

基于 IEC61970 的电力系统二次设备 CIM 建模初探

毛鹏¹, 魏晋雁², 茹锋²

(1. 江西省电力公司超高压分公司, 江西 南昌 330077; 2. 长安大学信息工程学院, 陕西 西安 710064)

摘要: 在对目前电力一次系统 CIM 建模理解和应用现状分析的基础上, 对二次系统的 CIM 建模做了进一步研究和应用尝试。结合二次系统相对于一次系统的独有特点, 采用拓扑、设备、图形等层次描述, 构建了电网二次系统的 CIM 模型, 并就一具体的变压器保护做了实例化分析。最后, 结合实际提出了下一步二次系统 CIM 建模研究及信息一体化构建的重点和方向。

关键词: IEC61970; CIM 建模; 二次系统; 信息一体化; 电力系统

The primary exploration of CIM modeling for the secondary equipments in power system based on IEC61970

MAO Peng¹, WEI Jin-yan², RU Feng²

(1. Jiangxi Electric Power Research Institute Corporation Limited, Nanchang 330077, China;

2. School of Information Engineering, Chang'an University, Xi'an 710064, China)

Abstract: This paper gives a detailed research and application attempt for CIM modeling of the secondary system. Based on the analysis of the primary system CIM modeling, and combined with the particular characters of the secondary system, it establishes CIM model of the secondary network, and analyzes an example of a power transformer protection. Some important issue about further research is put forward as well.

Key words: IEC61970; CIM modeling; secondary networks; integration of information; power system

中图分类号: TM73 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2007)11-0065-04

0 引言

随着电力系统自动化、信息化、数字化、智能化进程的推进, 为了充分实现“信息共享、数据一点维护”, 从而有效消除服务于不同对象、构建于不同时期、分布于监控中心的“信息孤岛”的种种不足, 需要构建电力企业的信息一体化系统平台, 为监控、管理提供充分的知识信息。基于国际标准 IEC61970/61968/61850 对电力系统做统一建模, 采用规范接口是实现一体化目标的必然手段。目前, 国内电力能量管理系统的几个厂家也都积极地投入到基于新标准的新产品开发行列, 在电网公司、科研单位的研究和推动下推出了部分符合 IEC61970 标准的新一代产品, 且针对原有系统的互联互通, 基于 IEC61970 纷纷推出了以封装 EMS/SCADA 系统为主的企业集成总线或统一信息平台, 为进一步构建统一的电力系统信息平台打下了坚实的基础。

标准中的 CIM (Common Information Model, 公共信息模型) 模型是对电力系统的抽象描述^[1], 具有重要的作用, 它描述了电力系统的所有主要对

象。通过提供一种标准的方法, 即用对象类、属性以及它们之间的关系来表示电力系统资源。这样就便于实现不同厂家独立开发的各种系统的集成; 便于 EMS 系统和其它涉及电力系统运行的不同方面的系统集成。这些主要是通过定义 CIM/RDF (Resource Description Framework) 规范来实现的, 使得各个应用系统能够不依赖于信息内部如何表示就可以访问公共数据和交换信息。鉴于 SCADA/EMS 系统具有非常全面、准确、实时的电网信息, 国内依据国际标准对电力一次系统的 CIM 建模做了大量的理论和应用研究, 取得了重要的成果, 完成了基于 CIM/XML 的数据导入导出的试验验证^[2]; 美国分别于 2000 年 12 月、2001 年 5 月和 2001 年 9 月进行了三次互操作试验, 验证了 CIM 模型的正确性和可用性; 我国的 EMS-API 工作组也先后举行了五次扩大会议, 分别讨论了 IEC61970 的翻译工作、组件接口规范 CIS (Component Interface Specification) 的实现、使用 CIM/XML 交换电网模型的互操作试验, 确定了互操作的电网模型、试验步骤和时间表、以及各个开发单位在开发中遇到的问题等。国内在电网公司、

厂家和科研单位的推动组织下,于2002年1月始组织了第一次EMS-API互操作试验,主要针对一次系统CIM建模做测试。试验的成功再次证明了CIM的正确性,以及国内对CIM理解的正确性。目前,很多电力工作者正在致力于基于IEC61970的新一代调度自动化系统的研究和电力企业信息一体化的研究^[3]。中国电力科学研究院,清华大学,南瑞和积成电子公司等主要EMS开发单位正在抓紧研制记忆CIM的新一代调度自动化系统,很多电力企业已经完成了对电力一次系统的CIM建模;基于特定系统的CIM数据库也已经有所建立;并且在遵从CIS的基础上,实现了不同的计算机程序接口。CIM模型已被国内、外电力监控系统生产厂家所应用,同时国内几乎所有的省调和大型地调的招标设计规程中都有遵循IEC61970的要求。

通过在实际中的应用和各国的互操作实验,再次证明CIM建模正确性的同时,也进一步加深了对CIM模型的理解。而随着与电力二次系统相关的继电保护及故障信息系统、广域保护系统、WAMS等在监控中心的建设,对二次系统的CIM建模提出了现实需求,一方面这些系统需要从其他系统,如SCADA系统中获取信息以完善本系统的功能,要求一、二次系统的信息融合和关联;另一方面其他的系统同样需要这些系统的关于保护等二次设备的信息,要求给出统一的CIM建模描述和规范的接口。

因此,在一次系统CIM建模研究和应用的基础上,做电力二次系统的CIM研究和应用尝试,从而逐步形成整个电力系统的全方面、各层次的统一CIM模型描述是十分必要的。目前,国内、外对二次系统的CIM建模研究还比较初步,应用几乎空白,限于当时条件,IEC61970标准中关于二次系统的CIM建模也涉及得比较少。本文结合二次系统区别于一次系统的特点、以及国内二次系统的独有配置和要求,对电力二次系统做CIM建模描述,以期在正确理解国际标准的基础上,给出二次系统全面、合理、实用的逻辑描述,实现一次、二次系统建模的无缝连接和自动关联,并结合一个具体变电站给出了CIM建模实例。最后就建模过程中涉及到的几个难点,如与一次系统关联、二次设备分类描述等方面做了探讨。

1 电力系统CIM模型的理解及研究现状

1.1 CIM模型的特点

CIM对电力系统中主要的物理对象进行了抽象,包括描述具体对象的公用类、描述对象参数的

属性以及类之间的关系等基本元素,提供了一个关于电力系统信息的全面逻辑视图,以解决各应用系统互联时接口语义理解的一致性问题,是电力企业应用集成的基础。CIM本身是一个抽象的模型^[4],是元数据,对系统进行封装,使之符合CIM,只要做到接口交换信息在:描述对象的命名、数据的意义和类型、类之间的关系等方面与CIM一致即可,而不论其内部信息如何表示,即标准只注重系统的外部接口特征。但是,对于仅仅是接口语义符合CIM的系统,势必通过增加接口适配器来满足要求,这将在一定程度上影响通讯效率。

在对CIM的进一步理解的情况下,总结了CIM模型的一些重要特点^[5]:①、CIM的可扩展性。CIM类对象的本质抽象性,使其可以应用于任何一个需要集成,进而实现系统间互操作性和插入兼容性的领域。因此,我们可以根据二次系统的特殊需要对其进行扩展,通过增加新的类、属性或关联,以携带新的信息。②、CIM模型是层次化的。多个子类所关心的通用属性将从一个公共类继承下来。③、CIM模型是规格化的。尽管CIM中任何一个对象类的属性都可以通过普遍化、简单关联、聚集等类间关系合并进其它类中,但是,CIM中所包含的所有属性都是唯一的,只属于一个类,即每个属性在且仅在一个类中是固有属性。这就方便了CIM被各种不同的应用使用而不含有歧义。然而,有时为了适应新的需求,需要在规格化的基础上,对CIM进行一些非规格化的扩展,即针对每个不同的应用,很多时候都需要通过创建新的类或增加新的属性对模型进行优化。同时,这也是对CIM进行扩展的一个方面。在对电网二次系统设备建模时,就着重利用了CIM模型的这一特点。④、CIM模型是静态的。CIM只是一个全集型模型,并未针对任何特定的应用,没有一个单一的类可以描述一个特定应用系统所希望访问的完整对象。也就是说,CIM模型是由很多对应于电力系统各种设备的“小对象”组成,没有必要包含可以由应用系统直接操作的“大对象”,这些“小对象”根据不同的应用进行整合,便形成所需的“大对象”了。因此,CIM模型中实际的类中也没有关于操作或方法的定义,这是根据不同的应用而自行定义的。

CIM模型的建立实现了通过公共的接口在应用系统间交换类和属性的数据。CIM建模就是要尽可能地只提取设备对象的通用的特性,使得模型具有更强地通用性,可以满足更广泛的应用的需求,同时,也增强了模型的稳定性,不用变化模型就可以处理新的需求。

1.2 CIM 建模方法

CIM 用面向对象的建模技术来定义。具体地说, CIM 使用统一建模语言 UML (Unified Modeling Language) 来描述模型, UML 通过建立各种类和类之间的关联、以及类或对象如何相互配合而形成系统的动态行为等成分 (这些都称为模型元素) 来组建整个模型, 它提供了各种图形来把这些模型元素及其关系可视化, 使得模型更加清楚, 容易理解, 即将 CIM 定义成一组包, CIM 中的每一个包包包含一个或多个类图, 用图形方式表示该包中的所有类及它们之间的关系, 然后根据类的属性及与其它类的关系, 用文字形式定义各类。

用 UML 语言描述的 CIM 模型使用 Rational ROSE 建模工具来具体实现, 它可以将传统的实体-关系图映射为完全的面向对象的表达方式, 采用 Rational Rose Case 工具来维护。整个 CIM 文件在 ROSE 中以 mdl 格式存在, 在 Rational ROSE 下可视, 包括类表和对类、属性、类型、关系的描述。每一顶层包以 cat 文件分发, 允许从 CIM 包中建立新的模型, 即 CIM 采用 Rational Rose 工具来建模/表达, 以扩展标记语言 XML (Extensible Markup Language) 文档作为载体, 使用 RDF schema^[6] 规范, 这将作为标准的 CIM/XML 格式的文件用来与其它系统接口, 交换信息。

2 电力二次系统建模初探

2.1 二次系统的 CIM 建模特点分析

CIM 标准中针对二次系统设备的对象非常简单, 不够全面, 不足以体现二次设备间的关联, 很难彻底实现电力系统的信息一体化。因此, 为了更加适应电力系统发展的需求, 在进一步理解 CIM 的基础上, 必须对 CIM 模型进行扩展, 主要是对保护包的扩展, 根据实际变电站的各种保护, 进行归类、建模, 使得保护包更加清晰、完善, 促进电力系统的信息一体化建设。

在对二次系统设备进行建模时, 首先必须分析二次系统 CIM 建模的特点及原则: 一方面, 对二次设备的 CIM 建模只关心设备间的外围逻辑关联, 而并不涉及设备内部原理, 即只要把各种设备所需要或所控制的信号来源及信号控制的开关设备之间的关系描述清楚即可, 并不涉及设备动作原理的描述; 另一方面, 要充分考虑我国电力系统的实际特点, 由于一次系统网架比较薄弱等特点, 历史的发展中二次系统也形成了与国外不同的一些差异, 如主保护双重配置、振荡失稳时的控制策略、保护跳闸策

略等, 只有充分考虑这些差异, 建立的模型才能更全面、合理。

了解了二次系统建模的特点及原则后, 模型的建立可以具体地分三个步骤进行: 首先, 对已有 CIM 模型中涉及到二次设备的包进行详细的分析研究, 主要是对保护包的操作。在保护包中, 对所描述对象进行整体分析, 形成对象类, 并理清设备之间的拓扑关系, 称之为拓扑建模; 其次, 针对变电站实际存在的各种保护, 进行分类, 提取必要参数作为类对象的固有属性, 作为对类的详细描述, 称之为设备建模; 最后, 用 CIM 中的设备容器 (Equipment Container) 类把描述对象中的各种设备连接起来, 形成一个完整的对象模型, 称之为模型整合。这样的三步就完成了对设备的 CIM 建模。

一个好的模型必须是有效的, 因此, 对建好的模型进行有效性测试非常必要, 将其转化为公用的 CIM XML 文件后利用 XMLSPY 工具进行文件的有效性验证, 验证有效的文件将供系统之间进行信息传输。同时, 图形文件转化为可伸缩矢量图形 SVG (Scalable Vector Graphic) 公有格式, 接口符合 CIS 标准, 尽量实现一二次系统的无缝连接。另外, CIM 建模是面向对象的机制, 而现有的商业数据库大都是关系数据库, 不直接支持面向对象设计, 所以需要自行设计数据库。

2.2 二次系统 CIM 建模实例

采用以上所介绍的 CIM 建模方法及步骤, 主要对变压器保护进行 CIM 建模。首先, 通过总结归纳得到变压器一般涉及的保护有: 差动保护, 过电流保护, 零序电流保护, 过负荷保护, 过励磁保护, 以及瓦斯保护等, 在拓扑包中实例化这些保护, 得到变压器保护的拓扑模型如图 1 所示。

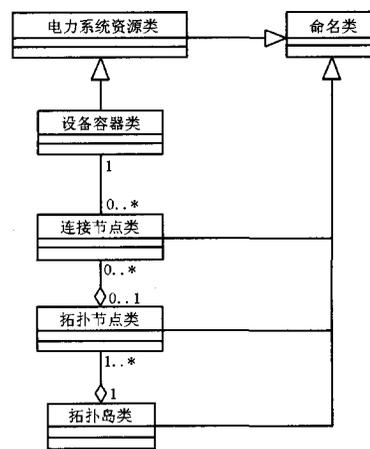


图 1 变压器保护拓扑模型

Fig.1 Topological model of transformer

拓扑模型描述了保护设备是如何通过闭合的开关连接在一起的逻辑定义。通过连接节点类，导电设备的端点零阻抗连接在一起；拓扑节点是指在当前网络状态下通过闭合的开关连接在一起的一组连接节点，能够随着开关、断路器等改变状态而变化，它有很多固有属性，包括判断节点是否带电、节点是否带负荷、节点的净注入有功和无功功率、节点的可观性、节点的相位角、节点的电压等，为属性赋值即可表达当前的网络连接状态；拓扑岛是抽象出来的网络电气连接的子集，它会随着隔离开关、断路器等改变状态而变化。

其次，在保护包中对保护进行具体化，分析各种保护的原理，对各个保护类进行详细建模，即添加必要的参数作为类的固有属性，使得保护更加具体。例如过电流保护主要的参数有整定范围、过流组件定值误差、后备段过流跳闸延迟时间等，分别将这些参数作为过流保护类的固有属性，并入类中，使类具体化。其它保护依次进行属性添加后就完成了保护的建模，这些属性可以显示，也可以不显示出来而隐藏在模型中，如图 2 所示。

最后，利用二次设备与一次设备的关联关系及设备容器类把各种保护和它们所保护的一次设备连接起来，形成完整的保护模型，所建模型如图 3 所示。变压器保护类下有六个继承类，它们继承变压器类中的属性，同时都有自己的固有属性，即必要的保护参数，共同实现对一次设备变压器的保护。需要指出的是，这里的变压器保护类本身也是抽象的，是变压器类的继承类，它可能是一个装置，也可能是几个同类装置的描述。导电设备类将一二次设备关联起来，指出了变压器保护中各种控制信号的来源以及信号所控制的需动作的断路器。同时，一个变压器保护可以对应零个或多个开关，而一个开关也可以对应零个或多个抽象设备保护，这是根据不同的现场需求决定的。作为对一次设备描述的变压器类，继承了电力系统资源的属性，它们共同继承了核心包中的命名类的属性，这样便形成了一个完整的一二次系统关联的简单模型。

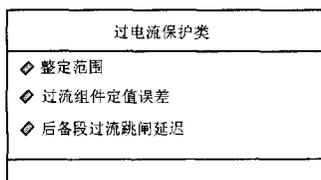


图 2 过电流保护固有属性

Fig.2 Inherent attribute of overcurrent protection

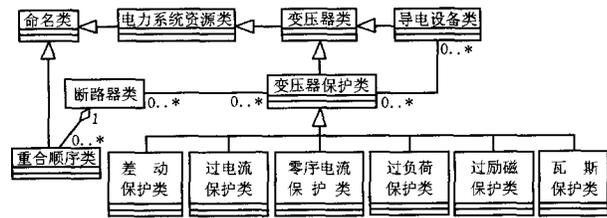


图 3 变压器保护 CIM 模型

Fig.3 CIM model of transformer protection

2.3 尚需解决的问题

目前，尽管初步探索了对二次系统设备的 CIM 建模，仍然存在一些问题尚需解决，具体归纳如下：

(1) 建模中对保护的分类标准还存在疑问，怎样进行分类才能使得所建模型简单、清晰是个值得进一步讨论的问题。目前是按照保护对象进行分类，这样对于建立一个全集性的模型时势必存在类型繁多，模型难以建立完整的问题。

(2) 在对二次系统设备建模之后，势必关系到与一次系统设备的关联问题。目前，CIM/XML 文件所遵循的 RDF Schema 规范中对设备的命名并不唯一，即 RDF ID 在系统进行误删再添加的操作之后会被刷新，而一次系统按照原来的 ID 寻找与之对应的二次设备是将会出现匹配错误，这势必要增加人为的维护工作量。如何实现命名的唯一性将成为必需解决的问题之一。

(3) 国际电工委员会先后几次制定了多个电力系统标准：IEC61850、IEC61968 以及 IEC61970，它们分别从不同的方面描述了电力系统设备，采用不同的建模方法建立了电力系统模型，很多时候描述的是同一个设备对象，只是描述方式不同而已，那么，在这种多标准框架下，如何实现模型的统一，做到系统间的无缝连接也将成为必需解决的问题之一。

3 结语

随着电力系统信息一体化的不断完善和发展，对 CIM 的研究以及应用 CIM 模型对系统进行的信息整合，为电力企业生产信息的开发利用提供了极大的便利。然而仅仅限于一次系统的 CIM 建模是远远不够的，必须对相应的二次系统进行建模研究，才能适应我国目前电力企业的迅速发展。缺少二次设备的 CIM 模型，大大影响了电力企业进行信息一体化的建设，也给第三方应用系统的开发带来不便，所以进行二次设备的 CIM 建模迫在眉睫，需要在更

(下转第 78 页 continued on page 78)

对比发现在第一种情况下,距离框架约 1 m 和更远的距离处磁场强度和原框架下相比基本重合,但在距离短路框 0.5 m 位置处磁场强度比原框架下增大了 25%。在第二种情况下线磁场强度基本没有发生任何变化,在第三种情况中只是在 x: 1 m 到 2 m 的位置上电磁场有变化,其他位置也基本没有改变。由此可见金属短路框对于电磁场的影响仅仅在短路框邻近的位置,而且主要在短路框的前后侧,其他位置的电磁场基本不发生改变。

4 结论

1) 本文导出了变电所内雷击建筑物框架时电流暂态分布和暂态电磁场计算的仿真计算原理,并且根据实验对计算结果进行了验证。

2) 应用到变电站内部存在其他金属框架情况下的电流暂态分布和暂态磁场分布的计算,分析建筑物内部存在金属短路框情况下的电流和电磁场分布影响。

参考文献

- [1] Grover F W. Inductance Calculation[M]. New York: Dover Publication, 1988.
- [2] 冯雷, 周佩白. 高层建筑物受雷击的数值模型[J]. 高压电器, 2000, (6): 3-7.

(上接第 68 页 continued from page 68)

进一步理解 CIM 的基础上, 对其进行扩展, 建立一二次系统完备的电网模型, 为我国的电力企业发展打下坚实的基础。

参考文献

- [1] 张慎明, 刘国定. IEC61970 标准系列简介[J]. 电力系统自动化, 2002, 26 (14): 1-6.
ZHANG Shen-ming, LIU Guo-ding. Introduction of Standard IEC 61970 [J]. Automation of Electric Power Systems, 2002, 26 (14): 1-6.
- [2] 潘毅, 周京阳, 吴杏平, 等. 基于电力系统公共信息模型的互操作试验[J]. 电网技术, 2003, 27(10): 31-35.
PAN Yi, ZHOU Jing-yang, WU Xing-ping, et al. Interoperability Test Based on Common Information Model [J]. Power System Technology, 2003, 27 (10): 31-35.
- [3] 孙宏斌, 吴文传, 张伯明, 等. IEC61970 标准的扩展在调度控制中心集成化中的应用[J]. 电网技术, 2005, 29 (16): 21-25.
SUN Hong-bin, WU Wen-chuan, ZHANG Bo-ming,

FENG Lei, ZHOU Pei-bai. The Number Model of Key Figure Building Which is Subjected to a Thunder[J]. High Voltage Electric, 2000, (6): 3-7.

- [3] ZHOU Qi-bin, Du Y. Using EMTP for Evaluation of Surge Current Distribution in Metallic Gridlike Structures[J]. IEEE Trans on Industry Applications, 2005, 41 (4): 1113-1117.
- [4] 张小青, 陈水明. 直接雷击时高层建筑物内暂态磁场的计算[J]. 电机工程学报, 2001, 21 (1): 40-43.
ZHANG Xiao-qing, CHEN Shui-ming. The Calculation of Temporary Magnetic Field Inside the Key Figure Building when it is Being Subjected to a Thunder Directly[J]. Proceedings of the CSEE, 2001, 21(1): 40-43.
- [5] 卡兰塔罗夫, 采伊特林. 电感计算手册. 北京, 机械工业出版社, 1992.
Karahtaroph П.Л. Калантаров. Триетерлин Л.А. Цейтлин. The Inductor Calculation Manual[M]. Beijing: China Machine Press, 1992.

收稿日期: 2007-04-25

作者简介:

李刚 (1971-), 男, 硕士, 工程师, 从事电力系统分析和电力自动化方面的研究工作。E-mail: Ligang@zjut.edu.cn

et al. Application of Extension of IEC61970 Standard in Control Center Integration [J]. Power System Technology, 2005, 29 (16): 21-25.

- [4] Draft IEC 61970: Energy Management System Application Program Interface(EMS-API)—Part 1: Guidelines and General Requirements[S].
- [5] Draft IEC 61970: Energy Management System Application Program Interface(EMS-API)—Part 301: Common Information Mode (CIM) Base[S].
- [6] Draft IEC 61970: Energy Management System Application Program Interface(EMS-API)—Part 501: CIM RDF Schema[S].

收稿日期: 2006-07-15

修回日期: 2006-09-18

作者简介:

毛鹏 (1973-), 男, 博士后, 从事电力系统继电保护、变电站综合自动化领域的研究工作; E-mail: maopeng7073@vip.sina.com

魏晋雁 (1981-), 女, 硕士, 从事电力故障诊断。