。如果采用 SFP 模块进行光传输, 传输距离一般在 2~150 km, 传输时间 <3 ms。

Bit 1-8	Bit 9-16	Bit 17-24	Bit 25-32	Bit 33-40
Sync	Type n	ADR	CMD	CRC P

Sync 帧同步信号; Type n 信息类型, 依次决定优先权; ADR 设备地址  
CMD 命令信息; CRC 循环冗余检验; P (奇) 校验。

图 4 数据帧结构

Fig.4 The data frame structure

2 保护模式

在保护接口中, 保护模式是用来表征命令信号的传输数量以及各命令组合逻辑关系的集合。

传输三个或三个以下独立命令信号时通常采用 FSK 方式, 此时一般用于主保护; 传输四个或四个以上时有的保护模式采用混合 (FSK+编码) 方式, 有的完全采用编码方式。

原来对于单回线路, 采用最多的是“2+2”保护模式, 其中第一个“2”指快速两命令, 采用 FSK 方式, 用于传输距离、方向主保护, 侧重于传输时间和可靠性; 第二个“2”指慢速两命令, 采用编码方式, 用于传输远跳保护, 更侧重于安全性。

现在随着同杆并架线路的增多, 为了避免跨线故障误跳双回线路, 主保护通常采用具有跨线路选相功能的全线速动保护, 例如分相电流差动, 这时保护接口相应的也采用“3+x”模式, 其中“3”指

分相保护,“x”指远跳命令。分相保护是一种特殊的模式,分相跳闸 A、B、C 三个命令分别对应 A、B、C 单相故障,当有两相或三相同同时故障时,需要三相全跳。继保装置中若存在三相全跳逻辑,保护接口需要完全独立的四个命令来完成传输;若不存在三相全跳逻辑,保护接口可以采用三个命令实现,也就是当有两个或三个保护信号输入时,对侧 A、B、C 全输出或出第四个 D 命令。表 1 是云南省墨江变至玉溪变 500 kV 同杆双回线路采用的“3+1”模式的逻辑关系。

表 1 “3+1”模式的逻辑关系  
Tab.1 Logical relation of “3+1” mode

类别	继保装置发	保护接口发	保护接口收	继保装置收	实际意义
主保护	A 命令	A 命令	A 命令	A 命令	跳 A 相
	B 命令	B 命令	B 命令	B 命令	跳 B 相
	C 命令	C 命令	C 命令	C 命令	跳 C 相
	A+B, A+C, B+C A+B+C	A+B, A+C, B+C A+B+C	A+B+C	A+B+C	三相全跳
远跳	E	E	E	E	直跳

值得注意的是上面的继保装置对 A+B、A+C、B+C 和 A+B+C 并没有合成为另一个命令 D,而是原原本本地送给保护接口,保护接口照旧发至对端,由其接收支路自动判别为 A+B+C 输出,然后送给继保装置执行是否三相全跳,很明显这种变换逻辑是由保护接口完成的。

另外对于保护接口的开发和应用我们会经常涉及到有关于时间范畴的几个重要参数,这里也作逐一介绍。第一是保护命令的确认时间,也就是保护接口的最小有效命令脉冲宽度,一般大于 1 ms;第二是保护命令的展宽时间,其中又分为命令输入展宽时间和输出展宽时间,南方电网统一规定:“主保护命令输入、输出展宽时间均设置为 0 ms,远跳命令输入展宽时间须为 0 ms、输出展宽时间为 100 ms”,主保护命令这样设置是为了保证保护接口提

供一个完全透明、无失真的传输通道,而远跳命令输出增加 100 ms 展宽时间是为了保证其可靠接收;第三是评估时间,这个时间产生在保护接口的接收支路中,数字信号的评估时间<FSK 信号的评估时间<并行编码信号的评估时间<交替编码信号的评估时间,因为数字信号的评估时间主要是 CRC 校验时间,而模拟信号的评估时间主要是跳频信号的数字滤波及判别时间,这也是复用载波通道的传输时间高于复用 2 M 通道的传输时间的主要原因。

### 3 结束语

通过以上分析,希望能够加深对保护接口的认识,为更加有效的研究开发和利用提供借鉴的机会。

### 参考文献

- [1] 樊昌信,詹道庸,徐炳祥,等.通信原理[M].北京:国防工业出版社,1995.  
FAN Chang-xin, ZHAN Dao-yong, XU Bing-xiang, et al. Communication Principle[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 1995.
- [2] 韦宇宁.载波机复用保护信号命令传输方式的分析和比较[J].广西电力,2003.  
WEI Yu-ning. Analysis & Comparison of Transmission Mode of Alternate Protection Signal in Carrier[J]. Guangxi Electric Power, 2003.
- [3] 谷平.电力线载波通信在南方电网的应用和发展[J].电力设备,2004,5(8):83-84.  
GU Ping. Application & Development of Power Line Carrier Communication in South Power Net[J]. Electrical Equipment, 2004, 5(8): 83-84.

收稿日期:2006-09-11; 修回日期:2006-12-04

作者简介:

刘爱国(1976-),男,助理工程师,长期从事电力系统通信系统设计;E-mail:Aiguo.Liu\_XC@163.COM

白玉良(1963-),男,工程师,从事保护系统应用研究;

张剑(1977-),男,助理工程师,长期从事电力系统通信系统设计。

### 书讯

在电力科技专著出版基金的资助下,由清华大学电机系康重庆、夏清、刘梅撰写的《电力系统负荷预测》一书,2007年7月由中国电力出版社出版。该书是清华大学电机系近10余年以来在负荷预测方面研究成果的总结,主要探讨电力系统负荷预测的概念、原理、模型、方法及其应用效果,并着重分析了做好负荷预测工作的理念和各种理论与方法的应用方式。全书分为负荷预测总论、中长期负荷预测、短期负荷预测3篇,共20章,44万字,可供电力规划、计划、调度、市场交易、营销(用电)等专业技术人员和管理人员、高等院校有关专业教师、研究生和高年级本科生阅读参考。