

新型远方保护音频传输装置的研究

许昌继电器研究所 郑学生 朱延璋 李洪波

摘要 本文介绍了 YPC-500F6 远方保护信号音频传输装置,该装置是在综合吸收国外同类先进产品的基础上,结合我国继电保护系统的特点而设计的。采用了西门子公司最新产品 SWT500F6 的先进技术原理:键控移频 F6 调制方式及脉冲噪声抑制技术,极大的增强了装置的抗干扰能力;采用优先权编码方式,解决了多个命令信号的传送问题,具有完善的环路检测电路;通过对未占用信号频带的噪声信号进行加权处理检测;用监频信号消失、信号电平低落、S/N 比告警作用于收信命令输出回路,保证了装置在各种不利情况下具有极高的可靠性和安全性。

关键词 远方保护 键控移频 优先权编码 音频复用

1 前言

电力系统继电保护的主要任务就是在电力系统发生故障时,以尽可能短的时间有选择地切除故障线路或设备,保证电网安全稳定运行。随着输变电设备容量的不断增加及高压超高压电网之间的联系越来越紧密,要满足这一高标准的要求,就必须借助于远方保护信号传输装置来完成。

继电保护信号的传送可采用专用信号传输装置,也可以通过各种传输通道(如电力线载波、微波、光纤等)与话音、远动等其它信号共用一个 4kHz 标准音频频带传送,即音频复用保护信号传输通道。

采用音频复用时,必须把继电保护装置发出的信号变换成适合话音通道传输的信号方式,并且从速度、安全性、可靠性三个主要方面满足继电保护对信号传输的要求。

音频复用方式的主要特点是可以节省频带和设备,有利于保护信号传输通道的双重化,并且具有极强的抗干扰能力。

YPC-500F6 型远方保护信号音频传输机是在引进西门子公司 SWT400F6 及最新产品 SWT500F6 的基础上,结合国内继电保护的具体要求开发研制的新型保护信号传输设备,可用于快速可靠地传送电力系统中多个相互独立的继电保护信号(允许式,闭锁式和远方跳闸信号)。

2 装置总体方案的构成

如何克服电力系统中的各种信号干扰,保证保护信号的传输在最不利的情况下,具有较高的安全性和可靠性是 YPC-500F6 远方保护信号音频传输机设计中首先考虑的问题。采用键控移频 F6 调制方式,对脉冲型干扰信号进行了有效地抑制;采用优先权编码方式,解决了多个命令信号的传送问题。装置电路设计采用 TTL 集成电路元件、抗干扰性能强,可靠稳定;采用 LC 无源滤波器,石英晶体振荡器,温度特性好,性能稳定。原理图见图 1。

* 圆中数字表示插件在机箱中的安装位置

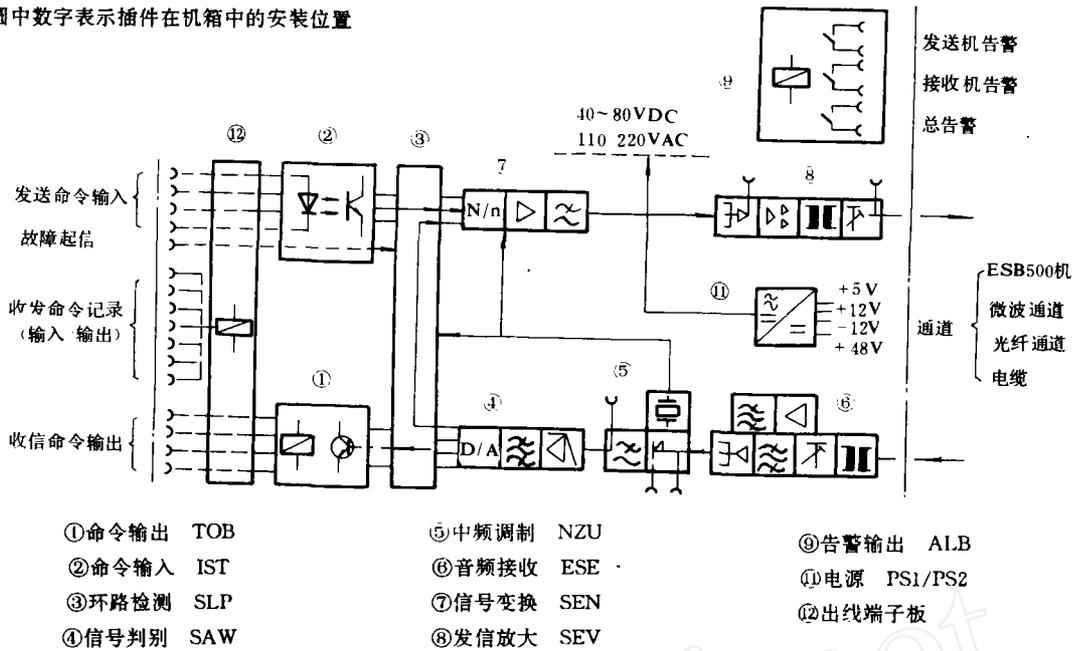


图 1 YPC500F6 原理框图 (单路机)

发信命令输入信号经光电耦合隔离后进行多命令编码处理(包括优先权编码),然后控制数字频率变换器进行键控移频,完成多个命令信号的频率变换,最后经放大器放大后送出。

对于接收支路,输入信号首先经接收选择组件进行带通滤波、导频独选、放大限幅后进入中频变换,音频信号经与中频信号混频后,由低通滤波器取出下边带调制信号完成中频调制以便进行信号判别处理。在信号判别组件中,信号首先被放大限幅,窄带滤波器分离后进行噪声信号加权处理及编码检测(1/n)、信号延时判别,最后由环路检测解码后推动命令输出继电器动作,输出命令信号。

环路检测电路可以在极短时间内测试整个传输通道及对端装置是否正常工作,并给出信号,当线路发生故障,命令信号到来时,自动中断已经启动的环路检测,以便处理保护信号。

装置中设有完善的监视回路,当收发信号支路电平异常、电源电压异常,S/N 过低时能及时给出告警信号。

装置具有命令收发计数器,可对收发命令计数、以便于事故分析。

3 多命令信号的传送——优先权编码

在近代超高压输电线路保护中,由于要求继电保护设备和信号传输通道采用双重化,以及远方切机、远方跳闸等实时控制信号传输信息量的增加,使得电力线载波通道越来越拥挤,频率安排更加困难,因而如何利用较少的通道和设备传送较多的命令信号,越来越引起人们的广泛关注, YPC-500F6 装置在国内首次采用的优先权编码方式较好地解决了这一难题。

采用键控移频方式,若要传送 n 个独立的命令信号,就需要传送 $m=2^n$ 个频率信号,其中包括一个监频信号频率。对于两命令方式,需要四个频率信号,对于三命令方式,需要八个频率信号,对于四命令方式,则要求 16 个频率。显然,要在 4kHz 的标准音频频带内安排 16 个移频信号,无论是从信号的检测处理,还是从传输时间的要求方面考虑都是难以实现的。

那么,能否根据继电保护信号的特点和要求,用较少的频率信号,在保证传输时间、安

全性、可靠性的前提下，最大程度地满足继电保护的要求呢？

对继电保护系统来说，不同系统（如两个三相系统）或同一系统不同性质的保护命令（如方向距离、跳闸、远切）极少同时发出，并要求传送。这里的同时是指在 10^{-3} 秒数量级内发生，当保护信号分别到达时，那个命令信号到达就用其对应的频率信号代表它发出；当有两个或两个以上的命令同时到达时，按照保护信号的性质（传输时间，是否主保护等）依次发出——这便是优先权编码方案的基本设计原则。

对于四命令优先权编码方式。用频率 f_1, f_2, f_3, f_4 分别代表命令 1、2、3、4。命令 1 为第一优先权，命令 2 为第二优先权，命令 3、4 次之。当这四个命令同时到达时，先发命令 f_1 （收信延时约 16ms），然后发 f_2, f_3, f_4 频率信号，其命令输出状态见图 2：

此外，为了适应分相保护，还可以按下述编码方式传送三个命令信号。

当三个命令信号分别到达时，分别由频率 f_A, f_B, f_C 发出，当两个或三个命令一起到达时，发出频率 f_0 ，因为对于一个三相系统，当两相故障时，单相不能运行，需跳三相，而没有必要区分是哪两相为故障相。

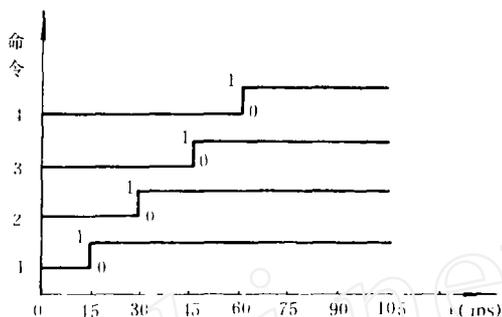


图 2 四命令优先权编码同时传送时序

4 数字频率变换技术

YPC-500F6 装置采用键控移频 F6 调制方式在任何情况下只发送一种频率信号，以便更有效地利用发信机放大器的输出功率和采用噪声抑制技术。

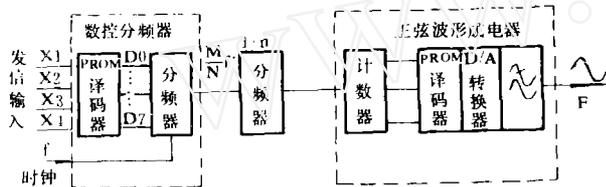


图 3 数字频率变换器原理框图

在无命令信号传送期间，发送监频信号 f_G ，当命令信号到来时，从频率 f_G 移到命令信号频率，实现多个命令信号频率之间的移频。若采用 LC 器件完成移频，不但稳定性差，而且由于波形畸变，延时加长，不利于信号处理。采用程控分频及 D/A 转换是实现多信号频率变换的理想方法。其原理框图见图 3。

程控分频器的输出频率 $F = (M/N) \cdot f_0$ ，分频系数 M 和 N 是输入控制信号 X_1, X_2, X_3, X_4 的函数，由可编程存储器 PROM 确定，信号经分频器到达正弦波信号形成电路，变换成音频信号。

5 噪音信号的处理

输电线路最主要的干扰是电晕放电噪声和由于电力系统开关设备操作，线路故障及雷击引起的脉冲型干扰。电晕放电噪声是线路带电部分电晕放电的结果，其特性近似白色噪声，对于远方保护来说，这种噪声的影响并不严重，考虑到传输保护信号在较短时间内所要求的可靠性，比电晕放电电压高得多的干扰脉冲在远方保护信号传输装置的设计中则必须认真对待。

有关文献^[1,2]指出，在传送键控移频信号的情况下，通过宽带滤波、限幅再进行窄带滤波，可对脉冲型干扰进行有效地抑制；

若: B (Hz) ——限幅器前宽带滤波器的带宽

N (脉冲个数/秒) 噪声的脉冲密度

b (Hz) ——限幅器后窄带滤波器的带宽, 其中 $B > N$, 则在强脉冲干扰存在时, 最坏情况下的 S/N 比为:

$$S/N = \frac{B - N}{N \cdot b}$$

图 4 给出了 YPC-500 信号判别原理框图。

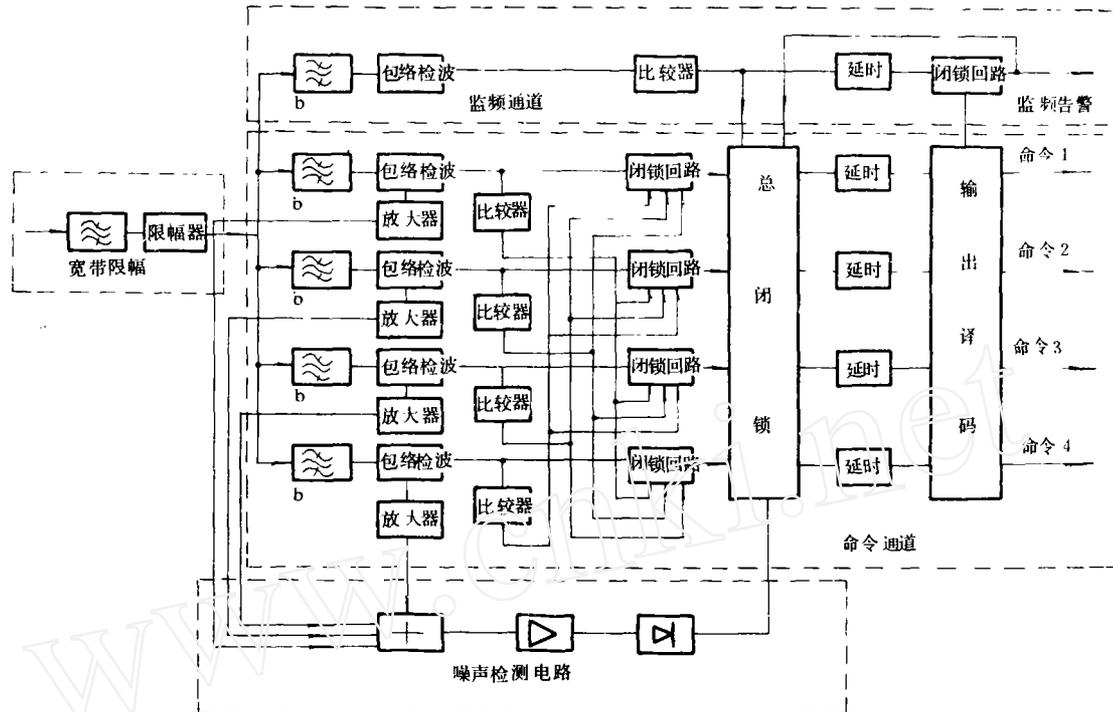


图 4 信号判别原理框图

从原理框图中可以看出:

(1) 当各信号分离支路带内噪声分量加权和达到一定程度时, 闭锁各信号输出回路, 防止误动。

(2) 根据 F6 调制原理, 由于在任何时刻, 发信机仅发送一单频率信号 (n 取 1), 则在正常情况下, 接收机各命令支路同一时刻只能有一路信号命令输出, 当由于强脉冲干扰造成两路或两路以上有信号输出, 则判为干扰, 同时闭锁各命令输出。

(3) 监视信号的存在, 将闭锁各命令输出回路, 导频消失是命令信号输出的必要条件 (10ms 内有效)。

6 环路检测

YPC-500 装置中设有完善的环路检测电路, 以便于对装置自身及传输通道进行检测, 可在极短的时间内检测本端及对端机内各种编程是否正确, 传输通道是否正常。当系统发生故障保护命令到来时, 自动中断已经启动的环路检测, 传送保护信号。

进行环路测试时, 首先从实验站向对侧发出测试频率信号, 对侧站收到此测试信号后, 立即闭锁命令输出端, 同时向实验站返送测试信号, 该信号闭锁实验站命令输出端, 然后实验站开始发第一个命令信号, 对侧站接收到该命令信号后立即转发第一个命令信号, 若在设定

福建 1992 年 11 月 1 日一次故障得到的几点启示*

许昌继电器研究所 朱景云

笔者于去年 12 月份到福建电力局惠安和笏石变电站与设计院的同志一起检查 220kV 笏石—惠安 I 回线上微机保护工作的情况。有机会了解到 1992 年 11 月 1 日在 220kV 林中至笏石 II 回线上发生故障时保护动作情况。与他们共同试验微机保护与收发信机的动作特性,得到了几点启示。或许会对今后微机保护运行有参考意义,特将它整理出来加以介绍。限于水平,希望得到专家们批评指正。

1992 年 11 月 1 日 17 时 14 分(此为惠安侧记录,笏石侧记录为 1992 年 11 月 1 日 17 时 16 分)在 220kV 林石至笏石 II 回线上距林中侧 6 号杆塔 C 相铁梯翻倒缩小对地距离,引起一次永久性对地故障,两侧保护正确动作将故障

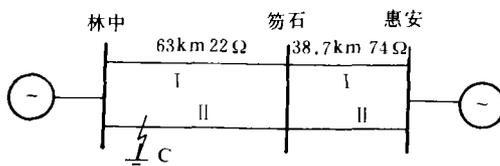


图 1 林中—笏石—惠安系统图

线路切除。但在自动重合到故障线上时林石 II 回正确切除三相,而 220kV 笏石到惠安 I 回线上惠安侧的高频微机零序电流方向保护误动作,单侧跳开 C 相并自动重合闸成功。当林石 II 回线在笏石侧强送时因故障未消除,惠安侧高频微机零序电流方向保护又误动作跳闸重合闸成功一次。但当林石 II 线在林中侧强送到故障线路上,则惠安侧的高频微机零序电流方向保护正确地没有动作。这两次保护动作虽不正确,但由重合闸成功,不曾造成扩大跳闸的后果。此

时间内命令信号能返回实验站,则实验成功,发光二极管亮,紧接着完成第二、第三、第四命令信号的测试。若装置异常或通道中断(衰耗过大)将给出告警信号,另外,为了便于值班员的日常监护,F6 装置设有远方环路测试控制端子,可在值班室进行环路测试整个传输系统。

7 结论

综上所述,该装置在总体设计及电路原理方面,结合国内继电保护的特点,吸收了国外最新产品的先进技术原理,采用了最新集成电路及元器件,经国家继电器检测中心测试,证明方案可行,各项技术性能指标达到国外最新产品的水平,克服了国内该类产品抗干扰能力差,电路不稳定的缺陷,该装置的研制和生产将会进一步推动我国电力线载波复用技术的应用和发展,为电力系统继电保护和安全自动装置提供更加安全、可靠的信息传输通道。

参 考 文 献

- 1 Measure To Avoid Misinterpretation of Teleprotection Signals in spite of Noise and Disturbance in Power Line Carrier. Erwin Schumm Siemens AG
- 2 郑学生. 继电保护信号在音频复用通道中的可靠传输. 继电器, 1989, 1
- 3 SWT500F6 System with F6 Modulation for Transmission of Protection Signals for Direct or Indirect Remote Tripping. Siemens AG Documentation File.
- 4 Performance and Testing of Teleprotection Equipment of Power System, IEC 834—1 1988.

* 本文 1993 年 3 月收稿