

# 一种基于 IEC61850 的变电站智能电子设备的模型设计

童晓阳, 王 勃, 李映川, 王晓茹

(西南交通大学电气工程学院, 四川 成都 610031)

摘要: 在变电站新型通信网络和系统协议 IEC61850 的基础上, 研究智能电子设备 IED (Intelligent Electronic Device) 的模型, 以变压器差动保护为例, 分析了 IED 在 IEC61850 中的体系结构、逻辑模型、信息流, 设计了该 IED 的数据对象模型, 阐述了采样测量数据基于发布/订阅方式的传输原理, 给出了仿真试验说明该 IED 设计的先进性和可行性。

关键词: IED; 模型设计; 差动保护; IEC61850

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2005)17-0062-04

## 0 引言

近年来随着变电站自动化系统在国内得到了快速发展<sup>[1]</sup>, 人们发现已建系统暴露出许多问题, 如系统的体系结构不统一; 间隔层设备内部采用结构化设计, 功能、数据通讯协议自成体系, 使得不同厂家设备的互操作性很难实现。这些不利于变电站自动化系统的标准化和互操作性。因此国际电工委员会 IEC 从 1999 年着手到 2001 年提交草案, 制定了变电站无缝的通信网络和系统协议标准 IEC61850<sup>[2]</sup>, 国内外有一些文献对此标准进行了介绍和研究<sup>[3-8]</sup>, 其中文献 [3] 和 [4] 是较全面的介绍, 文献 [5] 和 [6] 对变电站的体系结构和对象模型做了分析, 文献 [7] 和 [8] 对变电站通讯协议方面的原理进行了剖析。

本文在 IEC61850 协议的基础上, 围绕变电站的电子智能设备 IED (Intelligent Electronic Device) 这种重要设备, 以变压器差动保护为例, 研究 IED 在变电站系统中的作用、功能、构成、信息流, 设计了该 IED 的数据对象模型, 阐述了采样测量数据基于发布/订阅方式的传输原理, 以仿真试验说明了 IEC61850 协议下 IED 模型设计的先进性和可行性。

## 1 IEC61850 中的 IED 的体系结构

IEC61850 提出了智能电子设备 IED 的概念, 认为 IED 是由一个或多个处理器构成、可接收外部命令和向外部资源发送数据控制命令的装置。IED 是一个实体, 在一定范围内、接口限定的条件下, 能够完成一个或多个指定逻辑任务。变电站的控制、

保护、计量、记录、通讯等功能分散到各 IED 上完成。

IEC61850 将变电站自动化系统划分为变电站层、间隔层和过程层三层。IEC61850 中 IED 的体系结构由图 1 所示。间隔层由 IED 组成, 根据分配的任务, IED 完成控制、保护、计量、记录等功能。过程层是对一次设备的信号映射, 由电子式电流/电压互感器 ECT/EVT、智能传感器、智能控制电路等构成的二次设备组成, 反映一次设备的状态量、信号量, 并接收间隔层的控制命令实现对一次设备的控制。IED 包括间隔层的保护、控制设备, 也可是过程层的电子多功能仪表、智能传感器、智能控制电路等。变电站功能是分层分布的, 系统功能由分布于 IED 中的逻辑设备 LD (Logical Device) 的逻辑节点 LN (Logical Node) 共同协调完成, 多个 LN 交互作用完成某个逻辑功能, 如功能 1 由 IED1 和 IED2 中的 LN 共同完成。

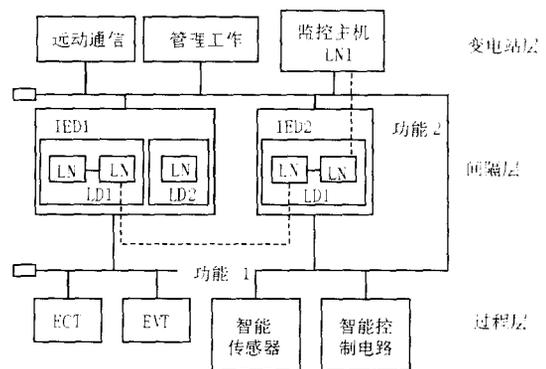


图 1 IEC61850 中 IED 的体系结构  
Fig 1 IED architecture of IEC61850

逻辑节点分布在各个间隔 (Bay)。间隔是变电站内一些具有共同功能、紧密连接的部分组合成的

基金项目: 西南交通大学科技发展基金资助项目 (2003A01)

逻辑区域。按照电压等级和高压设备所处位置,变电站被分为若干个间隔,每个间隔中有 1 个或多个 IED 设备。图 2 给出了一个小型变电站的间隔划分实例,该变电站被划分成 5 个间隔,进线、馈线、母线等被划分到各自电压等级的间隔,将变压器放到靠近进线的高压侧的间隔 1。

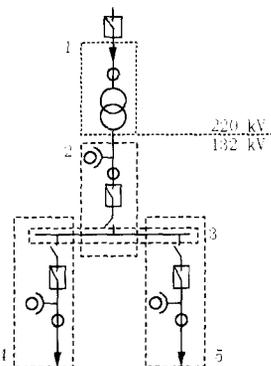


图 2 小型变电站间隔的划分实例

Fig 2 A partition example of bay in small substation

## 2 IED 的模型分析

变压器差动保护是变压器的主要保护,对它所实现的功能、IED 构成、信息流等模型分析如下。

保护功能和 IED 构成。变压器差动保护实现的功能有变压器差动保护、对保护中各逻辑节点参数进行设置与读取两大类,还包含过程层的 ECT 向间隔层的保护 IED 传送采集数据的功能。变电站大多数功能至少由三个逻辑节点组成:核心功能、处理接口、供操作人员访问的人机接口 (HMI)。变压器差动保护由变电站层的监控主机 (包括人机接口 HMI、警报和事件处理 CALH、远方控制接口 IIC 等)、间隔层的变压器差动保护 IED、过程层的电子式电流互感器 IED (ECT) 配合完成。保护 IED 由逻辑节点 LLN0、物理设备节点 LPHD、通用数据变量节点 GGD、测量节点 MMXU、电流互感器节点 TCTR、变压器差动保护节点 PIDF、断路器节点 XCBR 等构成。差动保护 IED 位于图 2 中的高压端间隔区 1。ECT 是带有以太网通讯接口的电子设备,从电流互感器采集信号通过 A/D 转换获得电流的瞬时数值,传送给差动保护 IED 使用。ECT 包含有 TCTR 节点的实例。

信息流。变压器差动保护中各 IED 之间的信息流如图 3 所示,ECT 按照预设采样率采集电流数据,以 IEC61850-9-2 协议组织报文将电流等采样值数据打包通过以太网上传给保护 IED 的 TCTR 节

点,进而传给 PIDF 逻辑节点,后者计算变压器原次边的电流差,判断是否超过整定的动作电流,决定保护是否动作,若需要动作,则发出“跳闸命令”给 XCBR。PIDF 逻辑节点将其状态信息、测量的电流值以及“启动”、“动作”的故障报告等传送给监控主机的 CALH 和间隔层的其它 IED。

在设置 IED 参数功能中,主机通过 HMI 对保护 IED 的 PIDF 节点的“工作曲线类型”、“最小相工作值”、“最小接地工作值”等参数,对 TCTR 的“额定电流”、“额定频率”等参数进行设置,对 ECT 的采样周期进行设置。

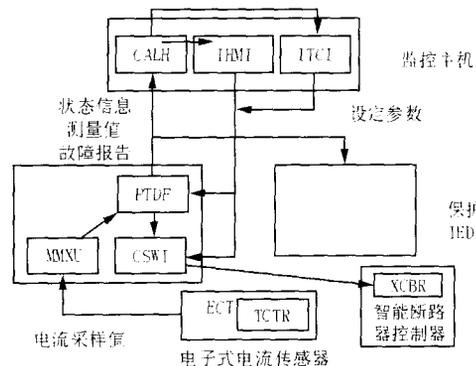


图 3 差动保护中 IED 间的信息流

Fig 3 Data flow among IEDs in the differential protection

## 3 IED 的数据对象模型

IEC61850 采用面向对象的设计方法,运用 UML 开发模型作静态和动态设计。用对象继承的方法设计不同层次的类,为系统建立了一个统一的数据对象模型,如图 4 所示。IED 中的服务器接口包含多个逻辑设备 LD,每个 LD 包含多个逻辑节点 LN,每个 LN 有数据和数据属性。基本数据类是最基础的一般类,公共数据类继承于基本数据类,兼容类继承于公共数据类。IEC61850 给出每个 IED 详细的类描述,包括其属性、服务方法,由每个 IED 中的服务器向外提供了访问接口。IED 间通过约定好的抽象通信服务接口 ACS/进行通讯。这样每个赋予一定任务的 IED 其逻辑和数据对外是清晰和可见的,IED 之间的通讯是透明的,因此容易实现 IED 间的互操作和设计的标准化。

本保护 IED 设计的逻辑节点有 LLN0、LPHD、GGD、MMXU、PIDF、TCTR、设置组控制值节点 SGCB 等,如图 5 所示。LLN0 代表逻辑设备的公共数据,如铭牌、设备运行状况信息等。LPHD 代表 IED 对应物理设备的公共数据,如物理设备的铭牌、

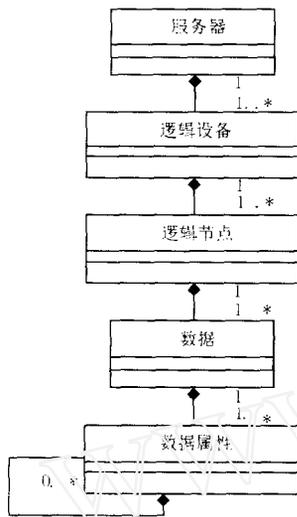


图 4 IEC61850的 IED对象模型

Fig 4 Object abstract model of IED in IEC61850

设备运行状况、自检报告等。GGD表示通用主装置或辅助装置的输入输出。MMXU从电流互感器节点获得电流值,计算其有效值,用于系统管理、屏幕显示、状态估计。PIDF类有“启动”、“动作”的状态信息和“工作曲线类型”、“最小相工作值”、“最小接地工作值”等设定参数。SGCB类专门负责对各逻辑节点设定参数的读取和设置,它有 GetSGValues、GetSGCBValues等读取服务和 SetSGValues、ConfirmEditSGValues等设置服务。

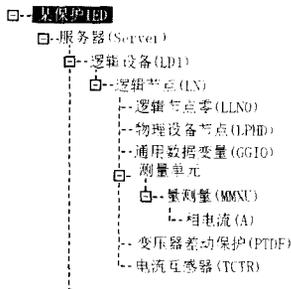


图 5 变压器差动保护节点的构成

Fig 5 Composite of logical node of transformer differential protection

ECT的发送缓冲区内容有额定电流、额定中心线电流、A、B、C相保护用电流、A、B、C相仪表用电流等 Sample [ 1...n ]数据集和 DataSet数据集引用名、SampleCnt采样计数、SmpRate采样率、OptFlds任选域、ConfRev配置版本号等参数。每个采样数值是公共数据类“采样值”(SAV)的实例,有模拟值 insMag、品质 q、时标 t等瞬时模拟量的属性。

ECT向保护 IED 的数据传输对时间约束要求

严,因此采用发布/订阅方式交换信息和数据,发布方有数据产生就立即向事先已订阅方传输数据。

IEC61850的采样测量值传输模型如图 6所示<sup>[2]</sup>。发布方按规定的采样率对信号进行采样,存入发送缓冲区,由调度程序组织成报文通过以太网发送出去;订阅方从接收缓冲区读取新数据,在数值上加上时标,通知应用程序。发布方的采样测量值控制(SVC)用于控制过程,订阅方可读取或经授权修改其中的采样率等控制参数。发布方和多个订阅方有两种方法交换采样测量值,基于多路广播的多路广播采样测量控制类 MSVCB和基于双边关联的单路传输采样测量控制类 USVCB。MSVCB类提供的服务有 SendMSVMessage发送 MSV 报文、GetMSVCBValues读取 MSVCB的属性值、SetMSVCBValues设置 MSVCB的属性值。

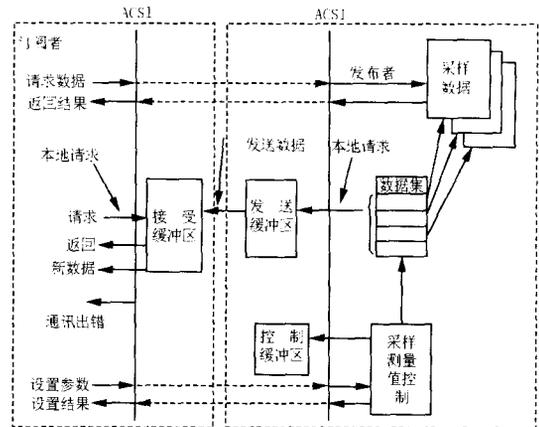


图 6 IEC61850的采样测量值传输模型

Fig 6 Transmission model of measured sample values

#### 4 仿真实例

这里给出变压器差动保护的实验系统。在 100 M的局域网上,它由三台计算机组成,分别代表监控主机、变压器差动保护 IED、电子式电流互感器 ECT。按照上面描述的信息模型进行设计,完成变压器差动保护和设置与读取参数的功能。电子式电流互感器 ECT以一点到多点的多播方式向差动保护 IED 传送电流数据(电流数据模拟产生),差动保护 IED 接收数据进行保护处理后将故障报警等处理结果上传到监控主机。监控主机上屏幕显示被监控设备的运行状态和报警情况,能够对间隔层保护 IED的各项参数、ECT的采样周期等参数进行设置。

ECT向差动保护 IED 传输数据采用发布/订阅模式,ECT发布数据,保护 IED 订阅接收数据。保

护IED向监控主机传送报告也属于发布/订阅模式。监控主机设置和读取参数属于客户/服务器模式。发布/订阅主要以UDP方式实现数据的传输。该实验证明了基于IEC61850协议运用面向对象的建模方法设计变压器差动保护能够保证先进性和可行性。

## 5 结束语

本文在IEC61850的基础上研究了变电站IED的模型设计,使得间隔层和过程层的各种监控、计量等设备的设计走向标准化和规范化,这方面的工作将在IEC61850的推广中做深入的研究。

## 参考文献:

- [1] 赵祖康,徐石明. 变电站自动化技术综述[J]. 电力自动化设备, 2000, 20(1): 38-42  
ZHAO Zu-kang, XU Shiming The Review of Substation Automation Technology[J]. Electric Power Automation Equipment, 2000, 20(1): 38-42
- [2] IEC61850, Communication Networks and Systems in Substation[S].
- [3] 谭文恕. 变电站通信网络和系统协议 IEC61850介绍[J]. 电网技术, 2001, 25(9): 8-11.  
TAN Wen-shu An Introduction to Substation Communication Network and System-IEC 61850[J]. Power System Technology, 2001, 25(9): 8-11.
- [4] 吴在军,胡敏强. 变电站通信网络和系统协议 IEC61850标准分析[J]. 电力自动化设备, 2002, 22(11): 70-72  
WU Zai-jun, HU Min-qiang Analysis of IEC 61850-Communication Networks and System in Substations[J]. Electric Power Automation Equipment, 2002, 22(11): 70-72
- [5] 孙军平,盛万兴,王孙安. 面向对象的变电站网络通信抽象模型[J]. 计算机工程与应用, 2002, 38(12): 210-213  
SU Jun-ping, SHENG Wan-xing, WANG Sun-an Object-oriented Abstract Model of Network Communication in Substation[J]. Computer Engineering and Application, 2002, 38(12): 210-213.
- [6] Andersson L, Brand K P, Wimmer W. The Communication Standard IEC61850 Supports Flexible and Optimized Substation Automation Architectures[A]. IEEE 2nd International Conference Integrated Protection, Control and Communication Experience, Benefits and Trends New Delhi(India): 17-23.
- [7] 徐立子. IEC61850对变电站自动化系统报文性能的要求[J]. 电网技术, 2002, 26(11): 1-3  
XU Li-zi Requirement of IEC 61850 to Performance of Messages for Substation Automation System[J]. Power System Technology, 2002, 26(11): 1-3.
- [8] 任雁铭,操丰梅,秦立军,等. MMS技术及其在电力系统通信协议中的应用[J]. 电力系统自动化, 2000, 24(9): 61-65.  
REN Yan-ming, CAO Feng-mei, QIN Li-jun, et al Research on MMS and Its Application in the Communication Protocol of Electric Power System[J]. Automation of Electric Power Systems, 2000, 24(9): 61-65.

收稿日期: 2004-12-09; 修回日期: 2005-03-28

## 作者简介:

童晓阳(1970-),男,副教授,博士研究生,研究方向是电力系统广域控制、分布式系统、智能Agent技术及应用;  
Email: xy\_tong@sina.com

王 勃(1967-),男,副教授,研究方向是综合自动化;

李映川(1974-),男,硕士研究生,研究方向是变电站自动化;

王晓茹(1962-),女,教授,博士生导师,主要研究方向是电力系统保护和安全稳定控制、配电网和变电站自动化技术。

## IED model design in substation based on IEC61850

TONG Xiao-yang, WANG Ren, LI Ying-chuan, WANG Xiao-ru

(School of Electric Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031)

**Abstract:** The model design of novel IED (Intelligent Electronic Device) based on the new substation communication network and standard IEC61850 is presented. The system architecture of IEC61850 is analyzed firstly. And logical model, information flow, data object model of IED are given in the following, with the design of transformer differential protection as a sample. The transmitting principle of sample values from ECT to IED based on publish/subscribe is expatiated. The test simulation indicates the advantages of the novel IED.

**Key words:** IED; model design; differential protection; IEC61850