

新型数字式音频保护接口设备的研究与实现

朱延璋, 许新国, 张磊

(许继昌南通通信设备有限公司, 许昌 461000)

摘要: 介绍了用 DSP 技术实现音频保护接口设备的方法, 并且从理论及样机测试结果论证了方案的正确性, 并针对设备性能及特点与模拟产品进行了比较。

关键词: DSP; 自适应技术; LMS 算法; 继电保护; 安全性; 可靠性

中图分类号: TM773, TM764.2 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2000)04-0044-02

1 引言

通信技术从模拟向数字的飞速发展推动了全新的应用领域中对各种系统和网络部件的设计, 经济上降低投资成本和减少维护费用以及对产品可靠性的更高要求推动了数字处理技术(DSP)在电力系统通信产品中的应用。

国外发达国家从 90 年代初, 已投入力量开发新一代的数字化电力系统通信产品, 如西门子公司的电力线载波机 ESB2000I, 以及音频保护接口设备 SWT2000F6; ABB 公司的 ETL 系列电力线载波机及 NSD 系列音频保护设备等, 目前, 已在国内部分 500kV 及 220kV 电力系统推广使用。其产品的性能在一定程度上代表着当今世界数字化产品的最高水平。因此, 研制和开发新一代的数字化产品, 是国内电力系统通信发展的客观需要。

本文介绍的新型数字式音频保护接口设备是在吸收西门子公司产品 SWT500F6 产品先进技术基础上, 应用数字信号处理(DSP)技术, 研制和开发出的既适应于模拟型电力线载波机传输, 又适应国内新型数字式电力线载波机传输的新型远方保护信号音频传输设备。

2 实现方案

为了保留西门子公司产品多命令信号传输的优势, 本方案仍采用西门子公司专利技术 F6 调制技术。选用美国德克萨斯(TI)公司的 TMS320C25 芯片来完成信号的调制和解调, 逻辑控制及环路检测功

能用软件实现。为了实现和通道的接口, 加入了发信放大及音频接收部分, 不仅实现了与通道的隔离, 而且也满足了不同通道对信号的不同要求, 与保护连结的接口部分, 采用美国进口高灵敏度继电器隔离, 动作速度快, 接点容量大, 从而保证了保护信号传输快速、可靠性高的要求。装置原理框图如图 1。

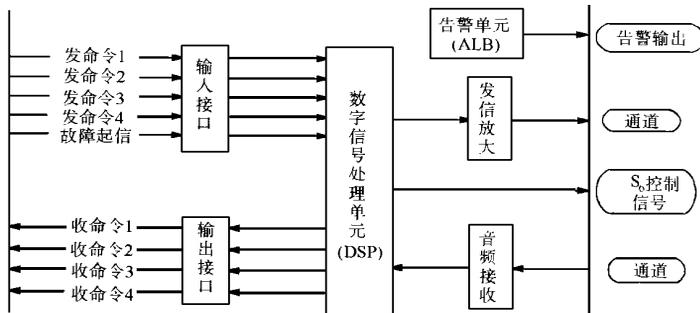


图1 数字式音频保护接口装置框图

3 解调原理介绍

通常 FSK 信号的解调方法可分为两大类: 即相干解调和非相干解调, 相干解调的方法虽好, 但实现起来较复杂而很少采用。在装置中采用自适应滤波(ADF)技术中的单频跟踪(SFT)技术实现 FSK 解调^[1]。这种解调方法兼有锁相和相干解调的功能, 适当调整跟踪步长可以获得较小的传输延时, 并获得较好的解调性能, 且非常适合于用 DSP 技术实现。在该技术中, 我们用自适应的 LMS (最小均方差) 算法来实现滤波器。LMS 算法是一种成熟的, 简单有效的自适应算法, 它可以在 5ms 以内输出正确的滤波结果, 完全能够满足继电保护系统的时间要求。

3.1 LMS 算法介绍

下图所示是一个自适应单频跟踪器(SFT)示意图, 我们利用 SFT 来推导 LMS 算法。

收稿日期: 1999-08-18

作者简介: 朱延璋(1964-), 男, 工程师, 从事数字式远方保护传输设备的设计与研究。

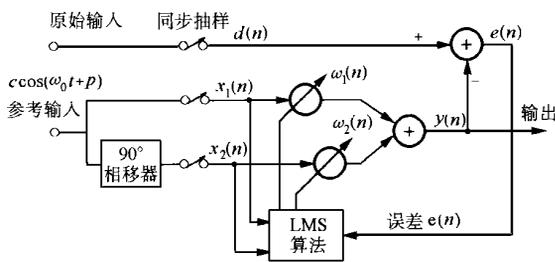


图2 自适应单频跟踪器

该图中的原始输入 $d(n)$ 中包含了需要跟踪的某一频率 ω_0 的信号,参考输入 $x_1(n)$ 为一纯余弦波: $c \cos(\omega_0 t + P)$, $x_2(n)$ 为一纯正弦波: $c \sin(\omega_0 t + P)$,它可通过 $x_1(n)$ 的 90° 相移得到, $\omega_1(n)$ 、 $\omega_2(n)$ 是 FIR 滤波器的权值。LMS 算法的思想是:用 $x_1(n)$ 、 $x_2(n)$ 的加权组合值 $y(n)$ 作为对 $d(n)$ 的估计,以估计误差 $e(n)$ 的均方值作为代价函数,要求不停地调整权值使代价函数达到最小值。具体的推导如下:

$$e(n) = d(n) - y(n) = d(n) - [x_1(n)\omega_1(n) + x_2(n)\omega_2(n)]$$

$$J = E[e^2(n)] = E[(d(n) - \vec{X}_n^T \vec{W}_n)^2]$$

这里,我们用 $e^2(n)$ 代替 $E[e^2(n)]$ 加以简化,要找使 $e^2(n)$ 小的 $\omega_1(n)$ 、 $\omega_2(n)$ 值,按照最小梯度估计法:

$$\vec{W}_{n+1} = \vec{W}_n - u \nabla_n J$$

其中梯度 $\nabla_n J$ 为:

$$\nabla_n J = \begin{bmatrix} \frac{\partial e^2(n)}{\partial \omega_1} \\ \frac{\partial e^2(n)}{\partial \omega_2} \end{bmatrix} = 2e(n) \begin{bmatrix} x_1(n) \\ x_2(n) \end{bmatrix} = -2e(n) \vec{X}_n$$

综上所述,单频跟踪器的 LMS 算法迭代加权公式为:

$$\omega_1(n+1) = \omega_1(n) + 2ue(n)x_1(n)$$

$$\omega_2(n+1) = \omega_2(n) + 2ue(n)x_2(n)$$

其中, u 是控制稳定性和收敛性速度的因子。

自适应单频跟踪器是一个高 Q 值窄带滤波器,具有很强的抗干扰能力,特别对高斯噪声,抗干扰性尤为显著。因此,当我们用 SFT 完成音频信号的 FSK 解调时,就能保证解调器具有良好的性能。

3.2 自适应 FSK 解调原理

自适应 FSK 解调是基于自适应滤波原理的解调方法。在多命令远方保护信号音频传输系统中,

FSK 信号的调制频率有 6~7 个设为 $f_1, f_2 \dots f_6, f_7$ 。解调时,通过 LMS 算法分别跟踪 $f_1 \sim f_7$ 的七个频率信号,对输出进行取包络、积分清洗、取样判决后,就可获得解调输出。中值滤波的作用是去除高频分量,取出低频分量,从而取出信号包络。为了获得最佳判决,应采用积分法清洗和比较判决。

另外,在实际应用中,多命令输入远方保护信号音频传输装置的音频信号有较宽的输入电平范围,一般要求在 $-30 \sim 0\text{dBm}$ 之间。对这种输入范围较大的 FSK 信号进行解调,采用固定的判别门限显然是不合适的。我们改进了 LMS 算法,使它可以自适应地跟踪输入信号的幅度范围,根据跟踪到的幅度构造了一个动态门限,这样,当输入信号幅度变化时,判决门限也随之改变,从而完成宽范围的信号解调。

3.3 自适应解调性能的计算机模拟

计算机模拟结果表明^[2],对输入的音频信号进行自适应跟踪,3~4ms 后就得到正确的跟踪输出,速度很快,适应多命令远方保护信号音频传输系统对传输延时的要求。另外,由每个自适应跟踪器 SFT_{*i*} ($i=1 \sim 7$) 的跟踪结果可见,尽管输入信号中噪声很大,但落入 SFT 内的噪声能量却很小,证明了 SFT 有很强的抗噪声能力。另外还可发现 SFT 只跟踪某单一频率,对其它频率不敏感,而且还能跟踪相应频率的相位、幅度,可在稳态时达到与输入分量同频、同相、同幅,具有相干解调的功效,性能优越。

4 设备性能与特点

通过对实验样机的测试表明:用 DSP 和自适应滤波技术实现的数字式的音频保护接口设备与模拟产品相比具有很大优越性。

1) 采用 DSP 技术后,设备的许多硬件电路(如环路检测,逻辑控制回路)用软件代替,整机硬件电路减少,可靠性提高。

2) 模拟型设备产品类型较多且需更换硬件电路实现,采用数字处理技术后,只通过设置不同软件即可改变产品类型,生产和调试极为方便。

3) 采用自适应单频滤波技术来完成信号的音频滤波与模拟 LC 回路滤波技术相比,滤波频带较窄,抗干扰能力强,而且可用 C25 汇编语言编程实现,不受器件参数改变的影响。

4) 采用两个连结插针,可以方便的实现四级 (0ms、2ms、4ms、6ms) 跟踪判别延时 (下转第 49 页)

厂站名称: 上花园
电压等级: 220kV
线路开关号: 2211
线路名称: 上侯一线

5 结束语

该系统作为电网故障信息处理系统,它以微型故障录波器为基础,只需增加少量硬件(自动上退电装置、串行口分配器、PC机等)即可形成故障信息处理的分站和接收该信息的总站,这样就提高了现有设备的利用率。同时,弥补了现有微机保护存储能力有限、掉电即易丢失故障报告的不足。通过远传联网系统可将其产生的各种报告,传至调度中心的中心站内,形成永久性的资料以利于长期保存。

该联网系统是一个开放式的、易扩展的故障信息处理系统。它与监控和远动系统易连接,是变电站综合自动化中继电保护及故障信息的分层系统,它可以适应新老各种变电站,为在一个电网中实现综合自动化提供了可能性。

该联网系统,能将所采集到的电网故障信息自动进行智能化的分层处理,并将对电网故障情况的分析判断结果及时送至电网调度中心打印输出,为调度中心提供科学依据。

参考文献:

- [1] 葛耀中. 继电保护技术的新进展. 继电器, 1998, (1).
- [2] 赵春雷, 赵自刚. 微型保护及录波装置联网方案的探讨. 继电器, 1998, (11).

A networking system of microprocessor-based protections and fault recorders

WANG Li-xin, GUO Deng-feng, ZHANG Xiao-chuan

(North China Power Dispatching Bureau, Beijing 100053, China)

Abstract: This paper summaries the information network which can process and transmit a lot of fault information. In this network, there are a great number of equipment including microprocessor based protective relays (LEP-901A, WXB11(C)) and fault recorders, and the network's application in Beijing-Tianjin-Tangshan Power Grid has been introduced in detail in the paper.

Keywords: GPS; microprocessor-based protection; fault recorder; networking

(上接第45页) 调整,满足设备不同安全性和可靠性的需要,以满足闭锁式、允许式、远方跳闸等保护方式的需要。传输时间在10~20ms范围内。

5) 命令输入部分,通过两个连结插针,实现四级(0ms、2ms、4ms、6ms)输入延时调整,在满足传输延时要求前提下,通过加入输入延时,提高命令输入端的抗干扰性能,避免由输入干扰脉冲造成的保护误动作,可以相对降低对输入控制电缆的处理要求。

5 结束语

总之,新一代的数字式产品,在保持模拟式产品

性能的前提下,使得产品的性能进一步提高,非常适应于电力系统快速、安全、可靠的要求,是该类产品的更新换代产品。

参考文献:

- [1] 胡爱群, 苏杰. 自适应FSK解调方法. 应用科学报, 1996, (6).
- [2] 周一青等. DSP技术在继电器保护信号传输的应用. 电力系统通信, 1998, (4).

Research and realization of a new digital audio protective interface equipment

ZHU Yan-zhang, XU Xin-guo, ZHANG Lei

(XI Changnan Communication Equipment Co. Ltd, Xuchang 461000, China)

Abstract A method which uses DSP technique to realize audio protective interface equipment is presented in this paper. Its correctness is proved in theory and test results. The functions and feature of the equipment are compared with that of analog equipment.

Keywords DSP; adaptive technique; LMS algorithm; relay protection; security; reliability