

# 继电保护及故障信息管理系统的應用数据模型的构建

高湛军<sup>1</sup>, 潘贞存<sup>1</sup>, 卞鹏<sup>1</sup>, 黄德斌<sup>2</sup>, 唐毅<sup>2</sup>

(1. 山东大学电气工程学院, 山东 济南 250061; 2. 山东电力集团公司调度中心, 山东 济南 250001)

**摘要:** 结合山东电力集团公司调度中心“继电保护与故障信息系统”的开发与应用实践经验, 根据继电保护专业管理的特点提出了一种继电保护及故障信息系统的数据库模型, 该模型借鉴了 IEC61850和 IEC61970这两个标准的结构体系并引用和扩展了其中的数据库模型。根据这种模型设计的系统可与现有的 EMS/SCADA、SAS等系统进行无缝互联, 从根本上解决自动化信息的“孤岛”问题, 切实提高电网安全运行的调度系统信息化、智能化水平。

**关键词:** 继电保护; 故障信息; 数据库模型; IEC61850; IEC61970

**中图分类号:** TM77 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2005)02-0050-04

## 0 引言

继电保护及故障信息系统(RFIS)主要对保护装置进行监视、控制和管理; 提供为保护装置服务的计算、分析手段; 并对保护装置产生的信息进行综合分析和利用。该系统的建设, 将从整体上提升电力系统继电保护的信息化、智能化水平, 使保护装置运行、管理的各个环节“可控、在控”, 实现继电保护专业管理现代化。

由于电力系统自动化与信息化的内容广泛、结构复杂, 采用的通信技术不同, 而各应用系统因技术要求、通信协议和数据表示不一致, 造成了它们相互之间不能进行信息共享、交互及互换, 形成了大量的信息孤岛。现有的继电保护及故障信息系统也同样存在这个问题, 由于系统采用专用的通信协议、专用的 API和专用的数据表示方式, 系统与 EMS、SAS之间若要进行信息的交换, 必须对系统的对象模型和通信协议进行转换。这种转换需要较大的软件开销和较长的转换时间, 成本较高, 维护的工作量较大。

对于 EMS/DMS、SAS和 RFIS系统来说, 虽然在运行环境和功能上都不同, 但这些系统关注的对象往往是相同的设备, 而其区别在于信息的细度、层次、角度和过程控制的责任范围等, 因此相同的数据应该可以共享。本文提出了一种继电保护及故障信息系统的数据库模型。这种模型为 EMS/DMS、SAS以及本系统所涉及到的各种电力系统资源定义了通用的语义描述, 可以通过系统间异步的 XML文档进行交换。交换的数据是结构化、自描述的, 同时其通信采用独立于具体的通信栈的抽象服务。根据

这种模型设计的系统可与现有的 EMS/SCADA、SAS等系统进行无缝互联, 从根本上解决自动化信息的“孤岛”问题, 切实提高整个电网的信息化、智能化水平。

## 1 系统体系结构

系统为 3层结构, 其结构图见图 1。

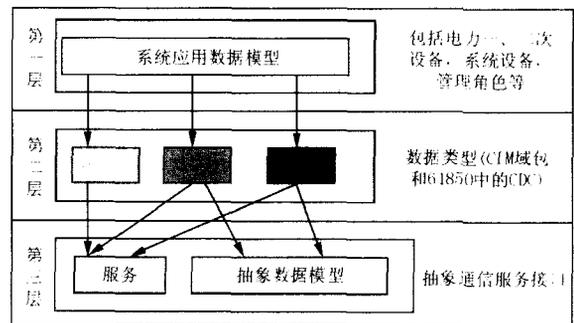


图 1 继电保护及故障信息系统的体系结构

Fig 1 Structure of relay protection and fault information system

第一层定义了继电保护及故障信息系统的数据库模型, 系统应用数据模型定义了本系统应用功能所涉及的实体对象类、类的属性以及类之间的关系。这些类描述了电网中的变电站、间隔等功能单位及其所包含的一、二次设备; 组成本系统的厂站端子系统 and 调度端子系统, 包括构成它们的关键设备以及电力企业、电力调度、系统用户等机构或人员角色等。

第二层数据类型定义了一些结构化的信息, 这些结构化信息的定义引用了 CIM中的域包(Domain)和 IEC61850中的公共数据类(CDC)。这些

数据类数量和种类较多,在图 1 中以不同灰度的深色方框表示。它们用来对第一层中所定义的类中的属性进行描述。

第三层的抽象通信服务接口 (ACSI)定义了用于子站和主站之间交换信息的抽象模型和通信服务。通信服务不仅提供了读/写数据值的服务,考虑到 EMS、SAS 等系统的应用,还提供了其它操作,如一次设备的控制操作等。

抽象通信服务接口独立于具体的网络应用层协议,和采用的通信网络无关。在变电站内若采用不同的网络应用层协议和通信栈,只要改变相应特定通信服务映射 (SCSM)便可完成。不同的网络应用层协议和通信栈由不同的 SCSM 对应。

## 2 模型的构建方法

### 2.1 模型的引用标准

为了支持系统模型的交换,不同系统的应用需要在系统实体的定义和关系上达成一致,继电保护及故障信息系统数据模型中的一次设备和系统设备模型可以引用和扩展 IEC61970 提出的通用信息模型 (CM)<sup>[1]</sup>。

CM 的目的就是支持不同系统之间应用的集成,它采用 UML 定义了电力系统资源的通用语义(如变电站,开关,变压器等)以及资源之间的关系(如一个变压器有两个或多个绕组)。CM 由包组成,每一个包都是一组类的集合,包括核心包 (Core)、拓扑包 (Topology)、电线包 (Wires)、保护包 (Protection)、测量包 (Meas)、负荷包 (LoadModel)、域包 (Domain)等 11 个包。其中核心包定义了所有其它包共享的电力系统资源与关键设备的实体。其它包并不完全使用核心包的所有实体,而且核心包不依赖其它任何包。其它应用包将依赖核心包;拓扑包定义连接节点 (ConnectivityNode)和拓扑岛 (TopologicalIsland)等拓扑关系模型;电线包定义断路器 (Breaker)、隔离刀闸 (Disconnectors)等网络分析应用需要的模型;域包是量与单位的数据字典,定义了可能被其它任何包中任何类使用的属性的数据类型。

对于电力系统数据模型中的保护装置模型可以参照 IEC61850 中对保护装置结构和信息的定义。IEC61850 将继电保护等具有智能逻辑的二次装置称为智能电子装置 (IED),并将其功能视为变电站自动化功能的一部分,对包括继电保护装置在内的所有保护装置采用统一的建模方法。为了实现互操作性和功能的分布性,变电站的所有功能被分解为

若干基本的实体,实体之间有逻辑和通信上的联系。这些实体或对象被称作逻辑节点 (LN),逻辑节点包含全部用于通信的、与功能相关的数据及其属性。任何智能电子装置 (IED)中都包含有一个或多个这种逻辑节点的实例。数据的访问被定义为服务。同一应用的逻辑节点组成逻辑装置 (LD)。所有这些数据对象和服务组成了 IEC61850 保护装置模型的基础。为了更加有效地描述逻辑节点内的数据,IEC61850 标准将一些通用的数据结构总结为公共数据类 (CDC),用于定义逻辑节点的所有数据。IEC61850 标准还提供了逻辑节点和公共数据类的扩展方法<sup>[2~4]</sup>。

### 2.2 系统应用模型的扩展

针对继电保护及故障信息系统应用的特殊需要,对 IEC61970 中的几个包进行了扩展,并从一次设备属性信息 (铭牌信息和参数信息)和一次设备之间的拓扑连接关系两个方面对一次设备模型进行描述。在域包中扩展了 IEC61850 中的公共数据类 (CDC)中的数据类型,如 SPS、ISC、ACT、Originator、Analogue Value 以支持对保护装置数据类型的描述。电线包 (Wires)主要描述了一次设备的模型,针对继电保护及故障信息系统的应用需要,扩展了电流互感器、电流互感器绕组、电压互感器、电压互感器绕组等一、二次设备的连接元件类,用于故障分析计算的输电线路互感组类。并在相应的类中增加了发电机的次暂态电抗、厂站和系统的运行方式等属性的描述。IEC61970 中的保护包 (Protection)中对保护设备描述的比较少,主要还是用于 EMS 中的培训仿真和故障定位。针对继电保护及故障信息系统的需要,将保护包中定义的保护类和关系进行扩展,将基于 61850 的保护装置模型纳入到保护包中<sup>[5]</sup>。

由于国内的保护和国外保护在功能和原理上存在很大差异,许多功能在 IEC 61850 中都缺少定义。同时继电保护及故障信息系统所关心的是保护装置的配置、描述以及定值信息、IEC61850 定义的控制和通信数据及其属性对继电保护及故障信息来说系统是不需要的,例如:IEC61850 描述的大量信号品质信息在该系统中并不需要。因此 IEC61850 中定义的保护装置模型并不完全适合于继电保护及故障信息系统,考虑以上因素对 IEC61850 的保护装置模型进行了扩展和简化<sup>[6]</sup>。

本系统所关心的保护装置信息由逻辑节点描述,该节点定义为通用保护对象逻辑节点 (EPCO)。在这个逻辑节点中描述了两大类信息:一是描述物

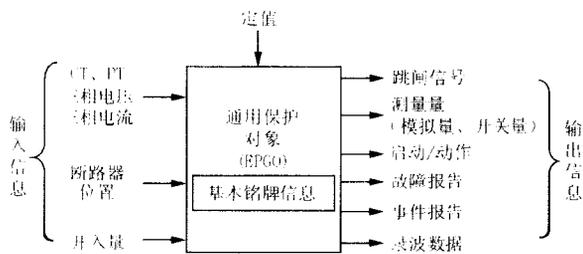


图 2 通用保护对象模型的结构

Fig 2 Framework of protection basic relay object

理装置的基本铭牌信息,包括装置的额定参数、投运日期、生产厂家等基本属性信息。这一部分的定义可以完全引用 IEC61850-7-4中对 LPHD 逻辑节点的定义;另一部分是保护的通用信息,其结构如图 2 所示。这部分信息是在通信上可见的信息,分为输入信息、输出信息和定值 3 大类。在这些信息中,除定值以外的信息均完全引用 IEC61850-7-4、IEC61850-7-3 相应数据类的定义。其中,允许对信号品质的描述为空。在 IEC61850 中,保护的定值属性都是基于通信的角度来进行描述的,其语义结构对于继电保护及故障信息管理系统来说是不能满足需要的。根据继电保护及故障信息系统的特殊应用,扩展一个专用的公共数据类 (CDC) SET 用于专门描述定值的各个层次的语义信息。在这个数据类中加入定值的功能 (如距离保护)、原理 (如阻抗继电器)、保护对象 (如变压器)、数值、数据类型、量纲、描述等属性,这一个扩展的公共数据类也纳入 IEC61970 的域包中。整个保护装置基于 IEC61850 的扩展结构如图 3 所示,其中白色部分为 IEC61850 的体系结构,灰色部分为相应层次结构上的扩展。不同功能和原理的保护装置模型都可以通过这个通用保护对象派生出来。

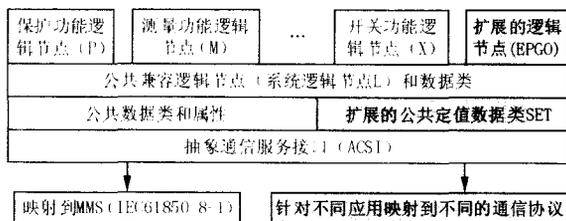


图 3 保护装置在 IEC61850 中扩展的逻辑节点和公共数据类

Fig 3 Extended logical nodes and public data classes of protection device based on IEC61850

2.3 保护装置模型与一次设备模型关联关系描述  
由于一次设备是基于 IEC61970 的 CM,而保护装置模型是基于 IEC61850 的,在继电保护及故障信

息系统中,保护装置和一次设备模型必须构成一个完备的系统模型,以满足系统的功能需要。因此必须对一次设备和保护装置模型进行协调并描述其关联。

图 4 描述了一次设备和保护装置模型的关联关系,该模型将本系统的 CM 部分和 61850 部分画出了清晰的边界。而且两部分之间没有直接的关联关系,只有派生关系,以减少两者之间的耦合。

在图 4 中 PowerSystemResource, ConductingEquipment, ConnectivityNode 以及 Terminal 都来自 61970 中的 CM 定义,所有一次设备都从 PowerSystemResource 中派生。ConnectivityNode 和 Terminal 用于描述拓扑关系。

在关联模型中加入一个 LNContainer 类,不同的保护功能可以有若干 LN 组成 LNContainer,而 PowerSystemResource 从 LNContainer 类中派生。这样就将一次设备模型和保护装置模型统一为一个完整的模型。

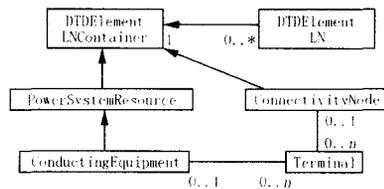


图 4 保护装置模型与一次设备模型的关系  
Fig 4 Relationship between protection device and primary equipment

### 3 结论

本文根据继电保护及故障信息系统的互联、互通和开放性要求,提出了一种适用于继电保护及故障信息系统的数据库模型,该模型引用了 IEC61970 和 IEC61850 两个标准系列,并针对本系统的特点进行了扩展和协调。在山东电力集团公司“继电保护及故障信息系统的开发中采用了该模型,通过实验表明该模型较好地解决了系统的互联和信息共享问题,系统灵活性高,具有很好的开放性,易于维护和升级。

这种建模方法不仅适用于继电保护及故障信息系统,也可以应用于 EMS、DMS 和变电站自动化系统的数据建模。只要根据本系统的特点和功能对标准模型进行适当扩展,就可以构建出既满足系统的功能要求,又能与其它系统互联互通的系统模型,达到系统之间无缝互联的目的。

## 参考文献:

- [1] Draft IEC61970, Energy Management System Application Program Interface (EMS-API) -Part 301: Common Information Model (CIM), Draft 6[S].
- [2] IEC61850-7-2 (2002. 11), Communication Networks and Systems in Substations Part 7-2 : Basic Communication Structure for Substation and Feeder Equipment—abstract Communication Service Interface (ACSI) [S].
- [3] IEC61850-7-3 (2002. 3. 8), Communication Networks and Systems in Substations Part 7-3: Basic Communication Structure for Substation and Feeder Equipment—Common Data Class[S].
- [4] IEC61850-7-4 (2001. 3. 8), Communication Networks and Systems in Substations Part 7-4 : Basic Communication Structure for Substation and Feeder Equipment—Compatible Logical Node Classes and Data Classes[S].
- [5] 章坚民,朱炳铨,蒋月良,等. 继电保护故障信息处理主站系统设计的核心问题[J]. 电力系统自动化, 2003, 27 (14) : 72-74.

ZHANG Jian-min, ZHU Bing-quan, JIANG Yue-liang, et al Key Issues in the Design of Master Station of Relay Protection and Fault Information System [J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27 (14) : 72-74.

- [6] 高湛军,潘贞存,等. 基于 IEC 61850 标准的微机保护数据通信模型[J]. 电力系统自动化, 2003, 27 (18) : 43-46.

GAO Zhan-jun, PAN Zhen-cun, et al A Data Communication Model for Microprocessor Based Protection Based on IEC61850 Standard[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27 (18) : 43-46.

收稿日期: 2004-05-18; 修回日期: 2004-06-24

## 作者简介:

高湛军 (1974 - ),男,博士研究生,主要从事微机保护和电力系统通信的研究; E-mail: Jacob-gao@sdu.edu.cn

潘贞存 (1962 - ),男,教授,博士生导师,主要从事微机保护和电力系统自动化的研究;

卞鹏 (1979 - ),男,硕士研究生,主要从事微机保护和电力系统通信协议的研究。

## Modeling of relay protection and fault information system

GAO Zhan-jun<sup>1</sup>, PAN Zhen-cun<sup>1</sup>, BIAN Peng<sup>1</sup>, HUANG De-bin<sup>2</sup>, Tang Yi<sup>2</sup>

(1. Shandong University, Jinan 250061, China; 2. Shandong Electric Power Group Control Center, Jinan 250001, China)

**Abstract:** A data model of relay protection and fault information system is proposed in this paper according to the characteristics of specialized protection management system. The model use IEC61850 and IEC61970 standard series for reference and has adopted and developed their data models. A system based on the model can interconnect seamlessly with EMS/SCADC, SAS, etc, and solve the "isolated island" problem of automation information, which can improve the level of information communication and intelligent control.

**Key words:** relay protection; fault information; data model; IEC61850; IEC61970

## 我国第一组超导电缆正常供电四千多万千瓦

我国第一组超导电缆系统自 2004 年 4 月 19 日在云南省昆明市普吉变电站投入运行以来,经受了多种气象条件的考验,截至 2004 年 12 月 30 日,在试运行和挂网运行中已正常供电 4 455.5 万 kW·h。

我国第一组超导电缆是由北京云电英纳超导电缆有限公司牵头研发,西部电力部门与东部发达地区大学、科研院所、企业联合采用国产新材料、新技术共同研制和实现应用的国家重大科技项目。2004 年 4 月 19 日投入运行后,标志着继美国、丹麦之后,我国成为世界上第三个将超导电缆投入电网运行的国家,而且挂网运行以来容量为 121 MW,而美国南线超导电缆容量为 26 MW,丹麦超导电缆容量为 104 MW,标志着我国高温超导电缆技术从成果到产业化取得了新的重大突破,将根本解决我国“西电东送”等长距离大容量输电问题。

超导电缆技术是一项先进的高新技术,是超导材料、机械制造、低温制冷、真空绝热、电气工程、自动控制等多学科的集成,具有损耗低、容量大、节约材料、无污染、噪音低等优势。我国研发的第一组实用超导电缆长度 33.5 m,额定电压 35 kV,额定电流 2 000 A,在电压、电流等级上都高于目前世界上已经并网运行的两组超导电缆。

在我国这组超导电缆研发中,导体首次采用组合式绕制方法,首次在热绝缘超导电缆中应用双层液氮循环冷却结构,电缆终端在世界上首次采用通用化、积木式模块化设计,可拆式大电流低阻锥面接头的、高电压绝缘氮气接管、超导带材的焊接和混合式超导输电电缆等科技成果,解决了发展超导电缆技术的诸多难题。