

虚拟 MODBUS 协议在电气试验车中的应用

陈金强

(西南交通大学 电气工程学院, 成都 610031)

摘要:针对当前电气试验车集控系统中电力检测设备通信协议不统一的现状,在电气试验车研发中采用了全新的虚拟现场总线 Modbus 协议技术,将软件组态和硬件组态理念紧密结合,克服了不同厂家不同类型设备与试验车监控主机之间的通讯协议匹配问题;通过虚拟 Modbus 协议服务器软件提供标准化访问接口,使电气试验车测控软件可以用统一的方式控制各个检测设备,提高了电气试验车的系统集成度和设备兼容性;该方法的成功运用,也为高压电气试验设备通讯功能的标准化起到一定推动作用。

关键词:电气试验车;集控系统;工业现场总线;服务器软件

Application of Virtual Modbus in Electrical Testing Coach

Chen Jinqiang

(School of Electric Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

Abstract: Because of the different communication protocol of electrical testing equipment, the new virtual Modbus Technology is used in electrical testing coach. The technology solves the communication matching problem of different equipment and monitoring host in electrical testing coach. The server software of virtual Modbus protocol provides the standardized access interface of different equipment. The soft improves the system integration and device compatibility of electrical testing coach, and the method promotes the communication function standardization of high voltage test equipment.

Keywords: electrical testing coach; centralized control system; Modbus; server soft

0 引言

随着电网规模和技术水平的发展,电力设备检修工作逐渐进入了以在线监测数据为预警依据,以预防性试验结果为检修依据的状态检修阶段。电气试验车采用微机集控技术,可以有效提高检修效率,因此该移动试验平台得到了快速推广应用^[1]。

电气试验车根据高压试验规程要求,一般配置了十余种电力检测设备,而且客户可以根据自己的需求选择配备设备^[2]。这种菜单式定制研发模式导致了每台试验车的检测设备种类和厂家都不相同,而当前国内高压测试设备的通讯规约并没有统一标准,这就导致了几乎每台试验车都要针对每台设备进行新的通讯协议开发匹配,效率低,可靠性差。

西南交通大学较早开始电气试验车的开发研究^[3],当前开发的第三代 ETC-C3 型电气试验车采用了全新的虚拟 Modbus 协议,将软件组态和硬件组态理念紧密结合,克服了不同厂家不同类型设备与试验车监控主机之间的通讯协议匹配问题。通过虚拟 Modbus 协议服务器软件提供标准化访问接口,使电气试验车测控软件可以用统一的方式控制各个检测设备,极大提高了电气试验车的系统集成度和设备兼容性。

1 电气试验车集控系统结构

由工控机集中控制并安装在电气试验车集控机架上的仪器,如变压器变比测试仪、介损测试仪、变压器直流电阻测试仪等,其测量方式除了由后台工控机远动控制外,也可以就地操作面板单独控制,特殊情况下也可取下离车使用。集控仪器经避

震措施后定位安装于集控机架上,测试线从背板引出至车体接线盘。

电气试验车采用集控模式进行微机控制试验,这就要求工控机通过数据线对各个车载电力检测仪器进行控制。目前国内高压试验仪器规程没有对测试仪器的通讯功能做出具体要求,所以不同厂家型号的测试仪器的通讯接口和协议各不相同。从硬件上主要存在 RS232 接口、RS485 接口,USB 接口,以太网口等几种形式;软件规约上则种类更加繁多,基本上每种仪器波特率,命令字,校验码等各不相同。

本设计中电气试验车测控软件增加了通信服务器软件中间层,首先后台测控软件与负责通信的服务器软件进行信息交换,然后通信服务器软件再与各测试单元通信。

试验车集控系统硬件组成结构如图 1 所示,电力检测仪器通过各种信号转换单元与后台工控机进行连接。计算机通过路由器对网口设备控制,通过网络串口服务器连接 RS485 和 RS232 接口设备,通过 USB 集线器连接 USB 接口设备。

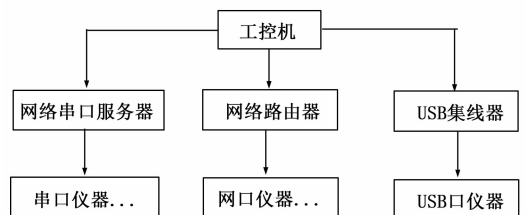


图 1 电气试验车集控系统结构

2 电气试验车虚拟 Modbus 协议

Modbus 协议在工控领域应用广泛而且成熟,协议定义了控制器能够理解的消息结构,描述了控制器请求访问其他设备的过程,包括怎样侦测错误并记录。控制器通信采用主从技术,仅有一个主设备能初始化传输查询,其他从设备根据主控

收稿日期:2014-08-21; 修回日期:2014-10-17。

基金项目:国家自然科学基金项目(51107105/E0705);中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(SWJTU11BR034)。

作者简介:陈金强(1977-),男,博士研究生,讲师,主要从事电力系统故障诊断、电气设备状态检测与评估方向的研究。

制器查询提供的数据作出相应反应^[4-8]。

采用统一的 Modbus 协议可以增强电气试验车的兼容性和可靠性。电气试验车集控系统采用工控机和检测仪器构成的主从结构,非常适合 Modbus 协议的应用。但是 Modbus 协议要求在一个网络上的所有设备都必须选择相同的传输模式和通信参数,如果试验车集控系统采用 Modbus 协议就必须解决当前试验车集控系统中多种通讯模式和协议并存的问题。而且试验车各电力测试仪器一般不是按照 Modbus 协议来设计的通讯功能,没有控制寄存器等配套硬件设置。为解决这一问题,本文提出了虚拟 Modbus 协议的概念。即通过编制一个中间层服务器软件,以 Modbus 协议的方式来响应试验车测控软件的各种查询和控制,在电气试验车主测控软件不变的情况下,灵活的实现了电气试验车集控系统的硬件组态和软件组态。

2.1 电气试验车 Modbus 协议设计

电气试验车测控通信系统借鉴变电站远动技术,把车载电气试验仪器看作是 RTU 单元。系统采用 Modbus 协议的 RTU 模式,使用 RTU 模式进行通信时,数据中每个 8 Bit 字节包含 2 个 3 Bit 的十六进制字符。典型的 RTU 模式数据帧结构组成是:起始位、设备地址、功能代码、数据 1, … 数据 N、CRC 校验,结束符。

对于高压电气试验来说,每种试验的设定参数个数和类型都不相同,结果返回的数量也不相同。虽然不同型号的仪器操作方式、通讯协议不同,但是同一种高压检测仪器,其基本的试验设置参数和试验结果类型是一致的。本系统中针对每种试验类型重新定义了其 Modbus 协议内容,虚拟出若干寄存器用来保存试验的相关信息。

以介质损耗试验为例,工控机需要下发设置的试验信息包括:试验电压、接线方法(正接线还是反接线)、标准(内标准还是外标准)、试验频率等 4 种信息。返回结果则包含电容值和介损角正切值。这样我们就可以定义介质损耗测试仪器具有 8 个虚拟寄存器,分别是前四位试验参数、后两位是试验结果,最后两位是仪器当前状态信息和控制命令信息,这种虚拟寄存器的功能由虚拟 Modbus 服务器软件来实现。

2.2 虚拟 Modbus 协议服务器软件的工作机制

Modbus 服务器软件作为工控机主测控程序和测试仪器的中间层,一方面以一种固定的数据格式接受试验车主程序的查询和控制,同时根据命令查找动态链接库里的 DLL 程序库匹配不同规格的测试仪器,来完成对地址,波特率,校验码,停止位等各种具体的通信功能。这样试验车主测控程序就以一种透明的方式,采用统一的 Modbus 协议来实现所有设备的试验控制功能。试验中虚拟 Modbus 服务器软件与试验车主测控软件同步启动,处于待命状态,等候主测控软件以 Modbus 协议的方式进行查询、控制,同时根据命令通过调用 DLL 程序库来具体执行,并且返回有效数据。其工作流程如图 2 所示。

3 试验车虚拟 Modbus 协议服务器软件设计

虚拟 Modbus 服务器软件是实现电气试验车虚拟 Modbus 集控功能的核心,它包括仪器选择、串口初始化、Modbus 帧解析、各种控制服务处理等多个功能函数。本软件针对试验车测控程序提供了 5 种 Modbus 服务,包括:写保持寄存器、读保持寄存器、写数字量输出、读数字量输入、读模拟量输入。这 5 种服务处理模式实现了 Modbus 协议到电力测试仪器功能的各自对应。比如:试验参数的设定可以通过写保持寄存器来实现;数字量输出代表了测试的开始与停止;读数字量寄存器

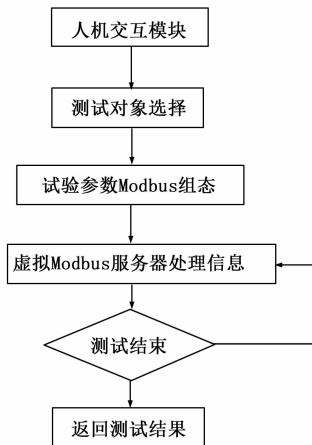


图 2 虚拟 Modbus 服务器工作流程

可以知道当前仪器的工作状态等。

3.1 虚拟 Modbus 服务器软件设计方法

软件中采用面向对象程序设计方法进行设计,每个测试仪器都是一个对象,其基本属性包括:地址、波特率、停止位、寄存器数组等。外部函数可以调用一个对象的内在属性进行参数的设置,状态的读取。对象也包括了实现各种功能的过程和函数。比如联机握手;询问当前仪器档位,设置试验参数;读取试验结果;控制微型打印机等。比如直流电阻测试仪器对象的定义如下:

```

Type
TDCresistor = class
Public address, baud, current, phase:integer
Private state, order,result:doublue
Public
procedure opencom(address, baud:integer);
function shakehand:Boolean;
function setpara(current,phase:integer): Boolean;
function getstate:String;
function getruselt:String;
function setorder(order:integer): Boolean;
end
    
```

在上述直流电阻测试仪对象中,公共属性是包括仪器地址 address,波特率 baud,测试电流档位 current 和测试绕组相位 phase。私有属性包括仪器当前状态 state,命令寄存器 order,测试结果寄存器 result。功能函数为:握手联机 shakehand,设置电流、相位参数 setpara,读取仪器状态 getstate,读取结果 getruselt,下达控制命令 setorder。其具体工作流程如图 3 所示。

3.2 虚拟 Modbus 服务器软件对硬件串口的控制

目前的 USB 和网口测试仪器一般还是以虚拟串口的形式出现在工控机操作系统中。虚拟 Modbus 服务器软件接收到试验车主测控软件的 Modbus 命令后,最后还是转换成对串口的具体操作控制。

本文采用 MOXA 公司提供的 Pcomm 库来编写串口通讯程序,Pcomm 库封装了基本的 MicrosoftWin32API 串口操作函数,用户可利用其直接对串口操作,极大地提高了开发速度。常用的几个封装函数是:打开串口函数 sio_open();关闭串口函数 sio_close();串口状态函数 sio_ioctl();读串口函数 sio_read();写串口函数 sio_wri te()等。

参考文献:

[1] 杨雷, 张建奇. 电子测量与传感器技术 [M]. 北京: 北京大学出版社, 2008.

[2] 王宏记, 李中华. 基于物联网技术的跨区域气象环境污染监测系统 [J]. 计算机测量与控制, 2013, 21 (8): 2259-2261.

[3] 刘春, 金哲媛. 环境监测中无线传感器网络路由算法的改进 [J]. 电子测量与仪器学报, 2014, 28 (2): 146-151.

[4] 行鸿彦, 武向娟, 等. 自动气象站数据采集器温度通道的环境温度补偿 [J]. 仪器仪表学报, 2012, 33 (8): 1868-1875.

[5] 沈苏彬, 范曲立. 物联网的体系结构与相关技术研究 [J]. 南京邮电大学学报 (自然科学版), 2009, 29 (6): 1-11.

[6] 宋跃, 时章明, 周明辉. 基于 FLEX10K 实现的虚拟常用信号发生器 [J]. 电子测量与仪器学报, 2003, 17 (2): 40-44.

[7] Yang Y, Che N C, et al. Integrated Adjustment of Chinese 2000. GPS Control Network [J]. Survey Review, 2009, 41 (313): 226-237.

[8] 杨进中, 张剑平. 基于物联网的环境教育系统设计与实现 [J]. 华中科技大学学报 (自然科学版), 2012 (S1): 57-60.

[9] 张杰, 胡世安, 龙子夜, 等. 基于 GPRS 的无线数据传输系统及其应用探讨 [J]. 电子测量与仪器学报, 2009 (S1): 154-157.

[10] 杨焕峥, 欧阳乔. 基于 STM32 的乐联网的电能监测系统的设计 [J]. 计算机测量与控制, 2014, 22 (8): 2353-2355.

(上接第 1784 页)

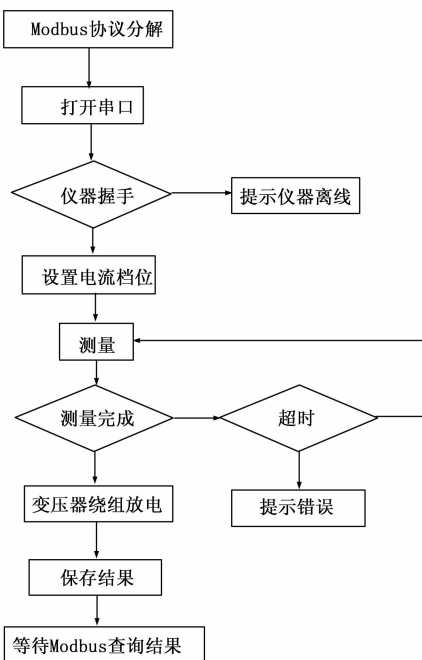


图 3 虚拟 Modbus 服务器测量直流电阻流程

4 实例应用

ETC-C3 型电气试验车采用了全新的虚拟 Modbus 协议, 将软件组态和硬件组态理念紧密结合, 实现了电力抢修时快速达到故障现场, 快速展开试验数据分析, 快速抢修恢复供电的目的。2014 年 6 月利用该试验车对某市北郊 110 kV 变电站备用变压器进行了预防性试验测试, 试验车到达现场后, 首先根据变电站的设备种类进行试验对象配置, 对变电站的电力设备进行增添, 并标明铭牌参数实现对试验参数的设定。然后根据实际电力设备对象设置需要的测试仪器, 并且对测试仪器的网络地址, 试验参数等进行设置完成虚拟 Modbus 的网络配置。最后连接试验接线, 并在试验软件菜单的引导下进行设备绝缘参数测量和分析, 完成试验。

试验软件依次通过虚拟 Modbus 协议调用各个下位机测试仪器进行绝缘参数测量, 其中工频高压耐压试验过程测控软件与下方试验调压器通过 Modbus 协议进行数据通信后, 工控机的测控界面如图 4 所示。整个试验过程工控机准确的控制了自动调压器的升压过程, 并且与下位机测试仪器液晶屏显示的试验过程信息完全一致。数据更新流畅, 无卡顿, 达到了预期效果。



图 4 耐压试验界面

5 结论

电气试验车作为一种综合的集控电气试验平台对提高电力设备的试验检修效率起到了积极作用, 但是目前电力检修集控设备缺乏统一通信标准制约了电气试验车集控系统的可靠性和高效性。

本文开发的电气试验车虚拟 Modbus 协议技术, 针对各种电力测试设备重新定义了通信协议, 并通过开发虚拟 Modbus 协议服务器软件进行了实际应用。现场试验表明该方法克服了不同厂家不同类型设备与电气试验车监控主机之间的通讯协议匹配问题, 提高了电气试验车的系统集成度和设备兼容性。该协议的成功应用和推广, 也将为高压电气试验设备通讯功能的标准化起到推动作用。

参考文献:

[1] 姚志荣. 电气试验车软件系统的设计与开发 [J]. 高电压技术, 2003, 29 (11): 52-54.

[2] 陈永强. 智能式现场高压试验车的设计与应用 [J]. 黑龙江电力, 2011, 33 (5): 391-394

[3] 霍良. 变电站电气试验车通过技术鉴定 [J]. 中国铁路, 1993, 2: 36.

[4] 彭道刚. 基于 Modbus 协议的 ARM 嵌入式监测平台设计与实现 [J]. 电力自动化设备, 2009, 29 (1): 115-118

[5] 胡四泉. 基于无线传感器网络的 Modbus 虚拟设备 [J]. 计算机应用, 2011, 31 (1): 9-14

[6] 翁自觉. 基于 MODBUS 协议的 OPCUA 服务器的设计 [J]. 计算机应用与软件, 2014, 31 (2): 89-92

[7] 杨志义, 张勇, 张凯龙, 等. 基于 $\mu C/OS-II$ 的 Modbus/TCP 协议的实现与性能分析 [J]. 计算机测量与控制, 2012 (6): 1632-1635.

[8] 杨艳华, 周永录, 苏红军, 等. 通用串口到 Modbus RTU 的协议转换器设计与实现 [J]. 计算机测量与控制, 2012 (2): 604-606.