

基于 CIM 的电力系统图形平台研究

于 丰, 薛 明

(丰县供电公司, 江苏 丰县 221700)

摘 要: CIM 是采用 UML 建立的一个旨在实现电力系统信息共享的面向对象的公共模型。根据 CIM 的这一特点, 结合面向对象的技术, 在 Visual C++ 6.0 的开发环境下开发了一个基于 CIM 的面向对象电力系统图形平台, 使图形系统能够利用 CIM 中信息通用的优点, 并根据 CIM 模型中拓扑包中的类与线路包中的类相关联的特点, 通过给拓扑包中的连接点类添加相应的几何属性, 实现在电力系统电气主接线绘制完成后连接关系的自动建立。

关键词: CIM 模型; 面向对象; 连接关系

中图分类号: TM743

文献标志码: B

文章编号: 1009-0665(2010)06-0039-03

由于电力系统的复杂和庞大的特点, 电力系统呈现出分区和分层的特点。随着电力系统的发展和电力体制改革的深化, 为保证电网安全、优质和经济运行以及电力市场的有序运行, 电力调度中心可能同时运行有多个应用系统, 例如能量管理系统(EMS)、电能计量系统、调度生产管理系统、配电管理系统(DMS)和电力市场技术支持系统等; 每个系统中可能同时包括了多个应用, 例如 EMS 包括数据采集与监控系统(SCADA), 自动发电控制(AGC), 网络分析和调度员仿真培训模拟(DTS)等应用。这些系统或应用存在如下需求: 需要交换数据, 共享信息, 包括实时信息和非实时信息两种; 来源于不同的开发商, 需要异构和互操作; 需要不断扩展新应用或系统, 并降低接口的难度和成本。为此, IEC 第 57 技术委员会的 13 工作组推出了主站侧各应用系统接口的系列标准 IEC 61970, 以满足上述需求, 其主要部分以 CIM 描述电网的公用信息、以 CIS 访问电网的公用信息, 其理想目标是实现“即插即用”, 当前目标是解决互联和异构问题^[1-5]。

电力系统运行部门需要分析处理的信息数量大、类型广, 有效便捷地管理这些数据对电力系统实时监控、分析计算、模拟仿真、信息管理工作有着重要的意义。计算机图形技术在电力系统中的应用很好地解决了这个问题, 在软件中运用图形表达信息并引导各种操作的方法代替传统的文本、表格式数据管理方式, 使系统工作人员在形象、直观的图形化界面上工作而无需直接面对大量单调繁琐的数据, 从而大大降低了数据处理工作的繁杂性与出错率, 为系统安全稳定的运行起到了重要的作用。随着计算机技术的发展, 应用图形技术来处理电力系统的计算、分析等任务方面起着越来越重要的作用^[6]。

通过研究 IEC 61970 CIM 标准的特点, 本文用面向对象语言实现了一个遵循 CIM 标准的图形系统。

1 CIM 模型具有的面向对象特点

1.1 面向对象语言的特点

面向对象方法是基于客观世界的对象模型化的软件开发方法。所谓对象是一个属性集(数据)及其操作(行为)的封装体。封装性、继承性和多态性是面向对象的 3 个基本特征^[7]。根据面向对象的继承、封装和多态性的特点, 把电力元件类中具有相同操作的方法在它们的基类中定义一个虚函数, 而方法的实现在具体的电力元件类中实现, 用基类的指针通过多态性的优点来调用不同类电力元件的动作。

类与对象所建模的正是电力系统中需要以一种对各种 EMS 应用通用的方法来描绘的东西。一个类是对现实世界中发现的一种对象的表示, 例如在 EMS 中需要表示为整个电力系统模型的一部分的变压器、发电机或负荷。其他类型的对象包括诸如 EMS 应用需要处理、分析与储存的计划与量测。这些对象需要以一种通用的表示, 以达到 EMS-API 标准的插入兼容和互操作的目的。在电力系统中具有惟一身份的一个具体对象则被建模成它所属类的一个实例。

1.2 CIM 模型的特点

UML 是用于面向对象建模的一种通用语言。CIM 是一个用 UML 语言建立的抽象模型, 它表示了 EMS 信息模型中包含的电力企业的所有主要对象。这个模型包含这些对象的公共类和属性, 以及它们之间的关系, 规定了一个基本包集, 这些包提供了电力企业内各应用之间共享的 EMS 信息的物理方面的逻辑视图。

CIM 是一个抽象模型, 它表示通常包含在 EMS 信息模型中的电力企业的所有主要对象。通过提供

一种用对象类和属性及他们之间的关系来表示电力系统资源的标准方法,CIM 方便实现不同卖方独立开发的 EMS 应用的集成、多个独立开发的完整 EMS 的集成,或 EMS 和其他涉及电力系统运行的不同方面的系统,例如发电或配电管理系统之间的集成。这是通过定义标准应用程序接口,这些应用或系统能够不依赖于信息的内部表示而访问公共数据和交换信息来实现的。

每一个 CIM 包的类图展示了该包中所有的类及它们的关系。在与其他包中的类存在关系时,这些类也展示出来,且标以表明其所属的包的符号。

还应该注意到,定义 CIM 是为了方便数据交换。正如标准中定义的那样,CIM 实体除了缺省的生成、删除、更新和读出外,没有其他行为。为了使 CIM 尽可能地通用,非常希望对具体实现易于配置。一般来说,改变属性的值域比改变类定义更为容易。这些原则暗示 CIM 应当避免定义类的太多的具体子类型。相反,CIM 定义一些通用的类,由属性来给定类型名。应用可以根据需要使用这一信息去实例化具体的对象类型。应用可能需要其他信息去定义有效类型与关系的集合。

类的属性可以表示对象的特征。CIM 中的每一个类包含描述和识别该类的具体实例的属性。只有各 EMS 应用共同感兴趣的那些属性包括在类的描述中。

每一个属性都具有一个类型,它识别该属性是哪一种类型的属性。典型的属性类型有整型、浮点型、布尔型、字符串型及枚举型,它们被称为原始类型。然而,许多其他类型也被定义为 CIM 规范的一部分。例如,Capacitor Bank (电容器组)有一个具有 Voltage (电压)类型的 Maximum 属性。数据类型的定义包含在 Domain 类中。

类之间的关系揭示了它们相互之间是怎样构造的。CIM 模型的包集中的类以种种方式相互关联。各种类之间的关联主要有 3 种:普遍化,简单关联和聚集。

其中 CIM 模型中核心包、拓扑包和线包的相关类和继承层次框图如图 1 所示^[1]。

其中,表示电力元件的类是线路包中的变压器、开关类元件、线路和负荷以及拓扑包中的母线模型。

1.3 CIM 模型的面向对象设计

由于 CIM 模型中的各个类的继承关系与面向对象设计方法中的类的继承关系完全一致,因此可以用面向对象的方法来在 CIM 的基础上进行电力系统图形系统的建模。在 CIM 的基础上,通过扩充

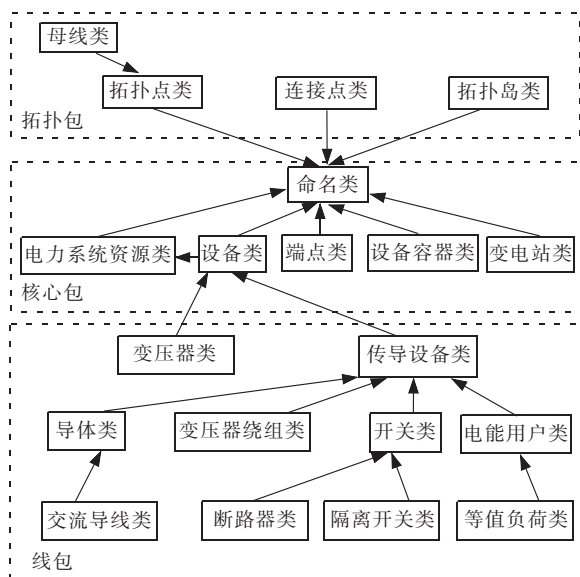


图 1 CIM 模型中核心包、拓扑包和线包

数据和添加动作行为来设计一个面向对象的电力系统图形系统能够充分发挥 CIM 通用性的优点。需要完成的工作,是把在绘图中要实现的电力元件的各种动作添加到 CIM 中相应的类中,在相应的类中定义实现绘制电力图形元件所需要的几何参数。

电力系统图形类是对电力系统中具体电力元件如变压器,线路,母线,断路器等抽象和概括,包括属性和方法。电力图形元件的属性包括图形属性和电器属性两种;方法包括图形元件的绘制,移动,缩放,旋转,以及图形属性和电气属性的确定和改正。

由图 1 可以看出,核心包中的设备类是除了母线外的多数电力元件的公共基类,电力图形元件类中的公共属性和方法应该在该类中定义。各个元件的几何公共属性包括显示状态的属性,是否选择的属性,图形范围属性,图形元件的连接状态,图元的惟一标示;公共方法包括图形绘制,位置移动,显示状态改变,旋转,缩放。类中的电气属性按照 CIM 模型中定义的规定,这样就实现了在 CIM 模型的基础上图形系统类的框架的建立。

2 图形系统的实现

电力系统图形系统的目的就是要实现对数据管理的图形化,增强人机交互的功能,能够实现对电气主接线进行快速方便的修改,设计和计算^[6]。图形系统的界面上人机交互主要靠鼠标和键盘,在界面上设计了一个绘制图形元件的工具箱,可以选择不同的元件,设计了一个对图形元件进行动作操作的工具栏。

图形系统首先要对各种电力元件进行管理,采用 Visual C++ 6.0 中的数据模板类 CPtrArray 可以方便的对各种元件进行动态的添加和删除。定义一

个图形元件类型和一个元件的指针,可以在对图元进行操作的时候快速定位^[8]。

定义一个可以缩放大小的单元格,每一个元件的长宽都是整数单元格,每个元件的端口都定位在单元格的交点上,这就使图元之间的连接关系能正确的确定,也方便使用。通过调整单元格的大小,可以对整个图形进行缩放。

对电力元件参数的录入采用对话框的方式,本图形系统设计了一系列元件参数对话框,并编写了相应的代码。用户能够在网络接线图上方便迅速地进行数据处理。

只要双击接线图上某种类型的元件,应用程序便会弹出同该类元件相对应的元件参数对话框,用户通过填写对话框各项参数,即可完成对某一图元的建模,或对已建模图的参数修改。这种图形化的参数录入方式既直观又明了,提高了操作的可靠性,并且设置了简单的逻辑判断和计算,减少了录入参数过程中出现错误的概率。

对电压等级的表示方法,在绘制元件时采用不同的线条颜色来表示元件的电压,可以快速准确的对元件的电压状态进行判断。

3 连接关系的自动建立

电力系统中各种元件之间的连接关系是进行电力系统拓扑分析的基础。CIM 中拓扑包中定义的连接点类 Connectivity Node 是一个抽象概念,是电力元件端子连接在一起时的一个概念的抽象,只是为了方便的表示元件之间的互相连接关系。本文中通过给这个连接点类添加一个适当的几何范围,可以在电气主接线图画完后自动生成元件和连接点之间的连接关系。连接点定义的几何范围是根据单元格的初始大小定义的,定义为单元格大小的三分之一,这样连接点的几何范围不会重复,并且因为每个电力图形元件的端子都在单元格上,确保了 CIM 模型中一个元件的端子只连接在一个连接点上。

电力系统中的电力元件按端子数可分为单端子元件和多端子元件。对于具有一个端子元件如电源,负荷等,定义一个状态变量表示元件的连接情况;对于多端子元件,对每一个端子都定义一个表示端子连接与否的状态变量,如果该端子连接于一个连接点上,则该端子的连接状态为真,否则为假;对元件本身定义一个表示整体连接的状态变量,如果元件所有的端子的连接状态都为真,则元件的连接状态为真,否则为假。采用栈数据结构和改进的深度优先的搜索算法来生成连接关系,每次都从栈顶元素开始搜索没有完成连接关系的元件,算法的实

现步骤如下:(1)从电源元件集合中搜索没有连接的电源元件,根据电源的端子生成第一个连接点实例,并且让该连接点进栈;(2)搜索所有端子连接于第一个连接点实例的元件,对这些元件进行编号,并加入到连接点的连接集合中;(3)查看栈中连接点,如果栈已经空,转(5);否则,根据栈顶的连接点中连接的元件的没有连接的端子来生成下一个连接点实例,把它加入到栈顶,并且搜索端子连接于该连接点实例的所有元件;(4)对栈中的所有连接点进行连接检查,如果连接在该连接点的所有元件都完成连接,则该连接点出栈;检查完后转(3);(5)在所有的元件中查找还没有连接的元件,如果找到元件,则根据该元件的端子生成新的连接点,搜索端子连接于该点的所有元件,并入栈,转(3);如果所有的元件都已经连接,则连接关系就建立完成,转(6);(6)退出。

4 结束语

通过对 CIM 模型的分析研究,在 CIM 的基础上建立了面向对象的电力系统图形平台。由于完全采用了 CIM 模型作为图形系统建模的框架,使用面向对象的技术进行编程,所以对系统的扩展十分方便;对 CIM 中拓扑包中定义的连接点类 Connectivity Node 的扩充使得不需要额外的操作,就能确立电力图形元件之间连接关系,对提高分析和计算的准确度有很大的帮助。

参考文献:

- [1] IEC 第 57 技术委员会.量管理系统应用程序接口(EMS-API).第 302 部分:公共信息模型(CIM)基础[M].北京:中国电力出版社,2005.
- [2] 张慎明,黄海峰.基于 IEC61970 标准的电网调度自动化系统体系结构[J].电力系统自动化,2002,5(25):45-47.
- [3] 钱 锋,唐国庆,顾 全.基于 CIM 标准和 SVG 的分散式图模合并[J].电力系统自动化,2007,31(5):84-89.
- [4] 徐爱春,魏艳华,章坚民.基于 CIM/SVG 图模一体编辑器系统的设计及实现[J].继电器,2006,36(23):49-53.
- [5] 郭创新,金成生.基于 CIM 的广域测量系统的信息模型[J].电力系统自动化学报,2007,19(1):34-38.
- [6] 胡 旦,王星华,段献忠.电力系统高级软件中的图形功能应用分析[J].继电器,2005,33(14):65-70.
- [7] 吴炜熠.面向对象分析设计与编程[M].北京:清华大学出版社,2007.
- [8] 曾祥辉,宋 玮,邓 健,等.面向对象的电力图形系统的分析和设计[J].继电器,2006,32(5):36-39.

作者简介:

于 丰(1975-),男,江苏丰县人,工程师,从事变电技术、继电保护管理,科技自动化管理工作;

薛 明(1963-),男,江苏丰县人,工程师,从事生产技术管理工作。

(下转第 44 页)

种情况的一种或几种而导致三相电压不平衡:(1) 121 富华线存在单相接地故障;(2)母线接地信号出错;(3)121 富华线开关存在异常。同时排除存在母线异相接地的可能(如异相接地,电流 I 段保护将动作)。为作进一步判断,通知配电到星港街南环网室,将 183 富华线环出开关由运行改为冷备用,将 121 富华线架空线切除。架空线切除后,葑门变接地消失, $U_a=6.0\text{ kV}$, $U_b=6.0\text{ kV}$, $U_c=6.0\text{ kV}$,确定 121 富华线存在接地故障并将其隔离,同时排除母线接地信号出错的可能。即找到 121 富华线拉开后三相电压不平衡的原因。令葑门变 121 富华线开头拉合一次,拉开后 $U_a=9.7\text{ kV}$, $U_b=0.7\text{ kV}$, $U_c=10\text{ kV}$,合上后 $U_a=6.0\text{ kV}$, $U_b=6.0\text{ kV}$, $U_c=6.0\text{ kV}$,初步推测为开关在分闸后存在问题,拉开后 B 相可能未完全拉开。为了确定判断,通知配电将百安居开闭所 184 富华线进线开关由运行改为冷备用,所有用户切除,检查 184 富华线进线开关线路侧,发现 B 相带电(带电显示器显示),同时葑门变 10 kV II 段母线电压恢复正常 $U_a=6.0\text{ kV}$, $U_b=6.0\text{ kV}$, $U_c=6.0\text{ kV}$,判定为 121 富华线开关 B 相未拉开,之前 B 相接地信号应确定为由用户变低压侧返送至葑门变 10 kV II 段母线引起。经过检查,确定 121 富华线 B 相开关故障,配电巡线发现 121 富华线线路 A 相接地故障,验证了之前判断的正确。事故处理期间,121 富华线速切保护动作重合未成功,经检查为 121 富华线一段电缆由于承受三相不平衡电压,导致绝缘击

穿发展为相间短路,属于接地故障的衍生。

4 结束语

由以上分析可以看出,引起配网三相电压不平衡的原因很多,彼此之间又有很多相似之处。调度员对此首先要综合各种信号、汇报,准确区别各种原因产生的三相电压不平衡现象上的差异,做到分析、判断准确。其次,要了解各种三相电压不平衡现象机理和产生过程,针对不同的事故情况采用合理的解决办法。最后,处理三相电压不平衡情况时一定要沉着、冷静、思路清晰,对处理步骤做到心中有数。这样才能正确、及时的处理好事故,使电压在最短的时间内恢复正常,保证电网的安全稳定运行,提高供电可靠性。

参考文献:

- [1] 国家电网公司.城市电力网规划设计导则[M].北京:中国电力出版社,2007.
- [2] 雷娜,周渝慧,王蓉蓉.贝叶斯网络的复杂配电网可靠性评估[J].电力系统及其自动化学报,2009,21(1):108-112.
- [3] 华东电业管理局.变电运行技术问答[M].北京:中国电力出版社,1999.
- [4] 王立.城市配电网中性点接地方式的选择[J].华北电力技术,2002,(12):17-20.

作者简介:

储卓皓(1985-),男,江苏苏州人,助理工程师,从事电力系统配网调度工作。

The Solution of Unbalanced Three-phase Voltage in Power Distribution

CHU Zhuo-hao

(Suzhou Power Supply Company, Suzhou 215021, China)

Abstract: In power distribution unbalanced three-phase voltage is a reflection of abnormality and failure of power system. There are various of causes, mechanism and phenomena. The reasons of various phenomenon of unbalanced three-phase voltage are analyzed and the solutions are summarized in this paper. Technicians should be able to efficiently and accurately solve the unbalanced three-phase voltage based on this paper.

Key word: power distribution system; three-phase voltage unbalance; Petersen coil; supply reliability

(上接第 41 页)

Research on Power System Graphic Platform Based on CIM

YU Feng, XUE Ming

(Fengxian Power Supply Company, Fengxian 221700, China)

Abstract: CIM (Common Information Model) is an object-oriented public model established by UML (Unified Modeling Language) in order to realize the power system information sharing. According to the characteristic of the CIM and the object-oriented technology, a power system graphic platform based on CIM is developed in the Visual C++ 6.0 environment. The graphic system can use the universal information, one advantage of CIM, and the associated characteristic between the classes in the topological package and line package in CIM, through adding geometric properties to the corresponding class in topological package, the connective relation can be set up automatically after the finished main electrical power system writing drawing.

Key words: common information model(CIM); object-oriented; connective relation