

变电站自动化系统实时仿真装置的设计与实现

黄曙, 梁晓兵, 高新华, 代仕勇

(广东省电力科学研究院自动化室, 广东 广州 510600)

摘要: 针对变电站自动化发展中存在的检测难点, 提出了基于变电站自动化设备网络功能模块化思想设计的实时仿真装置, 介绍了装置的测试原理、系统结构及功能。装置采用工业微机内嵌 Windows2000 操作系统, 可实现海量数据测试、网络分层测试和设备性能测试、保护事件模拟重演、规约测试以及报文解析等功能。实际应用效果表明: 装置能正确完成系统仿真和各类型设备的实时闭环仿真测试, 为实现变电站自动化系统的全面测试提供了一个有效的途径。

关键词: 变电站自动化; 数字仿真; 实时仿真; 实时测试; 功能测试

Design and realization of real time simulator for substation automation system

HUANG Shu, LIANG Xiao-bing, GAO Xin-hua, DAI Shi-yong

(Guangdong Power Test & Research Institute, Guangzhou 510600, China)

Abstract: Aimed at the difficulties of the substation automation system test, the paper builds a kind of real time simulator designed by the idea of automation equipments functional modularization and introduces its element, structure and function. By use of the industrial MCU embedded Windows2000, the device could realize the functions such as mass data test, network delaminating test, device capability test, protection event simulation, protocol test and packet parse, etc. The engineering application shows that the device could exactly finish system simulation and device real-time closed loop test and provide an effective way for the substation automation system test.

Key words: substation automation; digital simulation; real-time simulation; real time test; functional test

中图分类号: TM743; TP277

文献标识码: B

文章编号: 1003-4897(2007)04-0049-04

0 引言

随着变电站自动化程度的提高, 现今的变电站自动化系统均采用分层、分布、开放式结构, 站控层和间隔层主要采用稳定、可靠、高速的网络进行组网, 如光纤、以太网、CAN网、Lonworks网络等。变电站内常规的二次设备, 如继电保护装置、测控装置、规约转换装置、远动装置、通信管理机等不再出现常规功能装置重复的I/O现场接口, 通过网络真正实现数据共享、资源共享, 常规的功能装置在这里变成了逻辑的网络功能模块^[1]。但在发展的同时, 也带来一些新的问题: 如系统标准不完善、设备种类众多、通信规约不一等, 而针对系统实时性、可靠性、功能正确性和性能精确性的测试仪器和工具更为缺乏。

为适应变电站自动化的发展需求, 在广东电网公司的大力支持下广东省电力科学研究院研制开

发了变电站自动化实时仿真装置(以下简称装置)。装置是在电力系统数字仿真的基础上, 依据网络设备标准化、功能模块化的思想设计, 采用计算机数字定性仿真的方法, 建立变电站自动化系统的设备仿真模型, 通过模型仿真设备实际运行态向网络发送数据, 从而实现对系统各类设备的仿真测试。与传统的物理仿真比较, 该系统具有不受原型系统规模和结构复杂性的限制, 能保证被研究对象和实验系统的安全性, 具有很好的经济性、有效性和方便性^[2~4]。

1 系统测试原理

Aptest 变电站自动化仿真测试系统的核心是自主开发的变电站自动化系统仿真软件, 利用此软件在后台上建立自动化设备的仿真模型, 通过前置机硬件接口实现模拟设备与运行系统的嵌套, 进行实时动态仿真。仿真系统可将待测设备所需的模拟

量和数字量信号(如遥信、遥控、遥调信号等)通过 DI/DO 接口板输出,电压、电流等遥测量及保护动作信息等则以网络报文的形式经 TCP/IP、Lonworks、RS232/422/485、CAN 网等网络接口输出,同时,待测装置的响应信号可通过 DI/DO 接口和网络接口实时反馈给微机,形成闭环测试。如图 1 所示,这种实时闭环测试的动态交互效果,实现了真正意义上的现场仿真测试。

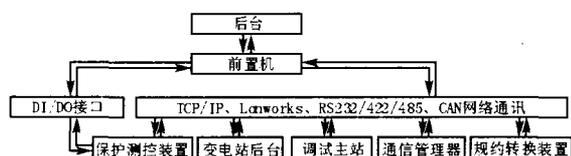


图 1 仿真装置实时闭环测试原理

Fig.1 Real time closed loop testing with simulator

2 系统结构

变电站仿真测试系统采用 C/S 方式架构,包括仿真测试后台软件和前置机两部分,系统结构如图 2 所示。

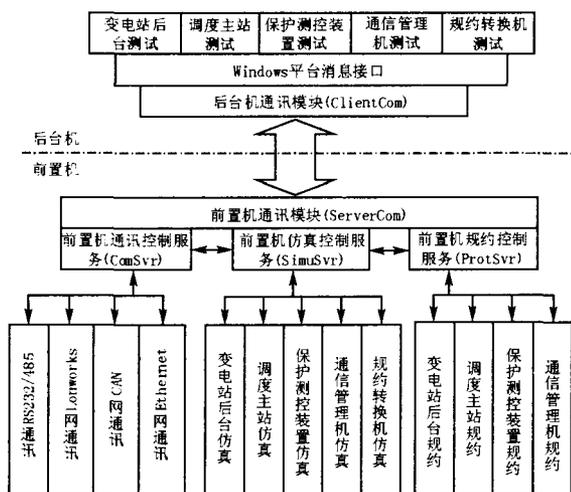


图 2 系统结构图

Fig.2 Configuration of simulator system

2.1 硬件

系统硬件设计以高速运作的中央处理器为中心,外部扩展设计多类型通讯接口。

1) 中央处理模块采用工业级高速微处理器,内嵌 Windows 操作系统,采用全中文图形化界面,具备高速的数据处理能力。

2) 模拟量、数字量接口模块主要包括 16 路非极性光电隔离的遥信输入、8 路继电器输出的遥控输出节点。

3) 通讯接口模块同时提供了多种网络接口,如 Ethernet、Lonworks、CAN、RS232/422/485 等不同种类的通讯接口,并可同时实现同种物理接口 2 个以上的数据通讯和同时支持不同物理接口的并行通讯。

2.2 软件

系统的软件设计主要包括两部分:后台仿真软件和前置软件。后台仿真软件主要负责人机对话功能,实现测试过程控制。主要功能包括:1) 实时显示各监控参数;2) 控制参数、通讯通道参数设置;3) 仿真测试报告自动生成及存储;4) 提供 Windows 平台消息接口;5) 后台通讯模块 ClientCom 实现与前置机通讯。前置软件主要实现外部接口通讯及输入输出控制。主要功能包括:1) 仿真过程控制服务 SimuSvr;2) 规约控制服务 ProtSvr 建立规约动态库;3) 通讯控制服务 ComSvr 实现不同的网络通讯;4) 前置机通讯模块 ServerCom 实现与后台机通讯。

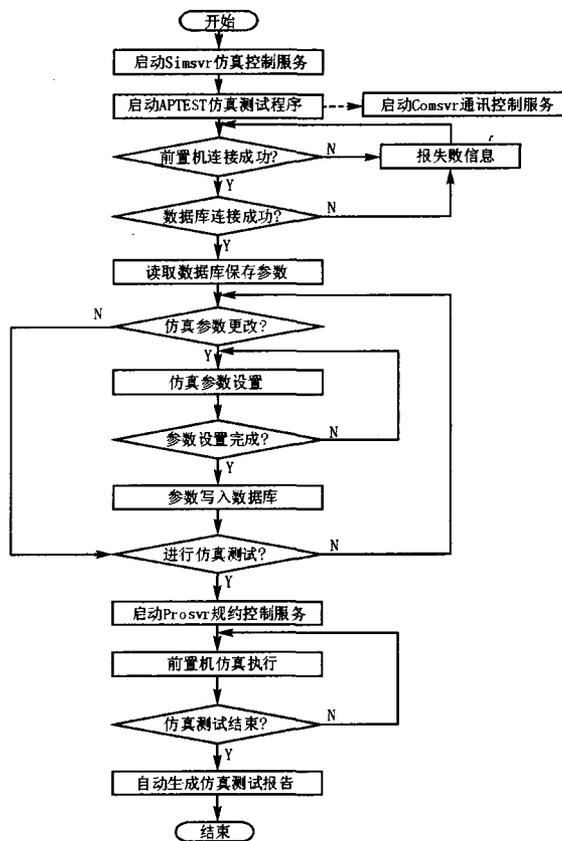


图 3 软件流程图

Fig.3 Software flow of simulator

用户可通过配置不同参数的虚拟装置,模拟实际系统中的调度主站、变电站后台或者测控保护装置。

置等。每个虚拟装置拥有不同的通讯口及规约, 仿真控制服务启动通讯服务和规约服务。仿真的过程如图 3 所示。

3 系统主要功能

装置以满足变电站综自系统全方位测试需求为出发点, 既可完成变电站自动化系统的整体功能和性能仿真测试, 如海量数据测试、网络分层测试; 亦可完成系统各类型设备的实时闭环仿真测试, 如设备功能、性能测试、实时四遥测试、保护事件模拟重演、规约测试以及报文解析等功能^[5~7]。

3.1 系统仿真

装置可仿真变电站设备的各种实际运行情况, 产生相应的实时变化数据提供给系统, 并根据被测系统对仿真实时数据流的处理情况进行测试。装置可对全站的数据总流进行模拟, 如: 海量数据模拟实现系统数据处理容量极限测试, 包括遥信雪崩测试、遥测变化测试、模拟大量事故变位发送、模拟故障录波数据发送等; 亦可对网络传输层进行分层测试, 根据物理层、链路层和应用层的不同特点, 针对性地进行测试, 可准确、全面地反映系统实际运行状况。

3.2 实时仿真测试

装置通过 DI/DO 信号输入输出接口和多类型的高速通信网络接口与外部设备相连, 可对变电站内各类型设备, 如测控装置、保护装置、安全自动装置以及控制装置进行实时闭环测试。

1) 采用虚拟网络技术, 可同时仿真 3 个以上厂站的实时数据, 每个厂站可设置多台测控装置, 每台装置可模拟 256 个遥测量、1 024 个遥信量、128 个遥控量、128 个遥调量。

2) 可根据用户自定义的各种保护事故间隔模拟发送或手动选择发送事故信息, 记录模拟发送出去的事故信息, 包括发送的遥信状态、保护动作、遥测测量值、录波数据文件等, 实现事故模拟重演, 准确定位事故的位置并分析其原因。

3) 按照多种运动通信协议(如循环数据传输方式(CDT), IEC 870—5—101、IEC 870—5—103、IEC870—5—104 等)和多种通信接口方式(如 RS—232/485 串口、CAN 网、10 Mbit·s / 100 Mbit·s 以太网口等)与变电站实际运行系统进行连接, 并可进行规约扩展, 实现对规约一致性的测试分析功能, 包括报文帧格式、校验方式、报文帧类型、报文时序、报文内容解释等。

4) 可在测试过程中捕捉通信报文并显示和记

录, 同时进行报文分析与统计, 自动智能检测出通信报文中错误的格式、错误的帧结构和参数等, 并统计出通信误码率, 丢包率等。

4 仿真测试装置的实际运行效果

自仿真测试装置投入运行以来, 已在变电站自动化系统验收现场中多次实际应用, 在不同的变电站自动化监控系统中进行了遥信雪崩测试、事故遥信测试、遥信突变测试、遥测量变化测试等^[8~10]。

1) 遥信雪崩测试是同一时刻(或按 1 s 间隔时间连续几次)模拟单台或多台测控装置发送 N 个遥信变位信号, 测试系统的响应情况。例如: 5 s 内每间隔 1 s 模拟发送 120 个遥信变位信号, 测试在全站存在较大信息流量时系统是否能正确完成数据处理, 如出现遥信 SOE 事件记录部分丢失的现象, 则可能因测控装置的硬件缓存较小或规约中处理过量信息不当所致, 应相应作缓存扩大或对规约中数据重发机制作修正处理。

2) 事故遥信测试是仿真事故时保护动作及开关动作全过程, 如对某变电站 311 开关事故跳闸进行事故重演, 设置如下:

事故名称: 开关 311 跳闸事故

相关遥信状态: 开关 311, 状态: 1

事故总信号, 状态: 1

相关保护遥测: A 相电流, 值: 50 A

B 相电流, 值: 10 A

C 相电流, 值: 10 A

母线电压, 值: 220 kV

相关保护动作: 保护跳闸动作

保护自动重合闸动作

相关录波文件: wave.dat, 如图 4 所示。

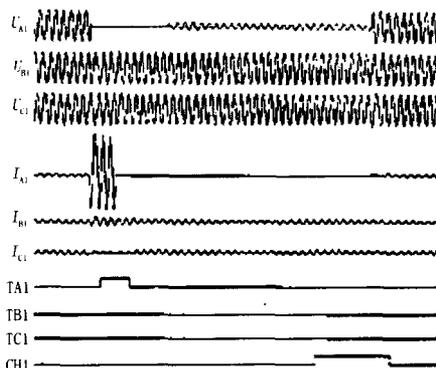


图 4 实时闭环测试录波—单相故障重合闸成功
Fig.4 Signals record of success re-close operation after single phase fault

由此可见,装置能仿真电力系统运行和故障情况,达到严格实时性的要求。

3) 遥信突变测试是控制遥信输出接点在短时间内突变,测试测控装置的响应情况。例如间隔 1 ms 输出两个遥信空接点至测控装置,测控装置应能正确记录,即 SOE 分辨率满足 <2 ms 指标要求;当输出持续时间小于防抖时间的遥信接点电平信号时,测控装置应无记录,满足遥信接点防抖功能要求。

4) 遥测量变化测试是指按设置的变化函数仿真输出电压、电流,测试系统的响应情况。如以阶梯函数输出变化遥测量,其值从 0 变化至死区值范围内的一个较小值时,后台的遥测显示值应无变化,即满足后台遥测死区功能;再变化至 120%量程值时,后台遥测显示值应变化并正确显示,再增大至超过 120%量程值时,后台应按最大值显示。

5 结束语

实际应用效果表明,装置能实现对变电站自动化系统整体及各部分功能模块的实时仿真测试,及时、有效地发现系统及各功能模块设备存在的缺陷,有效地解决了由于变电站自动化系统设备种类繁多、一致性差和接口规约多样产生的系统检测难题,为提升变电站自动化系统的建设、验收、测试及维护水平,实现变电站自动化系统的全面测试提供了一种有效的新途径。

参考文献

- [1] 陈炯聪,高新华,段新辉,等.广东电网公司企业标准 Q/GD001.1119.1-2005:广东电网 110~220kV 变电站自动化系统技术规范[Z].
CHENG Jiong-cong,GAO Xin-hua,DUAN Xin-hui,et al.Guangdong Power Grid Corporation Criterion Q/GD001.1119.1-2005: Technical Specification for Automation System of 110~220 kV Substations of Guangdong Power Grid[Z].
- [2] 郑三立,雷宪章,Retzmann D,等.电力系统计算机及实时数字仿真(上):电力系统计算机仿真[J].电力系统自动化,2001,25(13):45-49.
ZHENG San-li,LEI Xian-zhang,Retzmann D,et al. Computer and Real-time Digital Simulation of Power Systems,Part One: Computer Simulation of Power Systems[J].Automation of Electric Power Systems, 2001, 25(13): 45-49.
- [3] 郑三立,雷宪章,Retzmann D,等.电力系统计算机及实时数字仿真(下):电力系统实时数字仿真[J].电力系统自动化,2001,25(14):40-44.
ZHENG San-li,LEI Xian-zhang,Retzmann D,et al. Computer and Real-time Digital Simulation of Power Systems,Part Two: Real-time Digital Simulation of Power Systems[J].Automation of Electric Power Systems, 2001, 25(14): 40-44.
- [4] 郑三立,梁旭,孙刚,等.基于微机的电力系统数字动态实时仿真装置[J].电力系统自动化,2004,28(1):25-27.
ZHENG San-li,LIANG Xu,SUN Gang,et al. Power System Real Time Digital Simulator Based on PC[J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(1): 25-27.
- [5] IEEE Standard for Distributed Interactive Simulation Application Protocol [S]. 1995.
- [6] Hugnes H.Progressive Meshes Computer Graphics[A]. In: Proceedings of SIGGRAPH96[C].New Orleans(USA): 1996. 99-108.
- [7] Venkatramani C, Chiueh T. Supporting Real Time Traffic on Ethernet[R].Stony Brook (NY): State University of New York, 1994.
- [8] 赵家庆,姜学宝,周瑾,等.电网SCADA系统在线仿真测试装置的设计与实现[J].电力系统自动化,2005,29(4):97-99.
ZHAO Jia-qing,JIANG Xue-bao,ZHOU Jin,et al. Design and Realization of On-line Simulation and Test Equipment for Power Network SCADA System[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(4): 97-99.
- [9] 谷米,贺仁睦.变电站通信网性能的仿真研究[J].电网技术,2000,24(6):70-74.
GU Mi, HE Ren-mu. Simulation and Research of Performance of Communication Network in Substation[J]. Power System Technology, 2000, 24(6): 70-74.
- [10] 侯宗浩,王秉康,黄泳翔.网络仿真的研究[J].计算机仿真,2003,20(10):89-91.
HOU Zong-hao, WANG Bing-kang, HUANG Yong-xiang.Research of the Network Simulation[J]. Computer Simulation, 2003, 20(10): 89-91.

收稿日期:2006-09-14; 修回日期:2006-11-15

作者简介:

黄曙(1979-),男,硕士,从事电力系统及其自动化专业及变电站实时仿真测试的应用研究工作;E-mail:

huangshu_2005@163.com

梁晓兵(1973-),男,电力计算机应用工程师,从事电力系统及其自动化专业的技术及管理工作;

高新华(1968-),男,电力计算机应用高级工程师,从事电力系统及其自动化专业的技术及管理工作。