

基于IEC 61850的真空断路器在线监测信息模型构建及系统设计

为研究智能化真空断路器在线监测平台，根据真空断路器的特点，研究了智能真空断路器在线监测系统信息模型的构建方法，利用IED配置工具实现了变电站配置语言（SCL）对模型的描述；在此基础上，介绍了IEC 61850中抽象通信服务接口（ACSI）通过特殊通信服务映射（SCSM）到制造报文规范（MMS）的规则；最后构建了在线监测IED系统，实现了状态量的采集到GOOSE报文的发送。

张 军 崔伟峰 王 冰/大连供电公司



张 军/助理工程师

关键词/Keywords

IEC 61850 ·
真空断路器 ·
在线监测 ·
信息模型 ·

IEC 61850是新一代变电站自动化系统的国际标准国际电工委员会（IEC）TC57工作组制定的《变电站通信网络和系统》系列标准^[1]，也是基于网络通信平台的变电站自动化系统唯一的国际标准。通过对变电站自动化系统中的对象统一建模，采用面向对象技术和独立于网络结构的抽象通信服务接口，增强了设备之间的互操作性，可以在不同厂家的设备之间实现无缝连接。而作为智能开关的典型代表——智能真空断路器，如何实现基于IEC 61850的在线监测平台，对其运行状态参数进行检测，在变电站各层实现监测报文，并对来自不同厂家的设备间进行报文传输和互操作成为关注的焦点。本文根据真空断路器的特点，对其在线监测系统构建了信息模型，并用 SCL 语言对信息模型进行了描述，通过特殊通信服务映射将其对应的

教育部新世纪优秀人才支持计划资助（NCET-10-02820），中央高校基本科研业务费专项资金资助（DUT12RC（3）653），大连市科学技术基金项目资助（2010J21DW002）。

服务映射到不同的应用层，从而实现外部客户端对内部数据集控制块的读写和控制。

IEC 61850信息模型^[2-3]

1. 基本信息模型

基于IEC 61850 标准的信息模型主要包括基本信息模型和信息服务模型，基本信息模型包括服务器、逻辑设备（LD）、逻辑节点（LN）、数据对象（DO）和数据属性（DA）五个类别。

1) 逻辑设备（LD）建模：逻辑设备是虚拟设备，每个逻辑设备至少包含3个逻辑节点，即逻辑节点零（LLN0）、物理设备逻辑节点（LPHD）和功能逻辑节点，其中数据集、数据控制块以及报告控制块都需要在LLN0节点中定义。

2) 逻辑节点（LN）建模：交换数据的最小功能单元，可以与其他逻辑节点进行信息交互，并完成相关功能。

3) 数据和数据属性建模：逻辑节点包含若干数据，数据包含逻辑节点的所有信息；数据属性即数据对象的本质，是模型中信息的最小承载单元，对信息模型的一切操作都归结到对数据属性的读写上。

2. 信息服务模型

信息服务模型包括数据集（Data Set）、替代（Substitution）、定值组控制块（Setting Group Control Block）、报告控制块（Report Control Block）、日志控制块（Log Control Block）、通用变电站事件控制块（Goose Control Block）、采样值传输控制块（Sampled

Value Control Block)、控制(Control)、时间和时间同步(Time)以及文件传输(File)。

真空断路器状态监测IED的信息建模

1. IED基本信息建模

根据真空断路器监测量,本模型除用到IEC 61850规定的逻辑节点(如LLN0、LPHD、XCBR、XSWI、CSWI、CILO、CPOW和CALH)外,还采用了IEC 62271标准扩充的逻辑节点SCBR,逻辑节点具体说明如下表所示。

表 扩展的数据属性

属性名称	属性类型	解释	扩展属性
CTmp	MX	开关触头温度信息	是
Vaccu	MX	真空度信息	是
OC	MX	分闸线圈操作电流	是
CC	MX	合闸线圈操作电流	是
CV	MX	合闸速度	是
OV	MX	分闸速度	是
PosInd	DPS	断路器触头位置指示	否
TrCctAlm	SPS	断路器触发电路报警	否

2. 数据集与报告控制块建模^[4]

本模型建立了一个数据集Monitara,以功能约束的方式涵盖了真空断路器的所有被监测状态信息,数据集中的内容是在线监测IED与间隔层设备交换数据的基础,针对这个数据集定义了通用变电站事件控制块(Goose Control Block),GOOSE控制块规定发送GOOSE报文的规则,智能真空断路器通过报告的形式向远程客户发送真空断路器的所有被监测状态信息。报告控制块RPT0负责控制报告发送的过程,报告发送的机制可以是时间触发,也可以是事件触发。使用时间触发方式,可实现按一定周期定期发布状态信息报告;使用事件触发方式,如将触发方式设置为dchg模式,当Monitara数据集中某个状态量的值发生改变时,立刻触发报告并发送。普通GOOSE报文直接发送;状态GOOSE报文按时间间隔重复发送,以节省网络带宽,减少传输延时,智能真空断路器IED信息模型结构框图如图1所示。

3. 基于SCL的状态监测IED模型描述

基于真空断路器状态监测IED的信息模型,

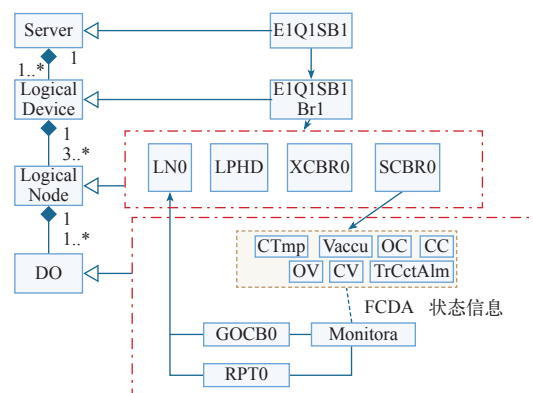


图1 智能真空断路器的信息模型

本文建立了一个ICD文件,包含了Header、IED和DataTypeTemplates段,其中Header包含SCL文件的版本号、名称映射等信息;IED包括配置信息、逻辑设备、逻辑节点以及通信服务等信息;DataTypeTemplates包括逻辑节点类型等信息。ICD文件使用XML语言描述,部分代码使用一种XMLspy解析软件显示上述SCL文件中元素的树状结构,如图2所示。

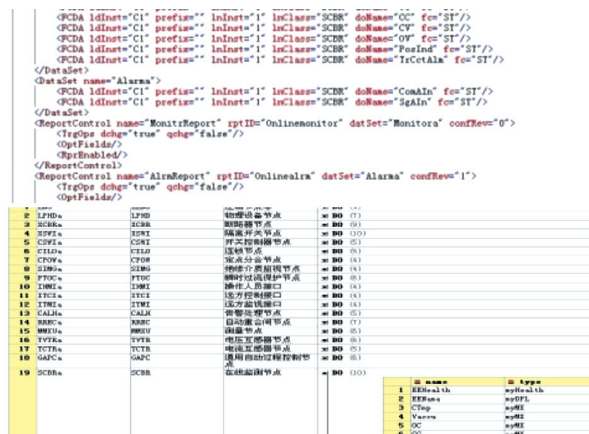


图2 SCL文件部分源代码及其树状显示

4. MMS协议介绍^[5-6]

制造报文规范(Manufacturing Message Specification, MMS)规范了工业自动化领域内智能设备间的通信行为。与很多只适用于特定产品的专用通信系统不同,MMS是一个通用的、独立于专用设备的国际标准体系,并且MMS为用户提供了一个独立于所完成功能的通用通信环境,它定义了实际设备之间的信息交换,运用抽象建模

的方法提取出了实际设备的各种行为。

5. IEC 61850中抽象通信服务接口 (ACSI) 介绍^[7]

IEC 61857-2部分中定义了ACSI, ACSI从通信中分离出应用过程, 并提供特殊通信服务用于智能变电站内通信, 采用虚拟化描述和表示设备的应用行为。ACSI提供了基本模型规范、信息交换服务模型规范两类模型。

6. IEC 61850 ACSI到MMS函数的映射SCSM^[8]

为了实现设备之间的互操作, IEC 61850规定了ACSI通过SCSM映射到MMS协议栈的方法, IEC 61850 ACSI映射到MMS主要包括对象模型和服务模型映射两方面, 映射过程主要是通过特定通信服务映射 (SCSM) 将IEC 61850中的抽象通信服务接口 (ACSI) 所描述的对象和服务映射到MMS所对应的对象和服务。由于MMS也采用面向对象的建模方法, 同时MMS具有独立于具体实际对象的特点, 使ACSI所描述的信息模型和信息交换服务映射到MMS协议栈十分方便。采用MMS映射的本质就是使IEC 61850定义的抽象通信服务独立于底层的协议, 任意底层协议或者是变电站实际设备的功能改变以及拓展都不影响IEC 61850定义的抽象服务, 实现实际设备功能与通信分离。在IEC 61850 7-2协议里规定了GOOSE服务的ACSI, 包括读GOOSE索引、读GOOSE元素序列、读GOOSE控制块值以及发GOOSE报文等。GOOSE报文作为一种对实时性要求较高的报文, 为了保证GOOSE报文的快速传输, IEC 61850-7-2部分支持直接映射到数据链路层的“Send GOOSE Message”服务, 还支持向MMS的映射: 通过“读GOOSE控制块值/发GOOSE控制块值”等控制服务可支持对数据集的更改和对数据对象的直接访问^[9]。映射规则如图3所示。

真空断路器状态监测IED系统实现

1. 状态监测IED模型^[10]

断路器监测装置对安装在断路器本体的传感器模拟输入信号进行信号调理, 隔离滤波、模

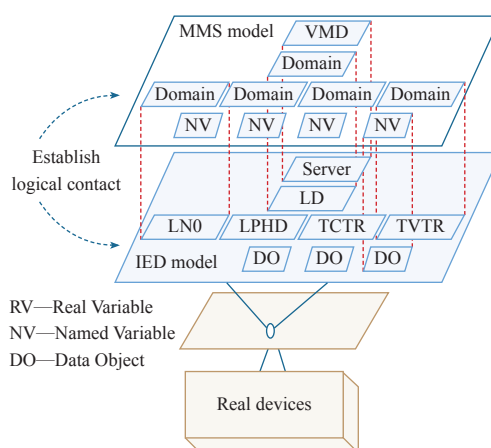


图3 IEC 61850映射到MMS

拟—数字 (A-D) 转换以及运算处理后得到所需的断路器数字信号状态量。状态监测IED收集监测装置送来的数据值并构造数据集, 向保护控制IED发出跳闸信号或向站控层发出报文, 具体实现流程如图4所示。

为了实现GOOSE服务和传输的分离, 保证IEC 61850 ACSI的灵活性和适应性, 本文采用基于ARM/Linux和FPGA双核分布式系统^[11]的ARM/Linux系统实现MMS服务, 负责实现客户端对GOOSE报文控制块参数的读写和配置, FPGA负责构建状态量数据集, 并驱动网卡芯片使GOOSE报文直接映射到以太网链路层, 减少GOOSE报文的延时并实现GOOSE报文的发送。

1) 曼彻斯特编解码模块: 对采集系统传输来的数据帧进行解码, 提取出电信号采样值和状态标志。

2) 构建数据集模块: 监测IED对底层传输来的监测信息以数据集的形式存储, 将状态采样值发布到间隔层。

3) GOOSE控制块和报告控制块: 数据集被传递到GOOSE控制块模块和报告控制块后, 便和GOOSE控制块和报告控制块绑定在一起, 由GOCB负责对数据集的管理、打包和发布。

4) 网卡驱动模块: 用以驱动外接的MAC (本文采用LAN9215) 芯片, 将采样值数据帧提交给MAC, 由MAC的MII口控制PHY (本文采用ICS1889) 芯片发布采样值报文。这一部分由面向

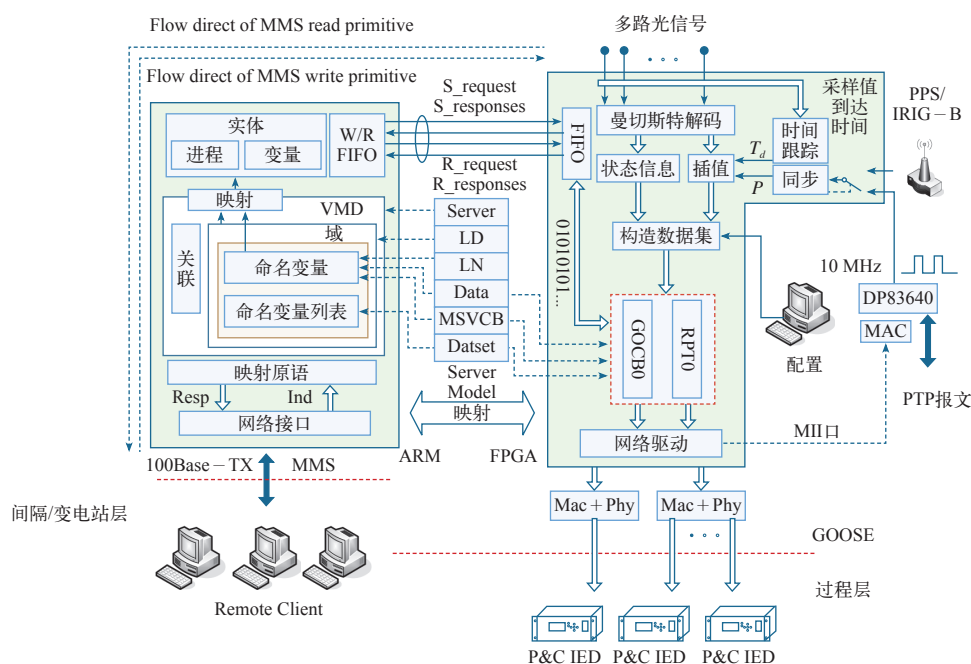


图4 在线监测IED系统结构

对象的建模语言verilog实现。

2. 系统测试

(1) 可靠性测试

1) GOOSE重发可靠性测试。为测试装置的可靠性，将本装置连接主机，使用Wireshark软件对数据进行抓包，抓包结果如图5所示。

```

begin
    buff[0] <= 32'h9e300001;
    buff[1] <= 32'h9e000001;
    buff[2] <= 32'h01000001;
    buff[3] <= 32'h01000001;
    buff[4] <= 32'h01000001;
    buff[5] <= 32'h01000001;
    //buff[5] <= 32'h00000001;
    buff[6] <= 32'h00000000;
    buff[7] <= 32'h00000000;
    buff[8] <= (16'h0000, 8'h61, 8'h81);
    buff[9] <= (8'h01, 8'h00, 8'h10, 8'h44);
    buff[10] <= (8'h4c, 8'h55, 8'h54, 8'h74);
    buff[11] <= (8'h7a, 8'h77, 8'h30, 8'h30);
    buff[12] <= (8'h31, 8'h2f, 8'h4c, 8'h4c);
    buff[13] <= (8'h4e, 8'h30, 8'h24, 8'h47);
    buff[14] <= (8'h4f, 8'h24, 8'h67, 8'h6f);
    buff[15] <= (8'h63, 8'h62, 8'h31, 8'h81);
    buff[16] <= (8'h02, 8'h27, 8'h10, 8'h82);
    buff[17] <= (8'h10, 8'h44, 8'h4c, 8'h55);
    buff[18] <= (8'h54, 8'h74, 8'h7a, 8'h77);
    buff[19] <= (8'h30, 8'h30, 8'h31, 8'h2f);
    buff[20] <= (8'h4c, 8'h4c, 8'h4e, 8'h30);
    buff[21] <= (8'h24, 8'h64, 8'h73, 8'h47);

task PHY;
input [4:0]PHY_addr;
input [31:0]PHY_data;
case(state_PHY)
0:
    if(FF_MAC==0)
    begin
        MAC(8'h07,PHY_data);
        state_PHY<=state_PHY;
    end
    else
    begin
        FF_MAC<=0;
        state_PHY<=state_PHY+4'd1;
    end
1:
    if(FF_MAC==0)
    begin
        MAC(8'h06,(21'b00000000_00000000_00001,PHY_addr[4:0],6'b000011));
        state_PHY<=state_PHY;
    end
    else
    begin
        FF_MAC<=0;
        state_PHY<=state_PHY+4'd1;
    end
endcase
end

```

图5 重发机制

由图5可知，本装置状态GOOSE报文按时间间隔2 ms，4 ms，…重复发送，满足前文所述对状态GOOSE报文重发机制及可靠性的要求，节省网络带宽。

2) GOOSE解析可靠性测试。运用在WINPCAP上开发的GOOSE报文接收和解析系统，对GOOSE报文进行了抓包解析，截取GOOSE报文解析信息及其对应数据在GOOSE中的位置，如图6所示。

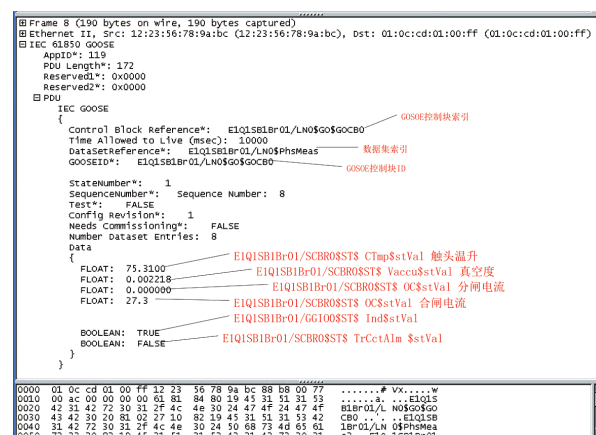


图6 GOOSE报文

(2) 实时性测试

为测试本装置是否满足IEC 61850对GOOSE报

文实时性要求,本文对装置从发出GOOSE报文到解析GOOSE报文为止时间间隔进行测试,测试流程如图7所示。

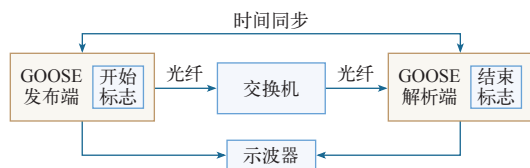


图7 实验流程

示波器测试延迟时间如图8所示。由图8可知,延迟时间为0.022 ms,满足GOOSE报文时延要求。

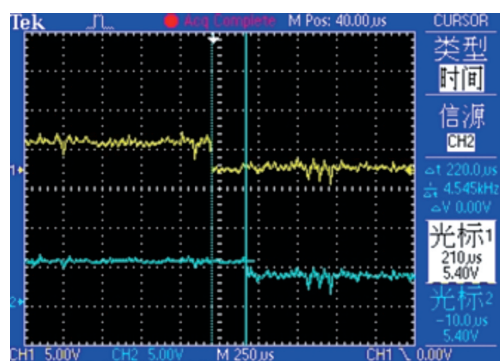


图8 延迟时间

结束语

本文针对真空断路器在线监测IED建立了.ICD文件,实现了从对真空断路器实体状态监测、采集、构造数据集,到GOOSE报文发布的过程,最后得到了GOOSE报文的解码信息。同时本文所建立的系统可通过客户端对系统的配置实现合并单元与在线监测IED通用模型,但是系统还存在以下不足:对断路器状态监测量不够全面,只针对个别状态进行监测;上位机根据ICD文件对真空断路器在线监测IED实行现场配置的功能不够完善。为今后的工作指引了方向。

参考文献

- [1] DL/T 860.72—2004 变电站和馈线设备的基本通信结构抽象通信服务接口 (ACSI) [S].
- [2] 王德文, 邸剑, 张长明. 变电站状态监测IED的IEC 61850信息建模与实现 [J]. 电力系统自动化, 2012 (3): 81-86.
- [3] 郭航杰, 盛戈皞, 崔荣花, 等. 基于IEC 61850的变压器状态监测IED的信息建模及SCL描述 [J]. 华东电力, 2011 (12): 2012-2016.
- [4] 徐永晋, 张乐, 叶申锐. IEC 61850报告控制块和日志控制块的研究 [J]. 电力系统保护与控制, 2009 (18): 138-141.
- [5] 徐清超. 变电站自动化应用IEC 61850标准的分析 [J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37 (23): 62-65, 78.
- [6] 董科, 关彬, 王巍, 等. IEC 61850与MMS的映射的研究 [J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38 (10): 92-95.
- [7] 王德文, 张长明, 李源, 等. 基于ACSI/MMS网关的电力运动通信的研究 [J]. 华北电力大学学报, 2008, 35 (4): 18-22.
- [8] 任雁铭, 秦立军, 杨奇逊. IEC 61850通信协议体系介绍和分析 [J]. 电力系统自动化, 2000 (8): 62-64.
- [9] 何卫, 缪文贵, 朱颂怡, 等. IEC 61850模型与MMS映射的矛盾及其解决建议 [J]. 电力系统自动化, 2006 (23): 97-100.
- [10] 罗彦. IEC 61850标准在智能变电站过程层中的应用研究 [D]. 大连: 大连理工大学, 2012.
- [11] 张思宇, 梅军, 郑建勇, 等. 基于FPGA与ARM的高压断路器在线监测系统 [J]. 电测与仪表, 2013 (7): 85-89.

(收稿日期: 2014-12-10) EA

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告