

DOI: 10.7667/PSPC150767

智能变电站站控层测试技术研究与应用

张小易, 彭志强

(国网江苏省电力公司电力科学研究院, 江苏 南京 211103)

摘要: 根据智能变电站一体化监控系统功能及应用情况, 设计了智能变电站站控层测试系统架构, 对测试系统架构各功能模块及信息交互过程进行了分析。然后对智能变电站站控层测试技术进行了深入研究, 分别围绕站控层数据交互测试技术、监控主机测试技术及远动功能测试技术进行研究, 创新性地提出了测试策略可配置、通信报文可订制、交互行为可控的站控层数据交互测试方法, 监控主机信息闭环测试方法, 基于取代服务的电力远动装置测试方法。为了验证提出的测试技术方案可行性, 通过软件技术实现了具有上述技术特征的测试系统, 含保护测控信息仿真系统及调控主站仿真系统。最后经工程应用实践, 智能变电站站控层测试技术提高了测试效率, 并保证了测试结果的可靠性。

关键词: 智能变电站; 站控层; 一体化监控系统; 测试系统; 闭环测试; IEC 61850

Research and application on substation level test technology of smart substations

ZHANG Xiaoyi, PENG Zhiqiang

(State Grid Jiangsu Electric Power Company Research Institute, Nanjing 211103, China)

Abstract: According to the function and application of smart substation integrated supervisory and control system, a substation level test system architecture is designed, each function module and information interaction process of test system architecture are analyzed. Then the substation level test technologies are deeply studied, including the station level data interaction testing technology, supervision and control system testing technology and remote functional testing technology. The station level data interactive test method is innovatively put forward, with which the test strategy can be configured, messages can be customized, and interactive behavior can be controlled. A closed-loop test method for supervision and control system information and electric power telecontrol device testing method based on substituted service are respectively proposed too. In order to verify the feasibility of the proposed technological test scheme, the testing system with the above technical characteristics is realized through the software technology, which includes relay protection and measurement & control information simulation system and main station simulation system. Finally, engineering application proves that station level test technology of smart substation improves testing efficiency and ensures the reliability of measurement results.

Key words: smart substation; substation level; integrated supervision and control system; test system; closed-loop test; IEC 61850

0 引言

智能变电站站控层对上纵向贯通调控主站系统, 向下连接变电站间隔层设备, 站控层负责全站设备的监视控制, 并与各级调控中心进行远动信息实时交互, 对电网的安全稳定运行至关重要^[1-2]。目前在智能变电站测试环节, 对于站控层设备/系统测试仍借助一些功能单一的调试工具来进行, 缺乏功能完善的智能变电站站控层测试系统来实现

全面定量测试, 对监控主机及远动功能测试无完好的解决方案, 不能适应智能变电站建设的快速发展。

变电站调控数据交互规范对变电站支撑调控运行提出了更高的要求^[3], 目前在智能变电站测试环节过程中, 站控层测试属于薄弱环节。其中对于监控主机的测试依赖于间隔层设备, 测试过程中自动化程度低, 这就需要开展监控主机测试技术研究。随着调控一体化运行变电站成为无人值守, 变

电站对调控主站的远动功能越来越重要,这就需要在智能变电站测试时开展远动功能专项测试,从而更好地支撑调控一体化运行。本文提出了智能变电站站控层测试系统架构,对测试系统架构各功能模块及信息交互过程进行了分析。然后对提出的测试系统架构应用到的测试技术进行了深入研究,分别围绕站控层数据交互测试技术、监控主机测试技术及远动功能测试技术进行研究,创新性地提出了测试策略可配置、通信报文可订制、交互行为可控的站控层数据交互测试方法,监控主机信息闭环测试方法,基于取代服务的电力远动装置测试方法。为了验证提出的测试技术方案可行性,通过软件技术实现了具有上述技术特征的测试系统,含保护测控信息仿真系统及调控主站仿真系统。最后经工程应用实践,智能变电站站控层测试技术提高了测试效率,并保证了测试结果的可靠性。

1 测试系统架构

智能变电站站控层对上纵向贯通调控主站系

统,向下连接变电站间隔层设备,负责全站设备的监视与控制、并与各级调控中心进行远动信息交互。图1所示为智能变电站间隔层、站控层至调控主站网络架构示意图^[4],根据一体化监控系统规范要求,可将站控层按功能应用分为监控主机功能及远动功能。监控主机负责站内各类数据的采集、处理,实现站内设备的运行监视、操作与控制、信息综合分析及智能告警,集成防误闭锁操作工作站和保护信息子站等功能^[1-2]。远动功能负责采集站内数据,通过调度数据网与调控中心进行信息实时交互,主要包括基于 IEC60870-5-104 规约基本“四遥”功能^[5]、基于 DL476 的“告警直传、远程浏览”功能^[3]、基于继电保护故障信息处理系统技术标准(简称国网103)的保信功能^[6]。对于监控主机与远动功能测试,如图1所示通过保护测控信息仿真系统与调控主站仿真系统代替实际装置与系统进行测试,仿真系统除具备基本功能,还集成先进的测试方法,可用于开展监控主机与远动功能专项功能及性能测试,同时提高测试的自动化程度。

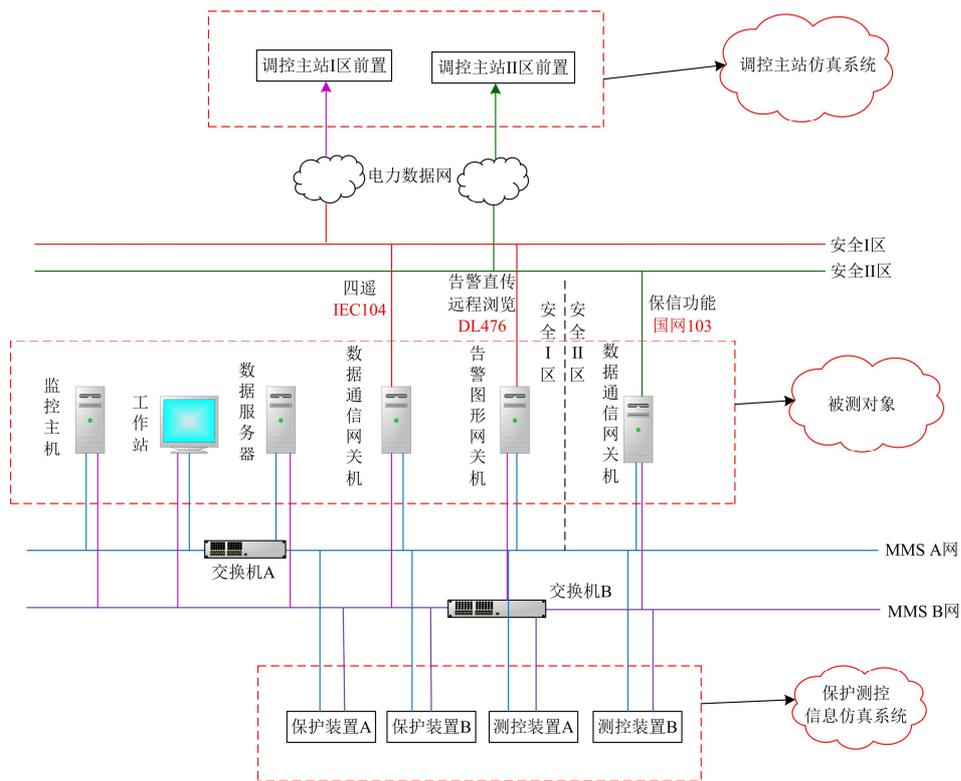


图1 智能变电站站控层测试系统网络架构示意图

Fig. 1 Schematic diagram of substation level test system network architecture

2 测试技术研究

图2所示为智能变电站站控层测试技术路线

示意图,整个测试系统涉及的通信规约有 IEC61850、IEC104、DL476 及国网 103,通信规约是整个测试技术的理论基础。测试方法研究包括站

控层数据交互测试方法、监控主机测试方法、远动功能测试方法。研制的测试系统包括保护测控信息仿真系统、调控主站仿真系统。工程应用可开展监控主机与远动功能测试, 监控主机测试项目包括四

遥基本功能、站控层五防功能、顺控功能、智能告警、雪崩测试、网络通断等测试, 远动功能测试项目包括常规四遥功能、“告警直传、远程浏览”功能、保信功能等测试。

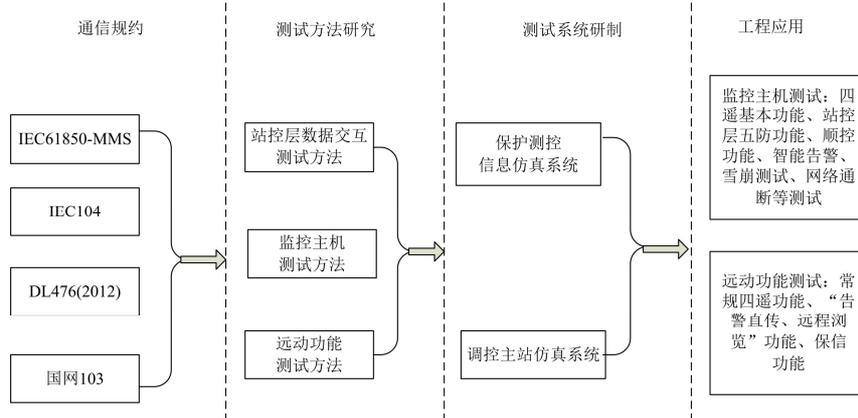


图 2 智能变电站站控层测试技术路线示意图

Fig. 2 Schematic diagram of substation level test technical route

2.1 站控层数据交互测试技术

站控层数据交互测试主要针对站控层系统(含监控主机、远动功能)与间隔层设备之间的信息交互, 通过配置相应的测试策略, 控制保护测控仿真系统信息交互行为, 可实现通信报文可订制及交互行为可控的目标。整个信息交互以 SCL 文件为中心, 对模型文件的分析与重构是整个测试技术的基础。依据《IEC61850 工程继电保护应用模型》^[7], 可分别按下述方式进行基础数据的分类与提取, 测控装置预定义下列数据集, 前面为数据集描述, 括号中为数据集名:

- a) 遥测(dsAin);
- b) 遥信(dsDin);
- c) 故障信号(dsAlarm);
- d) 告警信号(dsWarning);
- e) 通信工况(dsCommState);
- f) 装置参数(dsParameter);
- g) 联锁状态(dsInterLock)。

保护装置预定义下列数据集, 前面为数据集描述, 括号中为数据集名:

- a) 保护事件(dsTripInfo);
- b) 保护遥信(dsRelayDin);
- c) 保护压板(dsRelayEna);
- d) 保护录波(dsRelayRec);
- e) 保护遥测(dsRelayAin);
- f) 故障信号(dsAlarm);
- g) 告警信号(dsWarning);
- h) 通信工况(dsCommState);

i) 装置参数(dsParameter);

j) 保护定值(dsSetting)。

通过解析配置文件, 依据配置文件构建仿真运行环境, 建立整个测试系统基础数据应用平台, 并基于此环境进行测试策略配置。依据配置的测试策略, 构建测试系统与站控层系统信息交互行为, 用以对站控层数据交互测试。根据工程需求, 本文提出了下列测试策略, 前面为测试策略名, 后面为释义及可测试的项目:

a) 单点: 可进行遥测、遥信单点设置, 用于监控主机及数据通信网关机的人工对点测试;

b) 多点: 可进行遥测、遥信跨间隔多点设置, 用于监控主机及数据通信网关机的多点并发测试;

c) 批处理: 可进行遥测、遥信批量信息输出设置, 并可对信息输出时序进行设置, 用于雪崩测试、综合智能告警测试;

d) 网络通断: 可进行站控层网络通断设置, 用于监控主机及数据通信网关机的网络通断测试;

e) 双网切换: 可进行站控层双网切换设置, 用于站控层系统双网切换测试;

f) 遥控: 可进行遥控全过程行为设置, 包括遥控允许选择与否、允许执行成功与否及状态量返回与否, 并可对选择、执行、返回行为进行延时设置, 用于 IEC61850 客户端遥控行为全过程测试;

g) 心跳报文: 可进行心跳报告响应设置, IEC61850 MMS 通信一般以 GetServerDirectory(服务器目录)或 GetDataValues(读数据值)服务作为应用层数据交互心跳判断依据, 用于 IEC61850 客户

端通信中断专项测试。

2.2 监控主机测试技术

智能变电站监控主机测试采用信息闭环测试方法, 测试系统架构如图 3 所示, 包括测试工作站、保护测控信息仿真系统、站控层交换机、监控主机、IEC61850 网络报文记录分析仪。其中保护测控信息仿真系统、监控主机以及 IEC61850 网络报文记录分析仪均与站控层交换机连接, 测试工作站与保护测控信息仿真系统连接。监控主机为被测对象, 可导出测试过程中站控层交互数据的文件, 并将导出文件发送给测试工作站。保护测控信息仿真系统可根据 SCD 文件仿真多台保护测控装置, 在信息交互上完全模拟基于 IEC61850 保护和测控设备的信息输入输出, 并接收测试工作站的配置策略, 使站控层通信报文可定制, 交互行为可控。IEC61850 网络报文记录分析仪接受测试工作站的启停指令, 通过网络监听方式记录并分析站控层交换机的网络报文生成分析简报(分析简报内容及格式模板见附录 A), 将分析简报和网络报文数据反馈给测试工作站。测试工作站配置测试策略并形成原始测试数据文件, 向 IEC61850 网络报文记录分析仪发送启停指令并接收 IEC61850 网络报文记录分析仪发送的分析简报和网络报文数据, 接收监控主机导出文件, 并将测试策略、分析简报和导出文件进行比对, 根据比对结果自动生成测试报告。整个测试流程如下:

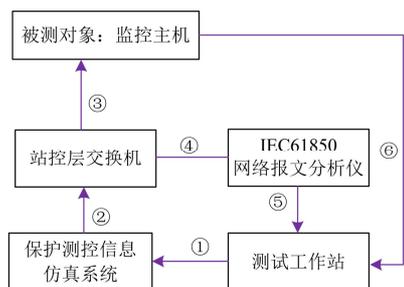


图 3 监控主机信息闭环测试系统架构示意图

Fig. 3 Schematic diagram of supervision and control system closed-loop test system

- ① 在测控工作站配置测试策略;
- ② 保护测控信息仿真系统根据测试策略进行站控层数据交互;
- ③ 保护测控仿真系统与监控主机进行数据交互;
- ④ 网络分析仪进行报文分析并形成数据简报;
- ⑤ 测试工作站以文件服务从网络分析仪获取数据简报;
- ⑥ 监控主机导出交互数据;
- ⑦ 测试工作站对将测试策略、分析简报和监控

主机导出文件进行比对, 根据比对结果自动生成测试报告。

2.3 远动功能测试技术

智能变电站远动功能测试采用基于取代服务的测试方法, 如图 4 为基于取代服务的远动功能测试系统架构示意图, 测试系统包括调控主站仿真系统、保护测控信息仿真系统、数据通信网关机。调控主站仿真系统除具备常规的远动前置功能, 还具备 IEC61850 MMS 客户端取代服务功能, 保护测控信息仿真系统具有 IEC61850 MMS 服务端通信功能。调控主站仿真系统通过取代服务对保护测控信息仿真系统的遥测及遥信数据进行设值, 保护测控信息仿真系统接受 MMS 客户端设值, 并支持周期性、数据变化、总召等数据上送方式, 对被取代的数据以 IEC61850 MMS 上送至数据通信网关机, 再通过 IEC104 转发到调控主站仿真系统。通过对 IEC61850 取代服务设置的原始值与待测数据通信网关机上送的值进行比较, 来验证待测装置接收并转发数据的正确性。

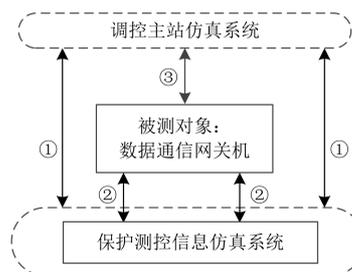


图 4 基于取代服务的电力远动装置测试系统架构示意图

Fig. 4 Schematic diagram of telecontrol device testing system based on substituted service

测试流程如下:

- ① 调控主站仿真系统通过 IEC61850 取代服务置数;
- ② 保护测控信息仿真系统数据变化及品质变化触发报告上送;
- ③ 数据通信网关机通过 IEC61850 接受变化数据, 并通过 IEC104 转发至调控主站仿真系统;
- ④ 调控主站仿真系统对置数源与接收的数据进行比对, 并形成测试报告。

3 测试系统设计与实现

3.1 保护测控信息仿真系统

保护测控信息仿真系统通过模拟 IEC61850 保护测控装置站控层数据交互行为, 用于测试监控主机及远动功能。图 5 所示为保护测控信息仿真系统功能结构示意图^[8-10], 功能模块包括模型解析模块、

仿真系统运行管理模块、仿真系统运行模块、抽象通信服务接口(ACSI)模块、MMS 网络通信服务模块, 各功能模块作用如下。

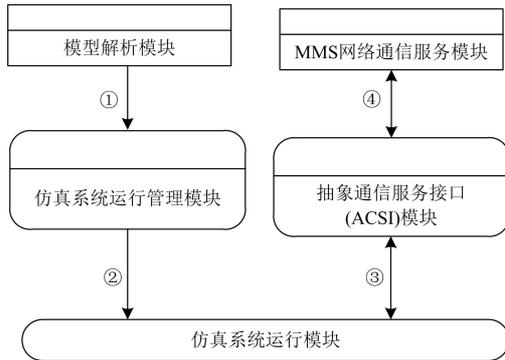


图 5 保护测控信息仿真系统功能结构示意图

Fig. 5 Schematic diagram of relay protection and measurement & control information simulation system

a) 模型解析模块。导入 SCL 文件, 校核文件的合法性, 解析配置文件, 依据 IEC61850-6 及 Q/GDW 1396 构造仿真环境所需的数据模型, 为仿真系统提供基础数据。

b) 仿真系统运行管理模块。配置测试策略, 根据模型解析模块生成的基础数据, 对仿真的智能电子设备(IED)进行测试策略配置。可配置的测试策略有: 单点、多点(跨间隔、跨装置)、批处理、网络通断、双网切换、遥控行为(选择、执行、返回)、心跳报文返回等。

c) 仿真系统运行模块。根据模型解析模块生成的基础数据创建 IED 运行进程, 依据仿真系统运行管理模块配置的测试策略, 使仿真系统报文输出可订制, 交互行为可控。

d) 抽象通信服务接口(ACSI)模块。依据 IEC61850-7-2 创建抽象通信服务接口, 使仿真系统满足 IEC61850 规定的各类服务。

e) MMS 网络通信服务模块。依据 IEC61850-8-1 特定通信服务映射(SCSM), 将 ACSI 映射至 MMS, 使仿真系统满足 MMS 通信应用。

3.2 调控主站仿真系统

调控主站仿真系统, 支持目前主流电力远动规约(IEC60870-5-104、DL476、TASE.2 等), 具备调控主站模拟、报文解释及分析功能, 用于调度端与变电站端的远动功能测试。根据一体化监控系统功能规范, 远动功能包括基本“四遥”功能、“告警直传、远程浏览”功能、保信功能^[11-14]。调控主站仿真系统功能模块架构如图 6 所示, 分别包括前置通信模块、基本远动功能模块及高级应用功能模块,

各功能模块作用如下。

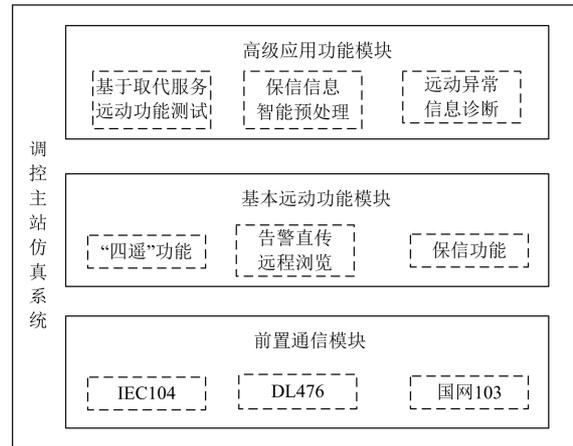


图 6 调控主站仿真系统功能模块示意图

Fig. 6 Schematic diagram of main station simulation system function module

a) 前置通信模块集成的通信规约包括 IEC104、DL476、国网 103 等, 是调控主站仿真系统的实时数据输入、输出中心, 是调控主站仿真系统的基础模块。

b) 基本远动功能模块, 是以前置通信模块为基础, 实现“四遥”功能、“告警直传、远程浏览”功能、保信功能等远动功能。

c) 高级应用功能模块是在前置通信模块与基本远动功能模块的基础上, 集成相应的测试策略, 实现基于取代服务的远动功能测试、保信信息智能预处理功能及远动异常信息诊断服务。

4 工程应用

按照上述设计的测试系统架构及提出的测试方法, 通过软件技术研制了智能变电站站控层测试系统(含保护测控信息仿真系统及调控主站仿真系统)。通过该测试系统可开展监控主机测试、数据通信网关机测试、告警图形网关机测试及保信功能测试。其中监控主机测试项目包括遥信、遥测、遥控、同期功能、检修机制处理、网络通断、双网切换、雪崩、站控层五防、顺控功能、信息综合与智能告警等。数据通信网关机测试项目包括通信状态、远动信息传输、远方操作、装置初始化及数据重传等。告警图形网关机测试项目包括告警直传、远程浏览。保信功能测试项目包括初始化配置、自动上送信息、获取历史信息及获取运行信息等。

智能变电站站控层测试系统已先行在国网实验室-变电站智能设备检测技术实验室应用验证了技术的可行性, 后陆续应用于实际工程中, 包括江

苏 500 kV 西津渡智能变电站、江苏 500 kV 扬州北智能变电站, 都达到了良好的应用效果。

5 结论

针对传统测试技术在智能变电站站控层工程调试与测试过程中存在的局限性^[15-16], 本文设计了智能变电站站控层测试系统架构, 提出了站控层数据交互测试方法、监控主机信息闭环测试方法、基于取代服务的远动功能测试方法, 并实现具有上述技术特点的智能变电站站控层测试系统。本文研究的智能变电站站控层测试技术提升了现有测试技术水平, 对加快推广智能变电站一体化监控系统应用技术具有一定的促进作用。

附录 A 分析简报内容及格式模板

A.1、简报内容

1)、IED 的通信状态

a)、通信中断时间、通信恢复时间

b)、通信中断原因: 客户端断开或服务端断开, 长时间无数据(包括 tcp keep-alive)

2)、事件报告描述

a)、按照报告块分类归纳: 报告时间、每个报告内可包含多个事件状态, 事件状态包括事件描述、事件品质、值、引用、事件时间

3)、控制过程描述

a)、控制操作结果: 控制对象、控制值、结果、失败原因(包括 AddCause 原因)、时间

4)、设定值过程描述

a)、修改定值、切换定值结果

5)、文件服务过程跟踪

a)、文件名称、下载时间、传送持续时间(单位秒)、传送文件大小(单位字节)

6)、统计信息

a)、所关联的 TCP 连接数

b)、服务端 TCP 连接中断次数

c)、客户端 TCP 连接中断次数

d)、报告控制块初始化次数 (包括成功、失败)

e)、遥控操作成功次数、失败次数

A.2、简报格式示例

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<IED name="CSC103A_500_108" desc="500kV 第一套
线路保护">
  <Communication>
    <commState time="2014-02-26 11:28:14.1000000" state=
"恢复"/>
    <commState time="2014-02-26 11:28:30.1000000" state=
"中断">客户端发起中断 </commState>
    <commState time="2014-02-26 11:30:14.1000000" state=
```

```
"恢复"/>
  <commState time="2014-02-26 11:30:30.1000000" state=
"中断">长期无数据</commState>
</Communication>
<InformationReport>
  <brcbTripInfo>
    <report time="2014-02-26 11:30:30.1000000">
      <event desc="单跳失败三跳" quality="00" value=""
ref="LD/LN.DO.DA" time="2014-02-26 11:30:10.1000000"/>
      <event desc="A 跳 " quality="00" value=""
ref="LD/LN.DO.DA" time="2014-02-26 11:30:20.1000000"/>
    </report>
    <report time="2014-02-26 11:30:35.1000000">
      <event desc="单跳失败三跳" quality="00" value=""
ref="LD/LN.DO.DA" time="2014-02-26 11:30:10.1000000"/>
      <event desc="A 跳 " quality="00" value=""
ref="LD/LN.DO.DA" time="2014-02-26 11:30:20.1000000"/>
    </report>
  </brcbTripInfo>
</InformationReport>
<Control>
  <object
name="PL2201APROT/LLN0.CO.RecSEna.Oper" desc="保护
压板停用重合闸">
    <operator value="0" result="fail" error="Operator Test
Not Ok" addcause="Position-reached"/>
    <operator value="1" result="success" error=""
addcause=""/>
  </object>
  <object
name="PL2201APROT/LLN0.CO.GoPub1Ena.Oper" desc=
"保护压板 GO 跳闸">
    <operator value="0" result="fail" error="Operator Test
Not Ok" addcause="Position-reached"/>
    <operator value="1" result="success" error=""
addcause=""/>
  </object>
</Control>
<Statistics starttime="", endtime="">
  <tcpconnected>2</tcpconnected>
  <serverdisconnect>1</serverdisconnect>
  <clientdisconnect>2</clientdisconnect>
  <reportblockinit success="2" fail="1">3</
reportblockinit>
  <control success="2" fail="1">3</control>
</Statistics>
<FileTran>
  <File name="20140628_101020.cfg" IED="500kV 第一套
线路保护 " time="2014-02-26 11:28:14" consuming="2"
size="1000"/>
  <File name="20140628_101020.dat" IED="500kV 第一套
线路保护 " time="2014-02-26 11:28:18" consuming="50"
size="20000"/>
</FileTran>
</IED>
```

参考文献

[1] Q/GDW 679-2011 智能变电站一体化监控系统建设技术规范[S]. 2011.
Q/GDW 679-2011 technical specifications for construction of integrated supervision and control system of smart substation[S]. 2011.

[2] Q/GDW 678-2011 智能变电站一体化监控系统功能规范[S]. 2011.
Q/GDW 678-2011 function specifications for integrated supervision and control system of smart substation[S]. 2011.

[3] Q/GDW 11021-2013 变电站调控数据交互规范[S]. 2013.
Q/GDW 11021-2013 interaction specification of substation regulatory data[S]. 2013.

[4] DL/T 634.5104-2002 远动设备及系统 第5部分: 传输规约 第104篇: 采用标准传输文件集的 IEC60870-5-101 网络访问[S]. 2002.
DL/T 634.5104-2002 telecontrol equipment and systems part 5-104: transmission protocols-Network access for IEC 60870-5-101 using standard transport profiles[S]. 2002.

[5] DL/T 860 变电站通信网络和系统[S]. 2006.
DL/T 860 communication networks and system in substations[S]. 2006.

[6] Q/GDW 1396-2012 IEC 61850 工程继电保护应用模型[S]. 2012.
Q/GDW 1396-2012 data model of protection relay in project based on IEC61850[S]. 2012.

[7] Q/GDW 273-2009 继电保护故障信息处理系统技术规范[S]. 2009.
Q/GDW 273-2009 technical specification for protection information processing system[S]. 2009.

[8] 童晓阳, 李岗, 陈德明, 等. 采用 IEC61850 的变电站间隔层 IED 软件设计方案[J]. 电力系统自动化, 2006, 30(14): 54-58.
TONG Xiaoyang, LI Gang, CHEN Deming, et al. IEC 61850 based software design scheme of bay level IED in substations[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(14): 54-58.

[9] 张明亮, 许沛丰, 陈延昌, 等. 数字化变电站二次系统仿真测试方案[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(10): 90-92.
ZHANG Mingliang, XU Peifeng, CHEN Yanchang, et al. Simulation and test scheme for digital substation secondary system[J]. Automation of Electric Power Systems, 2010, 34(10): 90-92.

[10] 黄树帮, 窦仁晖, 梅德东, 等. 基于 IEC 61850 标准的通用 IED 仿真系统的设计与实现[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(18): 153-158.
HUANG Shubang, DOU Renhui, MEI Dedong, et al. Design and implementation of general IED simulation system based on IEC 61850[J]. Automation of Electric Power Systems, 2012, 36(18): 153-158.

[11] 张巧霞, 贾华伟, 叶海明, 等. 智能变电站虚拟二次回路监视方案设计及应用[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(10): 123-128.
ZHANG Qiaoxia, JIA Huawei, YE Haiming, et al. Design and application of virtual secondary circuit monitoring in smart substation[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(10): 123-128.

[12] 祁忠, 笃竣, 张海宁, 等. 新一代继电保护及故障信息管理主站的设计与实现[J]. 江苏电机工程, 2014, 33(4): 8-10.
QI Zhong, DU Jun, ZHANG Haining, et al. Design and implementation of the new generation of relay protection and fault information management station[J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2014, 33(4): 8-10.

[13] 温东旭, 杨辉, 王旭宁, 等. 电力保护装置保障性自动测试方案研究与实践[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(10): 135-138.
WEN Dongxu, YANG Hui, WANG Xuning, et al. Research and practice on the scheme of automatic testing of power protection device security[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(10): 135-138.

[14] 彭晖, 赵家庆, 王昌频, 等. 大型地区电网调度控制系统海量历史数据处理技术[J]. 江苏电机工程, 2014, 33(5): 11-17.
PENG Hui, ZHAO Jiaqing, WANG Changpin, et al. Massive historical data management technology for large-scale regional power grid dispatching supporting system[J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2014, 33(5): 11-17.

[15] 余高旺. 新一代智能变电站中多功能测控装置的研制与应用[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(6): 127-132.
YU Gaowang. Research and application of multifunctional measurement & control device of new generation smart substation[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(6): 127-132.

[16] 史金伟, 杨启京, 肖艳炜, 等. 异构系统间数据远程调阅的方法与实现[J]. 江苏电机工程, 2014, 33(2): 44-47.
SHI Jinwei, YANG Qijing, XIAO Yanwei, et al. Method and implementation of data remote access between heterogeneous systems[J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2014, 33(2): 44-47.

收稿日期: 2015-05-08; 修回日期: 2015-10-12

作者简介:

张小易(1978-), 男, 硕士, 高级工程师, 从事调度自动化及智能变电站技术研究工作;

彭志强(1986-), 男, 通信作者, 硕士, 工程师, 从事调度自动化及智能变电站技术研究工作。E-mail: peng_zhiqiang@163.com

(编辑 周金梅)