

基于 IEC61850 标准的智能配电终端建模

韩国政¹, 徐丙垠^{2,3}

(1. 山东大学 电气工程学院, 山东 济南 250061;

2. 山东理工大学 电气与电子工程学院, 山东 淄博 255012;

3. 山东科汇电力自动化有限公司, 山东 淄博 255087)

摘要: 为了实现配电终端的即插即用, 在分析配电终端功能的基础上, 应用 IEC61850 建模的技术和方法, 使用 IEC61850 提供的数据库模型和逻辑节点, 完成了对馈线终端 (FTU) 和配电变压器终端 (TTU) 的信息建模。对配电终端与主站、配电终端与配电终端之间的通信进行了分析, 给出了可以使用的 IEC61850 的信息交换模型。分析了 IEC61850 客户/服务器模型的 MMS 映射和 IEC60870-5-101/104 映射。

关键词: 智能配电网; IEC61850; 配电自动化; 智能配电终端; 建模

中图分类号: TM 711; TM 76

文献标识码: A

文章编号: 1006-6047(2011)02-0104-04

0 引言

国际电工委员会 (IEC) 制定的《IEC61850 变电站通信网络和系统标准》^[1] 在变电站自动化领域得到了广泛应用^[2-5]。它采用分层分布式的体系结构和面向对象的建模方法, 实现了数据对象的自我描述, 为不同厂商的智能电子设备 (IED) 实现互操作和系统无缝集成提供了有效的途径。随着 IEC61850 技术的逐渐成熟和广泛应用, 其技术和方法逐渐推广至变电站自动化以外的其他应用领域^[6-9]。

在配电自动化中需要接入大量的、种类繁多的配电终端。由于应用环境不同、生产厂家不同, 配电终端完成的功能和采用的数据接口也不尽一致, 一直是配电自动化亟待解决的一大技术难题^[10-11]。本文讨论采用 IEC61850 的技术和方法对配电终端通信进行建模, 规范配电终端的数据接口和通信方式。

1 配电终端功能分析

1.1 配电终端的分类

配电自动化终端是用于配电网的各种远方监测、控制单元的总称, 简称为配电终端。配电终端用于采集、监测和控制配电网的各种实时、准实时信息。根据监控对象不同分为馈线终端 (FTU)、配电变压器终端 (TTU)、开闭所终端 DTU (Distribution Terminal Unit)。FTU 主要是安装在 10 kV 配电网架空线路上的柱上开关和电缆线路上的环网柜、分支箱等处。TTU 用于配电变压器低压侧出线的监测。DTU 主要安装在配电线路的开闭所和配电所等处, 类似于变电站的 RTU, 本文不再进行详细讨论。

1.2 FTU

FTU 完成配电线路的监测, 具有遥信、遥测、遥控和故障检测等功能。

a. 数据采集与监视控制 (SCADA) 功能。 SCADA 功能主要指常规的遥信、遥测、遥控功能, 是 FTU 最基本的功能, 包括对配电线路开关状态、电流、电压、有功、无功等的监测, 接收遥控命令, 控制开关分合等。

b. 故障检测功能。 通过对过电流或故障指示器信号进行判断, 产生线路故障告警信号, 判别短路故障、小电流接地故障。

c. 电源管理功能。 监视电池可用状态, 对电池进行浮充, 具有过放电保护、电池活化、电池容量监测等功能。

d. 分布式智能。 通过相关节点上的配电终端之间的实时数据交换, 实现线路故障的快速自愈。

e. 通信功能。 配置多种工业标准的数据通信规约, 实现配电终端与配电自动化主站、配电终端之间的数据通信。

1.3 TTU

TTU 监测并记录配电变压器运行工况, 能够采集电流、电压、电量。TTU 的构成与 FTU 类似, 只有遥测、遥信和通信功能, 没有遥控功能。

2 信息模型

2.1 柱上开关 FTU 模型

柱上开关安装在 10 kV 配电网架空线路的线杆上, 一般为负荷开关或者断路器, 通过 FTU 监测柱上开关的运行状态, 并对柱上开关进行遥控操作。为柱上开关 FTU 进行信息建模, 如图 1 所示。

图 1 中, 将柱上 FTU 分成 3 个逻辑设备 (LD),

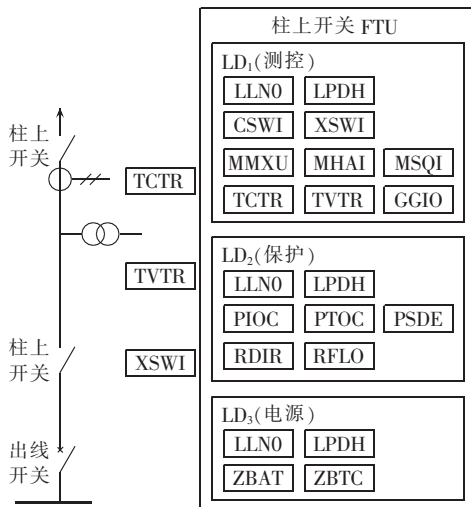


图 1 柱上开关 FTU 信息模型

Fig.1 Information mode of pole-mounted FTU

即 LD₁、LD₂ 和 LD₃。LD₁ 主要完成常规 SCADA 功能,实现遥信、遥测、遥控;LD₂ 主要完成保护和故障检测功能;LD₃ 主要完成智能电源模块管理。每个逻辑设备都包含 LLNO 和 LPHD。LLNO 包含物理装置 IED 的相关信息、控制 IED 自检等;LPDH 为物理装置的公共信息建模,如铭牌信息、装置自检结果等。

2.1.1 测控 LD₁

LD₁ 为测控功能模块,包括开关控制器(CSWI)、负荷开关(XSWI)、测量(MMXU)、谐波和间谐波(MHAI)、相序和不平衡(MSQI)、电流互感器(TCTR)、电压互感器(TVTR)、通用过程 I/O(GGIO)等逻辑节点。

a. CSWI 通过 XSWI 控制柱上开关,采集开关的位置状态。XSWI 为负荷开关,如果柱上开关采用断路器,使用断路器(XCBR)代替负荷开关(XSWI)。

b. MMXU 通过 TCTR、TVTR 采集配电线路的电流、电压信息。MHAI 完成谐波测量,MSQI 用来测量不平衡电流。GGIO 为通用过程 I/O 逻辑节点,可以将一些不方便建模的模拟量或者状态量接入,如开关控制的软压板信息等。

2.1.2 保护 LD₂

LD₂ 为保护、故障检测功能模块,包括瞬时过流(PIOC)、时限过电流(PTOC)、灵敏方向接地故障(PSDE)、方向元件(RDIR)、故障定位(RFLO)等逻辑节点。

a. PIOC 瞬时过流保护,短路故障的瞬时过流信号检测,为过流 I 段保护。

b. PTOC 时限过流保护,作为短路故障的过流 II 段保护。

c. PSDE 用于小电流接地故障检测。

d. RDIR 为方向元件,检测故障的方向。在不对称故障时通过检测负序电压、电流之间的相位差,判断故障方向;而在发生三相对称故障时,通过比较相电压、相电流的相位差判断故障方向。

e. RFLO 为故障定位原件,发生短路故障时,可以通过故障时线路的电流值和电压值计算得到母线到故障点的电抗值,利用输入的线路单位长度的电抗值计算故障距离。

2.1.3 电源管理 LD₃

LD₃ 为电源管理模块,包括 ZBAT(电池)和 ZBTC(电池充电管理)等逻辑节点。ZBAT 和 ZBTC 在 IEC61850-7-420 里定义得比较明确^[9],可以参照执行。

2.2 环网柜 FTU 模型

户外型环网开关柜,用于配电网电缆网线路中,起分支、分段、联络的作用,一般由 3~6 路开关箱组成。柱上开关仅有 1 路开关,对柱上开关 FTU 信息模型进行扩展得到环网柜 FTU 的信息模型,以 2 路开关为例,采集 1 路电压(母线电压)、2 路电流(开关电流),信息模型如图 2 所示。

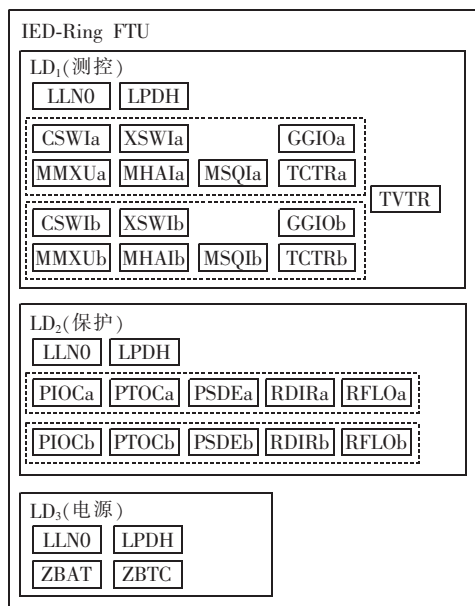


图 2 环网柜 FTU 信息模型

Fig.2 Information mode of FTU for RMU

图 2 中,对含有 2 路开关的环网柜 FTU 进行了建模,虚线框起的部分代表一路开关信息。实际应用中可能包含 3~6 路开关信息,可以进行相应的扩展。另外,信息模型中开关以负荷开关为例,如果实际中采用的是断路器,则需要将相应的 XSWI 替换为 XCBR。

2.2.1 测控 LD₁

LD₁ 中的测量量包含 1 路电压信息,2 路开关电流、位置、控制信息。

a. 电压信息,TVTR。

b. a 路开关信息,包括位置、控制信息 CSWIa、XSWIa,电流信息 MMXUa(测量相关电流信息)、MHAIa、MSQIa、TCTRa,压板信息 GGIOa。

c. b 路开关信息,包括位置、控制信息 CSWIb、XSWIb,电流信息 MMXUb(测量相关电流信息)、

MHA1b、MSQ1b、TCTRb,压板信息 GGIOb。

2.2.2 保护 LD₂

LD₂ 中包括对 2 路开关的保护。

a. a 路开关保护 PIOC_a、PTOC_a、PSDE_a、RDIR_a、RFLO_a。

b. b 路开关保护 PIOC_b、PTOC_b、PSDE_b、RDIR_b、RFLO_b。

2.3 TTU 模型

TTU 用于采集配电变压器的电流、电压、电量,信息模型如图 3 所示。

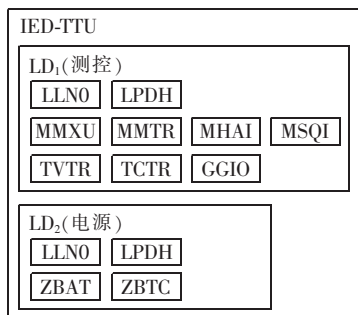


图 3 配变 TTU 信息模型

Fig.3 Information mode of TTU

图 3 中,对包含 1 路电压、1 路电流的配电终端 TTU 进行建模,若包含多路信息可做相应的扩展。

3 信息交换

配电终端的信息交换包括主站与终端、终端与终端、终端与过程层设备电流互感器、电压互感器、开关、配变等的信息交换,如图 4 所示。

在 IEC61850 中,主要由客户/服务器模型、面向变电站事件的通用对象(GOOSE)模型、采用值传输模型、时间同步模型等实现配电终端的信息交换。

a. 终端与主站的信息交换。图 4 中①表示终端与主站之间的信息交

换,包括保护信息和控制命令,实时性要求不是很高(≤ 1 s),采用客户/服务器模型就可以满足要求。由于主站需要接入大量的终端,采用 GOOSE 容易造成网络负载过重,此处的信息交换建议不采用 GOOSE 模型。

b. 终端与终端的信息交换。图 4 中②表示终端与终端之间的信息交换,包括保护信息和控制命令。可以采用客户/服务器模型,对于快速报文(≤ 20 ms),如快速故障切除等可采用 GOOSE 模型。采用 GOOSE 模型时,尽量将 GOOSE 信息控制在终端与终端的子网内部,避免加重全网的网络负担。

c. 终端与过程层设备的信息交换。图 4 中③

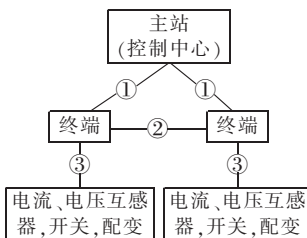


图 4 终端相关的信息交换

Fig.4 Information exchange of terminal

表示终端与过程层设备之间的信息交换,使用采样值传输模型和 GOOSE 模型。

d. 时间同步。直接采用 IEC61850 中的时间同步模型,保持所有终端的时间与主站一致。

4 服务映射

按照 IEC61850 的标准,将配电终端用到的信息交换服务映射到具体的通信方式。

a. 客户/服务器模型,映射到制造业报文规范 MMS(Manufacturing Message Specification)或者 IEC 60870-5-101/104 上实现。

b. GOOSE 报文,参照 IEC61850-8-1 直接映射到 ISO/IEC8802-3 以太网数据链路层。

c. 采用值传输,参照 IEC61850-9-2 进行映射。

d. 时间同步采用简单网络时间协议进行映射。

其中 b、c、d 在 IEC61850 中的定义已比较明确,直接使用 IEC61850-8-1、IEC61850-9-2 中相关的实现方式。本文主要对 a 中客户/服务器模型映射在实际应用中的一些问题进行讨论。

4.1 映射到 MMS

IEC61850-8-1 中详细定义了映射到 MMS 实现方式。MMS 编码格式采用抽象语法表示法 ASN.1 (Abstract Syntax Notation.1),底层采用 TCP/IP。MMS+TCP/IP+以太网是一种比较可行的实现方式,已在变电站自动化领域得到了广泛的应用。

将 MMS 映射扩展到配电自动化中,配电自动化对通信的时间性比变电站自动化要低,但设备比变电站自动化要多,采用 MMS 通信需要降低对单个设备的访问次数,以保证在规定的时间内完成对所有设备的轮询。

4.2 映射到 IEC60870-5-101/104

IEC TC57 制订了 IEC61850 与 IEC60870-5-101/104 之间信息交换的导则 IEC61850-80-1。使用 IEC61850-80-1 可以完成数据模型的映射,用于变电站与控制中心的通信。终端与主站之间的通信也可以参照使用。

但 IEC61850-80-1 对服务模型的支持不够好,比如 Server 的 GetServerDirectory、Logical Device 的 GetLogicalDeviceDirectory 等侧重于信息模型自描述的部分在 IEC60870-5-101/104 中没有相应实现。这主要是由于 2 种标准所采用的模型不一致造成的,对于这些不能映射的部分可以采用 Web-Services 文件传输,或者对 IEC60870 进行扩展,添加相关的应用来实现。

通过采用 IEC61850 对配电终端进行建模,信息表可以采用面向对象的数据描述方法,遵循统一的数据命名规范,用变电站配置描述语言(SCL)进行描述,在主站端可以很好地实现数据解析,如图 5 所示。

图 5 中,将开关位置信息 CSWIa.Pos.stVal 采用 IEC60870-5-104 中的类型标识 31(带 CP56Time2a


```

<LN ln Type="CSWIa" lnClass="CSWI"
  prefix="" inst="1">
  <DOI name="Pos" desc="Switch,general">
  <DAI name="stVal">
  <Private type="IEC_60870_5_104">
  <IEC_60870_5_104:Address casdu=
    "1" ioa="1059" ti="31"/>
  </Private>
  </DAI>
  </DOI>
</LN>

```

图 5 信息映射 SCL

Fig.5 Information mapping SCL

时标的双点信息)来实现,地址 1059。

5 结语

使用 IEC61850 的技术和方法,对配电终端进行统一建模,规范了设备接口,可以方便地实现配电终端设备的互联操作。

将 IEC61850 应用到配电终端与配电自动化主站之间的通信,目前仍处于探索和实验阶段,信息模型的建立和服务的映射还需要不断完善。

参考文献:

- [1] IEC. IEC61850 Communication networks and systems in substations[S]. Geneva,Switzerland:IEC,2003.
- [2] 孙一民,陈远生. 母线保护装置的 IEC61850 信息模型[J]. 电力系统自动化,2007,21(2):51-54.
SUN Yimin,CHEN Yuansheng. An IEC61850 standard communication model for bus protection[J]. Automation of Electric Power Systems,2007,21(2):51-54.
- [3] 王玲,崔琪,负保记,等. 基于 IEC61850 的高压线路间隔的建模研究[J]. 继电器,2007,35(24):33-35.
WANG Ling,CUI Qi,YUN Baoji,et al. Analysis on high voltage line bay based on IEC61850[J]. Relay,2007,35(24):33-35.
- [4] 王俊生,吴林平,王振曦,等. 高压直流控制保护系统 IEC61850 建模[J]. 电力系统自动化,2009,33(1):41-44.
WANG Junsheng,WU Linping,WANG Zhenxi,et al. Modelling of HVDC control and protection system based on IEC61850[J]. Automation of Electric Power Systems,2009,33(1):41-44.

- [5] 徐宁,朱永利,邸剑,等. 基于 IEC61850 的变电站自动化对象建模[J]. 电力自动化设备,2006,26(3):85-89.
XU Ning,ZHU Yongli,DI Jian,et al. Substation automation object modeling based on IEC61850[J]. Electric Power Automation Equipment,2006,26(3):85-89.
- [6] 陆岩,胡道徐,马文龙. IEC61850 信息建模的反思与变通[J]. 电力自动化设备,2008,28(10):68-70.
LU Yan,HU Daoxu,MA Wenlong. Reconsideration and compromise of IEC61850 information modeling[J]. Electric Power Automation Equipment,2008,28(10):68-70.
- [7] 秦立军,刘麟,石峻峰,等. IEC61850 体系下的配电网自动化系统[J]. 电力设备,2007,8(12):13-15.
QIN Lijun,LIU Lin,SHI Junfeng,et al. Distribution automation system under IEC61850 system[J]. Electrical Equipment,2007,8(12):13-15.
- [8] 徐斌,刘子英. 基于 IEC61850 的配电线路保护 IED 设计[J]. 电力自动化设备,2007,27(9):103-106.
XU Bin,LIU Ziyang. Design of IED based on IEC61850 standard for distribution system line protection[J]. Electric Power Automation Equipment,2007,27(9):103-106.
- [9] MOHAGHEGH S,MOUSAVI M,STOUPIS J,et al. Modeling distribution automation system components using IEC61850[C]// Power & Energy Society General Meeting,2009. Calgary,Canada: IEEE,2009:1-3.
- [10] 徐丙垠,李天友,薛永端. 智能配电网与配电自动化[J]. 电力系统自动化,2009,33(17):38-41.
XU Bingyin,LI Tianyou,XUE Yongduan. Smart distribution grid and distribution automation[J]. Automation of Electric Power Systems,2009,33(17):38-41.
- [10] 徐丙垠,李天友. 配电自动化若干问题的探讨[J]. 电力系统自动化,2010,34(9):81-86.
XU Bingyin,LI Tianyou. Investigations to some distribution automation issues[J]. Automation of Electric Power Systems,2010,34(9):81-86.
- [11] 李天友,金文龙,徐丙垠. 配电技术[M]. 北京:中国电力出版社,2008:281-284.

(编辑:汪仪珍)

作者简介:

韩国政(1976-),男,山东昌邑人,高级工程师,博士研究生,主要研究方向为配电网自动化(E-mail:han_guozheng@163.com);

徐丙垠(1961-),男,山东滕州人,教授,博士研究生导师,博士,主要研究方向为电力系统故障检测、配电网自动化和智能电网。

Modeling of intelligent distribution terminal according to IEC61850

HAN Guozheng¹,XU Bingyin^{2,3}

(1. Shandong University, Ji'nan 250061, China;

2. Shandong University of Technology, Zibo 255012, China;

3. Kehui Power Automation Co., Zibo 255087, China)

Abstract: Based on the analysis of distribution terminal functions, the FTU information model and TTU information models are built with the modeling methods, techniques, data models and logic nodes supplied by IEC61850 to realize the plug-and-play of distribution terminal. The communications between distribution terminal and master station and between distribution terminals are analyzed, the applicable IEC61850 information exchange model is presented, and the mapping of client/server model to MMS or to IEC60870-5-101/104 is introduced.

Key words: smart distribution grid; IEC61850; distribution automation; intelligent distribution terminal; modeling