

智能电力网络仪表监测与分析

徐艳,熊昱凯,常雨芳*,汪露,谭野

(武汉理工大学自动化学院,湖北武汉430070)

摘要:针对电力系统中需要实时监测电量信息,选用具有RS-485串行通讯和标准Modbus协议的智能电力网络仪表,采用星型结构的RS-485总线实现多从站、长距离通讯.实验中采用Modbus协议通过RS-485总线与上位机计算机中的组态软件对智能电力网络仪表进行远程通讯监测,将各电力网络仪表的电量信息以数据表格的形式在组态软件的数据采集窗口中显示.将所采集到的符合IEEE 754标准的数据进行分析计算转换为浮点数格式,实现智能电力网络仪表监测分析.

关键词:Modbus协议;RS-485总线;组态;监测

中图分类号:TN919

文献标识码:A

doi:10.3969/j.issn.1674-2869.2012.05.014

0 引言

在电力系统中,用户使用电能的情况由智能电力网络仪表来监测,并同时将用户的用电信息传输到电力监测站,这个过程中可以采用RS-485总线^[1]实现多从站以及长距离或较长距离通讯.电力监控系统采用RS-485总线,具有设备简单、价格低廉、长距离通信等优点.同时,为了方便用户合理、有效、均衡地利用电能,避免电力系统出现用电负荷尖峰,提高系统的用电负荷效率,对用户端的电能计量装置进行在线监测具有重要的意义.

笔者采用RS-485串行通讯,并在总线传输时使用RS-485集线器与终端阻抗匹配构成星型网络拓扑结构,将实验所采用的3只智能电力网络仪表DW93-1000^[2]综合测量显示的电压、电流、有功功率、无功功率、频率、功率因数等参数,采用Modbus RTU通讯协议在上位机组态中的监测组态画面中完成通讯功能,实现上位机与智能电力网络仪表的数据交换.

1 RS-485 串行通讯

分布式工业控制系统和计算机网络中,在进行数据通讯时,通常会使用串行通讯来实现数据的采集和交换,串行通讯常用的接口标准有RS-232串口标准和RS-485串口标准2种.

在低速率串行通讯时增加通讯距离的单端标准称为RS-232串口标准.RS-232采用单端通讯,

收发端的数据信号都是对地信号,因此其共模抑制能力差,而且由于双绞线分布电容的存在,使得其传输距离较小,最高速率为20 kb/s,只能支持点对点通讯^[3].

针对RS-232串行通讯存在的问题,提出了RS-485串口标准.串口通讯的发送端将待发送的信号转换成两路差分信号A和B输出,经传输后再在接收端将两路差分信号重新还原成晶体管-晶体管逻辑(Transistor Transistor Logic,以下简称:TTL)电平信号.由于采用差分形式进行传输,传输线通常使用双绞线,所以采用以TTL电平和差分传输的方式进行串行通讯具有极强的抗共模干扰的能力且总线收发器灵敏度较高.RS-485具有较长的通讯距离,最高传输速率可达10 Mb/s.传输速率与距离成反比,在最小传输速率100 kb/s下,可以达到最大通讯距离^[1].

RS-485串口通讯采用半双工(在任意时刻,信息既可由A传到B,又可由B传到A,但只能在一个方向上传输)方式,支持多点数据通讯.RS-485串口总线的拓扑结构一般采用终端阻抗匹配结构,即用一条总线将各个进行串行通讯的节点串接起来,这种结构的RS-485总线不支持环形网络或星型网络.如果要使用星型结构,就必须在总线传输的终端使用RS-485中继器或RS-485集线器.

图1介绍了一种用RS-485中继器连接多个能进行RS-485通讯的仪表的结构.

收稿日期:2012-04-17

作者简介:徐艳(1988-),女,湖北郧县人,硕士研究生.研究方向:电力传动与分布式控制.

*通信联系人:常雨芳,讲师,博士研究生.研究方向:电力电子在电力系统中的应用.

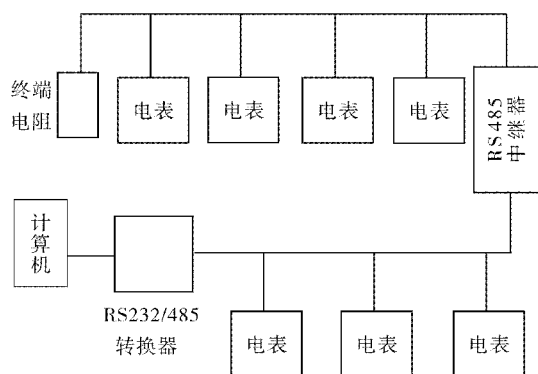


图1 带有RS-485中继器的总线结构

Fig.1 RS-485 bus structure with repeaters

在图1所示的总线分布结构中,由于RS-485总线受差分信号传输特点的限制,总线长度一般在1 200 m左右,而且布线覆盖面积十分有限(一般为几百平方米),为了拓宽传输距离采用了中继器。

在图1的基础上可以采用星型结构连接RS-485总线^[4],如图2所示.它采用独特的等位分差隔离技术和高效的总线分割集中技术,能有效解决工程布线中常见的地电位差异、阻抗匹配及雷击问题.同时,分割网段,提高了通信可靠性,当雷击或者设备故障产生时,出现问题的网段将被隔离,以确保其他网段的正常工作。

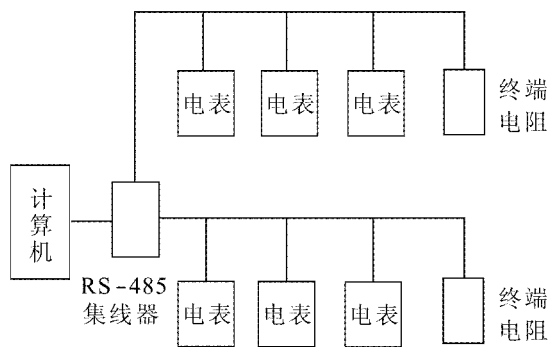


图2 星型结构RS-485总线

Fig.2 Star RS-485 bus structure

本研究采用图2所示的星型结构连接总线,使用3只智能电力网络仪表DW93-1000综合测量显示电压、电流、有功功率、无功功率、频率、功率因数。

2 RS-485总线对智能电表的监测

笔者利用智能电力网络仪表DW93-1000采集三站的电力参数,并通过RS-485与上位机监控进行通讯。

DW93-1000智能电力网络仪表采用松野公司生产的具有RS-485串行通讯和标准Modbus RTU协议的智能电力网络仪表DW93-1000。

监测系统采用北京昆仑通态自动化软件科技有限公司研发的,基于Windows平台的用于快速构造和生成上位机监控系统的监视与控制通用系统“MCGS6.2”,作为上位计算机的监控软件,选用智能电力网络仪表DW93-1000为通讯网络的从站. DW93-1000智能电力网络仪表和RS-485通讯总线^[5]均支持Modbus RTU通讯协议,通过在上位机组态中进行相关设置、构建监测组态画面来完成通讯功能,实现上位机与DW93-1000和RS-485总线的数据交换。

具体设置方法如下:

a. 在组态的设备窗口中定义串口父设备的参数,初始工作状态:1-启动;最小采集周期:10 ms;串口端口号:0-COM1;通讯波特率:6-9 600 Bd;数据位:1-8位;校验位:0-1位(偶校验);停止位:0-1位;

b. 每台DW93-1000和RS-485配置唯一的设备地址,地址范围为1~254,设备参数:初始工作状态:1-启动;最小采集周期:10 ms;设备地址:1、2、3;通讯等待时间:200 ms;

c. 建立实时数据库,定义通信数据的寄存器地址和数据类型:除系统内建数据对象为字符型以外,其他新建数据对象均为数值型。

图3为RS-485通讯的组态主画面,通过按钮切换至数据图4所示画面。

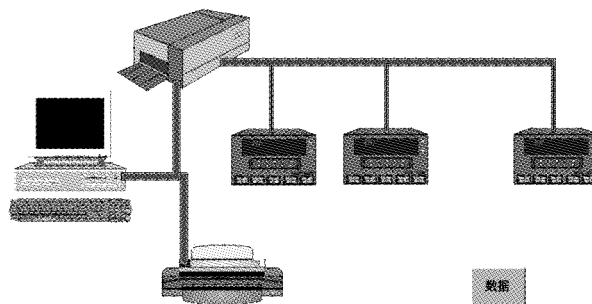


图3 RS-485通讯组态主画面

Fig.3 Main configuration of RS-485 communication

图3中,采用星型结构连接总线即一台计算机通过RS-485集线器连接3只DW93-1000智能电力网络仪表,将各仪表的数据以表格的形式在数据采集窗口中显示.其中,3只DW93-1000智能电力网络仪表测量三处电阻负载上的电量值,通过调压器使各电阻上端电压为11V,A站3只水泥电阻阻值为2.4Ω,B、C站水泥电阻阻值为10Ω。

在图4中,以表格的形式显示A、B、C三站的A相的电压、电流、有功功率、无功功率、功率因数和频率,各项数据以一位小数,零个空格的形式显示。

A站、B站、C站的电量信号采集表

各站电量	A站	B站	C站
A相电压	110	110	110
A相电流	110	110	110
A相有功功率	110	110	110
A相无功功率	110	110	110
功率因数	110	110	110
频率	110	110	110

图 4 组态的数据采集窗口

Fig. 4 Data acquisition configuration window

3 监测分析

将 A、B、C 站的数据通过 RS-485 总线与上位机的组态进行通讯,通讯的结果以数据表格的形式显示,如图 5 所示。

A站、B站、C站的电量信号采集表

各站电量	A站	B站	C站
A相电压	413.0	413.0	413.0
A相电流	3.0	3.0	52763.0
A相有功功率	160.0	591.0	50.0
A相无功功率	5000000.0	70003.0	90003.0
功率因数	50003.0	70003.0	90003.0
频率	4248.0	4248.0	4248.0

图 5 智能仪表的监测结果

Fig. 5 Monitoring result of intelligent meters

分别采集各站电压(U)、电流(I)、有功功率(P)、无功功率(Q)、功率因数角(φ)和频率(F),A站A相采集的数值分别为: $U_A = 413.0\text{ V}$, $I_A = 3.0\text{ A}$, $P_A = 160.0\text{ W}$, $Q_A = 5\,000\,000.0\text{ Var}$, $\varphi_A = 50\,003.0^\circ$, $F_A = 4\,248.0\text{ Hz}$. 分析A站A相的数据可知,上位计算机的组态软件采集到的数据不是直接以十进制数显示的,而是以 DW93-1000 智能电力网络仪表的原始编码显示,即所采集到的数据符合美国电气和电子工程师协会(Institute of Electrical and Electronics Engineers, 以下简称:IEEE)754 标准,若要实时显示各站电量需要对上位机采集到的数据进行处理。

IEEE 754 标准^[6]是由 IEEE 在 1985 年提出的.该标准规定基数为 2,阶码 E 用移码表示,尾数 M 用原码表示,根据二进制的规格化方法,最高数字位总是 1,该标准将这个 1 缺省存储,使得尾数表示范围比实际存储的多一位.实数的 IEEE 754 标准的浮点数格式有 3 种形式,如表 1 所示。

标准浮点数的存储在尾数中隐含存储着一个 1,因此在计算尾数的真值时比一般形式要多一个整数 1.对于阶码 E 的存储形式是 127 的偏移,所以在计算其移码时与人们熟悉的 128 偏移不一样,正数的值比用 128 偏移求得的少 1,负数的值多 1,为避免计算错误,方便理解,常将 E 当成二进制真值进行存储.例如:将数值 -0.5 按 IEEE 754

单精度格式存储,先将 -0.5 换成二进制并写成标准形式: $-0.5(10\text{ 进制}) = -0.1(2\text{ 进制}) = -1.0 \times 2^{-1}(2\text{ 进制})$,这里 $s = 1$,M 为全 0, $E - 127 = -1$, $E = 126(10\text{ 进制}) = 01111110(2\text{ 进制})$,则存储形式为:1 0111 1110 0000 0000 0000 0000 0000 = BF000000H(16 进制)。

表 1 IEEE 754 三种浮点数的格式参数

Table 1 Three kinds IEEE 754 floating-point parameters

类型	位数	阶码 E	尾数 M	十六进制	十进制
短实数	1 位	8 位	23 位	0x7FH	+127
长实数	1 位	11 位	52 位	0x3FFH	+1 023
延伸双精度	1 位	15 位	64 位	0x3FFFH	+16 383

一个实数 N 在 IEEE 754 标准中可以用

$N = (-1)^s \times M \times 2^E$ 的形式表示,其中:

s(sign)为符号位,决定实数 N 是正数($s = 0$)还是负数($s = 1$),对数值“0”的符号位特殊处理;

M(significand)为有效数字,为二进制小数,M 的取值范围为 $1 \leq M < 2$ 或 $0 \leq M < 1$;E(exponent)为指数,是 2 的幂,对浮点数加权。

根据以上的对 IEEE 754 的说明,可以将采集到的符合 IEEE 754 标准的 A 站的 A 相各电量数据进行处理,处理之后的值为:

A 相电压:41 300 000 \rightarrow 1.1011E1 = 11.011 V,
A 相电流:30 000 000 \rightarrow 0.4650E1 = 4.65 A,
A 相有功功率:16 000 000 \rightarrow 1.0339 = 1.033 9 W,
A 相无功功率:70 003 000 \rightarrow 1.586 9 = 1.586 9 Var,
A 相功率因数:50 003 000 \rightarrow 8.6025E - 1 = 0.860 3,
A 相频率:42 480 000 \rightarrow 5.0E1 = 50 Hz.

结合实验条件:A 站电压为 11 V,电阻为 2.4 Ω ,则电流为 $11/2.4 = 4.58\text{ A}$,与根据 IEEE 754 标准处理的数据相一致,因此上位机中组态软件中采集到的数据为各站智能电表实时采集的数据,即上位计算机通过 RS-485 总线与所采用的 3 只智能电力网络仪表进行串行通讯,可以实时显示各站的电量信息,能够实现对各站电力参数的监测。

由于采用 RS-485 总线,多台仪表在一根线上实现了互联,使安装和调试的费用大大的减少,系统的综合成本极大地降低.使用的通讯模式为 Modbus 方式,它采用 RS-485 接口,通讯距离为上百米到上千米,在多点互联时确实方便并且成本也较低,但是在某些场合它却不能满足需要,如需要和办公自动化(OA)实现无缝连接以及在不

同工厂间通信系统的连接等场合^[5]存在数据传输过慢的问题。

4 结 语

使用 RS-485 总线,能够实现多站联网,构成分布式系统,实现长距离通讯。同时可以对电能计量装置进行在线监测,对电表进行远方通讯等。笔者选用 DW93-1000 电表进行 RS-485 总线通讯,将采集到的 A、B、C 三站的实时电量信息与上位计算机的组态软件进行串行通讯,并对符合 IEEE 754 标准的各电量值进行分析计算,计算结果表明采用星型连接的 RS-485 总线可以实时显示各站的电量信息,能够实现对各站电力参数的监测。

参考文献:

[1] 郭永吉,王兴贵. Modbus RTU 模式下工控机与智能

仪表的通讯实现[J]. 甘肃科学学报,2008,20(1): 102-104.

[2] 松野电气(武汉)有限公司. DW93-1000 系列智能电量综合测量仪[EB/OL]. [2012-02-19]. <http://www.sokyotw.com/Simplified/ProductView.asp?ID=174&sortID=183>.

[3] 王琦,秦娟英,周伟. 用 RS-485 构成总线型多点数据采集系统[J]. 计算机自动测量与控制,2000,8(6):45-47,52.

[4] 穆斌,罗珣. RS-485 总线网络应用中的安全与可靠性[J]. 光学精密工程,2003,11(2):90-94.

[5] 李革梅,刘福岩,张增亮. 基于 RS-485 总线的设备分布检测系统的研究[J]. 计算机与现代化,2009(3):56-59,69.

[6] 薛海涛,和卫星,陈晓平. 数据采集系统中 Modbus 协议的实现[J]. 微计算机信息,2007,23(28):68-69,281.

Monitor and analysis of intelligent power network meters

XU Yan, XIONG Yu-kai, CHANG Yu-fang, WANG Lu, TAN Ye

(School of Automation, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China)

Abstract: We choosed intelligent power network meters with RS-485 serial communication and standard Modbus agree ment to collect real-time information, and used the star structure of RS-485 bus to achieve multi-slave station and long-distance communication. The experiment of power network intelligent meters used Modbus agreement and RS-485 bus to communicate with configuration software in computer remote monitoring. In order to analyse real-time monitoring results, all the information of power network meters was displayd in the configuration software data-acquisition-window in table. Then the collected data up to the IEEE 754 standard were transformed into floating-point number format to realize the monitoring analysis of intelligent power network meters.

Key words: Modbus agreement; RS-485 bus; configuration; monitoring

本文编辑:苗 变