

智能变电站多规约通信的检测比对系统设计

目前智能站存在多种通信规约并行的情况，为减轻现场调试工作量，需要对多种设备的通信规约进行检测比对。设计了一种面向智能变电站设备的多种规约集成一体化的通信测试比对系统，采用基于PXI总线的硬件设计技术和功能软件组态实现技术，建立反映通信测试进度及测试内容的实时库，预配置实施通信规约测试的模板，协调各类规约及设备的通信测试进程，实现基于实时库的不同规约的通信内容同步比对，最终达到通信规约测试的目的。

王冬青¹ 申仲涛² 曹楠¹ / 1. 国网电力科学研究院（南京南瑞集团公司）
2. 北京劳动保障职业学院

0 引言

智能变电站中，通信直接参与现场信息的采集和一次设备的控制，其可靠性直接影响系统的安全稳定^[1]。目前智能站存在多种通信规约并行的情况，为减轻现场调试工作量，需要对多种设备的通信规约进行检测比对^[2]。目前检测方式可以分为两类：用实际设备搭建检测环境和通过仿真软件模拟实际环境实现。利用仿真软件实现检测，具有实现简单、易于模拟各类设备、能够规范操作、检测结果实现标准化以及自动化程度高等优点，在智能变电站调试和检测中发挥了重要作用。目前已有针对智能变电站各种规约、各类设备甚至各类功能的通信测试软件，但能实现多种规约的集成一体化测试比对的软件尚未出现^[3]。

本文设计了一种面向智能变电站设备的多种规约集成一体化的规约比对测试系统，系统可仿真实际设备，也可接入实际设备，实现对智能变电站各类设备各类规约的集成测试。系统采用基于

PXI总线的硬件设计技术和功能软件组态实现技术，通过建立反映通信测试进度及测试内容的实时库，预配置实施通信规约测试类库，协调各类规约及设备的通信测试进程，实现基于实时库的不同通信规约的测试以及不同规约的通信内容比对。

1 功能配置

系统对测试设备通信两端的通信参数进行分析和比较，对有异常的参数进行告警和保存。系统支持变电站常规通信规约（如IEC 60870-5-101、102、103和104）和IEC 61850^[4]。

自动检测比对通信系统架构如图1所示，它由数据采集、通信内容比对、人机界面和比对报告等部分构成，实现对变电站常见通信规约内容的比对，形成测试报告以供查询。



王冬青/高级工程师

关键词/Keywords

智能变电站 ·
通信 ·
多规约 ·
同步测试 ·

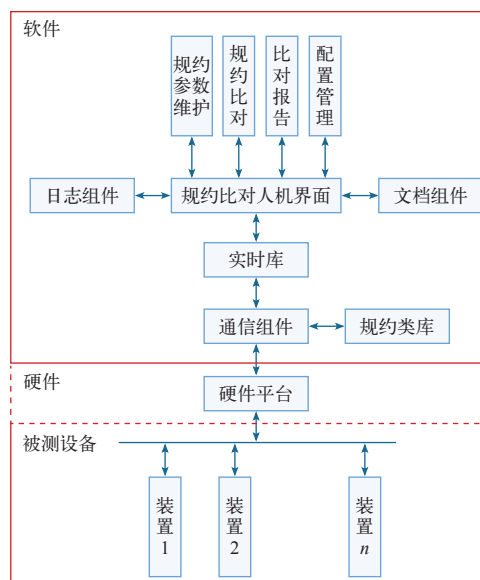


图1 自动检测比对通信系统

2 系统实现

2.1 通用硬件平台

多规约通信系统相对于单一规约测试设备，需要设计满足与多套设备、应用多种规约通信的需求，对通信的速度、容量及多规约通信的同步处理等都提出了更高要求。

智能变电站多规约通信的检测比对系统硬件主要包括PXI平台、系统控制器、基于FPGA的网络接口板、授时单元板、开关量输入板和开关量输出板等，所有板卡均按模块化设计原则，可依据现场调试需要对其进行组合，根据被测设备的数量和通信接口来选配板卡，构成符合测试需要的系统。

系统采用PXI总线作为连接上位机软件系统和下位机硬件系统的桥梁。硬件系统通过PXI采集卡实现对模拟量采样值信号、开入开出信号、对时信号以及告警信号的发送、接收和控制。

PXI 技术融合了PC技术、仪器技术以及欧卡机械规范^[5]，自身具备高性能I/O槽位，并带有10 MHz的专用时钟系统，数据传输速度快，可靠性高，结构规范，模块化的设计方式更易于仪器的维护与升级；另外，基于PXI总线技术的测试系统还具有测试成本低、技术风险小以及系统开发周期较短等优势，非常符合调试仪器的发展需要。

系统控制器板卡是调试装置的核心部件，调试装置功能软件在其上运行。它具有USB2.0、GPIB、RS 232和以太网等接口，能够与待测设备和辅助设备通信，通过PXI总线对各PXI模块进行控制和交换。其主要任务是接收和解析通信报文，完成逻辑判断，驱动开关量输出板，读取开入板的状态信息，并控制网络接口板、授时单元板的协同工作。

网络板通过PXI总线与系统控制器板通信，负责实现与被测设备的通信。

授时单元板的结构如图2所示。授时单元板作用是为整套装置提供时间的基准，同时对外输出标准的对时信号（包括B码、秒脉冲和SNTP），以满足待测装置对时间准确度的要求。对外输出

的B码信号可以为合并单元、智能终端等装置提供基准对时信号，为方便现场接线，接口类型支持光纤ST接口和电口RS 485。同时，授时单元板产生的时间信息通过PXI的触发总线送到每个插槽作为同步脉冲，间隔是1 ms。

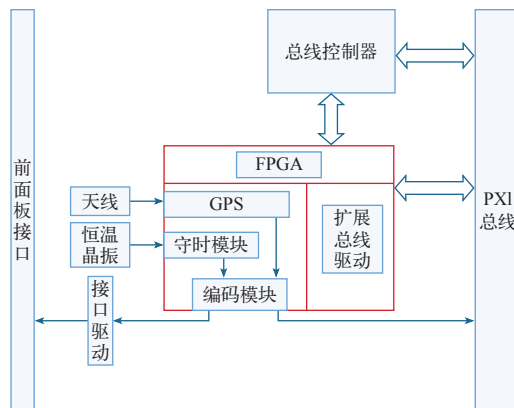


图2 授时单元板结构示意图

开关量输入输出板由信号调理电路、隔离电路和FPGA组成。开入板由外部接入16通道的开入信号，经过隔离、整形和消抖后，通过FPGA内部的开关量扫描模块生成通道的通信状态SOE信息，由PXI总线发送给系统控制器模块；开出板通过PXI总线接收系统控制器的命令，驱动操作回路中相对应的继电器，实现分合闸操作。开关量输入输出板的信号操作可通过软件进行配置和控制，实现对单装置或多装置开入开出量的成组测试。

系统具备多种形式的物理通信接口（如RS 232、RS 485、以太网和光口等），适应不同设备的测试需要。

2.2 软件平台

软件平台的软件组件从上到下分为四层，分别是目标应用服务器层、应用层、逻辑层及驱动层，如图3所示。

目标应用服务器通过传输接口将系统控制命令传送给应用层，应用层接收到目标应用服务器的消息后解包并分析，将分析后的结果传递给逻辑层，逻辑层通过传输接口传送至驱动层，并将这些信息反馈给网卡。应用服务器层将功能点分成各个插件，通过插件服务管理器管理各个插件

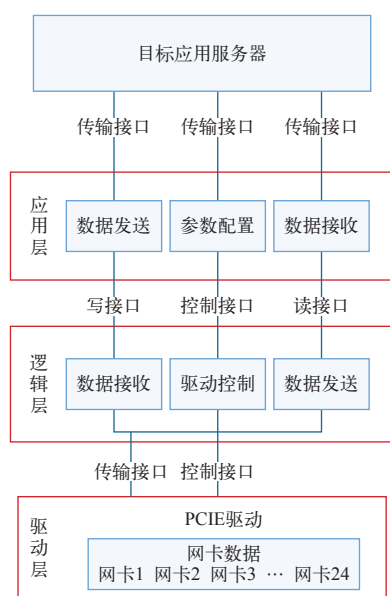


图3 软件平台组件

的生命周期，以标准的SOCKET协议或者TCP与应用层进行交互。

应用层包括安全控制模块、数据存储模块及数据处理模块。安全控制模块对软件支持硬件狗加密、硬件狗序列号生成的功能；数据存储模块存储从目标数据服务器发送过来的数据格式，包括控制命令、数据发送命令和一级数据传输命令；数据处理模块对原始数据进行分包、解析以及相关数据处理。

逻辑层是应用层与驱动层的中转站，将应用层上的请求转发给驱动层，驱动层处理后，将结果返回给应用层。

驱动层负责打开及关闭PCIE板卡，并对PCIE上的板卡进行读写操作。对收集到的网卡数据进行处理，组装成固定数据格式向逻辑层传送数据，逻辑层通过数据接收模块将驱动层上传来的数据传送给应用层，应用层通过TCP或者SOKCET协议传送给目标应用服务器。

2.3 软件组件

组态软件控制技术通过硬件组态、数据组态和画面组态等相应的手段即可完成对测试软件的开发工作，具有易用性、开放性和通用性的特点，可有效地提高检测工作效率，降低测试人员的工作量，这种特性适用于多项独立软件功能的

拼装合成。多规约检测比对测试系统通过组态方式实现各种测试功能的灵活配置，满足智能变电站的不同规约测试要求。

多规约比对测试系统软件包括规约测试模板配置模块、界面显示模块、关键参数配置模块、测试运行模块、数据处理模块以及结果文件存储模块，各模块间通过实时库和模板库实现信息的交互，如图4所示。

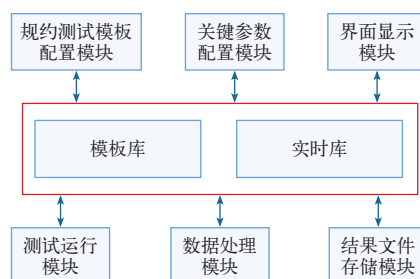


图4 多种通信规约比对测试系统结构

规约测试模板配置模块提供测试模板设计界面，为不同规约的不同测试项目设置测试流程、测试项目和测试参数等，用于满足多种规约多套设备的应用。

界面显示模块主要进行人机交互管理，内置关键参数设置界面、测试过程的监测控制界面和结果的展示界面等。

关键参数配置模块的功能是将用户从界面输入的测试参数、选择的规约等需求数据保存到实时库。

测试运行模块负责从实时库提取预设的参数，根据系统预设的测试模板配置测试流程，执行实际的测试功能，实现测试过程的监控，将测试过程的数据存入实时库，完成测试操作。

数据处理模块用于跟踪实时库中反映测试过程的数据，处理实际测试阶段生成的各种数据及信号，产生数据结果，存于实时库。

结果文件存储模块用于存储测试结果，将实时库中的测试结果转换为各种文件格式加以输出。

测试中所需的所有模块从实时库中获取或存储数据来完成设计，因此实时库的设计对测试的

正常运行具有重要的意义。模板库中保存着各规约测试的各类项目的测试模板，实时库中则保存着功能识别结果、测试属性配置参数、测试模板数据以及测试扩展功能的参数值等。

系统所有功能调试可按测试脚本自动执行，装置测试结果将显示在测试界面上，测试界面既可通过与装置相连接的PC展示，也可通过装置自带的液晶界面展示。

3 工程案例

以110 kV智能变电站通信测试为例，过程层、间隔层与站控层设备间通信应用IEC 61850规约。远动设备应用IEC 61850规约与站内设备通信，与远方调控中心通信采用IEC 60870-5-101规约。

多规约检测比对系统能够完成站内各设备的通信规约比对测试，可以同步检测各通信规约的协同工作情况。系统设置IEC 61850规约和101规约的集成测试功能，预设IEC 61850和101规约的规约模板库，将各测试项目中对应的测试参数设置为可配置的变量，保存于实时库中。测试过程中，可查看实时库中的各类数据和信息，监视并对测试过程实施人为控制。系统针对测试结果，根据发布报文和预期响应，比对不同通信规约下各设备的响应内容和响应时间是否一致、是否正确等，为多角度分析测试结果提供实时库数据、测试过程及结果信息。

测试项目按测试功能进行设置。系统可模拟站内站控层监控系统发布以下测试报文（如下发遥控、遥调、对时、信号复归、定值修改、定值切换和手动录波等模拟测试报文），测试间隔层设备的通信响应，检查间隔层通信的各个对应功能的实现。同时，也可模拟间隔层设备的上送信息报文，如模拟间隔层设备的遥测、遥信、遥调、压板、定值区、定值、工况、SOE、事件和告警等上送报文信息，检测站控层系统的功能实现，检测远动设备发出的101规约报文响应，检查并同步比对站控层系统与远动系统的通信传输内容，同时检查远动设备的通信报文上送正确性。

模拟调控中心通过远动设备向站内间隔层设备发布测试报文（如下发遥控、遥调、对时和信号复归等模拟测试报文），测试101规约和IEC 61850规约的转换正确性以及不同规约的通信传输关键参数的一致性，根据间隔层设备的通信响应，检查间隔层通信各个对应功能的实现。

4 结束语

本文设计了基于PXI总线平台的具备与多套设备、应用多种规约通信的测试系统。系统硬软件能够根据应用要求灵活组合，利用实时库实现通信测试进度及测试内容的管理，协调各类规约及设备的通信测试进程，实现基于实时库的不同通信规约的测试以及不同规约的通信内容比对。

智能变电站多规约通信系统可实现按预设流程的自动测试。系统仅需设置关键通信参数、预置检测项目以及选定通信规约，同时可以按设置的通信测试项目自动发布传输预设内容的通信报文，并接收来自被测设备的响应，提取关键内容，录入实时库，供下一步测试或供运行人员分析。测试系统可以对单一被测设备实现测试，也可根据测试需要选择测试点和响应点，对设备集成的系统进行测试。

参考文献

- [1] 辛耀中. 智能电网调度控制技术国际标准体系研究[J]. 电网技术, 2015, 39(1): 1-10.
- [2] 徐丹丹, 米为民, 邓勇, 等. 智能变电站与调度主站间模型/图形协调共享及无缝通信一体化建模仿案[J]. 电网技术, 2012, 36(11): 235-239.
- [3] 胡长金. 智能变电站通信网络可靠性研究[J]. 电气应用, 2011, 30(17): 32-34.
- [4] 李鹏, 李培, 王昕, 等. 基于CAC的变电站统一通信平台在电能质量监测系统中的应用研究[J]. 电气应用, 2012, 31(22): 26-29.
- [5] 吕德海, 潘峰. PXI在电梯测试中的应用[J]. 电气应用, 2009, 28(16): 74-77.

(收稿日期: 2015-08-17) **EA**