



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107167680 B

(45)授权公告日 2019.12.24

(21)申请号 201710322615.X

(22)申请日 2017.05.09

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 107167680 A

(43)申请公布日 2017.09.15

(73)专利权人 国网上海市电力公司  
地址 200120 上海市浦东新区源深路1122号

专利权人 华东电力试验研究院有限公司  
武汉中元华电电力设备有限公司

(72)发明人 陈冉 陆骏 沈冰 任波 陆伟

(74)专利代理机构 武汉开元知识产权代理有限公司 42104

代理人 唐正玉

(51)Int.Cl.

G01R 31/00(2006.01)

G01R 31/08(2006.01)

H04L 29/06(2006.01)

H04J 3/06(2006.01)

(56)对比文件

CN 104283215 A,2015.01.14,

CN 104283215 A,2015.01.14,

CN 202975204 U,2013.06.05,

CN 102401863 A,2012.04.04,

CN 105527858 A,2016.04.27,

CN 204855677 U,2015.12.09,

CN 103972888 A,2014.08.06,

审查员 陈梦慧

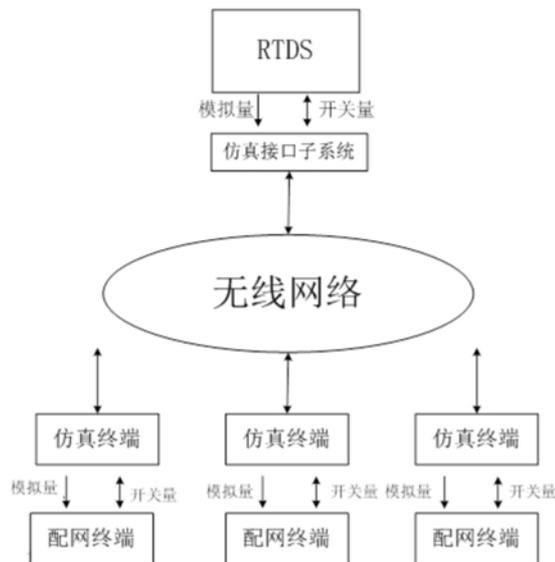
权利要求书2页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

一种基于RTDS的配电网分布式测试系统

(57)摘要

本发明涉及一种基于RTDS的配电网分布式测试系统,结构为所述仿真接口子系统与RTDS装置相连,实现对RTDS输出的小电压的采集,以及开关量的输入/输出;所述的各个仿真终端连接一个对应配电终端,模拟高压互感器输出二次电压和电流,以及模拟高压开关输出位置信号并采集配电终端的跳闸和合闸开关量;所述仿真接口子系统与各个所述仿真终端通过无线传输方式实现数据交互。本发明在RTDS的基础上,将仿真数据的输出功能分布到多个同步运行的仿真终端上去,每个仿真终端就地布置于配电终端的安装位置,一方面远程接收并输出来自RTDS的仿真数据,另一方面接收待测配电终端的响应信息并反馈至RTDS,实现实时通信网络影响的配电自动化系统的闭环测试。



1. 一种基于RTDS的配电网分布式测试系统,由仿真接口子系统、若干仿真终端组成;其特征在于:所述仿真接口子系统与RTDS装置相连,实现对RTDS输出的小电压的采集,以及开关量的输入/输出;所述的各个仿真终端连接一个对应配电终端,模拟高压互感器输出二次电压和电流,以及模拟高压开关输出位置信号并采集配电终端的跳闸和合闸开关量;所述仿真接口子系统与各个所述仿真终端通过无线传输方式实现数据交互;

所述仿真终端包括以下部件:电源滤波模块、电压功放电源模块、电流功放电源模块、开关量模块、主控制模块、电流功放模块、电压功放模块、GPS时间同步模块、工控机、显示器和无线模块;所述电源滤波模块对交流220V供电电压进行滤波,滤波之后连接至所述电压功放电源模块和所述电流功放电源模块;所述电压功放电源模块输出5V、12V和 $\pm 200V$ 直流电源,其中5V和12V直流电源分别为所述开关量模块、主控制模块、电流功放模块、电压功放模块、GPS时间同步模块、工控机和显示器的各控制部分供电, $\pm 200V$ 直流电源为所述电压功放模块的功率部分供电;所述电流功放电源模块输出 $\pm 7.5V$ 直流电源,为所述电流功放模块的功率部分供电;所述主控制模块为所述电流功放电源模块和所述电压功放电源模块提供功放电源使能信号,以在工作/停止时开启/关闭电流功放电源和功放电源;所述主控制模块为所述电流功放模块和所述电压功放模块提供DA控制信号和DA数据信号,其中,DA所需数据来自所述仿真接口子系统对RTDS输出的小电压的采集;所述主控制模块接收所述电流功放模块和所述电压功放模块的故障反馈信号,在发生故障时及时将DA数据置零;所述电流功放模块和所述电压功放模块将DA数据转换成相应的电流和电压并输出至配电终端;所述主控模块与所述开关量模块连接,所述开关量模块将所述主控制模块的数字类型的开关量数据信号转换成配电终端所需的功率类型的开关量信号;所述GPS时间同步模块为主控制模块提供时间同步信号,使整个仿真终端与GPS卫星时间同步;所述主控制模块与所述工控机通过电缆直连,并采用TCP/IP协议进行通讯;所述工控机与所述无线模块连接,实现所述主控制模块通过以太网传输的数字报文和所述无线模块以无线模式传输的数字报文之间的转换;所述工控机与所述显示器连接,实现人机交互。

2. 根据权利要求1所述的基于RTDS的配电网分布式测试系统,其特征在于:所述仿真接口子系统由无线通讯模块、管理机、至少一台数据转换装置、GPS时间同步装置和交换机组成,每台数据转换装置和所述管理机均接入所述交换机,相互之间采用TCP/IP协议进行通讯;所述管理机与所述无线通讯模块连接,所述GPS时间同步装置与所述数据转换装置连接,为数据转换装置提供时间同步信号,使数据转换装置与GPS卫星时间同步;所述数据转换装置与RTDS装置连接,将RTDS所需的输入/输出量转换为可用无线网络传输的数字报文,多台数据转换装置级联同步运行。

3. 根据权利要求2所述的基于RTDS的配电网分布式测试系统,其特征在于:所述数据转换装置的硬件平台采用通用背板总线结构,机箱采用6U 19英寸标准机箱,布置1个电源插件、1个CPU插件、1个背板插件、8个业务插件,8个业务插件的类型根据具体用户需求进行任意配置。

4. 根据权利要求2所述的基于RTDS的配电网分布式测试系统,其特征在于:所述的8个业务插件中包括模拟量输入插件、开关量输入插件和开关量输出插件。

5. 根据权利要求2所述的基于RTDS的配电网分布式测试系统,其特征在于:所述CPU插件与所述8个业务插件的连接是通过背板提供的高速PCIE数据总线、低速MLVDS总线和独立

IO实现的,高速PCIE数据总线传输模拟量采样点大流量用户业务数据,带宽达2.5Gbit/s;低速MLVDS总线传输开关量流量较小的用户业务数据,带宽为50Mbit/s;独立IO传输业务板卡的管理、板卡之间的同步、FPGA配置的加载、复位和中断信息。

6. 根据权利要求2所述的基于RTDS的配电网分布式测试系统,其特征在于:所述无线通讯模块采用4G模块,4G模块上挂接SIM卡,通过移动运营商的基站和VPN服务实现各4G模块之间的无线通信。

7. 根据权利要求1所述的基于RTDS的配电网分布式测试系统,其特征在于:所述无线模块均采用4G模块,4G模块上挂接SIM卡,通过移动运营商的基站和VPN服务实现各4G模块之间的无线通信。

## 一种基于RTDS的配电网分布式测试系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于实时数字仿真仪 (RTDS) 的配电网分布式测试系统,属于电力系统测试技术领域。

### 背景技术

[0002] 对配电网故障的定位、隔离以及非故障区域的供电恢复功能是配电自动化系统的重要功能,同时也是配电网测试的重点工作。目前,对配电自动化系统的测试大多采用分系统、集中测试的方式完成。

[0003] 分系统测试是指分别对配电自动化系统的各部分进行测试;集中测试是指将配电自动化系统相关设备集中安装在实验室,配电终端与配电子站、配电主站之间通过短距离有线传输网络互联,利用RTDS或专用配网仿真系统模拟配网故障,对配电自动化系统的功能进行验证。

[0004] 但是,实际的配电自动化系统的正常运行依赖于配电通信网络,配电自动化系统的各种测量和控制功能要通过实时、可靠的通信反映配电终端运行数据。配电通信系统采用分层、分布式结构,且根据迂回能力、生存性、经济性等因素采用光纤专网、配电线载波、无线等多种通信方式混合使用的方式,具备一定的复杂性。

[0005] 由于没有考虑实际通信网络性能对配电自动化系统整体性能的影响,这种分系统、集中测试方案无法完全验证配电自动化系统的性能。

### 发明内容

[0006] 本发明针对上述问题,提供一种基于RTDS的配电网分布式测试系统,实现实时通信网络影响的配电自动化系统的闭环测试,提高测试的完整性。本发明在RTDS的基础上,将仿真数据的输出功能分布到多个同步运行的仿真终端上去,每个仿真终端就地布置于配电终端的安装位置,一方面远程接收并输出来自RTDS的仿真数据,另一方面接收待测配电终端的响应信息并反馈至RTDS,从而将配电主站、配电子站和配电终端做为一个整体,实现实时通信网络影响的配电自动化系统的闭环测试。

[0007] 本发明的目的是采用下述技术方案实现的:

[0008] 一种基于RTDS的配电网分布式测试系统,由仿真接口子系统、若干仿真终端组成;其特征在于:所述仿真接口子系统与RTDS装置相连,实现对RTDS输出的小电压的采集,以及开关量的输入/输出;所述的各个仿真终端连接一个对应配电终端,模拟高压互感器输出二次电压和电流,以及模拟高压开关输出位置信号并采集配电终端的跳闸和合闸开关量;所述仿真接口子系统与各个所述仿真终端通过无线传输方式实现数据交互。

[0009] 所述仿真接口子系统由无线通讯模块、管理机、至少一台数据转换装置、GPS时间同步装置和交换机组成,每台数据转换装置和所述管理机均接入所述交换机,相互之间采用TCP/IP协议进行通讯;所述管理机与所述无线通讯模块连接,管理机核心功能是实现所述数据转换装置通过以太网传输的数字报文和所述无线模块以无线模式传输的数字报

文之间的转换;另外,管理机还需完成人机交互功能,包括:①数据转换装置各接口与仿真终端各接口为一一对应关系;②操作控制监控,包括系统启动、停止、异常终止、当前状态等;③测试结果展示;所述GPS时间同步装置与所述数据转换装置连接,为数据转换装置提供时间同步信号,使数据转换装置与GPS卫星时间同步;所述数据转换装置与RTDS装置连接,将RTDS所需的输入/输出量转换为可用无线网络传输的数字报文,多台数据转换装置可级联同步运行以进一步扩大接口规模。

[0010] 为方便系统配置和扩展,所述数据转换装置的硬件平台采用通用背板总线结构,机箱采用6U 19英寸标准机箱,布置1个电源插件、1个CPU插件、1个背板插件、8个业务插件,8个业务插件的类型可根据具体用户需求进行任意配置,8个业务插件中包括模拟量输入插件、开关量输入插件和开关量输出插件。

[0011] 所述CPU插件与所述8个业务插件的连接是通过所述背板提供的高速PCIE数据总线、低速MLVDS总线和独立IO实现的,高速PCIE数据总线传输模拟量采样点等大流量用户业务数据,带宽可达2.5Gbit/s;低速MLVDS总线传输开关量等流量较小的用户业务数据,带宽为50Mbit/s;独立IO传输业务板卡的管理、板卡之间的同步、FPGA配置的加载、复位和中断等信息。

[0012] 所述仿真终端只需与配电终端一对一连接,因此采用一体化结构,并且包括以下部件:电源滤波模块、电压功放电源模块、电流功放电源模块、开关量模块、主控制模块、电流功放模块、电压功放模块、GPS时间同步模块、工控机、显示器和无线模块;所述电源滤波模块对交流220V供电电压进行滤波,滤波之后连接至所述电压功放电源模块和所述电流功放电源模块;所述电压功放电源模块输出5V、12V和 $\pm 200V$ 直流电源,其中5V和12V直流电源分别为所述开关量模块、主控制模块、电流功放模块、电压功放模块、GPS时间同步模块、工控机和显示器的各控制部分供电, $\pm 200V$ 直流电源为所述电压功放模块的功率部分供电;所述电流功放电源模块输出 $\pm 7.5V$ 直流电源,为所述电流功放模块的功率部分供电;所述主控制模块为所述电流功放电源模块和所述电压功放电源模块提供功放电源使能信号,以在工作/停止时开启/关闭电流功放电源和功放电源;所述主控制模块为所述电流功放模块和所述电压功放模块提供DA控制信号和DA数据信号,其中,DA所需数据来自所述仿真接口子系统对RTDS输出的小电压的采集;所述主控制模块接收所述电流功放模块和所述电压功放模块的故障反馈信号,在发生故障时及时将DA数据置零;所述电流功放模块和所述电压功放模块将DA数据转换成相应的电流和电压并输出至配电终端;所述主控模块与所述开关量模块连接,所述开关量模块将所述主控制模块的数字类型的开关量数据信号转换成配电终端所需的功率类型的开关量信号;所述GPS时间同步模块为主控制模块提供时间同步信号,使整个仿真终端与GPS卫星时间同步;所述主控制模块与所述工控机通过电缆直连,并采用TCP/IP协议进行通讯;所述工控机与所述无线模块连接,实现所述主控制模块通过以太网传输的数字报文和所述无线模块以无线模式传输的数字报文之间的转换;所述工控机与所述显示器连接,实现人机交互。

[0013] 所述无线通讯模块、无线模块均采用4G模块,4G模块上挂接SIM卡,通过移动运营商的基站和VPN服务实现各4G模块之间的无线通信。所述无线模块通过USB协议进行数据传输,并采用通用USB接口接入,很容易扩展到类似的系统中进行应用。

[0014] 本发明在RTDS的基础上,将仿真数据的输出功能分布到多个同步运行的仿真终端

上去,每个仿真终端就地布置于配电终端的安装位置,一方面远程接收并输出来自RTDS的仿真数据,另一方面接收待测配电终端的响应信息并反馈至RTDS,从而将配电主站、配电子站和配电终端做为一个整体,实现实时通信网络影响的配电自动化系统的闭环测试。

### 附图说明

- [0015] 图1为本发明的结构示意图。  
[0016] 图2为本发明的仿真接口子系统结构示意图。  
[0017] 图3为本发明的数据转换装置结构示意图。  
[0018] 图4为本发明的仿真终端结构图。

### 具体实施方式

- [0019] 下文结合附图对本发明做进一步说明。
- [0020] 如图1所示,本发明由仿真接口子系统、若干仿真终端组成;其特征在于:所述仿真接口子系统与RTDS装置相连,实现对RTDS输出的小电压的采集,以及开关量的输入/输出;所述的各个仿真终端连接一个对应配电终端,模拟高压互感器输出二次电压和电流,以及模拟高压开关输出位置信号并采集配电终端的跳闸和合闸开关量;所述仿真接口子系统与各个所述仿真终端通过无线传输方式实现数据交互。
- [0021] 如图2、图3所示,所述仿真接口子系统由无线通讯模块、管理机、至少一台数据转换装置、GPS时间同步装置和交换机组成,每台数据转换装置和所述管理机均接入所述交换机,相互之间并采用TCP/IP协议进行通讯;所述管理机与所述无线通讯模块连接,管理机核心功能是实现所述数据转换装置通过电以太网传输的数字报文和所述无线模块以无线模式传输的数字报文之间的转换;另外,管理机还需完成人机交互功能,包括:①数据转换装置各接口与仿真终端各接口为一一对应关系;②操作控制监控,包括系统启动、停止、异常终止、当前状态等;③测试结果展示;所述GPS时间同步装置与所述数据转换装置连接,为数据转换装置提供时间同步信号,使数据转换装置与GPS卫星时间同步;所述数据转换装置与RTDS装置连接,将RTDS所需的输入/输出量转换为可用无线网络传输的数字报文,多台数据转换装置可级联同步运行以进一步扩大接口规模。
- [0022] 为方便系统配置和扩展,如图3所示,所述数据转换装置的硬件平台采用通用背板总线结构,机箱采用6U 19英寸标准机箱,布置1个电源插件、1个CPU插件、1个背板插件、8个业务插件,8个业务插件的类型可根据具体用户需求进行任意配置,8个业务插件中包括模拟量输入插件、开关量输入插件和开关量输出插件。同时,多台数据转换装置可级联同步运行以进一步扩大接口规模。所述CPU插件与所述8个业务插件的连接是通过所述背板提供的高速PCIE数据总线、低速MLVDS总线和独立IO实现的,高速PCIE数据总线传输模拟量采样点等大流量用户业务数据,带宽可达2.5Gbit/s;低速MLVDS总线传输开关量等流量较小的用户业务数据,带宽为50Mbit/s;独立IO传输业务板卡的管理、板卡之间的同步、FPGA配置的加载、复位和中断等信息。
- [0023] 如图4所示,所述仿真终端只需与配电终端一对一连接,因此采用一体化结构,并且包括以下部件:电源滤波模块、电压功放电源模块、电流功放电源模块、开关量模块、主控制模块、电流功放模块、电压功放模块、GPS时间同步模块、工控机、显示器和无线模块;所述

电源滤波模块对交流220V供电电压进行滤波,滤波之后连接至所述电压功放电源模块和所述电流功放电源模块;所述电压功放电源模块输出5V、12V和±200V直流电源,其中5V和12V直流电源分别为所述开关量模块、主控制模块、电流功放模块、电压功放模块、GPS时间同步模块、工控机和显示器的各控制部分供电,±200V直流电源为所述电压功放模块的功率部分供电;所述电流功放电源模块输出±7.5V直流电源,为所述电流功放模块的功率部分供电;所述主控制模块为所述电流功放电源模块和所述电压功放电源模块提供功放电源使能信号,以在工作/停止时开启/关闭电流功放电源和功放电源;所述主控制模块为所述电流功放模块和所述电压功放模块提供DA控制信号和DA数据信号,其中,DA所需数据来自所述仿真接口子系统对RTDS输出的小电压的采集;所述主控制模块接收所述电流功放模块和所述电压功放模块的故障反馈信号,在发生故障时及时将DA数据置零;所述电流功放模块和所述电压功放模块将DA数据转换成相应的电流和电压并输出至配电终端;所述主控模块与所述开关量模块连接,所述开关量模块将所述主控制模块的数字类型的开关量数据信号转换成配电终端所需的功率类型的开关量信号;所述GPS时间同步模块为主控制模块提供时间同步信号,使整个仿真终端与GPS卫星时间同步;所述主控制模块与所述工控机通过电缆直连,并采用TCP/IP协议进行通讯;所述工控机与所述无线模块连接,实现所述主控制模块通过以太网传输的数字报文和所述无线模块以无线模式传输的数字报文之间的转换;所述工控机与所述显示器连接,实现人机交互。

[0024] 所述无线通讯模块、无线模块均采用4G模块,4G模块上挂接SIM卡,通过移动运营商的基站和VPN服务实现各4G模块之间的无线通信。所述无线模块通过USB协议进行数据传输,并采用通用USB接口接入,很容易扩展到类似的系统中进行应用。

[0025] 以上所述仅为本发明的较佳具体实施例,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到的变化或替换,例如,无线模块采用不同型号的4G模块,都应涵盖在本发明的保护范围之内。

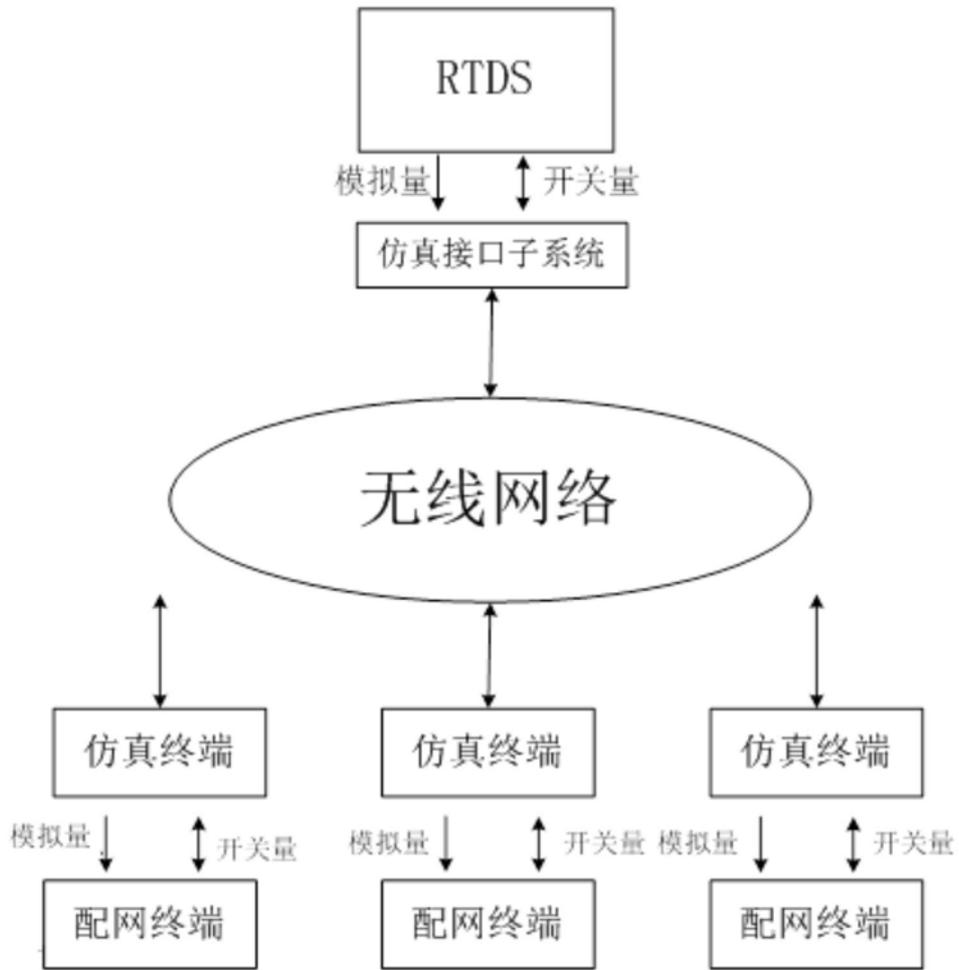


图1

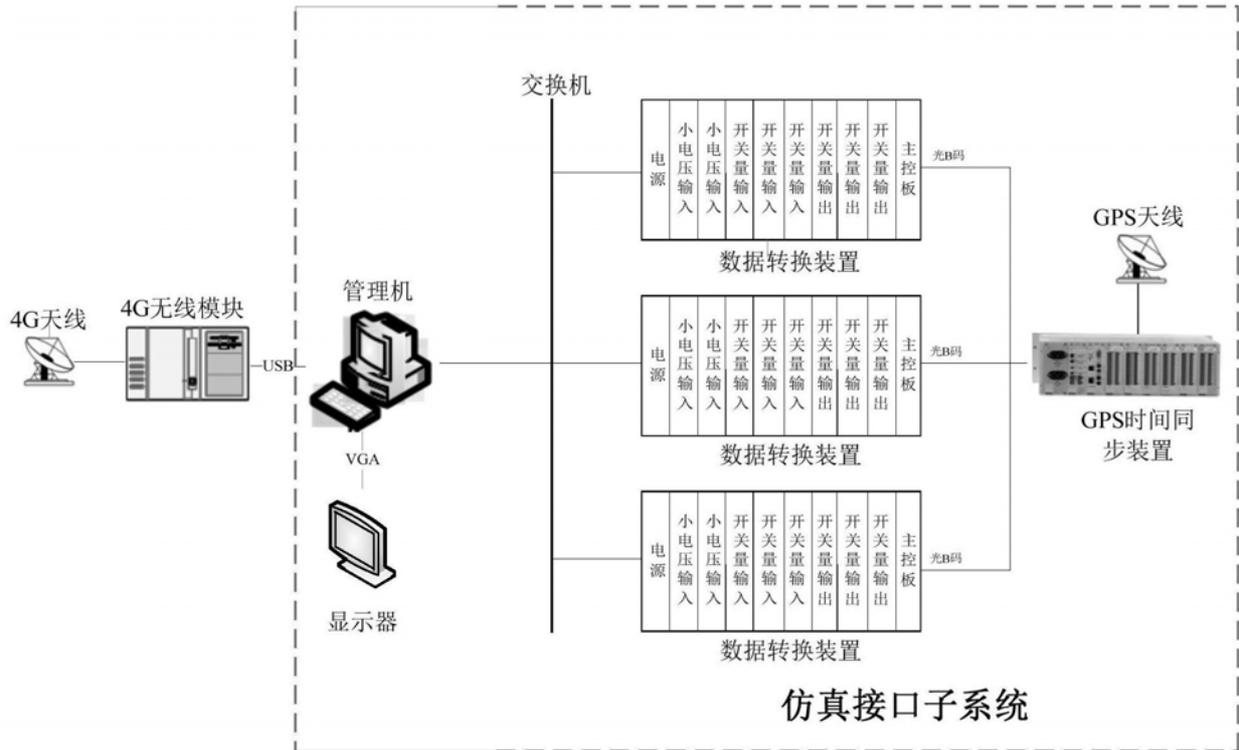


图2

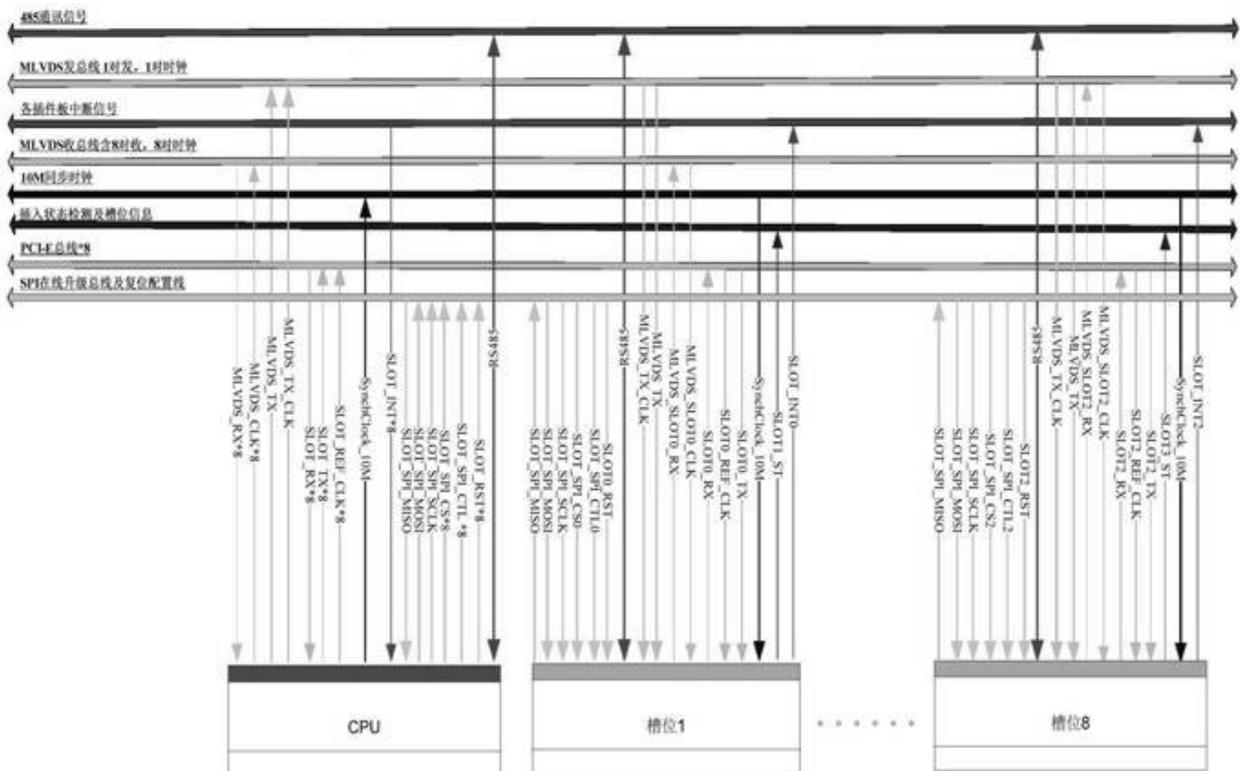


图3

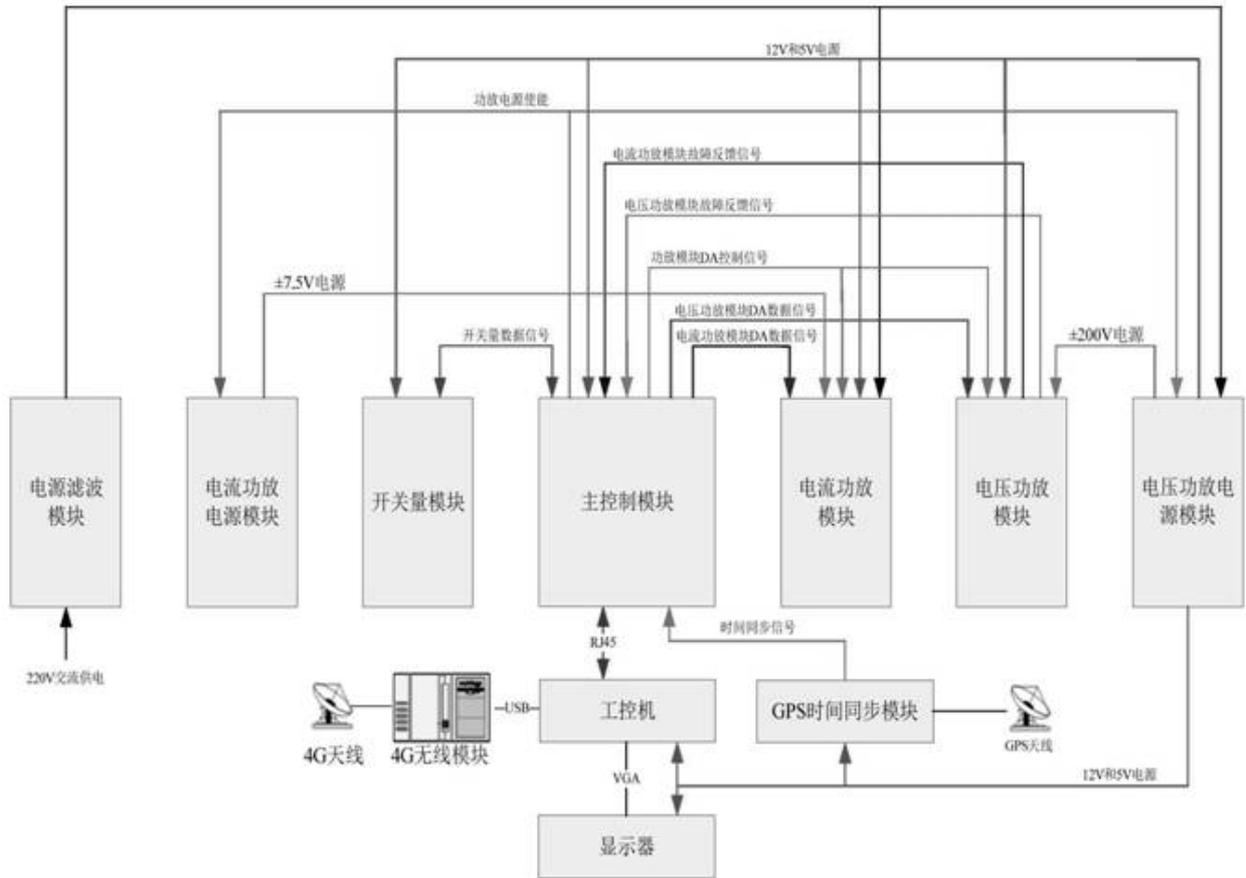


图4