

便携式用电信息采集本地通信调试装置研究与开发

针对用电信息采集系统本地通信故障运行维护问题,研究开发了一套便携式现场调试装置,具备低压电力载波通信和RS 485通信测试分析功能。该装置主要包括载波通信模块、RS 485通信模块、耦合隔离电路、A-D转换器、数字信号处理模块和嵌入式处理系统等模块,可用于监测通信信号波形和频谱,检测现场通信噪声,分析通信内容完整性,进而判断用电信息采集终端和电能表通信功能是否正常。因此,设备可帮助使用者提高通信故障维护效率,提高用电信息采集系统数据完整率,具有较高的实用价值。

党三磊 张捷 刘健/广东电网公司电力科学研究院

在用电信息采集系统中,各类用电信息采集终端采集电能表等现场设备用电与计量信息,上传至用电信息采集系统主站,在此过程中信息交互主要分为本地下行通信和远程上行通信两种。低压电力线载波通信和RS 485通信是两种主要的本地下行通信方式,已经在国内用电信息采集系统中得到了广泛应用^[1]。

在用电信息采集系统的长期运行过程中,各种干扰因素常造成现场采集终端出现本地通信故障,这些故障现象原因可能是采集终端产品的本身通信问题,也可能是通信环境的干扰因素等多方面的组合问题。传统的信号分析仪、频谱分析仪等测试仪器虽然能够用来测试获取通信信号进行初步分析,但缺乏针对性,对使用人员的专业

技术水平要求较高。因此,迫切需要相应专业调试分析工具,帮助现场运行维护人员区分产品本身问题和通信环境的干扰因素,快速定位故障原因并消除故障情况,保证系统稳定运行^[2,3]。

针对以上情况,本文设计开发了一套用于用电信息采集通信现场调试的专用装置,具备低压电力载波通信和RS 485通信测试分析功能。该设备通过检测通信信号的波形和频谱,分析通信内容完整性,现场快速判断用电信息采集终端和电能表通信功能是否正常,可用于帮助使用者分析和处理通信故障。

用电信息采集本地通信组网

1. 用电信息采集系统

用电信息采集系统主要由主站系统、通信信道、现场终端和电表四部分构成,用电信息采集系统结构如图1所示。终端和主站的通信信道目前主要采

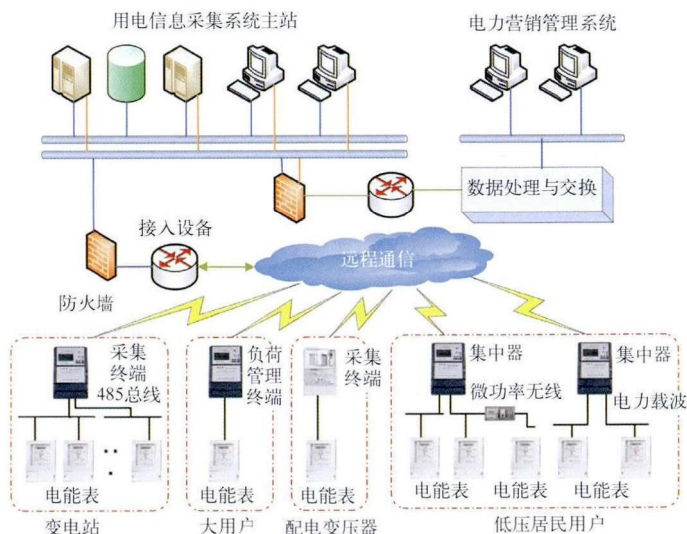


图1 用电信息采集系统结构



党三磊/工程师

关键词/Keywords

用电信息采集·
低压电力载波·
RS 485·
调试装置·

用GPRS/CDMA、230M无线电台,随着通信技术的发展,有向光纤网络发展的趋势。终端和电表的传统通信方式有RS 485、载波和小无线等,随着智能电网的发展,有条件的现场采用了宽带、电力光纤和宽带载波等通信方式。

2. 本地通信技术及常见故障

用电信息采集终端与电能表的通信方式主要有RS 485、低压电力线载波和微功率无线等,其中RS 485和低压电力线载波通信是使用最为广泛的两种本地通信技术。

(1) RS 485总线通信

该通信技术在—对平衡的互连电缆上传送差分信号,只需两根线便可双向通信,并可方便地构成一点对多点或多点之间的相互通信网络。但由于需要敷设专用通信线路,所以适用于电能表集中安装、工程施工方便和容易敷设通信线路的居民小区。RS 485通信—般使用专用双绞线,通信较为稳定,但也存在芯片老化、接触不良和断线等各种原因导致通信不畅的现象。

(2) 低压电力线载波

该通信技术将高频载波信息耦合至低压电力线中,以低压380/220 V配电线作为信息传输媒介进行数据传输。最大特点是不需要重新架设网络,只要有电线就能进行数据传递。但低压电力线作为供电通道,存在造成现场故障的各种干扰,包括线路阻抗变化、线路噪声过大、载波芯片损坏和耦合电路失效等^[4,5]。

调试装置硬件设计

为解决上述技术问题,本文设计开发了用电信息采集终端本地通信调试装置,其原理图如图2所示。该装置可判断分析采集终端与电能表的载波通信或RS 485通信功能是否正常,还可显示出通信信号的波形和频谱,两种功能结合帮助使用者分析判断采集终端的通信故障。

该设备主要功能模块包括载波通信模块、RS 485通信模块、耦合隔离电路、A—D转换器、数字信号处理模块和嵌入式处理系统。

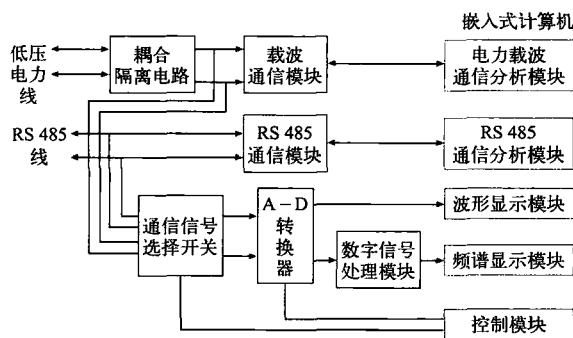


图2 调试装置模块结构图

(1) 主处理器

本装置采用ATMEL公司的ARM系列芯片AT91ASM7S256作为主控制芯片。芯片内置RAM和Flash,避免了大量引脚的外围电路的使用,可以有效降低系统复杂度,有利于提高系统可靠性。该芯片集成功能众多的外设电路,可以提供多路AD、UART、SPI和IIC等,可以用于系统设计中的信号采样、232通信、RS 485通信、红外通信、串行存储芯片(AT24C64)访问、DDS芯片(AD9835)控制和载波功率控制电路(DAC7611)控制等。

(2) 工频隔离与信号采样电路

主要由取样电容、隔离变压器、工频吸收、突波吸收和取样电阻构成。取样电容选用0.1 $\mu\text{F}/450\text{ V}$ 的MPX电容,用来隔离工频同时通过射频信号。隔离变压器为1:1变压器,电感量为1 mH,用于将系统悬浮同电力线隔离,充分保证使用者的人身安全;信号取样电阻是50 Ω ,为测试系统提供标准的接口阻抗。

(3) 信号滤波电路

信号滤波电路主要用来滤除50 K~500 K以外的射频信号分量,避免大功率的带外信号影响接收电路的动态范围。同时为了使输入信号的功率满足功率检测电路的要求,增加了一级30 dB衰减器。电路由一个7阶切比雪夫低通滤波器和一个7阶切比雪夫高通滤波器组合构成带通滤波器。选用切比雪夫滤波器主要考虑其过渡带陡峭,有利于抑制带外干扰信号,但其带内波动较大,通过

合理选择可以使其满足设计要求。

(4) RS 485与RS 232电路

非载波通信电路主要由主处理器的外设通信功能和相应的电平转换电路构成。RS 232、红外等主要用来调试采集终端的本地上行端口, 起动实验过程。RS 485接口主要用来调试485电能表等设备。

MAX485是最常用的485通信芯片, 采用单一电源+5 V工作, 额定电流为300 μ A, 采用半双工通信方式。MAX232用于TTL电平和标准232电平的转换。芯片采用单5 V供电, 避免了提供 ± 12 V电源的麻烦。TTL逻辑的串口信号输入芯片后同步输出 ± 15 V左右的232逻辑电平。

(5) 载波发送功率控制部分电路

载波功率控制部分电路由模数两个部分组成, 数字部分主要由DAC7611构成。为了能够实现60 dB的功率调节范围, 60 dB转换为线性等于B1000倍, 考虑到DA的非线性、量化误差等影响, 选用了12位DA用于电压调节, 其调节动态范围达到4 096倍, 可以满足设计要求。

软件功能设计

软件功能主要包括采集终端测试、电能表测试和辅助功能(信号检测、噪声分析)等处理函数, 分别完成采集终端、电能表的通信检测和电力线噪声分析功能, 采用C语言编写, 具有很高的编程和执行效率。

1. 采集终端测试功能实现

采集终端测试功能包括采集终端载波发射功率测试、接收灵敏度测试及噪声测试, 采集终端测试流程图如图3所示。由于采集终端在本地通信中一般作为主设备, 为此在现场调试中需通过红外、RS 232等通信接口与采集终端通信, 并在调试装置中开发了模拟表功能, 作为从设备与采集终端进行应答通信。

发射功率测试: 起动采集终端抄表命令, 调试设备监测采集终端下行载波信号, 采集载波模块的发射信号的功率电平, 经过校准计算转换为载波发射的绝对功率电平。

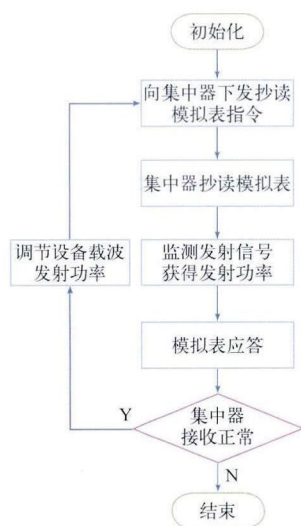


图3 采集终端测试流程

接收灵敏度测试: 通过采集终端抄读仪器内部模拟表的方式, 逐步降低模拟表载波模块的发射功率, 检测采集终端能否正常接收模拟表数据, 来判断采集终端载波模块的接收灵敏度。

采集终端测试功能界面设计如图4所示。

图4 采集终端通信测试界面

2. 电能表测试功能实现

电能表主要分为载波测试和RS 485测试两个方面, 载波电能表测试界面设计如图5所示。

图5 载波电能表通信测试界面

在载波通信功能测试模式下，首先由调试装置以载波模式下发抄表报文，同时等待载波表反馈信息，检测得到电能表载波发射功率。通过装置逐步降低抄表报文的载波发射功率，直至电能表不能正常接收抄表命令并正确应答，循环检测载波表接收灵敏度。

在RS 485测试模式下，调试装置通过RS 485下发抄表报文，分析电能表的反馈报文，同时检测RS 485通信链路的实际电压，供用户分析RS 485链路是否异常。

3. 辅助测试功能实现流程

辅助功能包括疑似信号功率检测功能和电力线电磁噪声监测功能。疑似信号功率检测功能主要用于检测电力线上，在用户设定的频段上是否存在疑似载波的信号，如果存在则检测出其功率并更新显示。

电力线噪声检测功能可以在50 K~500 K的频段范围内检测所有信号的功率，并以图形的模式动态刷新测量信息。其本质为一台低频频谱分析仪。可以方便用户分析噪声信号的时间特性、频段信息以及功率分布特性等。

试验与应用

按本文设计开发的本地通信调试装置已投入现场应用。图6为采集终端通信调试接线图，采集终端与调试装置通信端口采用RS 485，下行端口为载波。

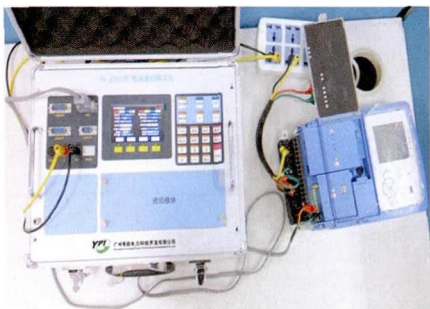


图6 采集终端通信调试

采集终端载波通道测试数据如表1所示。载波电能表通信调试接线如图7所示。

现场通信测试仪通过载波通信的方式测试载波

表1 采集终端主要通信参数

参数 终端地址	发送功率/dBuV	接收灵敏度/dBuV	噪声电平/dBuV
40046812	119.3	68.7	58.9
99909240	118.1	69.4	58.5
81410025	117.8	72.6	58.9
81410004	118.3	71.8	59.8



图7 载波电能表通信调试

表的发送电平和接收灵敏度，测试数据如表2所示。

表2 载波电能表主要通信参数

参数 表号	发送功率/dBuV	接收灵敏度/dBuV	噪声电平/dBuV
3300	117.6	71.5	58.5
3311	118.9	69.7	58.5
493340	118.5	72.3	58.3
493341	117.2	79.8	58.8

结束语

本文研究和开发了用于用电信息采集系统本地通信故障运行维护的现场调试装置。该设备现已投入使用，经过现场的实际使用的验证，可以有效判断采集终端和电能表的低压载波和RS 485通信接口实际通信能力，并可以有效地监测电力线上的噪声。通过对噪声频段、发生时间和是否连续等特征的分析，为维修、更换载波方案等提供科学决策的依据。设备给出的信息既有形象的图示，也有准确的数据，可以适应不同层次的用户使用。

本设备可以作为测试载波和RS 485通信产品现场实际通信能力的主要工具，还可以作为试验和改进产品通信方式的有效手段，对用电信息采集、电能的质量保证和运行维护起到重要作用。

(收稿日期：2014-12-13) EA