

# 基于 IEC61850 电能质量监测装置的建模与实现

徐鹤勇, 和敬涵

(北京交通大学电气工程学院, 北京 100044)

**摘要:** IEC6185 变电站通信网络和系统, 是针对电力系统变电站自动化提出的基于网络通信平台的国际通信标准。以电能质量监测装置为例, 在详细分析 IEC61850 标准相关部分的基础上, 根据 IEC61850 对建模的要求和电能质量信息的特点, 从功能的定义、分解以及功能的分配, 设备和数据对象模型等方面入手, 详细阐述了如何应用 IEC61850 标准相关部分所提出的建模理论完成对变电站内智能电子设备 (IED) 建模, 并根据 IEC61850 配置语言的定义, 通过 XML 格式语言对模型进行了描述。

**关键词:** IEC61850; 电能质量; XML 扩展标记语言; 数据模型; 逻辑设备; 逻辑节点

## Modeling and implementation of power quality monitoring device based on IEC 61850

XU He-yong, HE Jing-han

(Department of Electric and Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

**Abstract:** IEC 61850 "communication networks and systems in substations" is the international standard for substation automation based on general communication platforms. Taking power quality monitoring as an example, it is expounded how to use the model provided by standard IEC61850 to build up object model of intelligent electronic devices (IED) from the aspects of functional definition, decomposition and allocation of application functions, object model of devices and data object definition according to the demands of building up models and the characteristics of power quality information based on analysis of the related parts of standard IEC61850. The model used XML performances is described according to the definition of IEC61850 configuration language.

**Key words:** IEC61850; power quality; XML(Extensible Markup Language); data model; logic device; logic node

中图分类号: TM764 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2007)21-0055-04

## 0 引言

当前电力系统中, 对变电站自动化的要求越来越高, 为方便变电站中各种 IED 的管理以及设备间的互联, 就需要一种通用的通信方式来实现。IEC61850 提出了一种公共的通信标准, 通过对设备的一系列规范化, 使其形成一个规范化的输出, 实现系统的无缝连接。IEC61850 的目标在于形成一个标准的开放式变电站自动化体系, 使得来自不同制造商的 IED 之间实现良好的互操作性, 并适应通信技术快速发展, 满足用户对提高系统可靠性、降低重复投资及维护成本的要求。

近年来, 各种电能质量监测设备已经日臻成熟并大量投入到现场, 为进一步提高供电质量提供了可靠的依据。但由于电力系统中针对变电站内各种 IED 间的通信标准并不完善, 所以当前电能质量监测设备生产厂家在实现数据通信的时候, 还是按照厂家专用的通信协议实现从变电站到监测中心的数

据上传, 并且监测中心所使用的分析软件也与之相对应, 具有很强的专有性。在实际应用中, 在一个或多个变电站中, 往往使用的是多个厂家的电能质量监测设备, 且监测设备与对应的分析软件有很强的互赖性, 这些设备由于以上原因, 往往互不兼容, 难以实现各种系统资源的共享, 系统监测成本较高。

将 IEC61850 引入电能质量监测系统通信中, 可以将所有设备置于同一通信平台下, 实现不同线路监测设备的数据信息共享, 监测中心可对多个厂家设备、多条线路同时监测与分析, 提高监测管理效率。本文以实际项目为依托, 所设计的基于 IEC61850 的电能质量模型已在现场得到实际应用, 并已通过验收。

## 1 IEC61850 建模方法概述

信息交换机制主要依赖于准确定义的信息模型<sup>[1]</sup>。这些信息模型和建模方法是 IEC61850 标准系列的核心。能否对 IED 模型进行确切、有效的定义,

是能否对外提供标准服务的关键。IEC61850 关于模型最显著的特点就是提出了面向对象的建模技术,使系统模型具有继承性和可复用性。IEC61850 标准中,模型作为对实际物理装置的映象,其建模的方法以及和标准各部分的关系如图 1。

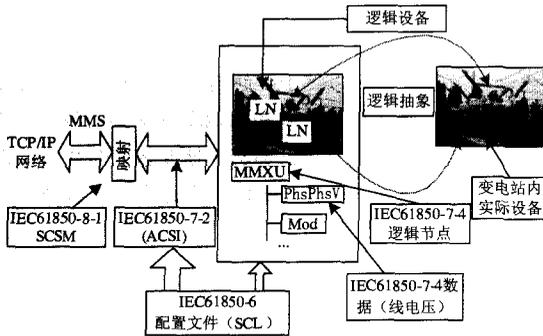


图 1 IEC61850 模型抽象

Fig.1 Model abstracting of IEC61850

对变电站内的实际 IED, IEC61850 通过逻辑抽象,按功能分为最小的实体—逻辑节点 LN, LN 由专有的数据和数据属性组成,如 MMXU 描述基本测量量,其下又包含了与其功能相关的数据对象 PhsPhsV (线电压) 等,这些数据和数据属性所代表的信息通过标准定义的通信服务进行传递。LN 按照相近的功能组合到一起,再加上辅助服务 (如 GOOSE、定值整定) 便构成了组成逻辑设备 LD。通过 IEC61850-6 所定义的变电站配置描述语言 SCL (Substation Configuration Language) 实现具体的模型描述,主要作用是收集不同厂家 IED 的配置信息并对设备进行配置,然后由 IEC61850-7-2 定义的抽象通信服务接口 (ACSI) 建立服务模型,通过特殊通信服务映射 (SCSM) 为 MMS 报文以 TCP/IP 方式进行传输<sup>[2]</sup>。

## 2 电能质量信息模型实现

下面以电能质量装置的数据信息模型为例,详细说明其建模过程。

### 2.1 电能质量逻辑节点建模

电能质量监测装置主要依据国标相关要求对线路的电能质量状况进行监测。根据国标要求和实际电力系统的需求,电能质量监测装置主要包含了以下几个指标:供电电压的允许偏差、电压波动与闪变、三相电压不平衡度、电网谐波等。不同的电能质量事件的具体表现即电能质量指标,因此,不同的电能质量指标就形成了逻辑节点实例。

IEC61850-7-4 使用了 450 个数据类定义了 88 个逻辑节点<sup>[3]</sup>。其中,以下逻辑节点可以用于描述

电能质量部分信息:测量逻辑节点 (MMXU),主要用来描述基本的监测线路的信息,如电压、电流、功率等;序分量逻辑节点 (MSQI),描述正序、负序和零序的电压电流量;谐波量逻辑节点 (MHAI),描述如各次谐波电压、电流,谐波含量等。以上逻辑节点对电能质量相关功能的描述远远不能满足实际应用的需要,因此,需要对 LN 进行扩充,以完成对相关电能质量指标的描述。IEC 于 2005 年针对电能质量相关方面的问题对 IEC61850-5 和 IEC61850-7-4 提出了一个补充草案,主要用以描述电能质量事件。在补充草案中,定义了电能质量相关功能的逻辑节点模型<sup>[4]</sup>。如:闪变逻辑节点 (MFLK),用于描述短时闪变、长时闪变等;电压偏差逻辑节点 (QVVR),描述电压变化事件;频率偏差逻辑节点 (QFVR) 用以描述频率变化相关事件;电压不平衡度逻辑节点 (QVUB) 用以描述电压不平衡度及相关事件。电能质量监测装置模型结构如图 2 所示。

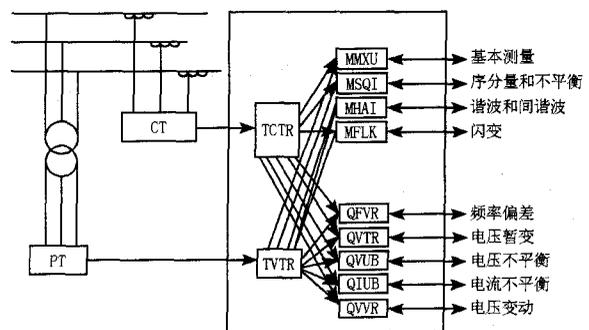


图 2 电能质量监测装置逻辑节点

Fig.2 Logic node of power quality monitor equipment

### 2.2 数据对象与数据属性建模

表 1 谐波逻辑节点 MHAI 实例

Tab.1 Instance of MHAI

LN	属性名	说明
	Hz	基波频率值
	HPPV	谐波线电压序列
	HPhV	谐波相电压序列
MHAI	ThdA	总谐波电流畸变率
	ThdV	总谐波电压畸变率
	HzSet	基波频率定值
	ThdAVaI	总谐波电流畸变率报警定值
	ThdVVaI	总谐波电压畸变率报警定值
	⋮	⋮

统一的数据对象模型可保证不同设备之间的互相理解、交换信息和协同操作<sup>[5]</sup>。在完成了 LN 的建模后,就可以将电能质量监测装置的测量、事件检测信息和参数定值一一对应到相应的逻辑节点下的数据对象中。每个 LN 由具有特定数据属性的数

据组成, 数据具有结构和定义好的语义, 包含在具有专门数据属性的数据表中。数据对象模型由逻辑设备名、逻辑节点名、数据名、数据属性名描述<sup>[6]</sup>。表 1 以谐波量逻辑节点 (MHAI) 为例, 列出了组成该逻辑节点所需的部分数据类型及其语义说明。

### 2.3 逻辑设备建模

在 IEC61850 标准中, 并没有明确规定逻辑设备的模型, 因此, 在考虑电能质量装置的逻辑设备建模时有很强的灵活性。一般情况下, 一台电能质量监测装置可以完成多条线路的监测, 因此, 可以根据监测线路的不同划分逻辑设备, 模型逻辑结构层次比较清楚, 比较符合 61850 的层次结构<sup>[7]</sup>。为此我们根据监测线路的不同将逻辑节点分别命名为 PQMR1、PQMR2 分别表示线路 1 相关逻辑节点和线路 2 相关逻辑节点, 所组成的电能质量设备模型结构如图 3。

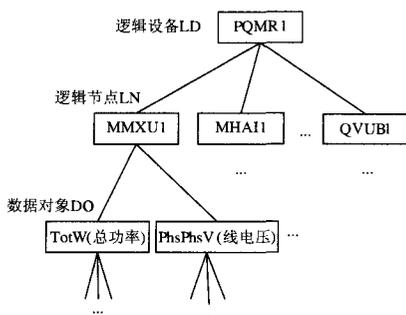


图 3 电能质量 IED 模型逻辑结构

Fig.3 Logic configuration of power quality IED model

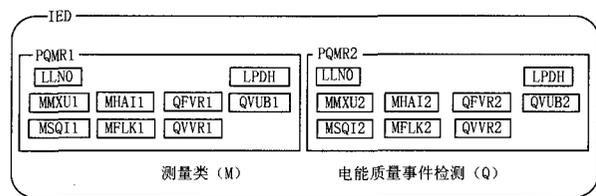


图 4 电能质量监测装置逻辑设备及逻辑节点

Fig.4 Logic device and logic node of power quality equipment

在 LD 中对 LN 分组是按照其公共特性进行的。LD 还提供其宿主一物理设备或者被其控制的外部设备的信息。图 4 中 LD “PQMR1” 包含以下 LN: LLNO (LLNO) 包含 LD 的公共数据; 物理设备逻辑节点(LPHD)包含承载 LD 的物理设备的公共数据; 其它为电能质量事件相关逻辑节点。IEC61850 标准规定, 每个 LD 都必须包含 LLNO 和 LPHD 这两个 LN 以及至少一个或一个以上的描述其核心功能的 LN。图中所示 IED 包含两个逻辑设备 PQMR1 和 PQMR2, 所以 PQMR1 中的 LPHD 和 PQMR2 中的

LPHD 所引用的信息是相同的, 而 PQMR1 中的 LLNO 和 PQMR2 中的 LLNO 引用的信息则不相同。

### 3 模型描述语言

SCL 是基于 XML 语言的。相当于 SCL 语言是根据 XML 提供的规则, 根据变电站自动化系统即 IEC61850 标准的需要, 定义的特定用途的置标语言<sup>[8]</sup>。SCL 语言是 XML 语言在变电站系统中的特定应用。应用 SCL 语言所描述的模型具有如图 5 所示的格式。

```

SCL
  xmlns=http://www.iec.ch/61850/2003/SCL
  xmlns:xsi=http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance
  xsi:schemaLocation=http://www.iec.ch/61850/2003/SCL SCL.xsd
  Header
  Substation
  Communication
  IED
  DataTypeTemplates
    
```

图 5 SCL 文件的分层结构图

Fig.5 Hierarchical structure of SCL file

SCL 将变电站自动化系统分为 5 个主要元素: Header、Substation、IED、Communication 和 DataType Templates。其中 Header 包含了电能质量 IED 模型文件的版本和订正号, 以及名称映射信息。Substation 节包含了变电站的功能结构、它的主元件及其电气连接; IED 节描述了电能质量相关的逻辑设备、逻辑节点以及数据对象; DataTypeTemplates 详细定义了 IED 节中定义的电能质量数据模型所需的逻辑节点实例和所包含的数据对象 DO 等; Communication 节定义了逻辑节点之间通过逻辑总线和 IED 接入点之间的联系<sup>[9]</sup>。这些元素各有其子元素和属性, 层层包含, 最终完成对整个变电站综合自动化系统模型描述。充分体现了使用 SCL 描述 IED 的可扩展性和灵活性。

本文所设计模型中, 主要是针对 IED 本身, 因此, 忽略对变电站功能结构的描述, 这并不影响模型描述的规范性。相应各部分对应如图 6。

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<SCL xmlns="http://www.iec.ch/61850/2003/SCL" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance">
  <Header id="PQM-3 device" version="1.0" revision="1" nameStructure="IEDName"/>
  <Communication>
  </Communication>
  <IED name="PQMDevice" desc="" type="LingBu" manufacturer="PQM-3" configuration="1.0">
  </IED>
  <DataTypeTemplates>
  </DataTypeTemplates>
</SCL>
    
```

图 6 电能质量 IED 模型描述

Fig.6 Description of power quality IED mode

### 4 结语

本文根据实际应用的需要, 在详细研究 IEC61850 标准的基础上, 对电能质量监测装置做了

详细分析,根据 IEC61850 对 IED 建模的要求,以电能质量监测装置为例,详细说明了建模方法以及过程,并对模型配置语言做了说明,对变电站内设备建模具有实际意义。目前该模型已在实际电能质量监测项目中得到应用并取得了良好的效果。

当前国内对 IEC61850 的研究正逐渐兴起,随着有关 61850 国标的出台和完善,IEC61850 标准必将在电力系统及其它自动化领域推广开来。

### 参考文献

- [1] 谭文恕.远动的无缝通信系统体系结构[J].电网技术,2001,25(9):8-11.  
TAN Wen-shu.An Introduction to Substation Communication Network and System-IEC61850[J].Power System Technology,2001,25(9):8-11.
- [2] IEC.Communication Networks and Systems in Substations Part 7:Basic Communication Structure for Substations and Feeder Equipment[S].
- [3] IEC.Communication Networks and Systems in Substations Part 5:Communication Requirements for Functions and Device Models[S].
- [4] IEC.Communication Networks and Systems in Substations-Power Quality Amendments to IEC 61850-5 and IEC 61850-7-4[S].
- [5] 张结.IEC 61850 的结构化模型分析[J].电力系统自动化,2004,28(18):90-93.  
ZHANG Jie.Analysis on Structure Model in IEC61850[J].Automation of Electric Power Systems,2004,28(18):90-93.
- [6] 徐宁,朱永利,邸剑,等.基于 IEC61850 的变电站自动化对象建模[J].电力自动化设备,2006,26(3):85-89.  
XU Ning,ZHU Yong-li,DI Jian, et al.Substation Automation Object Modeling Based on IEC61850[J].Electric Power Automation Equipment,2006,26(3):85-89.
- [7] 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(27):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(27):81-84.
- [8] IEC.Communication Networks and Systems in Substations Part 6:Configuration Description Language for Communication in Electrical Substations Related to IEDs[S].
- [9] 常弘,茹锋,薛钧义.IEC61850 语义信息模型的实现[J].电网技术,2005,29(12):39-42.  
CHANG Hong, RU Feng, XUE Jun-yi. Implementation of Semantic Information Model in IEC61850[J].Power System Technology,2005,29(12):39-42.

收稿日期:2007-08-02; 修回日期:2007-08-17  
作者简介:

徐鹤勇(1983-),男,硕士,主要从事电力系统监控及通信方面的研究;E-mail:05121601@bjtu.edu.cn

和敬涵(1964-),女,副教授,主要研究方向为电力系统在线监测、保护与控制及电能质量等。

(上接第 54 页 continued from page 54)

- [3] Starzyk J A, El-Gamal M A.Artificial Neural Networks for Testing Analog Circuits[J]. Proc IEEE Symposium on Circuits and Systems, 1990:1851-1854.
- [4] Murkowski G.A Neural Network Approach to Fault Location in Nonlinear DC Circuits[A]. In:Proceedings of the 1992 International Conference on Artificial Neural Networks[C].UK Bridgton:1992.1123-1126.
- [5] David L H, Limas J. An Introduction to Multisensor Data Fusion [J]. Proceedings of the IEEE, 1997, 85(1).
- [6] Mohammad K, Manfred M, Nejad A M. Fault Diagnosis of Analog Circuits with Tolerances By Using RBF and

BP Neural Networks[A].In:IEEE Student Conference on Research and Development Proceedings[C].2002.317-321.

收稿日期:2007-01-15; 修回日期:2007-07-26  
作者简介:

刘颖(1975-),女,讲师,硕士,从事信号检测与处理研究;E-mail:graceful618@163.com

刘大明(1956-),男,教授,博士,从事电磁场、信号处理研究;

李凤宇(1973-),男,讲师,博士,从事人工智能、核动力运行控制研究。