

基于 IEC61850 标准的 IED 建模分析

韩法玲¹, 黄润长², 张华³, 贲保记^{1,3}

(1. 西安科技大学电气工程与控制学院, 陕西 西安 710054; 2. 西安供电局, 陕西 西安 710032;
3. 西安西瑞保护控制设备有限责任公司研究所, 陕西 西安 710075)

摘要: IEC61850 标准为不同生产厂商的智能电子设备 (IED) 之间实现互操作性和系统无缝集成提供了途径, 但是 IEC61850 保护建模在实际工程应用中存在不相适应的地方。在介绍 IEC61850 面向对象建模技术和 IED 建模思想的基础上, 总结了 IED 建模在工程应用中遇到的难点问题: 软压板建模、逻辑节点建模、数据扩展、GOOSE 建模和逻辑设备建模, 并结合国家电网公司最新发布的《DL/T 860 实施技术规范》, 针对上述难点问题提出了一些有效可行的解决方法。给出了中压线路保护装置的建模实例, 能够较好地满足数字化变电站建设的工程需要。

关键词: IEC61850; IED; 建模; 工程; 《DL/T 860 实施技术规范》

IED modeling analysis based on IEC61850 standard

HAN Fa-ling¹, HUANG Run-chang², ZHANG Hua³, YUN Bao-ji^{1,3}

(1. School of Electrical Engineering & Control, Xi'an University of Science & Technology, Xi'an 710054, China;
2. Xi'an Power Supply Bureau, Xi'an 710032, China; 3. Xi'an Xirui Protection and Control Co. Ltd, Xi'an 710075, China)

Abstract: IEC61850 standard provides a means to implement the interoperability between intelligent electronic devices (IED) from different manufacturers and the systems seamless integration, but protection modeling of IEC61850 is incompatible with the practical engineering application. On the basis of introducing IEC61850 object-oriented modeling techniques and IED modeling ideas, this paper summarizes the encountered problems of the IED modeling in engineering application: soft plate modeling, logic node modeling, data expansion, GOOSE modeling and logical device modeling. Combining with National Grid's latest release "Technical Specifications of DL/T 860 in Engineering", some effective and feasible solutions have been proposed to solve these difficult problems, and a middle-voltage line protection model instance is given, which is able to meet the project needs of digital substation construction.

Key words: IEC61850; IED; modeling; engineering; technical specification of DL/T 860 in engineering

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2010)19-0219-04

0 引言

IEC61850 变电站通信网络和系统标准, 是基于通用网络通信平台的变电站自动化系统的唯一国际标准^[1]。该标准详细阐述了分层的变电站通信体系结构, 通过定义抽象的类和服务, 实现了应用和通信的解耦, 为不同生产厂商的智能电子设备 (IED) 之间实现互操作性和系统无缝集成提供了途径。它的推广和应用为变电站自动化系统实现全数字化奠定了基础。

IEC61850 的核心内容包括: 采用面向对象建模技术对变电站功能和智能电子设备建模; 为实现应

用与通信分离, 采用抽象通信服务接口映射到具体通信协议栈; 基于扩展标识语言 (XML) 的变电站配置语言 (SCL) 对系统和智能设备进行配置。其中, 利用面向对象的统一建模技术和独立于网络结构的抽象通信服务接口对实际 IED 进行建模是 IEC61850 标准应用的关键^[2]。

IEC61850 在保护建模方面与国内的继电保护应用现状还有一定的差距, 为满足国内需求, 国家电网公司发布了《DL/T 860 实施技术规范》。本文依据 IEC61850 建模思想, 以某中压线路微机保护装置为例, 结合实施技术规范, 重点阐述 IED 工程化建模时所遇到的一些问题及解决方法。

1 IEC61850 中的 IED 建模技术

1.1 IEC61850 建模技术

变电站自动化系统由 IED 组成，并由分布于 IED 中 LD 的 LN 交互完成其系统功能。IEC61850-7 部分采用面向对象的建模技术，描述了若干类以及这些类的特征和类的服务。这些类描述了变电站自动化通信系统模型的层次结构：服务器、逻辑设备、逻辑节点和数据对象等部分，如图 1 所示^[3]。

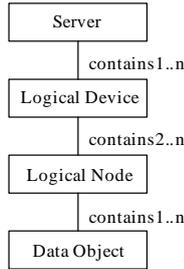


图 1 IED 的分层信息模型

Fig.1 Hierarchical information model of IED

IED 的分层信息模型自上而下分为 4 个层级：Server（服务器）、Logical Device（逻辑设备）、Logical Node（逻辑点）、Data Object（数据对象）。每个 IED 包含一个或多个服务器，每个服务器本身又包含一个或多个逻辑设备。逻辑设备包括逻辑节点，逻辑节点包含数据对象，数据对象则是由数据属性构成的公用数据类的命名实例。任何一个客户都可以通过抽象通信服务接口（ASIC）和服务器通信访问数据。

1.2 IED 建模思想

IEC61850 关注的是可以在网络上传输的信息。所谓建模，就是把功能可以对外交互的信息组织在模型中，并建立合适的通信服务以确定信息的传输方式和过程。基于 IEC61850 的 IED 建模思想是：对实际间隔层设备功能进行抽象，依据面向对象思想分析设备的逻辑构成，对传统的过程化流程实现的功能进行解耦分析，抽象出设备所含有的逻辑节点以及每个逻辑节点所含的参数、属性，找出逻辑节点之间的数据流向，再利用统一建模语言工具对其进行进一步分析^[4]。

在对一个 IED 装置进行建模时，首先要确定该 IED 具有哪些功能，哪些功能是用来交换数据的。然后，根据 IEC61850-7-4 标准，将每个需要进行数据交换的变电站自动化功能逐一分解为若干个逻辑节点。一旦确定了某个逻辑节点，就得到了逻辑节点类中所有的兼容数据。这些数据都分为“必选”和“可选”2 类。“必须”数据是强制性的，逻辑节

点的实例化必须具有，而“可选”数据应根据 IED 的实际情况而选取。如果“必选”和“可选”都不能满足该 IED 的实际功能需求时，需要扩展数据^[5]。

建立好逻辑节点后，以这些逻辑节点的公共特征为依据，划分逻辑设备。一个逻辑设备至少包含 3 个逻辑节点 1 个 LLN0（逻辑节点零）、1 个 LPHD（物理设备信息）和 1~n 个 LN（待定逻辑节点）。

最后将 IED 建模为一个或多个 Server 类的实例，通信模式采用为客户/服务器模式或订阅者/发布者模式。

2 IED 工程建模方法

由于 IEC61850 中定义的保护逻辑节点是按照国外的保护装置设计的，与国内的应用需求有一些不相适应的地方^[6]。下面将分析工程化建模时所遇到的问题，并结合《DL/T 860 实施技术规范》，给出解决方法。

2.1 软压板建模

保护装置中使用软压板来设置某个保护功能的投入或退出。但是在 IEC61850 标准中并没有给出软压板的表述。

《DL/T 860 实施技术规范》指出：保护压板数据应建模于保护逻辑设备中。保护功能压板宜建模于 LLN0。保护出口压板宜建模于 PTRC（保护跳闸条件）和 RREC（自动重合闸）中^[7]。

建模时，dsRelayEna（保护压板数据集）建立于 PROT（保护）逻辑设备中的 LLN0（逻辑节点零）逻辑节点，还应建立引用了该数据集的报告控制块 brcbRelayEna，实现保护压板信息的及时上送。

2.2 逻辑节点建模

在实际的保护功能建模中，有很多保护功能在 IEC61850 中并没有相应的保护逻辑节点。遇到这种情况，先分析一下保护功能，判断标准已有的 LN 类是否满足功能要求，若满足，则采用合适的 LN 类。若不满足被建模功能，则考虑是否可以用通用的 LN 类来描述，即 GAPC（通用过程自动控制）和 GGIO（通用过程输入/输出）。

比如说线路保护装置的加速保护。装置设立独立的加速保护段，当重合于故障或者手合于故障时，加速保护不带时限无选择性地动作跳闸加速故障的切除。逻辑框图如图 2 所示。

在 IEC61850 标准中，并没有定义加速保护这个逻辑节点。但是从保护逻辑框图中可看出，后加速保护中的两个定值电流和时限，和 PTOC 逻辑节点类的逻辑是相似的。因此，在保护功能建模的时候，可以用 PTOC 来表示加速保护。同理，过负荷

保护、充电保护均是 PTOC 逻辑节点类的不同实例。

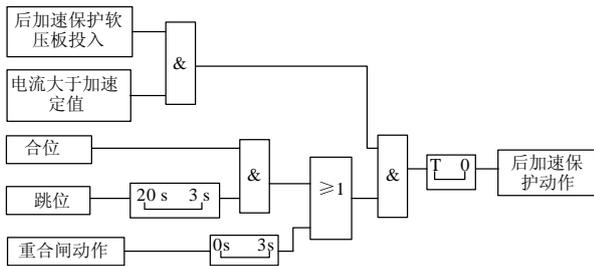


图 2 加速保护逻辑图

Fig.2 Logical diagram of accelerated protection

还有一个需要注意的地方,如果没有合适的 LN 类符合被建模功能的核心需求,则可以新建 LN 类。新建 LN 类的名称,则要符合标准所规定的逻辑节点组相关前缀的要求,不可以与已经存在的 LN 类名称相冲突。但是为了保证各个厂商 IED 之间的互操作性,一般不建议新建 LN 类。

2.3 数据扩展

IEC61850 所定义的逻辑节点中的数据比较少,如果不进行扩充,很难满足保护装置的需要。扩展数据时,先判断 LN 类中已有的可选数据是否满足要求,若满足,则应使用可选数据。若不能满足建模需求,则在该 LN 类中新建数据。新建的数据不可与已有数据名称冲突,要采用标准所规定的通用数据类和基本数据类型,要提供详细的描述和用法等信息。此外,不宜扩充通用数据类、复杂数据类型和基本数据类型。

2.4 GOOSE 建模

装置 GOOSE 输入定义采用虚端子的概念,在以“GOIN”为前缀的 GGIO 逻辑节点实例中定义 DO 信号,DO 信号与 GOOSE 外部输入虚端子意义对应,通过该 GGIO 中 DO 的描述和 dU(使用 UNICODE 字符的文字描述)可以明确描述该信号的含义,作为 GOOSE 连线的依据。在相应 LD 的 LN0 中定义 GOOSE 数据集和 GOOSE 控制块用来发送 GOOSE 信号。在 GOOSE 数据集中预先配置满足工程需要的 GOOSE 输出信号。

GOOSE 通信中断应该送出告警信号,设置网络断链告警。在接收报文的允许生存时间的 2 倍时间内没有收到下一帧 GOOSE 报文时判断为中断。另外,GOOSE 通信时对接收报文的配置不一致信息须送出告警信号,判断条件为配置版本号及 DA 类型不匹配。

另外,装置应该通过在 ICD 文件中支持多个 AccessPoint(访问点)的方式支持多个独立的 GOOSE 网络。

2.5 逻辑设备建模

把某些具有共同特性的逻辑节点组合成一个逻辑设备。逻辑设备的划分以功能进行,一般分为以下几种:公用 LD,测量 LD,保护 LD,控制 LD,录波 LD,智能终端 LD 等。

在工程实施中,根据工程需要适当地组合。

3 IED 工程化建模实例

中压线路 XRL-261 微机保护装置适用于中低压输电线路出线,实现的功能有:三段过流保护、过负荷保护、接地保护、低周减载保护、低压解列保护、加速保护、重合闸、自动序位减载保护、模拟量测量、故障录波、开关量输入和告警等。根据 IED 工程建模方法,本文对其进行建模。

XRL-261 可建模为两个服务访问点,S1(普通 MMS 服务)和 G1(GOOSE 专用服务)。在 S1 访问点,建模为一个 Server 类,通信方式采用服务器/客户端模式。在 G1 访问点,建模为一个 Server 类,通信方式采用订阅者/发布者信息。开入报文作为 GOOSE 的订阅者,定义该装置接收哪些 GOOSE 输入,每个输入相对应的 Extref(外部引用)中 DO 信号的引用名。

XRL-261 根据功能的划分,在 S1 访问点,可建立 5 个 LD: LD0(公用 LD),MEAS(测量 LD),PROT(保护 LD),CTRL(控制 LD)和 RCD(录波 LD)。各逻辑设备的具体构成如表 1 所示。

表 1 XRL-261 的逻辑设备列表

Tab.1 List of the logical devices of XRL-261

LD 名字	LD 包含的逻辑节点的实例				
LD0	LLN0	LPHD1	GGIO1		
MEAS	LLN0	LPHD1	MMXU1		
PROT	LLN0	LPHD1	PTOC1	PTOC2	PTOC3
			PTOC4	PTOC5	RREC1
			PTUF1	PTUV1	
			PSDE1	PTRC1	GAPC1
		TCTR1	TVTR1		
	GGIO1	GGIO2	GGIO3		
CTRL	LLN0	LPHD1	CSW11	GGIO1	GGIO2
RCD	LLN0	LPHD1	RDRE1		

逻辑设备 LD0 的 LLN0 包含:①装置的参数数据集 dsParameter;②装置自检告警数据集 dsWarning,包含了装置自检告警信息;③报告控制块 brcbWarning,引用数据集 dsWarning,实现装置自检告警信息的及时上传。GGIO1:保护装置自检。

逻辑设备 MEAS 的 LLN0 包含:①保护遥测数据集 dsRelayAin,包含了电压、电流等模拟量的测量信息;②报告控制块 urcbRelayAin,引用数据集

dsRelayAin, 实现模拟量测量信息的及时上送。MMXU1: 保护测量。

逻辑设备 PROT 的 LLN0 包含: ①保护压板数据集 dsRelayEna 及引用了该数据集的报告控制块 brcbRelayEna; ②保护定值数据集 dsSetting; ③保护事件数据集 dsTripInfo 及引用了该数据集的报告控制块 brcbTripInfo; ④保护故障数据集 dsAlarm 及引用了该数据集的报告控制块 brcbAlarm。PTOC1、PTOC2、PTOC3: 三段式过流保护; PTOC4: 加速保护; PTOC5: 过负荷保护; RREC1: 自动重合闸; PTUF1: 低周减载保护; PTUV1: 低压解列保护; PSDE1: 接地保护; GAPC1: 自动序位减载保护; TCTR/TVTR: 电流/电压互感器; GGIO1: 保护压板; GGIO2: 保护事件; GGIO3: 保护告警。

逻辑设备 CTRL 的 LLN0 包含: ①保护遥信数据集 dsRelayDin 及引用了该数据集的报告控制块 brcbRelayDin; ②通信工况数据集 dsCommState 及引用了该数据集的报告控制 brcbCommState。GGIO1: 保护开入; GGIO2: GOOSE 接收软压板; GGIO3: GOOSE 异常告警; GGIO4: GOOSE 输入信息。

逻辑设备 RCD 的 LLN0 包含: 故障录波数据集 dsRelayRec 及引用了该数据集的报告控制块 brcbRelay Rect。RDRE1: 故障录波。

在 S2 访问点下, 可建立 1 个 LD: GOLD。逻辑设备 GOLD 是 GOOSE 的专用服务。它由 LLN0、LPHD1、PTRC1 (GOOSE 跳闸)、GGIO1 (GOOSE 输入信息) 构成。其中 LLN0 包括: ①GOOSE 信号数据集 dsGOOSE0, 包含了 GOOSE 的跳闸信号; ②Inputs (绑定外部信号) 部分定义了该装置输入的 GOOSE 连线, 每一个 GOOSE 连线包含了装置内部输入虚端子信号和外部装置的输出信号信息。

4 结论

本文根据 IEC61850 建模思想, 结合《DL/T 860 实施技术规范》, 针对进线保护装置 XRL-261I、出线保护装置 XRL-261A 进行了建模研究, 实例验证了通过这种建模方法得到的配置文件结构清晰、功能合理。在西安供电局 10 kV 数字化开闭所工程中得到应用, 能够比较好地满足工程需要。

参考文献

[1] IEC. IEC 61850 communication networks and systems in substations[S]. 2004.

[2] 徐敏, 王钢, 王智东. 基于 IEC61850 标准的电抗器保护建模方法[J]. 电网技术, 2008, 32 (1): 84-86.
XU Min, WANG Gang, WANG Zhi-dong. IEC61850 based modeling method for shunt reactor protective functions[J]. Power System Technology, 2008, 32 (1): 84-86.

[3] IEC. IEC 61850 communication networks and systems for power utility automation-part 7-2 Ed.2: basic information and communication structure-abstract communication service interface (ACSI) [S]. 2008.

[4] 李映川, 王晓茹. 基于 IEC61850 的变电站智能电子设备的实现技术[J]. 电力系统通信, 2005, 29 (9): 58-60.
LI Ying-chuan, WANG Xiao-ru. Preliminary technology analysis on implementing IEDs in substation based on IEC61850[J]. Telecommunication for Electric Power System, 2005, 29 (9): 58-60.

[5] 罗四倍, 黄润长, 等. 基于 IEC61850 标准面向对象思想的 IED 建模[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37 (17): 88-92.
LUO Si-bei, HUANG Run-chang, et al. IED modeling based on object-oriented technology of IEC61850 standard[J]. Automation of Electric Power Systems, 2009, 37 (17): 88-92.

[6] 王丽华, 江涛, 等. 基于 IEC61850 标准的保护功能建模分析[J]. 电力系统自动化, 2007, 31 (2): 55-59.
WANG Li-hua, JIANG Tao, et al. Analysis on protection function based on IEC61850 standard[J]. Automation of Electric Power Systems, 2007, 31 (2): 55-59.

[7] 全国电力系统管理及其信息交换标准化技术委员会. DL/T 860 实施技术规范[S]. 北京: 中国电力出版社, 2009.
National Standardization Technical Committees of Power System Administration and Associated Information Exchange. Technical specification of DL/T 860 in engineering[S]. Beijing: China Electric Power Press, 2009.

收稿日期: 2010-06-21; 修回日期: 2010-07-23

作者简介:

韩法玲 (1985-), 女, 硕士研究生, 主要从事数字化变电站和电力系统继电保护的研究; E-mail: hanfaling@163.com

黄润长 (1965-), 男, 高级工程师, 从事电气工程相关工作;

贞保记 (1966-), 男, 硕士研究生导师, 高工, 从事电力系统继电保护的研究。