

## 基于 SDH 网络的广域保护系统研究

殷玮珺<sup>1</sup>, 袁丁<sup>2</sup>, 李俊刚<sup>3</sup>, 韩如月<sup>4</sup>, 狄军峰<sup>3</sup>, 魏勇<sup>3</sup>

(1. 江苏天源招标有限公司, 江苏 南京 210018; 2. 江苏徐州供电公司, 江苏 徐州 450052;  
3. 许继电气股份有限公司, 河南 许昌 461000; 4. 内蒙古工业大学电力学院, 内蒙古 呼和浩特 010080)

**摘要:** 阐述了广域保护的基本概念及主要特点, 并对广域系统构造、网络通信平台、保护方案实现等加以分析, 提出了基于集中分布式的新型广域保护系统, 运用先进的 SDH 光纤自愈环网, 满足广域保护对网络实时性、可靠性的要求。以 IEC61850 建模为基础, 提出了广域保护中心和保护子站设计方案。在单个变电站内, 利用站内信息, 保护子站实现集中保护; 在广域电网范围, 利用广域信息, 保护中心实现广域保护功能; 两者利用保护信息的配合, 保证电网的安全可靠运行。

**关键词:** 广域保护; SDH; 集中分布式; 保护中心; 保护子站; 集中保护

### Research on wide-area protection system based on SDH network

YIN Wei-jun<sup>1</sup>, YUAN Ding<sup>2</sup>, LI Jun-gang<sup>3</sup>, HAN Ru-yue<sup>4</sup>, DI Jun-feng<sup>3</sup>, WEI Yong<sup>3</sup>

(1. Jiangsu Tianyuan Bidding Limited, Nanjing 210018, China; 2. Power Grid of Xuzhou, Xuzhou 450052, China;  
3. XJ Electric Corporation Limited, Xuchang 461000, China; 4. School of Electric Power,  
Inner Mongolia University of Technology, Hohhot 010080, China)

**Abstract:** This paper describes the basic concept and main features of the wide-area protection, and analyzes the wide-area system configuration, network communication platform and protection scheme implementation. A new wide-area protection system based on focus-distributed type is proposed, which uses advanced SDH optical fiber self-healing ring network to meet the demands for network communications in real time and dependability. At the same time, based on IEC61850 modeling, the design scheme of protection center and the protection sub-station is presented. In a single substation, using station information, sub-stations achieve centralized protection; in the range of wide-area network, using wide-area information, protection center achieves wide-area protection; using both of the protection information, the safe and reliable operation of power system is ensured.

**Key words:** wide-area protection; SDH; focus-distributed type; protection center; protection sub-station; centralized protection

中图分类号: TM77 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2011)05-0120-04

## 0 引言

随着社会经济的发展, 人们对电力的需求和依赖越来越大, 对安全稳定供电的要求越来越高。然而, 随着互联网区域的扩大, 交换容量的增加, 电网电压等级的提高, 由互联网故障引起的特大停电事故几乎成为社会灾难, 停电造成的损失也越来越大。而保障互联网的运行安全性, 避免重大停电事故的发生却变得越来越困难。这说明电力系统对继电保护和自动控制的要求越来越高, 而人们对大型电力系统的安全运行和控制规律的认识仍然不够深刻, 现有的继电保护系统和自动控制系统依然不能完全保障大容量电力系统的安全运行。只有为电网配置广域保护系统, 利用电网多点

信息, 实现保护装置之间动作的协调配合, 避免出现因切除故障引起潮流转移而导致保护装置连锁跳闸造成整个系统停电的现象。

电网广域信息是广域保护系统保护策略制定的依据, 因此, 实时、快速地收集并处理整个电网的信息是实现广域保护的基础<sup>[1]</sup>。计算机技术和网络通信技术的高速发展, 以及数字化、智能化变电站的推出, 为广域保护的实现提供有利的技术条件与支持。

纵观国内外关于广域后备保护理论的研究, 目前提出的广域保护系统可以分为两类<sup>[2]</sup>: 一类是利用广域信息, 主要完成安全监视、控制、稳定边界计算、状态估计等功能, 其侧重点在广域信息的利用和安全功能的实现; 另一类则是利用广域信息完



按OSI标准以及IEC61850规范建立的广域保护系统通信模型<sup>[6]</sup>和采用的相关协议如图2所示。报文传输的可靠性靠各层通信协议来保证。

IEC61850	用户数据层
MMS	应用层
TCP(UDP)/IP	网络层
ATM技术	数据链路层
SDH光纤自愈环网	物理层

图2 广域保护系统通信模型

Fig.2 Wide-area protection system communication model

如图2所示,物理层采用以SDH光纤环网,数据链路层采用ATM技术。工业控制现场常用的总线型网络(如以太网)的传输通道都是共享的,通道共享就难免产生冲突,因此,在链路层上采用CSMA/CD(带冲突检测的载波侦听多路访问)协议。网络上的某个节点只有确认网络空闲之后才能发送信息,如果多个节点几乎同时检测到网络空闲并发送信息,则产生冲突。检测到冲突的发送信息的节点必须采用某种算法(如回溯算法)来确定延时长短,延时结束后重复上述过程再试图发送。要在链路层上保证报文传输的可靠性,必须减小各发送节点之间的冲突,控制好每段网络所带节点的个数。TCP/IP协议是目前应用最广泛的协议之一。TCP是传输控制层协议,IP是网络层协议,数据在最终都要打IP数据包在网络中传送。TCP协议是面向链接的带差错控制和重传机制的协议,有较高的可靠性,但是由于带有确认和重传功能,不利于信息的快速传输,这就造成了通信快速性和可靠性之间的矛盾。可采用UDP/IP协议取代TCP/IP,UDP不是面向链接的,不具备接收确认和重传功能,在保证网络不发生较严重拥塞的前提下可作为一种折衷方案。在应用层采用制造报文规范(MMS)——ISO9506标准。该标准提供了丰富的读写定义以及形成数据对象等通信服务,并定义了当执行相关服务时,设备所应表现出的网络可见行为。MMS还具有定义和处理逻辑对象的强大能力。通过定义设备对象、服务、行为,使设备之间具有很高的互操作性。同时,IEC61850也完全支持从其抽象通信服务接口(ACSI)到MMS的映射。因此,将GSSE信息模型映射到MMS是非常简单的。

### 2.3 SDH网络实时性分析

继电保护的動作时间直接关系到电网的安全,所以对通道的传输延时要求非常严格。在本系统中传输延时与通信介质类型、网络带宽、报文长度有

关。以带宽 $M_t$ 为100 M的以太网为例,设传输距离 $S_t$ 为100 km,传输速度为光速 $F_t$ 的2/3,报文长度 $L_t$ 为5 000 bit,则报文在介质上的传播时延 $T_d$ 为:

$$T_d = S_t / (F_t \times 2/3) \text{ s}$$

$$T_d = 1 \times 10^5 / (3 \times 10^8 \times 2/3) \text{ s}$$

$$T_d = 0.5 \text{ ms}$$

报文发送时间为:

$$T_t = L_t / (1 \times M_t) \text{ s}$$

$$T_t = 5\ 000 / (1 \times 10^8) \text{ s}$$

$$T_t = 0.05 \text{ ms}$$

设接收时间与发送时间相等,那么报文从一端开始发送,到另一端全部接收完毕,所用的时间 $T_{total}$ 为:

$$T_{total} = T_d + 2T_t = 0.6 \text{ ms}$$

从上面计算可以看出,增大网络带宽或减小每段报文的位数都可以缩短报文传输延时,但在实际应用中,报文的长度不可能很小,长度越小传输效率越低。鉴于继电保护对通信实时性的要求,以及站域保护系统通信信息量大、通信频繁的特征,位于站域保护通信系统最低层的物理载体必须是能够提供大带宽和高速度的通信媒介。SDH光纤通信网即能满足上述要求。

## 3 保护中心与保护子站

### 3.1 保护中心

保护中心是整个系统的大脑,在获得广域信息后,会做出相应的保护和控制决策,因此就显得格外重要,保护中心结构图如图3所示。

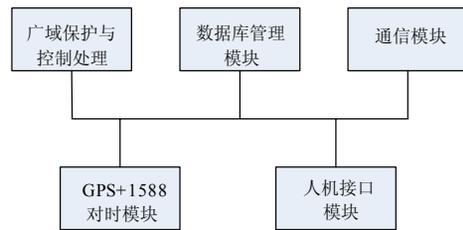


图3 保护中心系统结构

Fig.3 Protection center system architecture

对于保护中心而言,如何处理信息、采用何种保护和控制策略尤为重要,一方面要保证保护的快速性,另一方面,又要保证保护的可靠性。采用实时操作系统,依据广域信息进行IEC61850建模<sup>[7]</sup>。

保护中心设备主要是接受各保护子站传递过来的各点状态信息,监视区域电网运行状态,可基于广域信息进行故障后紧急控制。由于保护中心设备接受的是较大区域电网的各点状态量,数据量较大,因此配置了数据库管理模块,用数据库的形式将众

多数据进行管理优化, 供广域保护处理 CPU 进行运算时使用。广域保护处理 CPU 对运算速度、数据处理能力都要求比较高, 因此可采用性能优异的工业控制计算机。保护中心设备在大多数情况下是对区域电网运行状况进行监视, 供运行人员了解电网的实时运行状况。

### 3.2 保护子站

广域继电保护的功能实现是以保护子站为中心完成的。子站依据集中保护策略进行 IEC61850 建模<sup>[8]</sup>。面向整体功能建模, 整体建模可减少部分模型的重复, 对于单个变电站来说, 一个保护子站就是一个站内集中保护。只需站内信息即可完成的保护, 在子站上即可实现。这种集中保护有无可比拟的优势<sup>[9]</sup>。而需要外部信息才能实现的保护, 可以通过 SDH 网络获取必要的信息。

增加了 1588 时钟信号处理模块和远程网络通信模块, 能在统一时钟坐标下进行实时采样, 并把采集到的电气量信息和本地故障判断信息通过远程网络通信模块在广域网络上共享。

保护子站的设计: 遵循开放式体系结构, 借鉴工业控制机小型化、组合化、模块化和标准化的思想, 本文设计的保护子站采用插件式结构, 将保护子站的各个功能单元模块化。具体说来, 保护子站的插件包括中央处理插件、GPS+1588 时钟信号处理插件、远程网络通信插件、本地网络通信插件、人机界面插件、电源管理插件、执行插件等。中央处理插件负责整个局域系统信息采集、处理和控制在保护子站最核心的部分。系统构架如图 4 所示。

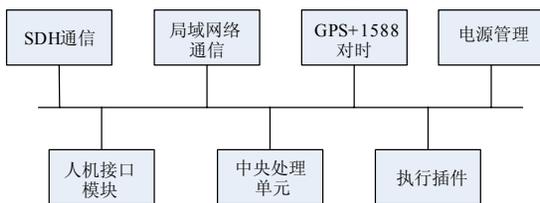


图 4 保护子站系统结构

Fig.4 Protection sub-station system architecture

## 4 结语

本文对广域保护系统进行分析。将集中控制模式和分布控制模式结合起来, 提出了一种基于 SDH 光纤自愈环网的系统构架。讨论了广域保护通信系统的特点, 设计了满足继电保护对信息传输实时性和可靠性要求的网络。最后, 提出了保护中心和保护子站的设计方案。广域保护中心和站内保护子站二者的保护互相配合。保证大电网安全可靠的运行。因此, 对智能电网的研究有重要的示范意义。

## 参考文献

- [1] 丁道齐. 未来型电力系统的广域测量和通信[J]. 电力系统通信, 2004(11): 1-6.  
DING Dao-qi. The wide-area measurement and communications of future type electric power system[J]. Power System Communication, 2004(11): 1-6.
- [2] 徐天奇, 尹项根, 游大海, 等. 广域保护系统功能与可行结构分析 [J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(3): 93-97.  
XU Tian-qi, YIN Xiang-gen, YOU Da-hai, et al. Analysis on functionality and feasible structure of wide area protection system[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(3): 93-97.
- [3] 易俊, 周孝信. 电力系统广域保护与控制综述[J]. 电网技术, 2006 (4): 7-12.  
YI Jun, ZHOU Xiao-xin. A survey on power system wide-area protection and control[J]. Power System Technology, 2006 (4): 7-12.
- [4] 吴国阳, 王庆平, 李刚. 基于数字化变电站的集中式保护研究[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37 (10): 15-18.  
WU Guo-yang, WANG Qing-ping, LI Gang. Study of centralized protection based on digital substation[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37 (10): 15-18.
- [5] 肖健, 文福拴. 广域保护及其应用[J]. 电力系统及其自动化学报, 2008 (4): 22-30.  
XIAO Jian, WEN Fu-shuan. Wide-area protection and its applications[J]. Proceedings of the CSU-EPSA, 2008 (4): 22-30.
- [6] 刘英亮, 丛伟, 张洁. 基于 IEC61850 的广域保护系统通信服务模型[J]. 继电器, 2007, 35 (8): 9-13.  
LIU Ying-liang, CONG Wei, ZHANG Jie. Communication service model for wide area relaying protection system based on IEC61850[J]. Power System Protection and Control, 2007, 35 (8): 9-13.
- [7] 王阳光, 尹项根, 游大海. 遵循 IEC61850 标准的广域电流差动保护 IED[J]. 电力系统自动化, 2008 (1): 53-58.  
WANG Yang-guang, YIN Xiang-gen, YOU Da-hai. Development of wide area current differential protection IED conforming with IEC 61850[J]. Automation of Electric Power Systems, 2008(1): 53-58.
- [8] 徐振明, 翟富昌, 李绍滋. 基于 IEC61850 标准的电力系统的两种建模方式[J]. 继电器, 2008, 36 (6): 55-58.  
XU Zhen-ming, ZHAI Fu-chung, LI Shao-zi. Two modeling methods of power system based on IEC61850 standard[J]. Relay, 2008, 36(6): 55-58.
- [9] 国家电网公司. 数字化电网及数字化变电站关键技术研究框架[S]. 2007.  
State Grid Corporation of China. Key technologies research framework of digital power grid and digital substation[S]. 2007.

(下转第 127 页 continued on page 127)

线路间隔保护GOOSE配置表

逻辑连线		起点			终点		
编号	名称	设备名称	虚端子号	数据属性	设备名称	虚端子号	数据属性
LL01	断路器A相位置	220 kV 云山1线智能终端-PSIU 601	OUT02	RPIT/QOAXCBRI.Pos.stVal	220 kV 云山1线智能终端-PSL603U	IN01	GOLD/GOINGGD01.DPCS01.stVal
LL02	断路器B相位置	220 kV 云山1线智能终端-PSIU 601	OUT03	RPIT/QOAXCBRI.Pos.stVal	220 kV 云山1线智能终端-PSL603U	IN02	GOLD/GOINGGD01.DPCS02.stVal
LL03	断路器C相位置	220 kV 云山1线智能终端-PSIU 601	OUT04	RPIT/QOAXCBRI.Pos.stVal	220 kV 云山1线智能终端-PSL603U	IN03	GOLD/GOINGGD01.DPCS03.stVal

图 3 220 kV 线路间隔保护 GOOSE 配置表 (部分)

Fig.3 GOOSE configuration chart of 220 kV line interral protection(part)

## 4 结语

本文针对数字化变电站保护装置 GOOSE 应用的新特点,研究提出了一种全新的GOOSE“虚端子”设计方法,包括虚端子、逻辑连线图、GOOSE 配置表等内容,很好地解决了数字化变电所保护装置 GOOSE 信息无接点、无端子、无接线、设计难以表现等问题,达到了“数字化变电站是设计出来”的要求。

GOOSE“虚端子”设计方法在 500 kV 兰溪变工程实践中首次应用,取得了很好的设计效果,目前该设计方法已获得了国家知识产权局发明专利申请受理,并已进入实质性阶段。该方法不仅能应用于保护 GOOSE 的设计,对数字化变电站其他领域的设计也能起到指导和借鉴作用。

## 参考文献

- [1] 变电站通信网络和系统 IEC 61850[S].  
Communication network and system of substation IEC 61850[S].
- [2] 丁峰, 陆承宇. 基于IEC61850标准的变电站防误闭锁工程应用[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(9): 96-99.  
DING Feng, LU Cheng-yu. Engineering application of interlocking in substation based on IEC 61850[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(9): 96-99.
- [3] 何世恩, 刘峻. IEC 61850数字化变电站对继电保护专业的影响[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(3): 1-4.

HE Shi-en, LIU Jun. Impacts of IEC 61850 digital substation on relaying protection[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(3): 1-4.

- [4] 刘贞, 殷小虹. 智能变电站的实现[J]. 机电信息, 2009 (36): 26-29.  
LIU Zhen, YIN Xiao-hong. The realization of intelligent substation[J]. Electromechanical Information, 2009 (36): 26-29.
- [5] 李慧, 赵萌, 杨卫星, 等. 应用IEC61850规约的220 kV 变电所继电保护设计[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(6): 60-63.  
LI Hui, ZHAO Meng, YANG Wei-xing, et al. Relay protection design scheme of 220 kV substation for application of IEC 61850[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(6): 60-63.
- [6] QGDW-11-152-2009 IEC 61850工程应用模型[S].  
QGDW-11-152-2009 The model of IEC 61850 engineering application[S].

收稿日期: 2010-02-23; 修回日期: 2010-03-26

作者简介:

高亚栋 (1978-), 男, 工程师, 主要从事电力系统二次设计和咨询工作; E-mail: gyd.zj@163.com

朱炳铨 (1967-), 男, 高级工程师, 主要从事电力系统调度专业管理工作;

李慧 (1971-), 女, 高级工程师, 主要从事电力系统二次设计和咨询工作。

(上接第 123 页 continued from page 123)

收稿日期: 2010-02-05; 修回日期: 2010-08-19

作者简介:

殷玮璐 (1982-), 女, 本科, 研究方向为继电保护及其自动化;

袁丁 (1977-), 男, 硕士, 研究方向为电网调度运行与控制;

李俊刚 (1981-), 男, 硕士, 研究方向为智能变电站系统及相关产品研发。E-mail: aogusdu@gmail.com