

# 智能变电站现场保护测控装置智能测试的研究

张振军<sup>1</sup>, 刘孝刚<sup>2</sup>

(1.国网电力科学研究院, 江苏 南京 210061; 2.江苏省电力公司检修分公司, 江苏 南京 211102)

**摘 要:** 现有智能变电站现场测试技术都是局限于过程层的验证和测试, 而且依赖于用户的人工设置和分析。针对现有技术的不足, 开发了 IED 装置的智能测试系统。系统通过模拟 MMS 服务自动获取被测 IED 装置的配置参数, 来设置 GOOSE/SV 过程层的参数输入, 完成对被测 IED 装置的测试, 并通过 MMS 网络报文完成对装置的行为和结果的智能分析, 实现智能变电站二次设备的智能测试。

**关键词:** 制造报文规范; 报告控制块; 定值组控制块; 抽象通信服务接口; 智能测试

## 0 引言

而在智能变电站中, 目前使用的测试仪如博电、omicon 等往往只能进行过程层性能测试, 和常规测试仪类似, 输出 SV 并接受 GOOSE。用户要从装置中人工读取其整定值、动作时间等, 要与测试系统的测试结果比较, 这也会带来人为误差; 在测试过程中要加入保护功能的投退等。所有测试必须要人工设置, 而每次配置文件的修改, 就要人工改变其测试仪的配置参数, 不仅工作量大, 而且很容易出错。

IEC61850 采用分层、面向对象建模等多种新技术, 其底层直接映射到制造报文规范(MMS)上<sup>[1]</sup>。因此需要设计开发新的测试系统, 利用 IEC61850 的制造报文规范(MMS)通讯特性, 开发一种智能软件, 可以自动获取被测 IED 装置的配置参数, 从而自动设置测试参数, 智能测试 IED 装置。由于整个过程完全由测试软件控制, 很少人工干预, 大大减少了测试工作量。

## 1 智能测试有关基础技术

### 1.1 过程层数据

IEC61850 协议中过程层数据主要是 IEC61850—9 和 GOOSE 通讯协议。

合并单元发送给保护、测控设备的报文里主要包括了各路电流、电压量及其有效性标志, 此外还添加了其它辅助的二进制输入信息和时间标签信息。在与二次保护控制设备的通信网络上, 采用了目前占主流地位的以太网。合并单元可合并二次变

换器数据通道的信息并按标准要求的格式组帧输出给保护、测控设备。

数字化变电站二次设备将包含跳、合闸指令在内的众多信息以 GOOSE 报文的形式通过网络交换机送给智能一次设备。

而在测试系统中计算数据打包生成 IEC61850—9 协议数据、GOOSE 报文解析等功能相当于数字化变电站合并单元(MU)和智能开关的功能。

### 1.2 ASCI 和 MMS

抽象通信服务接口(ASCI)是 IEC61850 标准中定义的智能 IED 装置选择支持的服务。ACSI(抽象通信服务接口)服务模型包括对数据、数据属性、数据集进行操作服务的下述模型: DATA—SET(数据集)、取、代、SETTING—GROUP—CONTROL—BLOCK(定值组控制块)、REPORT—CONTROL—BLOCK(报告控制块)和 LOG—CONTROL—BLOCK(日志控制块)等模型<sup>[1]</sup>。在本文中主要是研究智能测试, 关心其定值组控制块, 获得和修改定值, 方便测试; 研究报告控制块, 是获得测试结果加以分析。

MMS 即 (Manufacturing Message Specification), 是一个国际标准的信息系统, 其用于在相连的装置和/或计算机应用程序之间交换实时数据和监控信息。

MMS 服务的定义是抽象的, 在智能装置实现这些服务时, 需要以某种协议为载体来实现 ACSI。在 IEC61850 标准的 8-1 部分定义了 ACSI 对 MMS 协议的映射。

智能测试软件基于 MMS-EASE Lite 开发，模仿客户端与智能 IED 装置进行通信。MMS-EASE Lite 是 SISCO 公司对 MMS-EASE 软件进行了优化和裁减，增加了对 IEC61850 特性的支持。我们在智能测试系统中使用 MMS-EASE Lite 实现了 IEC61850 向 MMS 的映射工作。

## 2 智能测试系统框架

我们研究和开发了基于 IEC6180 协议的智能测试系统。系统的基本框架如图 1 所示。

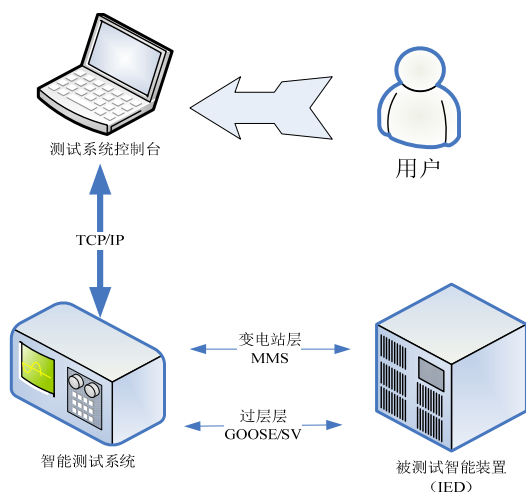


图1 智能测试系统框图

如上图，智能测试装置利用 MMS 协议，和被测试装置建立通讯联系，然后通过通讯获得被测装置的整定值参数和通讯参数，自动设置测试方案，设置过程层数据参数，输出 SV/GOOSE，接受 GOOSE 信息，实现对被测试装置（IED）的测试，测试结束后，从智能装置获取结果，自动给出分析结果。

### 2.1 系统硬件结构

系统硬件由测试子机及上位机组成。上位机为控制计算机（一般为笔记本），通过网络和子机联系，控制测试子机的运行。测试子机由 DSP 和 FPGA 组成，负责过程层数据和 MMS 通信，实现 SV、GOOSE 等协议的发送和接收，同时可采用 B 码、秒脉冲和 1588 等方式进行对时，保证测试中同步的相关要求。

图 2 中输出 2 个千兆以太网口，用于装置与控制计算机之间进行通信，正常工作时一个进行通信，另一个备用。

3 个以太网口，用于 SV 的输出入，支持 9-1 和 9-2 协议；

3 个以太网口，用于 GOOSE 的输出入；

4 个开入量、8 个开出量

对时接口：B 码、秒脉冲输入、1588 接口。

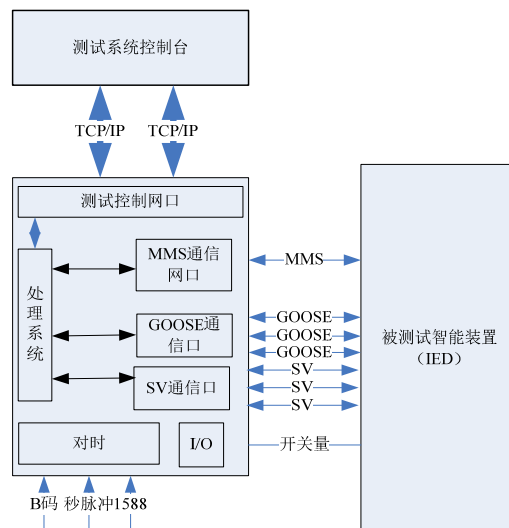


图2 智能测试系统硬件结构图

图中电路基于 TI 公司的 Omap 器件，ARM926 内核+高性能浮点 DSP，支持 DDR2 内存，满足测试的高速数据输出入要求和实时分析。

### 2.2 使用 MMS-EASE 实现对被测智能装置的 MMS 通信联系

MMS-EASE Lite Library 作为 IEC61850 应用最广泛的库，支持众多系统平台（Win32、Linux、vxWorks、QNX 等等）。整个库分为三部分：libraries、utility application、sample application，编译时必须按照这个顺序进行编译，因为在 utility application 依赖于 libraries，而 sample application 则依赖于 libraries，也需要 utility application 生成必要的头文件代码。

在智能测试系统中只需要使用 MMS-EASE 实现支持 MMS 协议的客户端即可，即使用 MMS-EASE 组装并发送 MMS 请求 PDU，并对智能装置的 MMS 响应 PDU 进行解析处理。

下面以读服务为例：

1) 调用 MMS-EASE 中的 mp\_read 函数生成一个 MMS Read 服务 PDU，发送给智能装置。

函数为

mp\_read ( ST\_INT chan, READ\_REQ\_INFO\* info);

该函数有 2 个参数，第一个参数是通道号，为

整数类型,表示 MMS 请求 PDU 通过哪个通道传送到智能装置。第二个参数是 Read 服务的请求信息,为 READ\_REQ\_INFO 类型指针,它存储了想要读的 Named Variable List,格式为 LDName/LNName\$DataSetName。

2) mp\_read 的返回结果 MMSREQ\_PEND 的指针变量,从中可以获得智能装置返回的数据集(DataSet)中的所有数据属性的值。

## 2.3 对定值组的控制案例

智能测试中一个关键的部分就是对被测 IED 装置的定值控制。

在逻辑设备中有一个定值控制块 SGCB,SGCB 类包含 NumOfSG、ActSG、EditSG、CnfSG。其中 NumOfSG 指定值组数目,ActSG 为激活区(当前定值组),EditSG 为编辑定值组,CnfSG 为确认编辑定值组。

为了对智能测试系统软件进行分析,我们用抓包软件 WireShark,对智能测试系统和被测装置在测试过程中的数据进行监视分析。使用 HUB 连接智能测试系统和被测 IED 装置,将笔记本连接在 HUB 上抓包,如图 3 所示。

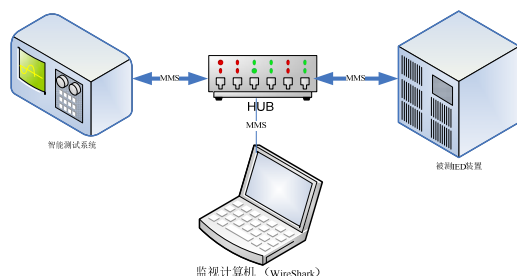


图3 智能测试系统测试分析

首先在被测 IED 装置中,定值组可以有多个,其中只有一个是当前定值组(激活区),不能直接在定值组中修改参数。编辑定值组只有一个,它可以等于其中某一个定值组的值,可以被修改。如要修改定值组 1 的值,先让定值组 1 复制到编辑定值组,在编辑定值组中修改参数,改好后确认,将编辑定值组的值复制到定值组 1 中。下面通过抓包在分析读取定值的具体过程。

在智能测试系统中,程序发出请求,要求读取 IED 装置的定值区。图 4 就是由智能测试系统发给 IED 装置的 MMS 报文。

domainID:XL110A\_7111PROT  
itemID:LLN0\$SP\$SGCB

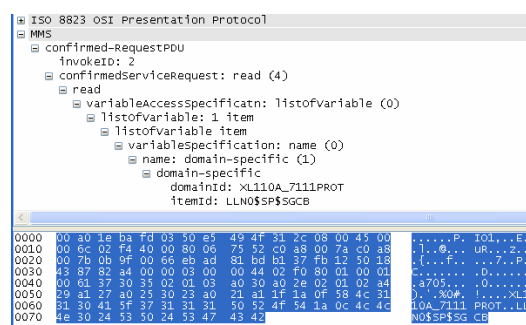


图4 读定值组数

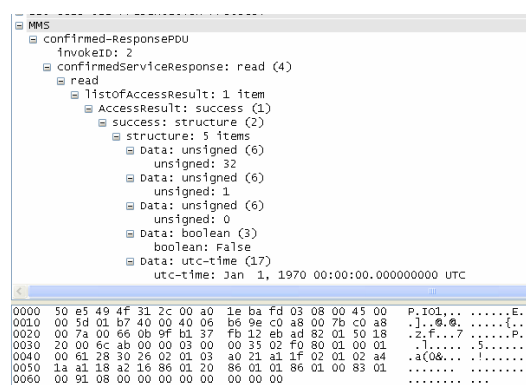


图5 装置回复定值组数

IED 装置有了回应,图 5 就是回发给智能测试系统的报文。从图 5 中可以看出主要有 3 个数据:

总定值组数 32

当前定值组号 1

编辑定值组号 0

也就表明目前使用的定值是 32 个定值组中 1 号组的数据,现在编辑定值组的数据等于 0 号组的数据。

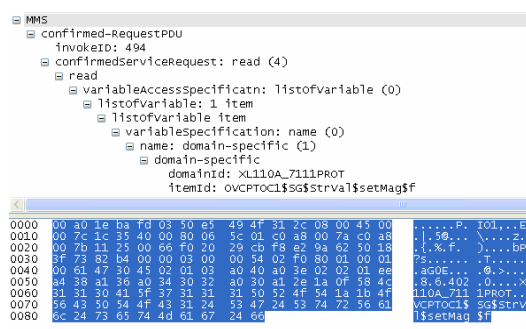


图6 读激活区数值

智能测试系统发出命令,读取目前使用的具体定值:

itemID:OVCPTOC1\$SG\$StrVal\$setMag\$F

这表示要读取过电流模型中的启动值。

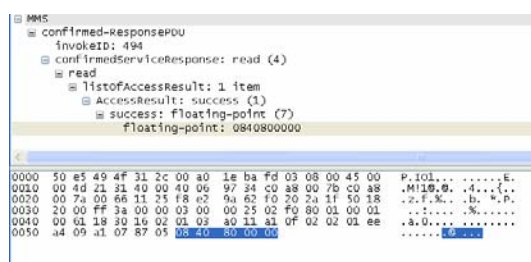


图7 装置回复激活区数值

IED 装置返回一个浮点数 0840800000  
这是一个 ASN.1 编码的数据, 4.0

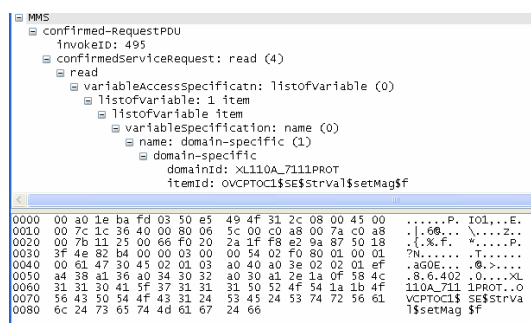


图8 读编辑区数值

下面读取编辑区的值, 智能测试系统发送的指令为:

itemID:OVCPTOC1SE\$StrVal\$setMag\$f

注: SE 是表示可以读写的, SG 只能读, 不能写。

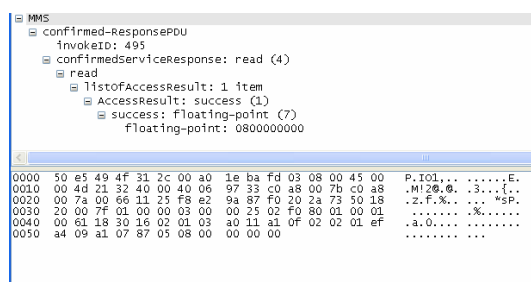


图9 装置回复编辑区数值

IED 装置返回一个浮点数 0800000000, 即编辑区中的值为 0。

从上面的操作可以看出, 智能测试系统能和被测 IED 装置自动通讯, 无须人工干扰, 得到其模型参数, 并可以根据用户要求加以控制修改。

## 2.4 测试系统的应用和分析

智能测试系统已与南京新宁光电公司的 X7111 保护连通测试过。在测试过程中, 智能测试系统和 X7111 一连通, 就获得了其当前定值区的所有模型参数, 过流、距离等具体数值。

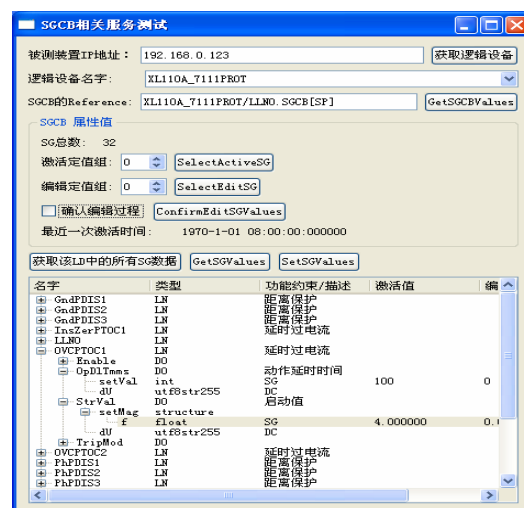


图10 被测装置定值区数据

通过这些参数, 用户智能设置测试用例, 例如过流保护, 设置输出为其定值 70%、100%、120% 等, 智能对 IED 进行测试, 自动进行配置、分析。

在测试距离保护时, 智能把过流保护屏蔽掉, 通过下载参数禁止过流保护工作, 这样避免了测试中因过流保护提前动作而引起的困扰和分析错误。

测试结束后, 智能测试系统通过 MMS 报文的报告控制块, 读取其结果, 和智能测试系统本身的测试结果对比分析。

## 3 结束语

智能测试系统改变目前测试仪的过程层性能测试方法, 智能设置测试参数和获取结果, 大大减少了现场测试的人工操作, 减少了测试错误, 提高了效率。它能大大减少测试人员对智能变电站的知识要求, 特别适合目前现场人员在传统变电站测试到智能变电站测试的转变过程中。

## 参考文献:

- [1] 王舒憬, 叶申锐, 张乐. IEC61850 模型的 MMS-EASE Lite 实现分析[J]. 仪表技术, 2009(6):50-53.
- WANG Shu-jing, YE Shen-mi, ZHANG Le. Analysis Of Implementing the IEC61850 Model with MMS-EASE Lite[J]. INSTRUMENTATION TECHNOLOGY, 2009(6): 50-53.
- [2] 曹楠, 李刚, 王冬青. 智能变电站关键技术及其构建方式的探讨[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(5):63-68.
- CAO Nan, LI Gang, WANG Dong-qing. Key technologies and construction methods of smart substation[J]. Power

System Protection and Control,2011,39(5):63-68.

- [3] 李孟超,王允平,李献伟,王峰,蔡卫锋.智能变电站及技术特点分析[J].电力系统保护与控制,2010,38(18):59-62,79.  
Li Meng-chao, Wang Yun-ping, Li xian-wei, Wang feng, Cai Wei-feng. Smart substation and technical characteristics analysis[J]. Power System Protection and Control, 2010,38(18):59-62,79.
- [4] 邹贵彬,王晓刚,高厚磊,向岷江.全数字化动模测试系统设计与实现[J].电力系统保护与控制,2011,39(3):109-113  
ZOU Gui-bin,WANG Xiao-gang,GAO Hou-lei,XIANG Min-jiang. Design and realization of full digital dynamic model test system[J].Power System Protection and Control, 2011,39(3):109-113.
- [6] 何刚,胡宝,陈强林,郑玲玲.OMICRON 测试仪在数字化保护装置测试中的应用[J].电力系统保护与控制,

2010,38(12):132-134.

HE Gang,HU Bao,CHEN Qiang-lin,ZHENG Ling-ling. OMICRON tester in digital protection device test[J]. Power System Protection and Control,2010,38(12):132-134.

---

#### 作者简介:

张振军(1976-)男,江苏泰州人,工程师、硕士,从事电力系统计算机仿真研究开发工作, E-mail: zhangzhenjun@sgepri.sgcc.com.cn;

刘孝刚(1972-)男,高级工程师、硕士,长期从事电力系统自动化、继电保护及安全自动装置的科研、生产、技术工作, E-mail: liu\_xiaogang@sohu.com。