

配电系统元件的公共信息模型扩展

顾 强¹,王守相²,李晓辉¹,王成山²,王汝英³,赵光俊³,韩双立³

(1. 天津市电力科学研究院,天津 300022;

2. 天津大学 电力系统仿真控制教育部重点实验室,天津 300072;

3. 天津市普迅电力信息技术有限公司,天津 300384)

摘要: 为支持配电管理系统(DMS)的标准化和集成的需要,对配电系统元件的公共信息模型(CIM)扩展进行了研究。鉴于配电系统三相不对称并有自己特有的设备等特性,在继承 CIM 中原有开关类模型的基础上,添加相应的属性和作用,建立起了重合器和分段器 CIM 模型后,又建立了开闭所和环网柜的聚合类模型;给出了其模型图及固有的属性和作用表。针对分布式发电技术发展的需求,建立了分布式电源的 CIM 模型,作为示例给出了燃料电池 CIM 模型及利用 Ration Rose 生成 Fuelcell 类的 C++ 代码。

关键词: 公共信息模型; 配电系统; 分布式电源

中图分类号: TM72

文献标识码: A

文章编号: 1006-6047(2007)10-0091-05

0 引言

电力工业的规模大,复杂程度高,需要多种计算机系统协助完成许多工程和商业功能。由于各系统具有私有的数据模型和存储结构,将这些系统集成在一起比较困难。为此,提出了一些解决的方案^[1-2],其中,美国电科院提出了称为 CCAPI 的集成框架,公共信息模型(CIM)是其中的重要组成部分。国际电工技术委员会 IEC 发布了描述能量管理系统(EMS)的应用程序接口的 IEC 61970 标准^[3],其中的 CIM 描述了 EMS 信息模型中的主要对象,包括对象的属性

和对象的关系。基于 CIM,人们做了大量卓有成效的工作^[4-11],促使其不断得到完善。

随着配电网的日益强大和信息化的不断深入, GIS、MIS、SCADA、负荷控制、营销等各种主要的生产信息系统均已经或者正在逐步投入运行。但这些拥有大量数据的系统相对独立、数据共享程度很低,且数据存储分散,格式不规范。为了解决这些突出问题,很有必要进行如下工作:深入研究、充分挖掘现有信息系统的潜力;界定各系统所能提供的有效数据范围,提出标准数据接口;进而搭建一个既可以适应配电网需要存储海量数据要求、又可以保证配电运行数据一致性的统一数据平台。实际配电系统由于设备种类多,数据量大,作为配电管理系统(DMS)组成部分的用户信息系统、地理信息系统、停电管理系统等多种系统并存,且常常由不同的公司开

收稿日期:2006-12-26;修回日期:2007-04-28

基金项目:国家自然科学基金资助项目(50477035);教育部科学技术研究重大项目(306004)

发完成,系统之间缺乏公共的接口规范,系统集成非常困难。为了支持配电管理系统的集成,CIM 需要扩展到配电网。

由于配电网拥有许多特性,如三相不对称、需考虑特殊设备等,因此,配电网 CIM 要在继承原有高压输电数据模型的基础上,新增一些类的描述。目前已经有了一些相关的研究成果^[12-14]:增加了馈线和调压设施的描述;增加线路的相位、间隔、类型等描述;增加各相负荷的描述。

这里在已有的研究成果基础上,对配电系统中的重合器、分段器、开闭所、环网柜及分布式电源建立了 CIM 模型,扩展了 CIM 在配电系统中的应用。

1 配电系统元件的 CIM 扩展

配电系统中大多数元件的数据模型可直接从 CIM 模型中继承使用,但仍存在一些配电设备或实施不能直接从单一 CIM 模型继承,需重新进行建模。例如,IEC TC57 WG14 工作组正在制定的 IEC61968 标准针对配电的开关设备:跳线(Jumper)、熔断器(Fuse)、断路器(Breaker)、隔离开关(Disconnecter)、负荷开关(LoadBreakSwitch)、对地隔离开关(Ground-Disconnecter)等已有了模型的定义和描述,见图 1。

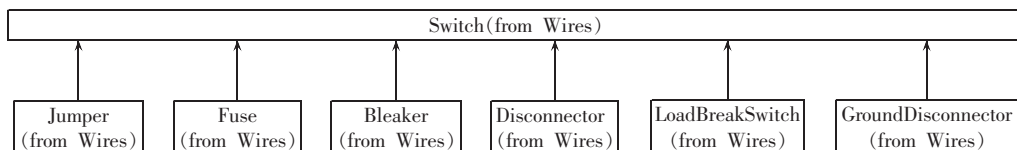


图 1 配电开关设备的模型定义

Fig.1 Model definition of switching devices in distribution system

经过分析,重合器可以作为类 Breaker 的子类建模。该模型需考虑:能描述预定的开断次数、能描述重合的顺序、能描述故障额定跳闸值、能描述从断开到闭合的过渡时间、能进行闭锁操作、能判断是否重合成功。重合器的模型见图 2。

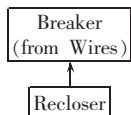


图 2 重合器的 CIM 模型

Fig.2 CIM model of Recloser

作为 Breaker 的子类,它继承了 Breaker 的一切属性和作用,并在其中加入新的属性 RecloseTimes、Closedown、RecloseOrder、Isrecolse 等属性和操作,如表 1、2 所示。

自 Breaker 继承的属性和自 Breaker、ConductingEquipment、PowerSystemResource 等继承的作用从略。

表 1 Recloser 的固有属性

Tab.1 Inherent attributes of Recloser

名称	类型	说明
ampRating	(CurrentFlow)	故障跳闸额定值(A)
inTransientTime	(Seconds)	从断开到闭合的过渡时间,按秒计算
RecloseTimes	(int)	预定的开断次数
Closedown	(-)	闭锁操作
RecloseOrder	(-)	重合的顺序
IsReclose	(Boolean)	重合是否成功

但 IEC61968 标准中已有的开关设备模型不能描述配电系统中特有的由几种元件组成的具有聚集特性的开关设备或设施,如重合器、分段器、开闭所、环网柜等的模型。另外,IEC61968 标准中也没有考虑分布式电源的模型定义和描述。为此,为配电网中的重合器、分段器建立了 CIM 模型后,又为配电系统中的开闭所、环网柜进行 CIM 建模,对配电系统中的各种分布式电源建立了 CIM 模型。下面使用 Rational Rose 建模工具对配电设备建模,该软件的具体使用方法请参见文献[15]。

1.1 重合器和分段器的 CIM 模型

1.1.1 重合器(Recloser)

重合器是一种自身具备控制及保护功能的开关设备,它能按预定的开断和重合顺序自动开断和重合操作,并在其后自动复位或闭锁。当事故发生后,如果重合器经历了超过其定值的故障电流,则重合器跳闸,并按预先整定的动作顺序作若干次合、分的循环操作,若重合成功则自动终止后续动作,并经历一段延时后恢复到预先整定的状态,为下一次故障作好准备;若重合失败则闭锁所在的分闸状态,只有通过手动才能解除闭锁。

表 2 Recloser 的固有作用

Tab.2 Inherent roles of Recloser

名称	类型	说明
OperatedBy ProtectionEquipments	Protection Equipment	重合器可能 由保护继电器动作

1.1.2 分段器(Sectionalizer)

分段器是在馈线无电压或无电流下自动分闸的开关设备。因此,分段器可作为类 LoadBreakSwitch 的子类来建立模型,如图 3 所示为分段器的模型。

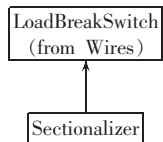


图 3 分段器的 CIM 模型

Fig.3 CIM model of
Sectionalizer

因为分段器需要测量馈线的电压或电流,所以应该在类 Feeder 与类 Sectionalizer 之间建立作用。

分段器的属性与作用具体请参见重合器的属性和作用(表 1、2),去掉其中重合器特有的属性和作用就是分段器的属性和作用。

1.2 开闭所和环网柜的 CIM 模型

1.2.1 开闭所(Switching Station)

开闭所又称开关站,是为了便于分配同一电压等级的电力而在线路中间设置的配电设施。开闭所是由断路器、负荷开关、电流互感器、电压互感器、母线、相应的控制保护和自动装置及辅助设施组成。

因此,它与馈线类似,开闭所也是由许多电力元件组成的复合对象,同样可将它作为 EquipmentContainer 的一个子类,从而继承了 Equipmentcontainer 与 Equipment 之间的聚集关系。

借鉴 CIM 中的变电站(Substation)模型,可以类似地为开闭所建立 CIM 模型,如图 4 所示。

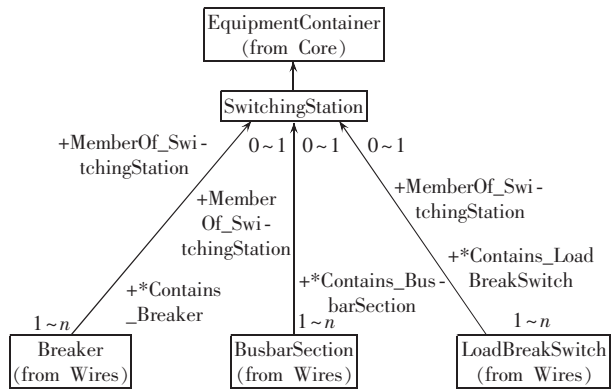


图 4 开闭所的 CIM 模型

Fig.4 CIM model of Switching Station

开闭所 10 kV 母线一般有单母线、单母线分段和双母线等接线方式,为了在类 SwitchingStation 体现开闭所母线的接线方式,在固有属性中加入 BusbarConnectionType 来描述母线接线方式。开闭所是一组设备的集合,其作用是将电能输送到电能用户,增加母线供电线路的条数。因此,应该在固有属性中增加能描述出线数量的属性 OutletNumber。表 3 和表 4 中说明了类 SwitchingStation 的固有属性和作用。

表 3 SwitchingStation 的固有属性

Tab.3 Inherent attributes of SwitchingStation

名称	类型	说明
BusbarConnectionType	(BusbarConfiguration)	母线接线方式
OutletNumber	(int)	出线数

表 4 SwitchingStation 固有作用

Tab.4 Inherent roles of SwitchingStation

(0~n)	LoadArea	(0~1)	LoadArea
(1)	Contains_VoltageLevels	(0~n)	VoltageLevel
(1)	Contains_Breakers	(0~n)	Breaker
(1)	Contains_Loadswitches	(0~n)	LoadBreakSwitch
(1)	Contains_Busbars	(0~n)	BusbarSection

自 EquipmentContainer 和 PowerSystemResource 继承的属性和作用从略。

通过上面的步骤,基于 CIM 的开闭所的基本描述模型就建成了。

可利用 Rational Rose 生成开闭所类的 C++代码如下:

```
class SwitchingStation:public EquipmentContainer
{
public:
    Breaker *Contains_Breaker;
    BusbarSection *Contains_BusbarSection;
```

.....
};

1.2.2 环网柜(Ring Main Unit)

环网柜是能够实现环网供电的一种开关柜。它的基本组件有母线、负荷开关、限流熔断器以及测量装置等。

对环网柜建模需要考虑负荷开关与熔断器之间的配合问题:负荷开关是用于分合额定负荷电流的装置,但不能开断短路电流,而熔断器为保护电器,可开断短路。因此,需要有机地在熔断器与负荷开关之间建立一个作用。环网柜的 CIM 模型如图 5 所示。

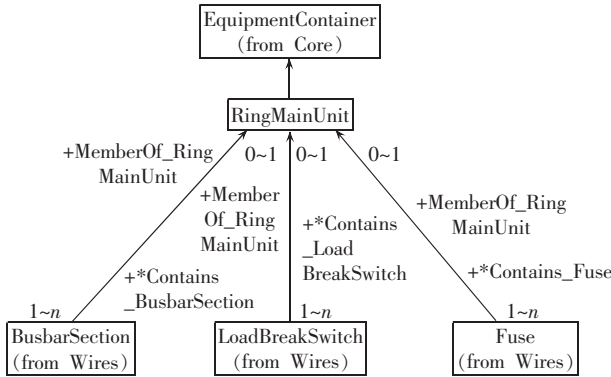


图 5 环网柜的 CIM 模型

Fig.5 CIM model of loop unit

从图 4 和图 5 中可以看出环网柜与开关站都是 EquipmentContainer 的子类,它们的属性和作用几乎差不多,因此不单独列表说明环网柜的属性和作用,请参照开关站的属性和作用。

开闭所、环网柜和重合器的 CIM 模型最终统一表示在图 6 中,从而清晰地展示了各元件之间的联结关系。

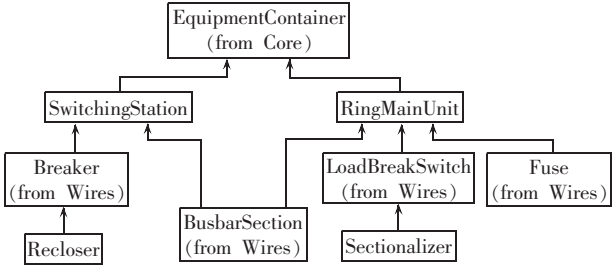


图 6 重合器、开闭所和环网柜的 CIM 模型

Fig.6 CIM model of recloser, switching station and loop unit

1.3 分布式电源的 CIM 模型

配电系统中的电源 DsPowerSource 继承 CIM 的 core 包中的 Naming 类,并派生为配电变电站 DsSubstation 和分布式电源 DistributedGeneration 两大子类。其中,配电变电站 DsSubstation 类还继承 CIM 的 core 包中的 Substation 类的所有属性和作用。集中发电、远距离输电和大电网互联的电力系统是目前电能生产、输送和分配的主要方式,但它也存在着一些弊端,而分布式发电的特点和优势恰好可解决这些问题。分布式电源是作为电力资源类在配电系统

中扩展 DsPowerSource 的子类,它继承了其所有属性和相关的作用。类 DistributedGeneration 作为分布式电源的超类,它定义了分布式电源最一般的属性和操作。分布式电源 Distributed-Generation 主要有同步发电机 SynGenerator、感应电机(异步发电机) AsynGenerator、微型燃气轮机 Micro-Turbine、光伏电池 PhotovoltaicCell 及燃料电池 Fuel-Cell 等。根据它们之间的关系建立如图 7 的模型。

以分布式电源中的燃料电池 FuelCell 为例,在图 8 中显示了 FuelCell 类的部分属性和作用。

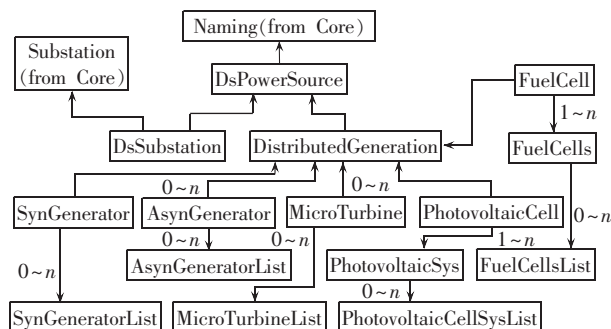


图 7 分布式电源的 CIM 模型

Fig.7 CIM model of DG

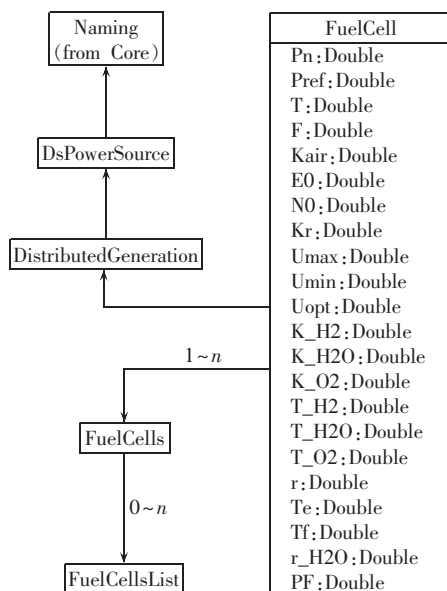


图 8 燃料电池的 CIM 模型

Fig.8 CIM model of Fuel Cell

可利用 Rational Rose 生成 FuelCell 类的 C++ 代码如下:

```
class FuelCell: public DistributedGeneration
{
public:
    // get Pn
    Double get_Pn()const;
    // set Pn
    Double set_Pn();
    // get Pref
    Double get_Pref() const;
    // set Pref
```

```
Double set_Pref();
```

```
.....
```

```
private:
```

```
Double Pn; // 额定功率
```

```
Double Pref; // 有功参考
```

```
Double T; // 绝对温度
```

```
Double F; // 法拉利常数
```

```
Double Kair; // 气体常数
```

```
Double E0; // 理想标准电势
```

```
Double N0; // 电池的串联个数
```

```
Double Kr; // 常数, Kr=N0/4F
```

```
Double Umax; // 燃料最大利用率
```

```
Double Umin; // 燃料最小利用率
```

```
Double Uopt; // 燃料的最优利用率
```

```
Double K_H2; // 氢气的摩尔常数
```

```
Double K_H2O; // 水的摩尔常数
```

```
Double K_O2; // 氧气的摩尔常数
```

```
Double T_H2; // 氢气流的反应时间
```

```
Double T_H2O; // 水流的反应时间
```

```
Double T_O2; // 氧气流的反应时间
```

```
Double r; // 损耗电阻
```

```
Double Te; // 电力反应时间
```

```
Double Tf; // 燃料过程反应时间
```

```
Double r_H2O; // 氢氧比例
```

```
Double PF(λ); // 功率因数
```

```
...
```

PF(λ)其它类型的 DG 属性和作用的具体描述从略。

为了应用的方便,可将不同类型的 DG 分别聚集成为一个列表类。

2 结论

a. 重合器和分段器可在继承 CIM 的 wire 包中原有的 Breaker 和 LoadBreakSwitch 的基础上,添加相应的属性和作用,建立起 CIM 模型。

b. 开闭所和环网柜作为聚集类型,可继承自 CIM 的 core 包中的 EquipmentContainer 类,由 Breaker、BusbarSection、LoadBreakSwitch 和 Fuse 等类聚合而成。

c. 配电系统中的电源 DsPowerSource 继承 CIM 的 core 包中的 Naming 类,并派生为配电变电站 DsSubstation 和分布式电源 DistributedGeneration 2 大子类。分布式电源 DistributedGeneration 主要有同步发电机 SynGenerator、感应电机(异步发电机) AsynGenerator、微型燃气轮机 MicroTurbine、光伏电池 PhotovoltaicCell 及燃料电池 FuelCell 等。

参考文献:

[1] 蔡洋,彭淳绍,王积荣,等. 电网调度自动化开发与应用的调查及建议[J]. 电网技术,2000,24(1):4-9.

CAI Yang, PENG Chun-shao, WANG Ji-rong, et al. Investigation

- and suggestions on development and application of electric power dispatch automation system[J]. Power System Technology, 2000, 24(1): 4-9.
- [2] BECKER D, GILLERMAN J, MAUSER S, et al. Standards based approach integrated utility application[J]. Computer Application in Power, 2000, 13(4): 13-20.
- [3] IEC. Draft IEC61970 Series Standards Energy Management System - Application Program Interface (EMS - API), Part 301, the common information model[S]. [S.l.]: IEC, 2003.
- [4] 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, et al. Application of extension of IEC61970 standard in control center integration[J]. Power System Technology, 2005, 29(16): 21-25.
- [5] 吴文传, 孙宏斌, 张伯明, 等. 基于 IEC61970 标准的 EMS/DTS 一体化系统的设计与开发[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(4): 53-57.
WU Wen-chuan, SUN Hong-bin, ZHANG Bo-ming, et al. Design of integrated EMS/DTS system based on IEC61970[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(4): 53-57.
- [6] 刘崇茹, 孙宏斌, 张伯明, 等. 基于 CIM XML 电网模型的互操作研究[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(14): 45-48.
LIU Chong-ru, SUN Hong-bin, ZHANG Bo-ming, et al. An investigation on a common information model for energy management system[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(14): 45-48.
- [7] 陈清鹤, 刘东, 李荔芳. 基于 CIM 建模的配电网三相潮流计算[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(23): 49-53.
CHEN Qing-he, LIU Dong, LI Li-fang. CIM based three-phase power flow for distribution systems[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(23): 49-53.
- [8] 李荔芳, 刘东, 陈清鹤. 公共信息模型在配电网建模工具中的应用[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(24): 55-59.
LI Li-fang, LIU Dong, CHEN Qing-he. Application of CIM in distribution grid modeling tool[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(24): 55-59.
- [9] 刘栋, 袁荣湘. 基于 IEC61970 公用信息模型的电网接线图形软件的设计[J]. 电网技术, 2004, 28(16): 35-39.
LIU Dong, YUAN Rong-xiang. Design of graphic software for power network diagram based on common information model in IEC61970[J]. Power System Technology, 2004, 28(16): 35-39.
- [10] 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, 26(10): 45-47.
ZHANG Shen-ming, HUANG Hai-feng. Architecture of power dispatching automation system based on IEC61970 standard[J]. Automation of Electric Power Systems, 2002, 26(10): 45-47.
- [11] MCMORRAN A W, AULT G W, ELDERS I M, et al. Translating CIM XML power system data to a proprietary format for system simulation[J]. IEEE Trans on Power Systems, 2004, 19(1): 229-235.
- [12] WANG Xiao-feng, SCHULZ N N. Development of a three-phase power flow using common information model [C]//Proceedings of IEEE Power Engineering Society Summer Meeting. Seattle, WA, USA: [s.n.], 2000: 2320-2325.
- [13] WANG Xiao-feng, SCHULZ N N, NEUMANN S. CIM extensions to electrical distribution and CIM XML for the IEEE radial test feeders[J]. IEEE Trans on Power Systems, 2003, 18(3): 1021-1028.
- [14] NEUMANN S. CIM extensions for electrical distribution [C]//Proc 2001 IEEE Power Eng Soc Winter Meeting. Piscataway, NJ, USA: IEEE Operations Center, 2001: 904-907.
- [15] NEUMANN S. CIM extensions for electrical distribution [C]//Proceedings of IEEE Power Engineering Society Winter Meeting. Columbus, OH, USA: IEEE, 2001: 216-219.
- [16] BOGGS W, BOGGS M. UML with Rational Rose 从入门到精通 [M]. 邱仲潘, 译. 北京: 电子工业出版社, 2000.

(责任编辑: 汪仪珍)

作者简介:

顾强(1963-), 男, 江苏苏州人, 高级工程师, 主要从事电力系统规划、电能质量管理技术和配电网分析等方面的研究;

王守相(1973-), 男, 山东高密人, 副教授, 博士, 研究方向为配电系统分析、分布式发电系统分析与仿真(E-mail: sxwang@tju.edu.cn);

李晓辉(1973-), 男, 湖北随州人, 高级工程师, 主要从事电能质量管理技术和配电网分析等方面的研究。

CIM extension to distribution system components

GU Qiang¹, WANG Shou-xiang², LI Xiao-hui¹, WANG Cheng-shan²,

WANG Ru-ying³, ZHAO Guang-jun³, HAN Shuang-li³

(1. Tianjin Electric Power Research Institute, Tianjin 300022, China; 2. Key Laboratory of Power System Simulation and Control of Ministry of Education, Tianjin University, Tianjin 300072, China;

3. Tianjin Powersun Electric Power Information Technology Co., Ltd., Tianjin 300384, China)

Abstract: The extensions of CIM(Common Information Model) to the components of distribution system are studied for the standardization and integration of DMS(Distribution Management System). Because of the three-phase unbalance property and the special components of distribution system, the recloser model and sectionalizer model are built by adding new attributes and roles to the original switch model of CIM, and the aggregative class models of switching station and loop unit are thus built. Their model figures, attributes and roles are illustrated. The CIM models of DG(Distributed Generation) are proposed to response the development of distribution generation techniques. As an example, the CIM model extensions to fuel cell are provided, as well as the C++ codes of Fuelcell class developed with Rational Rose software tool.

This project is supported by the National Natural Science Foundation of China(50477035) and the Key Grant Project of Chinese Ministry of Education(306004).

Key words: common information model; distribution system; distributed generator