

继电保护智能设备内部建模方法

赵安国, 杨小铭, 仇新宏

(国网电力科学研究院, 江苏 南京 210003)

摘要: 讨论了一种面向对象的继电保护智能电子设备的内部建模方法。利用配置软件将智能电子设备的对象描述映射为面向程序模块的平面顺序表接口描述, 配置软件的设计是基于对象之间的关联与约束及程序组织单元之间的关系来实现的。最后, 以一个元件保护的内部建模为例, 进一步说明了本文所提出的方法。

关键词: 继电保护; 智能电子设备; 建模

Internal modeling of relay protection IEDs

ZHAO An-guo, YANG Xiao-ming, QIU Xin-hong

(State Grid Electric Power Research Institute, Nanjing 210003, China)

Abstract: An internal modeling of object-oriented relay protection intelligent electronic devices (IEDs) is discussed in this paper. The modeling transfers object-oriented description of IEDs to program-oriented sequential table interface description by configuration software. The design of configuration software is based on the relevance and restriction between objects and the association for program organization units. An example of power system element protection modeling is given to illustrate the method.

Key words: relay protection; intelligent electronic devices (IEDs); modeling

中图分类号: TM774 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2009)22-0107-04

0 引言

采用面向对象建模技术的 IEC61850 标准将变电站的各种功能抽象为数据对象, 并将这种数据对象按照智能设备(服务器)、逻辑设备、逻辑节点、数据和数据属性的树状结构进行描述^[1]。适应这种面向对象设计的智能设备是基于变电站配置描述语言(SCL), 即: IEC61850-6 部分所规定的内容, 来实现互操作性^[2,3]。智能设备作为服务器具有网络通信、解释配置信息、响应自描述信息等功能。因此基于数据库的站级设备, 可以识别和配置不同的智能设备, 不同的智能设备之间也能够根据配置信息交换数据。智能设备内部的数据交换, 也可以参照面向对象的方法来实现。但由于运算和存储能力的区别, 一般的制造企业会更倾向于使用面向程序的自定义数据格式, 以满足效率和空间的要求。本文将讨论一种基于数据库的智能设备内部建模方法, 并以元件保护为例给出部分具体方案。

1 继电保护设备的描述

1.1 面向对象的保护设备

保护设备作为变电站一种特殊智能设备, 按照面向对象设计的观点, 一般包含多个逻辑设备^[4]。以元件保护为例, 传统的变压器保护或母线保护由模拟量采集、开关量采集及控制、保护算法和人机接口等功能构成, 它们可以称为逻辑设备。新型的分布式母线保护是基于间隔保护和中央控制单元构成的, 它将上述一系列逻辑设备分配到不同的智能设备当中, 因此也体现了逻辑设备对象存在的客观性与独立性。图1为智能设备的对象表示, 图2为由多智能设备构成的分布式母线保护。

由图2可见, 分布式母线保护由面向间隔的智能设备和完成母线保护功能的中央处理单元组成。它们分别包含特定的逻辑设备, 如: 控制(分布在间隔中), 保护(间隔设备为当地功能、中央处理单元为母线保护功能)、采集(可能包含在分布的间隔智能设备中, 也可能为单独的采集设备)及人机接口。同样集中式保护(图1)也包含了所有这些逻辑设备。因此, 保护设备作为一种特殊的智能电子设备, 具有相对固定的逻辑设备对象, 针对这些逻辑设备设计的配置软件, 能够完整定义智能设备的内部模型。

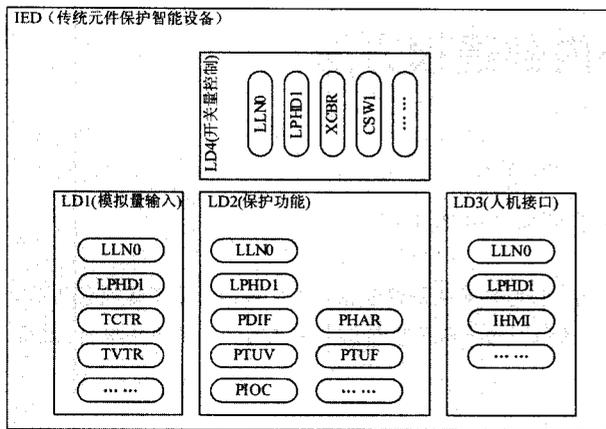


图1 智能设备的对象表示

Fig.1 Object description of IEDs

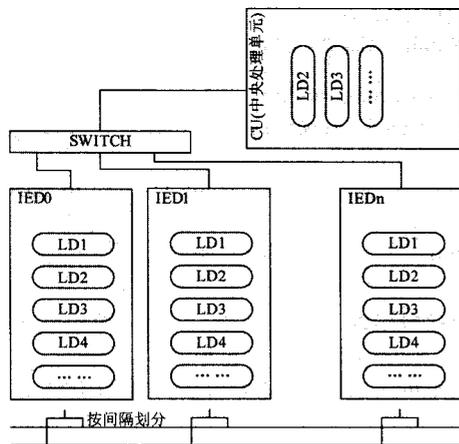


图2 分布式母线保护

Fig.2 Distributed busbar protection

1.2 保护设备的硬件构成

基于网络的保护设备需要实现网络通信、人机界面和保护算法等功能，这些功能在实时性和软件系统上存在差异，一般需要多颗CPU(或多核CPU)配合完成。例如使用偏重于通信的PowerPC™、适合实时计算的DSP和侧重于显示的其他MCU来共同完成通用保护设备硬件平台设计。保护设备的硬件平台限制了其内部数据交换的方法和效率，如：多CPU的保护设备如果使用并行数据交换将效率优于串行数据交换；而双核CPU由于存在共享的存储空间、丰富的外设将更大限度地提高数据交换的效率。因此基于不同硬件系统的保护设备其内部建模方式也定不相同，内部数据交换效率越高，建模越简单；数据交换效率越低，建模越复杂，但会提高软件的可移植性。

图3为典型的继电保护智能设备内部构成。其中多CPU之间的配合可以采用以太网、高速的串行

总线或并行数据交换（如图3中的双端口RAM）。

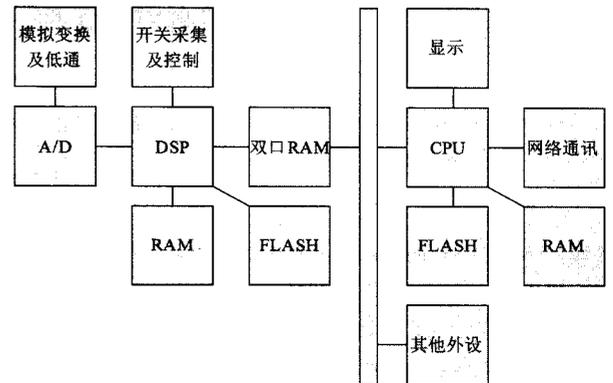


图3 典型的保护装置硬件构成

Fig.3 Classical hardware scheme of digital protection device

1.3 保护设备的软件流程

保护智能设备的软件可根据不同的实时性进行结构划分，参考IEC61131的相关规定，将同等实时性的任务按照程序组织单元(POU)进行划分，而程序组织单元之间的数据交换即为内部建模的关键点，它决定了数据流的通畅以及程序接口是否合理且易于实现。以图3所示硬件系统为基础实现的保护智能装置其程序组织单元可以进行如下划分：

POU1 数据采集与变换 保护算法（高实时性） 记录事件 开出控制（跳闸及信号）	POU2 定值及数据校验 定值预处理 生成显示或通信所需扰动量	POU3 网络通讯	POU4 界面显示及操作 事件存储 打印 通讯数据响应
--	--	--------------	---

图4 保护装置内部程序组织单元

Fig.4 Internal POUs of one digital protection device

图4中POU1代表实时性较高部分，一般由DSP完成，它是保护装置的实时数据源；POU3、POU4将通过数据接口访问POU1形成的实时数据；POU2产生的继电器定值数据与其他几个程序组织单元产生接口关系。

由于平面顺序表格最适于程序处理，因此最终的保护软件将以一系列的表格为数据接口格式，来定义程序组织单元之间的链接关系。

综上所述，内部建模就是将保护智能设备外在的对象描述映射到其内部各个程序组织单元之间的接口关系。由此我们可以设计1)按照对象描述的配置软件；2)严谨的、可变长度的内部程序组织单元数据交换格式；3)由对象描述到数据交换格式的映射。

2 基于数据库的配置软件

2.1 配置软件的基本元素

文献[2]给出的是基于 IEC61850-6 SCL 模型的配置器的设计与实现, 它讨论的是站级设备与智能设备之间互操作性的问题。而基于数据库的智能设备配置软件对外可以形成符合 SCL 的自描述文件, 对内产生不同的顺序表格引导程序组织单元交换数据。因此, 该配置软件的输入信息应该是不同的对象, 这些对象可以是预定义的逻辑设备, 也可以是由多个逻辑节点组合的逻辑设备。对象的组织程度越高, 配置就简化; 对象划分越注重细节, 配置就越灵活。

以传统元件保护为例, 图 1 列出了它包含的逻辑设备, 其中 LD1 是模拟量输入, LD2 为保护功能, LD3 为人机接口, LD4 为开关量控制。显然 LD1, LD3, LD4 具有一定的通用性, 对于 LD1 我们只需要对现有逻辑节点进行描述, 如 TVTR 的数量、顺序、每个模拟量通道的变换系数、单位等特性, 而无须增加更多的逻辑节点。与 LD1 相似, LD3, LD4 具有相对固定的逻辑节点, 因此配置软件对这部分应该以逻辑设备为模版(类描述)进行对象组织。LD2 逻辑设备为保护功能, 由于保护需要适应现场不同的需求进行不同的调整, 如增加某些逻辑节点(过流段数、闭锁条件等), 因此, 此时配置软件要能够灵活使用逻辑节点作为基本对象。保护逻辑节点模版和其他逻辑设备模版将分类保存在数据库中的对象表中。配置软件则可以按照规则创建新的逻辑节点模版或逻辑设备模版。

2.2 多用途的数据库与配置软件

配置软件除定义智能设备之间交换的信息格式、内容以及内部数据交换格式外, 它还可以为外部调试软件和其他较早使用的通讯规约(如: IEC60870-5-103)提供点表。图 5 为配置软件及统一数据库的示意图。

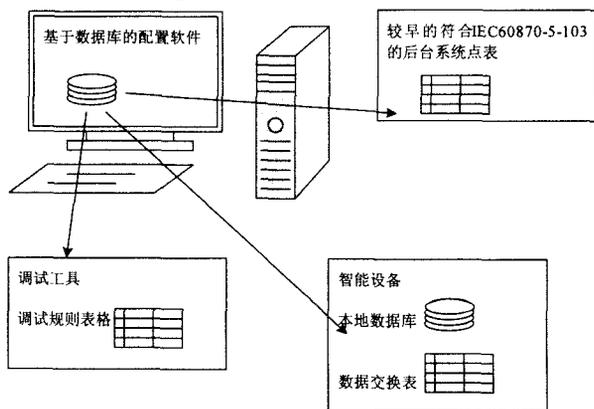


图 5 多用途数据库与配置软件输出

Fig.5 Multi-purpose database and configuration software output

3 数据交换表实例

3.1 模拟量采集

模拟量采集设备由系统节点 LLN0, LPHD1 及 TCTR, TVTR 及 MMXU 等逻辑节点构成, 这些逻辑节点的数据和数据属性由 IEC61850-7-4 给出定义。为了适应智能设备内部的数据接口, 配置软件将逻辑节点对象的数据分配到不同的表格当中。如: 由 TCTR, TVTR 导出模拟通道表, 其中包含顺序、通道系数、补偿等信息。而 MMXU 也会根据 TCTR 或 TVTR 的输入产生新的计算模拟通道(如继电保护常用的序分量计算或变压器保护的角差转换等), 因此无论是由采集产生的模拟通道还是计算得来的通道将统一存放在模拟通道表中并按照类型和指定顺序进行排序。我们利用模拟通道表的顺序索引生成录波通道表、各种幅值计算表(如离散傅立叶变换得到的各次谐波算法), 它们分别是模拟量录波节点 RADR 和测量节点 MMXU 所描述的内容。

由图 6 可见, 一个模拟量采集逻辑设备中的逻辑节点对象在保护智能设备中是以多个平面顺序表格进行描述的。一个对象可能对应多个表, 同时, 一个表格中也可能包含多个对象的信息。因此, 智能装置内部建模是面向程序模块的, 而不是面向对象, 它的目的是定义严谨的程序接口以提高运行效率、节省空间。

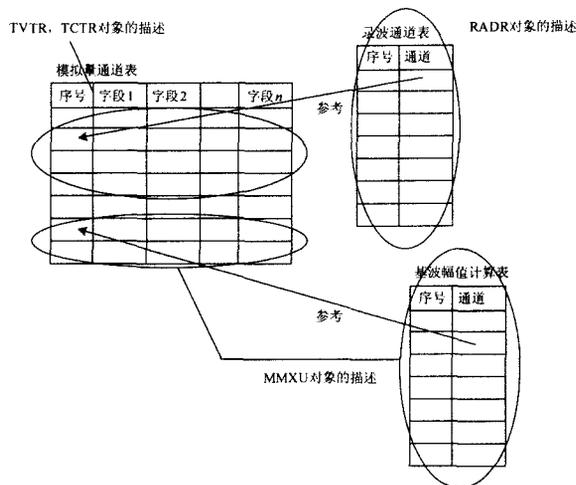


图 6 逻辑节点对象被分配到不同的表中进行描述

Fig.6 Description of the distribute procedure from LN object to corresponding table

3.2 保护功能

保护功能设备所包含的保护逻辑节点可以用定值表、动作信息表、信号表及变位事件表等数据表格构成。保护设备从外在进行观察是以对象的形式

存在的, 添加或删除任何逻辑节点将自动向上述表格中增加记录。而智能装置内部则全部用顺序表的索引来指示或保存逻辑节点的数据信息。

3.3 人机接口

保护设备的定值表、MMXU 的测量值都需要在人机界面上进行显示, XCBR 或 XCWI 的状态也可能需要通过人机的方式进行监视或控制。因此, 人机设备将关联更多的描述表格, 如: 定值表、录波表、模拟量显示表、开关量表等用于设置、监视和控制的表格, 这些表格来自不同逻辑设备中的逻辑节点对象, 而不局限于人机设备, 也就是说在人机设备接口格式固定的前提下, 增加或删除某些设备的逻辑节点将直接影响人机设备的数据设置。

人机接口的界面显示也是一个重要问题, 通过增加人机逻辑节点 IHMI 的数据和数据属性实现界面显示的自动配置。如: 增加底图、帧显示顺序表、帧数据表等描述, 他们不必要出现在智能设备之间的交互信息中, 只是作为智能设备自身使用的信息存在。

4 结语

从面向对象的保护智能设备外在特性来说, 它具有完善的自描述性和互操作性, 而智能设备内部的数据组织必须满足智能设备的硬件结构所提供的最大效能。出于空间和效率的考虑必须将智能设备的对象描述映射为平面顺序表格的接口描述。因此, 分析不同对象间的关联与约束以及程序组织单元间的联系, 是内部建模必须要考虑的问题。不同的硬件结构、不同的软件思想将产生不同的智能设备内部模型, 使用本文的方法可以帮助智能设备设计者合理地建立这种内部模型。利用本方法设计的配置软件将提高继电保护智能设备的开发效率。

参考文献

[1] IEC 61850-7-2, Communication Networks and Systems in Substations Part 7-2: Basic Communication Structure for Substation and Feeder Equipment - Abstract Communication Service Interface (ASCI) [S].

[2] 兰森林, 张沛超. 基于 SCL 模型的 IED 配置器的设计与实现[J]. 继电器, 2005, 33(12): 48-51. LAN Sen-lin, ZHANG Pei-chao. Design and Implementation of IED Configurator Based on SCL Model[J]. Relay, 2005, 33(12):48-51.

[3] 朱炳铨, 任雁铭, 姜健宁, 等. 变电站自动化系统实现 IEC 61850 的过渡期策略[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(23):54-57. ZHU Bing-quan, REN Yan-ming, JIANG Jian-ning, et al. Strategy for Implementation of IEC 61850 in Substation Automation System During Transitional Period[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(23):54-57.

[4] 吴在军, 窦晓波, 胡敏强. 基于 IEC61850 标准的数字保护装置建模[J]. 电网技术, 2005, 29(21):81-84. WU Zai-jun, DOU Xiao-bo, HU Min-qiang. Modeling of Digital Protective Device According to IEC61850[J]. Power System Technology, 2005, 29(21):81-84.

收稿日期: 2009-03-27; 修回日期: 2009-04-12
作者简介:

赵安国 (1976-), 男, 硕士, 工程师, 主要研究方向为电力系统主设备继电保护; E-mail: zhaoanguo@nari-china.com

杨小铭 (1976-), 男, 硕士, 工程师, 主要研究方向为继电保护及通讯;

仇新宏 (1970-), 男, 硕士, 教授级高级工程师, 主要研究方向为电力系统继电保护研发及管理。

(上接第 106 页 continued from page 106)

LIN Xiang-ning, LIU Pei, CHENG Shi-jie. Identification of the Instant Fault Occurred on the Extra High Voltage Transmission Line with a Complex Wavelet Algorithm[J]. Proceedings of the CSEE, 2000, 20(2):33-38.

[6] 葛耀中. 新型继电保护与故障测距原理与技术[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 1996. GE Yao-zhong. New Types of Protective Relaying and Fault Location Their Theory and Techniques[M]. Xi'an Jiaotong University Press, 1996.

[7] 李斌, 李永丽, 曾治安, 等. 基于电压谐波信号分析的单相自适应重合闸[J]. 电网技术, 2002, 26(10): 53-57. LI Bin, LI Yong-li, ZENG Zhi-an, et al. The Study on

Signal-pole Adaptive Reclosure Based on Voltage Harmonic Single Analysis[J]. Power System Technology, 2002, 26(10):53-57.

[8] BO Z Q, Aggarwal R K, Johns A T, et al. A New Concept in Transmission Line Reclosure Using High Frequency Fault Transients[J]. IEE Proceedings-C, 1997, 144(5):1-6.

收稿日期: 2009-04-24; 修回日期: 2009-06-07
作者简介:

邓华 (1973-), 男, 硕士, 工程师, 主要从事电力系统继电保护的调试运行管理工作。E-mail: cgydenghua@163.com