

# 应用 IEC61850 规约的 220 kV 变电所继电保护设计

李慧<sup>1,2</sup>, 赵萌<sup>2</sup>, 杨卫星<sup>1,2</sup>, 何奔腾<sup>1</sup>

(1. 浙江大学电气工程学院, 浙江 杭州 310007; 2. 浙江省电力设计院, 浙江 杭州 310012)

**摘要:** IEC61850 确定的通信模式及系统体系结构是当今变电站自动化发展的趋势, 也是未来数字化变电站的支撑基础。介绍了应用 IEC61850 标准的 220 kV 变电站的继电保护设计方案, 该方案使用常规一次设备和符合 IEC61850 标准的智能二次设备结合的模式, 对数字化变电站的建设方案与常规系统的兼容模式进行了研究, 并对保护 GOOSE 应用实例进行介绍分析。同时, 根据实际工程经验对如何在实际工程中应用 IEC61850 标准提出了建议。

**关键词:** IEC61850; 继电保护; 变电所; 设计

## Relay protection design scheme of 220 kV substation for application of IEC 61850

LI Hui<sup>1,2</sup>, ZHAO Meng<sup>2</sup>, YANG Wei-xing<sup>1,2</sup>, HE Ben-teng<sup>1</sup>

(1. School of Electrical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310007, China;

2. Zhejiang Electric Power Design Institute, Hangzhou 310012, China)

**Abstract:** The communication mode and architecture based on IEC 61850 is the development tendency of substation automation and it is also the base of digital substation in future. This paper introduces the design scheme of 220kV substation relay protection for application of IEC 61850, which adopts a mode to combine the normal primary equipments with IED according to IEC61850 specification. It studies the design scheme of digital substation and the compatible mode of conventional substation. The paper also analyzes the instantiation of GOOSE application. It has reference meaning for understanding the development tendency of substation automation and studying how to apply IEC 61850 in practical engineering.

**Key words:** IEC61850; protection; substation; design

中图分类号: TM77 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2009)06-0060-04

## 0 引言

IEC61850 是基于通用网络通信平台的变电站自动化系统唯一国际标准。它采用抽象通信服务接口(ACSI)和特定通信服务映射(SCSM)的方法, 通过面向对象、面向应用开放的自我描述, 对数据对象统一建模, 实现对变电站自动化系统的功能、设备的互操作性。IEC61850 代表了自动化技术的发展趋势。使用常规一次设备和符合 IEC61850 标准的智能二次设备结合的模式, 浙江省电力公司在 220 kV 外陈(宣家)变进行 IEC61850 标准的实用化研究, 在该变电所实现了 IEC61850 标准在 IED 设备间、间隔层到站控层、站控层到调度中心的应用, 并投入生产运行。由于保护跳合闸命令以及间隔层联锁使用了 GOOSE(面向通用对象的变电所时间)报文实现, 使得 220 kV 变电所的继电保护设计产生了较大的变化, 传统模式下以接点配合方式进行信息交互而形成的保护功能, 改为以 GOOSE

报文进行信息交互而形成的保护功能。不仅改变了继电保护设计的内容和形式, 对保护功能分布也产生了一定影响。

## 1 IEC61850 标准主要特点以及 GOOSE 模型介绍

IEC 61850 标准是国际电工委员会(IEC) TC57 工作组(WG10/11/12)从 1995 年开始制定一部面向未来的变电站内的通信标准, 2004 年大部分内容正式颁布。我国将该标准等同引用为国家标准 GB/T 860<sup>[1]</sup>。

### 1.1 IEC61850 标准主要特点

IEC61850 标准是关于变电站自动化系统第一个完整的通信标准体系, 其核心可归纳为信息建模、抽象服务、具体映射三部分, 与传统通信协议体系相比, 在技术上有如下突出特点:

(1) 使用分布、分层体系: IEC61850 按照变电站自动化系统所要求完成的控制、监视和继电保护

三大功能从逻辑上和物理概念上将系统分为三层, 即变电站层(第2层)、间隔层(第1层)、过程层(第0层)。

(2) 采用与网络独立的抽象通信服务接口和特定通信服务接口: IEC61850 标准总结了电力生产过程特点和要求, 归纳出电力系统所必须的信息传输的网络服务, 设计出抽象通信服务接口 ACSII( Abstract Communication Service Interface), 使得信息模型及其服务不依赖于具体的通信协议栈。

(3) 采用面向对象、面向应用的自描述: IEC61850 标准对于信息均采用面向对象自我描述的方法, 传输时开销增加。由于网络技术的发展, 传输速率提高, 使得这种面向对象自我描述方法才有可能实现。

(4) 具有互操作性: IEC61850 标准中互操作性被表述为: “来自同一厂家或不同厂家智能装置 IED 之间交换信息和正确使用信息协同操作的能力”。IEC61850 标准采用 UML 作为建模语言。UML 可以帮助人们对现实世界问题进行科学地抽象, 进而建立简明准确的表示模型。这些模型成为标准后, 电力系统的各种应用就不再依赖信息的内部表示, 大家共用一种语言, 各种异构系统的集成将变得简单。各种 IED 之间就具有互操作性的可能。

1.2 GOOSE 模型

采样测量值和跳闸命令是过程总线上数据通信最为重要的两类信息。IEC61850 标准定义了两种抽象模型: 采样值传输(SAV)模型和通用的以对象为中心的变电站事件(GOOSE- generic object oriented substation event)模型。GOOSE 报文的核心内容可由用户灵活、自由定义, 不仅可以传输状态信息, 而且可以传输模拟量信息, 甚至可以传输时间同步信息等, 应用范围广泛<sup>[2]</sup>。

2 外陈(宣家)变整体设计方案

2.1 过程层

由于目前国内智能开关的应用比较少, 尤其是国内厂家这方面的产品还处在一、二次融合阶段, 试运行的时间都很短, 对环境的适应能力尚未经过考验, 因此对于外陈变电所考虑采用 IEC61850 标准, 对过程层一次设备的模拟量、开关量的采集和测控、保护命令的传输等仍通过传统的电缆连接方式, 各间隔智能 IED 设备独立的采集本间隔的信息, 二次 IED 设备集中布置在继电器室, 因此该变电所没有 IEC61850 意义上的过程层设备。

2.2 间隔层

间隔层设备与站控层设备间信息交换采用

100 M/10M 光纤以太网, 通信标准采用 IEC61850。

220 kV 电压等级间隔层设备的模拟量、开关量的采集仍由集中布置在继电器室的智能装置完成。监控、保护跳合闸命令的输出、保护间动作信息的交换则由间隔层网络完成, 通过 GOOSE 报文实现间隔联闭锁和保护跳合闸功能。

110 kV 及以下电压等级间隔层设备(即保护测控一体化 IED 装置)下放到开关柜, 间隔层设备与过程层设备间距离很近, 用通信网络实现间隔层和过程层信息交换没有技术意义, 同时将使成本大幅上升, 因此仍采用传统的模拟量输入和开关量输入输出回路。

直流系统、直流绝缘检测装置、直流电池巡检装置、电能量采集装置、微机消谐装置、消弧线圈自动调谐装置及 UPS 装置等需经规约转换后接入间隔层网络, 自动化系统的公用信息工作站配置足够数量的通信规约转换接口与这些设备通信。

2.3 系统网络结构(图1)

交换机主干环网具备网络自愈机制, 当主控楼任意一台交换机发生故障后, 网络通信链路将重建, 间隔层与站级层的通信以及间隔层设备之间的通信不会中断; 当主控楼两台交换机同时发生故障后, 间隔层设备和站级层设备的通信将中断, 间隔层设备之间的通信可以维持正常状态。

当继电器小室的任意一台交换机发生故障后, 网络通信链路将重建, 间隔层与站级层的通信以及间隔层设备之间的通信不会中断; 需采用 GOOSE 传送跳合闸命令的保护功能(包括 220 kV 线路保护、母差保护、断路器失灵保护等)均实现双重化, 且保护 GOOSE 采用双网双冗余机制传输, 可以保证保护继电保护功能不受影响。

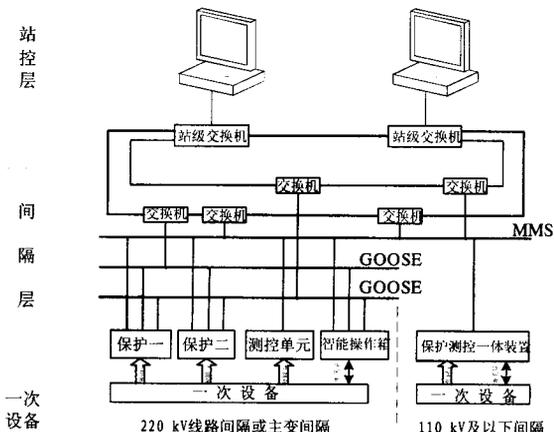


图1 变电站自动化网络系统结构示意图

Fig.1 Structural diagram of substation automation network system

### 2.4 继电器小室的设置

本工程站控层的 IED 设备布置在主控制室二层。110 kV、主变测控、继保等 IED 设备放置在就地继电器室；220 kV 监控单元、所用电、直流测控保护等 IED 设备放置在主控制楼继电器室；35 kV 一体化测控保护等 IED 装置就地放置在 35 kV 开关柜上。

### 3 外陈（宣家）变继电保护设计方案

根据上述 IEC61850 通信标准定义的功能层次，采用常规一次设备和符合 IEC61850 标准的智能二次设备结合的模式实现 220 kV 外陈变对 IEC61850 的应用。

1) 模拟量采集：因未配置过程层，所有模拟量均通过电缆直接接入各智能设备。

2) 开关量的采集以及跳合闸命令的执行：配置智能操作箱，接入由开关场一次设备来的开关量。智能操作箱连接到变电站间隔层 GOOSE 网，本间隔的保护以及母差、主变等跨间隔装置均通过 GOOSE 网交换机获取信息；各设备的跳合闸命令通过 GOOSE 网交换机发送给智能操作箱，经智能操作箱以接点形式发送到一次设备。智能操作箱在继电器室与保护装置统一组屏。

3) 各智能设备之间信息交换：包括各保护装置的开入量、保护之间的相互启动与闭锁、断路器失灵保护等均通过 GOOSE 网交换机传送信息，不需要传统的控制电缆。

4) GOOSE 主要包括的内容：根据以上方案结合浙江省继电保护应用现状，典型 220 kV 线路间隔的 GOOSE 主要内容如图 2 所示。

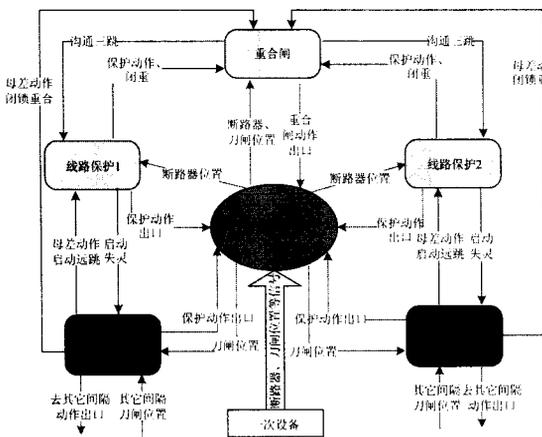


图 2 典型 220 kV 线路间隔的 GOOSE 主要内容

Fig.2 Main content of GOOSE of a typical 220 kV power line

5) 故障录波器设置：故障录波器为故障后分析

提供重要依据。由于采用传统一次设备，故障录波器的模拟量通道和常规变电所一致；因为采用了智能操作箱作为开关量的转接单元，因此录波器开关量输入采用由智能设备通过间隔层网络获取的方式。

### 4 GOOSE 应用举例分析

由于采用 GOOSE 报文进行间隔层 IED 设备间的信息交互，启动失灵、启动重合等功能可在母差、线路保护等装置中实现，而无需经操作箱通过中间继电器扩展各类出口接点。此时，操作箱不再收发与启动失灵、启动重合相关的 GOOSE 信号。

以下通过对线路保护重合闸、远跳、断路器失灵等保护功能的实现，举例分析 GOOSE 在继电保护中的应用。

#### 4.1 线路保护重合闸（图 3）

GOOSE 输入有：保护动作启动重合输入（线路保护的相相跳闸信号）、闭锁重合闸信号（线路保护的闭锁重合信号、母差三跳、其他闭锁信号）。

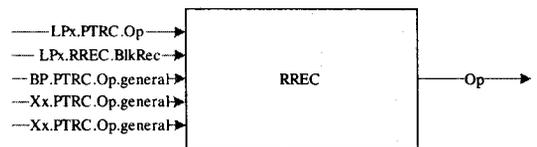


图 3 线路保护重合闸 GOOSE (实例 1)

Fig.3 Auto reclose GOOSE (Instantiation 1)

#### 4.2 线路保护远跳远传（图 4）

GOOSE 输入有：远跳（来自母差）、远传（来自其它保护）。

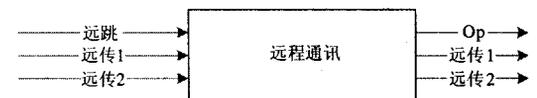


图 4 线路保护远跳远传 GOOSE (实例 2)

Fig.4 Remote trip GOOSE (Instantiation 2)

#### 4.3 断路器失灵保护（图 5）

GOOSE 输入有：失灵起动（来自线路、母联、变压器等的起动和跳闸信号，支持分相跳闸和三跳）。

GOOSE 输出有：母差起动信号、发给各个间隔的跳闸和远跳信号。

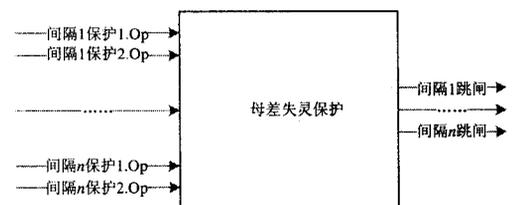


图 5 断路器失灵 GOOSE (实例 3)

Fig.5 Breaker failure protection GOOSE (Instantiation 3)

## 5 经验与探讨

继电保护等二次智能设备采用 IEC61850 通信协议,利用快速以太网特性,替代保护监控等智能设备间的二次电缆,二次电缆(IED 设备间的电缆)减少,二次接线工作量明显减少。

智能设备间信息交换均通过通信网络完成,变电站在扩充功能和扩展规模时,只需在通信网络上接入新增设备,无需改造或更换原有设备。

数字化变电站的所有智能设备均按统一的标准建立信息模型和通信接口,设备间可实现无缝连接,解决设备间的互操作问题。

智能设备间信息交换均通过通信网络完成,按统一的通信标准接入变电站通信网络。各智能设备可在一定程度上共享统一的信息平台,从而可避免设备重复。

通信系统传输的信息更完整,通信的可靠性和实时性都大幅度提高,进一步提高自动化和管理水平。

应用 IEC61850 通信协议的变电所继电保护设计的主要内容及设备电气二次接线转移到智能设备信息配置表、系统网络交换机配置等,对设计者的网络知识、IEC61850 标准的应用水平提出较高的要求。

外陈(宣家)变通过采用常规一次设备和符合 IEC61850 标准的智能二次设备结合的模式实现对 IEC61850 的应用,将采用 IEC61850 通信协议的优越性得到较为充分的体现,且在间隔层、站控层已经较为完整地实现了 IEC61850 通信标准的应用。在此成功的基础上,在智能开关等设备技术成熟时,应在包括过程层全面实现 IEC61850 通信标准的应用,取消一次设备到间隔层设备的常规电缆,提高测量、传输精度,使自动化应用水平再上一个台阶。

### 参考文献

- [1] 任雁铭,秦立军,杨奇逊. IEC61850 通信协议体系介绍和分析[J]. 电力系统自动化, 2000,24(8):62-64.  
REN Yan-ming, QIN Li-jun, YANG Qi-xun. The Introduction and Analyses of IEC 61850 Communication Protocol[J]. Automation of Electric Power Systems, 2000,24(8):62-64.
- [2] 殷志良,刘万顺,杨奇逊,等. 基于 IEC61850 的通用变电所事件模型[J]. 电力系统自动化, 2005,29(19):45-50.  
YIN Zhi-liang, LIU Wan-shun, YANG Qi-xun, et al. Generic Substation Event Model Based on IEC 61850[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005,29(19):45-50.
- [3] 朱炳铨,任雁铭,姜健宁,等. 变电所自动化系统实现 IEC 61850 的过渡期策[J]. 电力系统自动化, 2005,29(23):54-57.  
ZHU Bing-quan, REN Yan-ming, JIANG Jian-ning, et al. Strategly for Implementation of IEC 61850 in Substation Automation System During Transitional Period[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005,29(23):54-57.
- [4] 徐礼葆,刘宝志,郝燕丽. 开放式数字化变电站自动化系统的讨论[J]. 继电器, 2004,32(6):40-44.  
XU Li-bao, LIU Bao-zhi, HAO Yan-li. The Discussion of Open Type Transformer Substation Automation[J]. Relay, 2004,32(6):40-44.
- [5] 童晓阳,李岗,陈德明,等. 采用 IEC61850 的变电站间隔层 IED 软件设计方案[J]. 电力系统自动化, 2006,30(14):54-57.  
TONG Xiao-yang, LI Gang, CHEN De-ming, et al. IEC 61850 Based Software Design Scheme of Bay Level IED in Substations[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006,30(14):54-57,81.

收稿日期: 2008-05-06; 修回日期: 2008-06-24

作者简介:

李慧(1971-),女,高级工程师,从事电力系统继电保护设计; E-mail: li\_hui@zepdi.com

赵萌(1959-),男,高级工程师,从事电力系统继电保护设计;

杨卫星(1979-),男,工程师,从事电气二次设计。