

上音频复用 1 200 bps 数据传输装置的设计与实现

王宏森¹, 王焕菊², 王奎甫¹

(1. 许继昌南通信设备有限公司, 河南 许昌 461000; 2 许昌职业技术学院, 河南 许昌 461000)

摘要: 通过对传统载波数据传输方式的分析, 介绍一种新型电力线载波数据传输装置, 采用八进制正交振幅调制替代频移键控调制, 实现上音频复用传输 1 200 bps 数据。并对所采用调制原理和优化设计、软硬件实现进行了论述。

关键词: 电力线载波; 八进制正交振幅调制 (8QAM); 频移键控 (FSK); 数字信号处理

中图分类号: TM73; TN913 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897 (2005) 12-0062-04

0 引言

随着电力生产和调度自动化建设的发展, 以及国家电网改造计划的实施, 作为电力生产和调度核心的各级输、变电站所的自动化建设已经成为电网改造的重要组成部分, 其中建立高可靠性、高传输速率的通信链路是实现电力生产和调度自动化建设的关键。另外随着现代通信技术的迅猛发展, 光纤、微波等宽带通信方式已经逐步取代了电力线载波通信在电力通信系统中的主要位置。作为一种公认的廉价、可靠的通信方式, 电力线载波通信迫切需要适应新的运行要求, 特别是数据传输要求, 只有这样才能有其生存和发展的环境和空间。

1 电力线传输信道的特性

电力线通信的传输媒介是各种电压等级 (35、110、220、330、500 kV) 的输电线路, 以载波频谱为 40 ~ 500 kHz 的范围内, 以 4 kHz 为一个基本发送或接收工作频带, 采用频分复用实现了多路载波信道。在每个载波信道内, 为实现话音和远动信息的传输, 同样采用了在 4 kHz 内频分复用的方法, 例如: 0.3 ~ 2.0 kHz 为话音信道, 2.4 ~ 3.6 kHz 为远动信息信道。

在电力线载波信道中, 存在电晕噪声和脉冲噪声两种类型, 其中电晕噪声为起伏噪声, 始终存在, 为信道的主要噪声。主要包括电力线线路相导线强电场作用下, 对周围空间游离放电引起的噪声, 绝缘子表面及内部放电等原因引起的噪声, 可近似看成在载波频谱内对频率均匀分布的白噪声。脉冲噪声主要来源于电力系统中断路器和隔离开关的操作, 大气放电以及系统短路故障等。其经过收信滤波器后, 在滤波器输出端所反映的特性, 与滤波器的通频

带宽度 f 及单位时间内脉冲的个数 n 有关, 若满足式 (1) 时, 其在载波信道也将具有白噪声性质。因此载波信道可视为带宽受限、功率有限的加性高斯白噪声信道 (AWGN)。

$$n > (6 \sim 10) f \quad (1)$$

2 数据传输模式现状与改进

自动化信息传输速率从 50 bps 到 2 400 bps 或以上, 目前多数采用 1 200 bps 的传输速率。其中 1 200 bps 的传输协议有两种: ITU - T V. 23 (1700 + / - 400 Hz)、BELL 202 (1700 + / - 400 Hz), 均为频移键控 (FSK) 调制方式。FSK 调制为二进制调制, 其数据速率也就是其传输符号速率, 在假定符号速率为 f_s 的情况下, 对于相位连续的 FSK 信号所占用带宽要求如表 1 所示。

表 1 相位连续的 FSK 信号所占的带宽

Tab 1 Bandwidth of continuous phase FSK signal

调制指数 h	归一化带宽 B/f_s	带宽 B
0.6 ~ 0.7	1.5	1.5 f_s
0.8 ~ 1	2.5	2.5 f_s
1.5	3	3 f_s

由此可见在相同调制速率下, 调制指数越高, 传输带宽要求越宽。由调制指数公式:

$$h = (f_2 - f_1) / f_s \quad (2)$$

可得 V. 23 调制指数最低为 2/3, 占用带宽为 1.5 f_s = 1 800 Hz。传统载波机一般以上音频复用方式传输 300 ~ 1 200 bps 的数据, 其上音频频带带宽最大为 1 600 Hz, 小于 1 800 Hz, 从而无法复用传输 1 200 bps 数据, 只能以专用方式传输, 无法提供语音通道, 这样增加了用户投资和使用维护量, 浪费了频谱资源。为了解决以上问题, 我们在 ESB900 载波机上研制了一种先进的数据传输装置, 该装置采

用八进制正交振幅调制(8QAM),可在上音频复用传输一路 1 200 bps或两路 600 bps的数据,采用专用方式时可传输一路 2 400 bps或两路 1 200 bps的数据,其数据传输容量为传统载波机的两倍,提高了频谱利用率,彻底改变了传统载波机只能专用传输 1 200 bps数据的模式,使得载波机可以满足数据、语音同时传输的需求,运行方式与传统载波机相同,便于使用和维护。同时新的数字信号处理技术的应用,也使得性能、可靠性有很大的提高。

3 8QAM 原理

正交振幅调制(QAM)是用两个独立的基带波形对两个相互正交的同种载波进行抑制载波的双边带调制。利用这种已调信号在同一带宽内频谱正交的性质来实现两路并行的数字信息传输,它是一种对载波幅度和相位的双重调制。QAM调制发送系统的原理图如图 1所示,发送比特流数据在信号映射内进行比特到码元的串并转换,将比特流转换成并行码元,然后将并行码元信息映射为正交载波的幅度、相位量。对于 M 进制 QAM,每个码元由 $\log_2 M$ 个比特组成(速率为比特速率的 $1/(\log_2 M)$),同时被分成两路(速率各为码元速率的 $1/2$)数据流 $x(t)$ 、 $y(t)$,分别与一对正交调制分量 $\cos(\omega ct)$ 、 $\sin(\omega ct)$ 相乘,求和后进行数模转换,经低通平滑滤波输出。与其它调制技术相比,QAM编码具有频带利用率高、抗噪声能力强等优点。

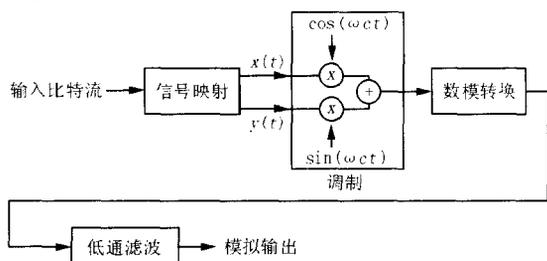


图 1 QAM 调制发送框图

Fig 1 QAM transmitter block diagram

3.1 信号映射的优化设计及其与调相方式(PSK)比较

信号映射完成比特到传输码元的转换,也是完成从数据到信号空间信号点的映射。由于调制方式的误码性能取决于信号空间中两个信号点之间的最小距离,选择一个最优的信号空间图非常重要。如图 2所示,给出 4种特定形式的 8QAM 信号空间图,是在两种信号幅度、且信号点之间的最小距离都等于 $2A$ (A 为比例常数)的情况下得到的,图 2中注明

的是系数对 (Q_x, Q_y) 的取值。在所有信号点等概率出现的情况下,信号集合的平均传输功率如式(3)所示。

$$P_{av} = \frac{A^2}{M} \sum_{k=1}^M (Q_x^2 + Q_y^2) \quad (3)$$

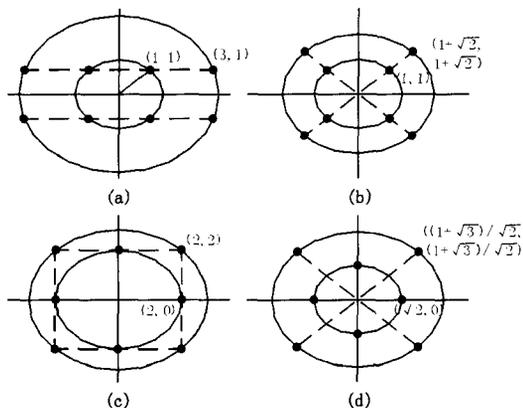


图 2 8QAM 信号空间图

Fig 2 8QAM signal spatial diagram

经过计算,可得 4种信号集合的平均功率分别为 $6A^2$ 、 $6A^2$ 、 $6.83A^2$ 和 $4.73A^2$ 。由此可见,为了保证信号点之间的最小距离等于 $2A$,信号集合所需要的平均功率以图 2(d)最小,图 2(a)和图 2(b)较大,图 2(c)最大,也就是说当信号集合的平均功率相等时,信号的最小距离以图 2(d)最大,故图 2(d)为最优的信号映射,也称为星型 8QAM。同样,比较 8PSK 图 3给出了其信号空间图,要保证图中各信号点之间的最小距离等于 $2A$,各信号点应等间隔地落在半径为 $2.61A$ 的圆周上。由式(3)计算信号集合的平均功率,可得 $6.83A^2$,结果与图 2(c)一样。可见在采用星型 8QAM 时,其为 8QAM 最优信号映射,性能优于 8PSK。

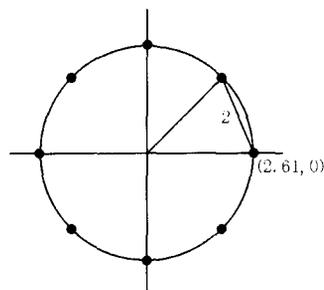


图 3 8PSK 信号空间图

Fig 3 8PSK signal spatial diagram

3.2 调制算法设计

调制是 QAM 系统中的重要组成部分,直接实现映射后信号空间各点信息对载波幅度、相位量的

改变,生成信道传输信号。在模拟信号处理中,将各点信号空间的坐标 $Q_x(t)$ 、 $Q_y(t)$,分别以坐标值乘以坐标对应的载波(设为 c), x 坐标 $Q_x(t)$ 乘以 $\cos(ct)$, y 坐标 $Q_y(t)$ 乘以 $\sin(ct)$ 。则相应的已调信号如式(4)所示:

$$x(t) = Q_x(t) \cos(ct) + Q_y(t) \sin(ct) \quad (4)$$

在数字处理情况下,所有信号均被离散化,调制处理将以下面方式进行。若已有采样速率 F_s 、载频 F_c 、 $kF_s = nF_c$ (k, n 为正整数),对 8QAM,则在码元速率 $1/3$ 的情况下,进行信号映射,得到信号空间点幅度序列 $Q_x(k)$ 、 $Q_y(k)$,鉴于数字处理的位长有限,特别是定点数字处理器的限制,需将信号空间点幅度以及两个正交载频 $\cos(ct)$ 、 $\sin(ct)$ 归一化。将归一化后信号空间点幅度 m_1 、 m_2 以及载波幅度存储在内部 ROM 中,通过查找表格的方式,产生信号映射的归一化幅度序列 $m_1(k)$ 、 $m_2(k)$ 和两个正交载频 $\cos(2kF_c/F_s)$ 、 $\sin(2kF_c/F_s)$ 。将归一化幅度序列 $m_1(k)$ 、 $m_2(k)$ (其值按照码元速率更新)按照抽样速率 F_s 分别乘以对应载频,结果相加,则得到相应的已调信号序列如式(5)所示。

$$x(k) = m_1(k) \cos(2kF_c/F_s) + m_2(k) \sin(2kF_c/F_s) \quad (5)$$

此序列 $x(k)$ 经 D/A 输出,生成 QAM 信号。

4 上音频复用 1 200 bps 数据传输装置的实现

4.1 上音频 1 200 bps 数据传输装置的硬件结构

本硬件结构如图 4 所示。由两部分组成:1 200 bps 调制解调器和编码调制解调器。其中 1 200 bps 调制解调器工作在物理层,对数据进行透明的 FSK 信号和 RS232C 数据之间的转换,模拟 FSK 信号经 1 200 bps 调制解调器转换后形成比特流,并且此调制解调器可以通过设置取消,以提供数字 RS232C 接口或与其他调制解调器配合使用;编码调制解调器与 RS232C 数据接口,工作在链路层,对接收到 RS232C 数据进行 8QAM 调制,在硬件构成上,以 ADUC812 为控制核心,可通过计算标准 RS232C 串口对系统电平、数据速率等参数进行设定;以 ADSP2181、AD1849 为调制系统,ADSP2181 为 AD 公司高性能 16 位定点 DSP,完成 8QAM 调制解调的信号处理工作,AD1849 为双路 CODEC,完成模拟数字转换工作。

4.2 软件设计

8QAM 调制的程序流程图如图 5 所示。

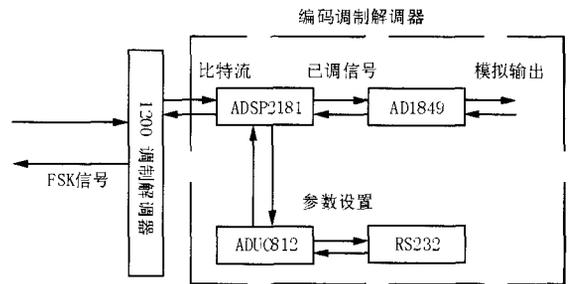


图 4 系统结构图

Fig 4 System architecture

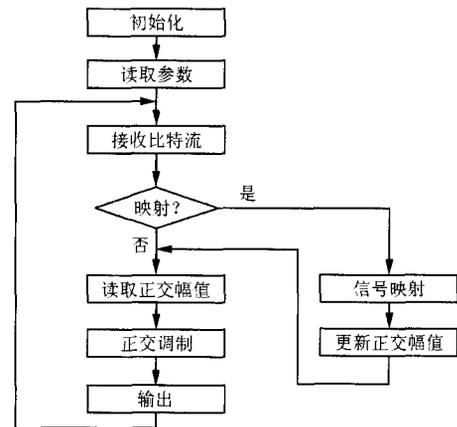


图 5 QAM 调制流程图

Fig 5 QAM modulation software flow chart

4.3 与原有传输系统比较

该装置采用 8QAM 调制解调后,与原系统比较如表 2 所示。

表 2 性能比较

Tab 2 Performance comparison

性能比较	现装置	原系统
传输容量	1 200 bps	600 bps
信噪比要求	16 dB	16 dB
抗累加噪声	数字再生,可多次转接	累加噪声,不可多次转接
可靠性	数字编码,可检错纠错	模拟透明传输
通道检测	常在线,可监测	数据传输时在线,无法监测

5 结束语

载波机上音频复用 1 200 bps 数据传输装置曾在广东电力通信中心电力自动化部门、通信部门配合下,分别在实验条件和线路传输状态下,进行了各种自动化规约下的传输测试。经过两周的测试,该装置成功传输了广东 POLLING、IEC101、部颁 101、IEC102、部颁 102 等多种规约下的数据,试验证明该装置工作可靠,免调试,使用方便,误码率低,数据传输情况良好。至今已在全国各地厂站广泛应用,现

场运行情况良好。

参考文献:

- [1] 袁世仁. 电力线载波通信 [M]. 北京:中国电力出版社, 1998
YUAN Shi-ren Power Line Carrier Communication[M]. Beijing: China Electric Power Press, 1998
- [2] Proakis J G 数字通信 [M]. 北京:电子工业出版社, 1998
Proakis J G Digital Communications[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 1998
- [3] Ahlberg J. Speech & Audio Coding[Z]. 2000
- [4] 樊昌信,等. 通信原理 [M]. 北京:国防工业出版社, 1995.
FAN Chang-xin, et al The Principles of Communications [M]. Beijing: National Defence Industry Press, 1995.

- [5] 郭梯云,等. 数据传输 [M]. 北京:人民邮电出版社, 1998.
GUO Ti-yuan, et al Data Transmission [M]. Beijing: People's Posts & Telecommunications Press, 1998
- [6] Li L, Divsalar D, Dolinar S Performance of a Coded Non-square Quadrature Amplitude Modulation Scheme [Z]. 2004

收稿日期: 2004-09-20; 修回日期: 2005-03-23

作者简介:

王宏森 (1977 -),男,工程师,从事电力系统通信产品的研究和开发;E-mail: hongmiaow@xjgc.com

王焕菊 (1956 -),女,高级讲师,主要从事机电方面的设计与教学研究;

王奎甫 (1963 -),男,高级工程师,从事电力系统通信产品的研究和开发。

Design and implementation on transmitting multipurpose 1 200 bps data in power line carrier channel

WANG Hong-miao, WANG Huan-ju, WANG Kui-fu

(XJ Changnan Communication Co., Ltd, Xuchang 461000, China;

2 Xuchang Vocational Technical College, Xuchang 461000, China)

Abstract: With the analysis of traditional data transmitting method in power line carrier channel, this paper introduces a new transmission device which adopts octal quadrature amplitude modulation instead of frequency shift keying to achieve the requirement of multipurpose 1 200 bps data transmitting. In addition, the paper discusses the modulation principle, optimized design, and software and hardware realization.

Key words: power line carrier; octal quadrature amplitude modulation; frequency shift keying; digital signal processing

贵广 II回直流工程攻关会战誓师大会胜利召开

2005年 5月 25日,许继集团与南方电网公司正式签订了“贵州 - 广东第二回 ± 500 kV 直流输电工程换流站设备(极二换流阀部分)供货合同。

为了保证工程质量,鼓舞员工士气,6月 10日下午,许继公司召开了“贵广 II回直流工程攻关会战誓师大会”。包括王总裁在内的攻关会战领导小组成员、指挥部领导、各执行小组负责人及员工代表共计 120多人参加了会议。电气公司副总经理、攻关会战副总指挥姚致清同志主持会议。

该工程攻关会战总指挥李总首先作了动员报告,并对项目团队提出了具体要求。

姚总介绍了贵广 II回直流工程的前期组织结构建设、里程碑计划的策划情况。八个执行组代表的发言把会议引向高潮。代表们豪情满怀,士气高昂,表达了自己的决心和信心,充分展示了参与项目的广大员工崭新的精神风貌,赢得了全场阵阵掌声。

王总裁在最后的总结讲话中再次强调了贵广 II回直流工程的重大战略意义,回顾了许继直流输电事业的发展历程。王总指出:质量是工程的灵魂,质量更是企业的生命,质量决定成败,大家都要重视质量。

会议在庄严的授旗、宣誓和签名仪式中圆满结束。