

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2016.01.021

基于以太网的企业级配电网络远程监测系统

吕江东, 史伟民*, 彭来湖

(浙江理工大学 机械与自动控制学院, 浙江 杭州 310018)

摘要:针对企业级配电网络监控手段单一、监控范围小、维护成本高等问题,对企业级配电网络的工作原理及配电流程、以太网总线以及 RS485 总线的硬件电路设计、Modbus RTU 通讯协议在以太网总线和 RS485 总线中的应用、趋势图的设计与实现过程进行了研究,提出了一种基于以太网的企业级配电网络远程监测系统的设计方案。以 Visual Studio 2008 为开发环境,实现了服务器与客户端的软件设计。经现场使用及测试表明,基于以太网的企业级配电网络监测系统能够快速、稳定地进行数据传输,能够及时监测电网的信息,从而进一步保障企业设备的正常运行和人民生命财产安全。

关键词:企业级配电网络;以太网;RS485;Modbus

中图分类号:TM642;TP87

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2016)01-0106-05

Remote monitoring system for enterprise distribution networks based on Ethernet

LV Jiang-dong, SHI Wei-min, PENG Lai-hu

(College of Machinery and Automatic Control, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: Aiming at enterprise distribution networks' problems of single monitoring method, small monitoring scope and high maintenance cost and so on, some things were studied such as the working principle and process of enterprise distribution networks, the design of hardware circuits of Ethernet and RS485 bus, the application of Modbus RTU communication protocol on Ethernet and RS485 bus and the design and implementation process of trend diagram, and a design of remote monitoring system for enterprise distribution networks based on Ethernet was proposed. The server and client software design was achieved based on Visual Studio 2008. The test and using result indicates that this monitoring system of enterprise distribution networks based on Ethernet can transfer data fast and steadily, monitor the information of distribution networks in time, which assures the normal operation of enterprise's equipments and people's safety of life and property.

Key words: enterprise distribution networks; Ethernet; RS485; Modbus

0 引言

企业级配电网络是电力系统中连接输电网络和企业用户的中间环节^[1],其主要应用于大型企业、商业组织,负责电网数据的采集、显示、统计等。随着企业的发展,对电力的需求量与日俱增。与此同时,企业逐渐引入大量高端精密设备,其对电力供应的稳定性及可靠性具有较高的要求。传统的企业级配电系统,自

动化程度低、建设和维护成本高。传统的系统只能通过现场勘查的方式统计电网数据,导致无法及时发现和解决问题;当电网较复杂、配电网络较多时,统计电网数据的难度较高;人工采集电网数据的方式出错率较高、效率难以得到保证。

通过对以太网总线特性的深入研究以及对监控电网数据需求分析,本研究设计一种基于以太网的企业级配电网络远程监测系统。笔者根据监控要求设计以

收稿日期:2015-08-27

作者简介:吕江东(1991-),男,浙江东阳人,主要从事机电一体化方面的研究。E-mail:1491113712@qq.com

通信联系人:史伟民,男,教授,博士生导师。E-mail:swm@zsta.edu.cn

太网总线和 RS485 总线硬件电路,通过监控软件实现远程监控的功能。通过数据可靠性验证,该系统能及时监测配电网络的运行状况、对电网数据进行统一管理、降低系统维护的成本。

1 企业级配电系统概述

1.1 企业级配电网络的工作原理及流程

配电系统的作用是对各路负载的电压、电流、功率、空气开关的状况等进行实时监测,同时对报警信号进行显示与记录。该系统分 3 个模块,即底层监控模块、现场监测模块和 PC 机监控模块。

配电系统框架如图 1 所示。

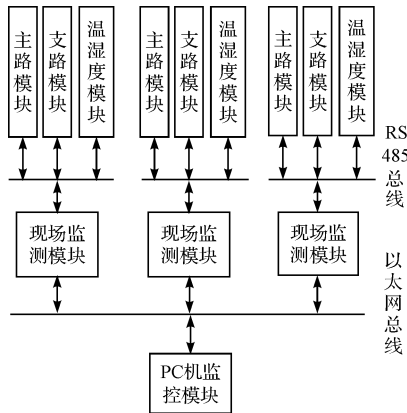


图 1 配电系统框架

底层监控模块主要由主路模块、支路模块、温湿度模块组成。主路模块负责监测三相电(380 V)的电网数据,包括相电压、相电流、相功率等;支路模块负责监测单相电(220 V)的电网数据,包括电压、电流、功率等;温湿度模块负责监测各条电线、各个设备的温度以及电网环境的温湿度。底层监控模块负责实时采集电网数据,根据变化对负载和自身进行自动保护^[2-3],同时将采集到的数据、报警信息、设备参数通过 RS485 总线与现场监测模块互联。

现场监测模块主要实现人机交互的功能,其通过液晶屏显示当前电网的各个数据、报警状况、各个设备的参数。多个现场监测模块通过以太网组网将信息传给 PC 机监控模块。

PC 机监控模块功能是对所有电网数据进行统一管理,实现对配电网络的远程监控。

1.2 现场监测模块工作原理

现场监测模块通过 RS485 总线与底层监控模块实现数据交互,通过以太网总线与 PC 机监控单元实现数据交互。其负责数据显示、数据存储、数据处理等功能。

现场监测模块框架如图 2 所示。

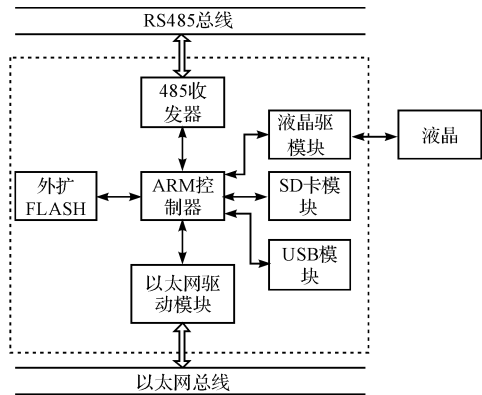


图 2 现场监测模块框图

现场监测模块以 ARM 控制器为中央处理器,通过 485 收发器读取底层监控模块中的数据;将部分数据存入外扩 Flash 中;通过液晶驱动模块显示电网数据、报警信息、趋势图等;通过 SD 卡模块和 USB 模块实现数据的输入输出;通过以太网驱动模块与 PC 机监控模块实现互联。

2 现场监测模块硬件电路设计

2.1 以太网硬件电路设计

本研究针对现场监测模块与 PC 机监控模块的通讯方式提出了两种方案:①采用 RS485 总线;②采用以太网总线。RS485 的通讯方式局限性较多:①PC 机与现场监测模块相距较远,导致通讯线路较长,以至于建设成本很高,而且易受地形影响,布线复杂;②与以太网相比,通讯速率较低,RS485 的通讯速率与距离成反比,10 Mbps 的速率传输数据最大传输距离为 12 m,用 100 Kbps 传输数据,传输距离可达 1.2 km^[4-6];③RS485 通讯线路在长久的使用过程中,由于人为因素,线路很容易磨损致毁坏。

由上分析得出,从成本、灵活度、通讯速率、损坏率上考虑,采用以太网方案更优。

以太网(Ethernet)是由 Xerox 公司创建并由 Xerox、Intel 和 DEC 公司联合开发的基带局域网规范,是当今现有局域网采用的最通用的通信协议标准^[7-8]。

以太网接口电路主要采用 DM9000A 单芯片快速以太网 MAC 控制器。以太网电路如图 3 所示。

以太网电路主要由数据线(DATA0-DATA15)、读写使能线(RE)、写使能线(WE)、片选线(CS)、中断线(INT)和读写差分线(TXD+、TXD-、RXD+、RXD-)组成。

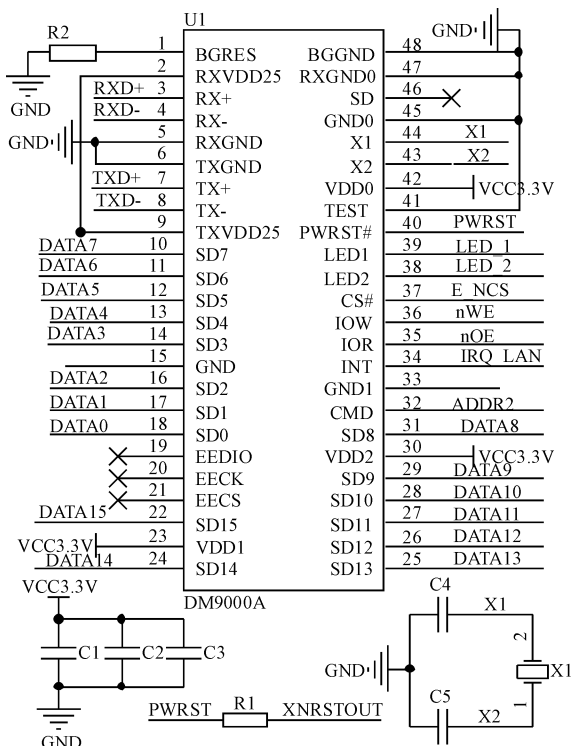


图 3 以太网电路

2.2 RS485 硬件电路设计

RS485 总线用于底层监控模块与现场监测模块通讯。底层监控模块 RS485 接口电路速率在 1 Mbps 以下且属于半双工模式,采用两线制接法。现场监测模块 RS485 接口电路采用 MAX13487 作为收发器,光耦采用 ADUM1201ARZ,最高传输速率可达 1 Mbps,满足底层监控模块的通讯要求。RS485 总线末端的终端电阻 R_{90} 起到总线阻抗匹配的作用^[9]。

接口电路如图 4 所示。

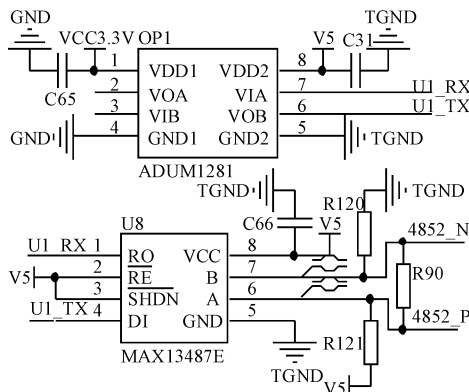


图 4 RS485 电路

图 4 中,光耦 ADUM1201ARZ 起到隔离和电平转换的作用,CPU 工作电压为 3.3 V,485 收发器工作电压为 5 V,其保障了总线通讯的稳定性。

3 系统软件设计

3.1 基于 RS485 网络的 Modbus 协议设计与实现

配电系统工作的关键在于数据通信,通信采用 Modbus 协议。Modbus 是工业控制器网络协议中的一种通信协议,它基于主站-从站/客户机-服务器方式连接智能设备,实现设备间的数据交换,由 Modicon 公司(现为施耐德电气的一个品牌)在 1979 年发明的^[10]。

本研究采用的是 Modbus RTU 协议,其主要由 3 部分组成。地址码、功能码、数据区。地址码和功能码都用一个字节表示,数据区随功能码不同而不同。本研究采用了 03(读取一个或多个寄存器)和 06(写单个寄存器)两种功能码。03 功能码用于读取底层监控模块的数据,06 功能码用于向底层监控模块写入数据。

其通讯程序流程如图 5 所示。

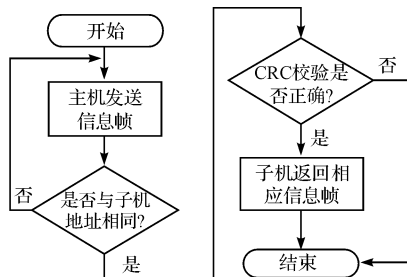


图 5 RS485 通信程序流程

3.2 以太网应用协议的设计与实现

以太网也用了 Modbus RTU 模式,提高了程序的稳定性并且降低了程序维护的难度。

具体的实现过程为:

(1)PC 机监控模块通过以太网总线读取数据(功能码 03)。首先 PC 机监控模块通过以太网总线向现场监测模块发送功能码为 03 的指令;现场监测模块解析信息后向底层模块通过 RS485 总线发送功能码 03 的指令;底层监控模块通过 RS485 总线向现场监测模块返回功能码 03 的指令;现场监测模块通过以太网总线返回功能码 03 的指令。

(2)PC 机监控模块通过以太网写数据(功能码 06)与①类似。

以太网程序流程如图 6 所示。

3.3 服务器客户端软件开发

本研究设计的远程监控系统使用的开发环境为 Visual Studio 2008。现场监测模块与 PC 机监控模块用 Sockets API 基于 TCP/IP 协议进行通讯。现场监测模块作为服务器,PC 机监控模块做为客户端。现场监测模块监听客户端的数量较多,必须采用多线程的编

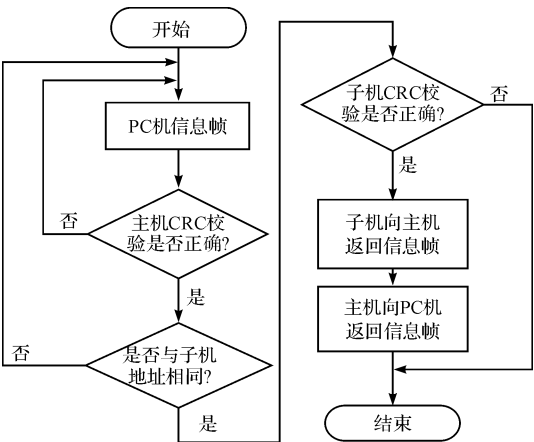


图 6 以太网程序流程

程方式,即每新监听一个客户端,增加一个现场。
服务器程序流程如图 7 所示。

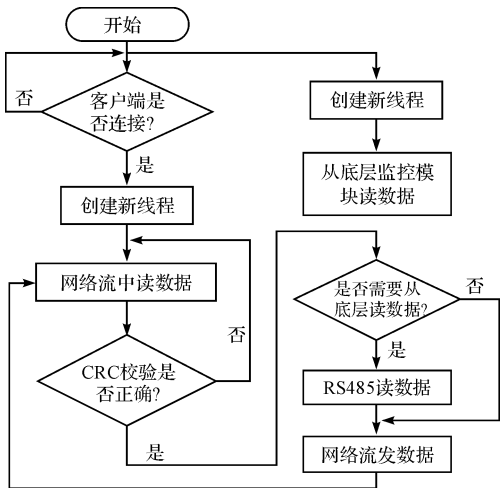


图 7 服务器程序流程

客户端的主要作用是对各个电网数据进行统计、分析、处理。数据的处理与记录借助 SQL Server 数据库。客户端程序流程为:客户端连上服务器后,发送读取数据指令,读取网络流中的数据,将读取的数据进行协议解析,然后对数据进行处理、显示、并存入数据库中。

客户端程序流程如图 8 所示。

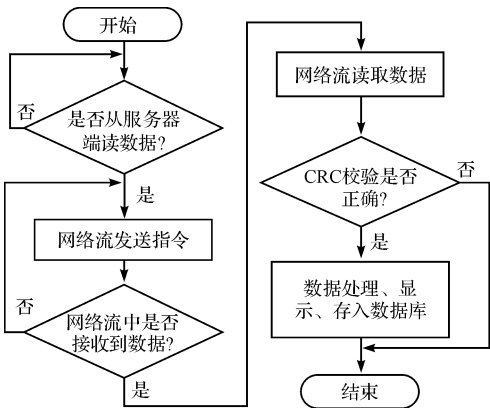


图 8 客户端程序流程

根据以上服务器和客户端的程序流程图,客户端界面如图 9 所示。



图 9 客户端界面

3.4 参数变化趋势图软件设计

配电系统读取数据间隔时间为 3 s,由于显示屏的尺寸有限(10 in 以内),无法在一页中显示较多数据。本研究的设计思路:每 45 min 绘制一页,一页显示 15 个数据。其中 15 个数据通过原始 900(45×60/3)个数据分组计算得到。将 900 个点分成 15 个组,每组 60 个数据。计算公式如下式所示:

$$k_{\max} = \max_{k=1}^n (Value_k) \tag{1}$$

$$k_{\min} = \min_{k=1}^n (Value_k) \tag{2}$$

$$Value = \frac{\sum_{k=1}^n (Value_k)}{n-2} \tag{3}$$

式中: k —数据编号, $n=60$, $Value_k$ —编号 k 的数据值, $k_{\max}$ —最大数据的编号, $k_{\min}$ —最小数据的编号, $Value$ —60 个数据的平均值。

主路电压趋势图显示效果如图 10 所示。

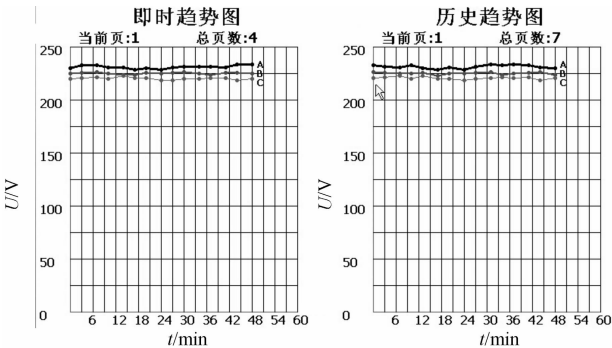


图 10 主路电压趋势图

图 10 中,3 条曲线分别代表 A、B、C 三相电压变化情况,其数值在 220 V 上下波动。

4 调试

基于以太网的企业级配电网远程监测系统调试包括 RS485 和以太网响应延时测试以及系统稳定性、可靠性的测试^[11]。

本研究在波特率为 38 400 的情况下,现场监测模块 03 指令读取 18 个数据的数据传输波形如图 11 所示。

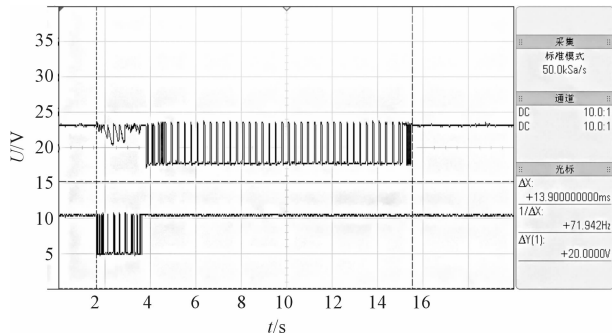


图 11 RS485 数据传输波形图

由图 11 可知,读取 18 个数据的时间为 14 ms 左右。图 11 中,下面一条线代表现场监测模块发送端的波形,上面一条线代表接收端的波形。所有数据读取一遍所用时间如下式所示:

$$T_Z = T_{485} + T_E \quad (4)$$

$$T_{485} = \sum_{i=1}^n t_i \quad (5)$$

$$T_E = \sum_{i=1}^n t_i \quad (6)$$

式中: T_Z —总时间, T_{485} —在 485 总线上传输时间, T_E —在以太网上传输时间, t_i —读取一次数据所花时间, n —读取数据次数。

系统将所有数据读一遍(30 条), $n = 30$, 读取一次按 18 个数据算(18 个数据是本系统读一次最长数据), $t_i = 14$, $T_{485} = 14 \times 30 = 420$ ms。以太网通讯的波特率远大于 38 400, $T_E < 420$ ms。因此, $T_Z = T_{485} + T_E < 840$ ms, 远远小于该系统要求 3 s 读一次数据的要求。

该测试以配电网远程监控系统运行 3 天为测试条件,采用当通讯失败时将失败信息显示在 PC 机监控软件上的方法对系统稳定性及可靠性进行测试。监测结果表明:在 3 天的测试中,出现 10 次数据传输错

误,主要是由 RS485 和以太网总线繁忙引起。RS485 和以太网数据传输数据正确率高,系统运行稳定可靠。

5 结束语

本研究通过对配电网监控系统的组成及工作原理分析,着重讲述了以太网总线和 RS485 总线硬件电路设计与实现过程以及 Modbus RTU 协议在以太网总线和 RS485 总线中的应用,基于 Visual Studio 2008 开发环境详细阐述了服务器和客户端工作原理及设计与实现过程。经使用及测试表明:该系统工作稳定、操作简单,很好地解决了传统企业配电网监控手段单一、监控范围小、维护成本高等问题,进一步保障了企业设备的正常运行和人们的生命财产安全,具有较大的应用前景。

参考文献(References):

- [1] 石嘉川. 基于模糊评价的配电网多目标优化研究[D]. 济南:山东大学电气工程学院,2007.
- [2] 王文兵. 基于 CAN 总线和 LIN 总线的智能配电系统设计[D]. 安徽:合肥工业大学电气与自动化工程学院,2009.
- [3] 张 志,王 利,李俊峰,等. 基于 CAN 总线的汽车仪表信息采集模块设计[J]. 机械,2013,40(9):59-62,72.
- [4] 陈德山,孙志卓,于瑞玲. RS485 总线在大型冷库温度检测系统中的应用[J]. 信息技术与信息化,2007(1):118-120.
- [5] 冯子凌,俞建新. RS485 总线通信协议的设计与实现[J]. 计算机工程,2012(20):215-218.
- [6] 王意军,张朋松,闫 奎. RS485 总线在交流电源功率控制器中的应用[J]. 机械与电子,2011(9):78-80.
- [7] 邹冬华. 基于以太网的嵌入式电表的设计[D]. 江西:南昌大学信息工程学院,2009.
- [8] 刘信心,陈 鲲,张方杰. 基于以太网的舰载雷达视频传输系统研究[J]. 舰船电子工程,2008(5):124-128.
- [9] 李 兵. RS485 总线传输系统的一些关键技术[J]. 湖南第一师范学院学报,2004,4(4):104-115.
- [10] 张 伟. 基于 Modbus 现场总线技术的智能配电系统设计与实现[D]. 南京:南京邮电大学计算机学院,2012.
- [11] 彭来湖,杨 敏,史伟民,等. 双总线架构圆纬机编织机控制单元设计[J]. 机电工程,2012,22(6):668-673.

[编辑:张 豪]

本文引用格式:

吕江东,史伟民,彭来湖. 基于以太网的企业级配电网远程监测系统[J]. 机电工程,2016,33(1):106-110.

LV Jiang-dong, SHI Wei-min, PENG Lai-hu. Remote monitoring system for enterprise distribution networks based on Ethernet[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2016,33(1):106-110.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>