

数字化变电站备自投

彭磊, 杨光

(郑州供电公司, 河南 郑州 450006)

摘要: 简要介绍了 IEC61850 通信体系变电站自动化系统接口模型, 通过对数字化变电站中的关键技术采样值 (SMV) 传输机制及面向通用对象的变电站事件 (GOOSE) 模型的实时性和可靠性的阐述, 结合某数字化变电站的运用实例, 介绍了网络化备自投的实现方案、备自投逻辑功能实现方式。提出了数字化变电站中网络化备自投实现的可行性方案。

关键词: IEC61850; 采样值 SMV; GOOSE; 备自投; 数字化变电站

Spare power source automatic switching device for the digital substation

PENG Lei, YANG Guang

(Zhengzhou Power Supply Company, Zhengzhou 450006, China)

Abstract: This paper briefly introduces the interface model of substation automation system of IEC61850 communication system. By expounding the key technology of digital substation samples value (SMV) transmission mechanism and the common object oriented substation events (GOOSE) model of real-time and reliability, and combining one example of the digital substation, it introduces the realizing plan of the networking spare power source automatic switching device and the implementation way of logical functions of the spare power source automatic switching device, and proposes the feasibility plan of realizing the networking spare power source automatic switching device in a digital substation.

Key words: IEC61850; SMV samples values; GOOSE; spare power source automatic switching device; digital substation

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2009)23-0058-04

0 引言

随着电子式电流、电压互感器的工程应用, 智能接口单元与传统开关设备有机结合, 变电站一次设备数字化和智能化工作进入逐步成熟与工程阶段。虚拟以太网组网技术及高速光纤通讯技术的快速发展, 已经满足了电力系统对数据实时性、可靠性的要求。面向对象的变电站唯一标准, IEC61850 的颁布, 统一了电力系统变电站建模标准。而网络化采样技术及基于网络的 GOOSE 机制的成功应用, 标志着变电站综合自动化技术已经迈入了数字化、智能化的新时代。网络化保护也逐步成为现实。通过数据采集数字化和网络化, 实现数据共享、信息共享, 有效减少了设备冗余而更加经济。网络化备自投就是网络化保护最成功的运用。

1 变电站自动化系统接口模型

按照变电站自动化系统所要完成的控制、监视和继电保护三大功能, IEC61850 从逻辑上将系统分为三层, 即变电站层, 间隔层和过程层。这些层间

逻辑接口的逻辑关系如图 1 所示。

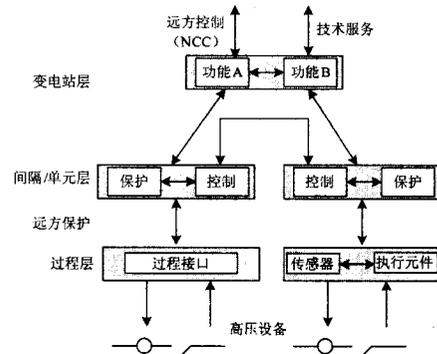


图 1 变电站自动化系统功能层间逻辑接口

Fig.1 Logic interface between functional layers of substation automation system

(1) 过程层主要完成开关量, 模拟量采样和控制命令的发送等与一次设备相关的功能。通过逻辑接口 4 和 5 完成与间隔层的通讯功能。

(2) 间隔层的功能是利用本间隔的数据对本间隔一次设备产生作用, 如线路保护设备或间隔单元控制设备就属于这一层。间隔层通过逻辑接口 4 和

接口 5 与过程层通信, 通过逻辑接口 3 完成间隔层内部的通信功能。

(3) 变电站层的功能分为两类: 一是与过程相关的功能, 主要指利用各个间隔或全站的信息对多个间隔或全站的一次设备发生作用的功能, 如备自投或全站范围内的闭锁等, 变电站层通过逻辑接口 8 完成通信功能。二是与接口相关的功能, 主要指与远方控制中心工程师站及人机界面的通信, 通过逻辑接口 1、6、7 完成通信功能。

2 采样值传输

电子式互感器的各相电流、电压传感器均配置有数据采集器, 采集器将一次采集的光信号或模拟量小信号就地转换成数字量信号, 通过光纤接入合并器。采集器至合并器之间的接口通讯在 IEC60044-7/8 中做了规范。合并器将接收的各项采集器数据进行数据同步综合处理, 最后以数字量信号通过光纤输出给间隔层的保护、测控、计量等设备。合并器和间隔层设备间通信接口的标准有两种模式: IEC61850-9-1 和 IEC61850-9-2。随着网络技术的飞速发展, 采用 IEC61850-9-2 模式的网络化采样技术因其接线简单, 数据共享等优势, 必将取代接线复杂, 扩展性差的点对点采样值传输模式 IEC61850-9-1 规约。

表 1 IEC61850-9-1 与 IEC61850-9-2 分析对比表

Fig.1 Comparison between IEC61850-9-1 and IEC61850-9-2

| 对比项目 | IEC 61850-9-1 | IEC 61850-9-2 |
|-------|-------------------------------------|---|
| 安装方式 | 点对点方式, 光缆铺设量大, 合并单元安装方式不灵活 | 网络传输模式, 光缆铺设量大幅减少, 合并单元安装方式灵活 |
| 跨间隔保护 | 对于母差、主变等保护必须加装数据处理单元, 对数据处理单元性能要求较高 | 信息交互网络化, 各间隔数据在过程层网络上实现共享, 对于主变、母差等保护, 实现方式灵活简单, 不再需要加装数据处理单元 |
| 光口数量 | 由于采用点对点方式, 需要过程层设备提供大量的光口, 不便于运行维护 | 不需要大量光口, 降低了装置制造成本, 同时也便于运行维护 |
| 配置模式 | 简单固定, 帧格式不允许改变, 对 ASCII 模型的支持不够完备 | 灵活方便, 帧格式可以根据技术需求进行修改, 全面支持 ASCII 模型 |

随着网络管理功能交换机技术的迅速发展和其成本的降低, 采样值网络传输模式已经在数字化变

电站得到现场应用, 在 IEC61850 规约第 9-2 部分对这种采样值传输方式做了规范。9-2 方式中合并器将数字量采样信号以光纤方式接入过程层网络, 间隔层保护、测控、计量等设备不再与合并器直接相连, 而都是通过过程层网络获取采样值信号, 这样就达到了采样信号的信息共享。通过交换机本身的优先级技术、虚拟 VLAN 技术、组播技术等可以有效地防止采样值传输流量对过程层网络的影响。更主要的方面在于网络传输模式有效地解决了点对点传输模式下的一些缺陷。

IEC 61850-9-1 方案模式简单, 工程实施的技术难度小, 但不够灵活; IEC 61850-9-2 方案则更灵活方便, 更符合数字化变电站数字化网络传输的发展方向。图 2 是 IEC61850-9-2 网络传输示意图, 图 3 是 IEC61850-9-1 点对点传输示意图。

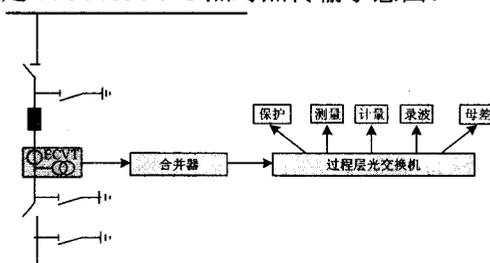


图 2 IEC61850-9-2 网络传输示意图

Fig.2 Network transmission diagram of IEC61850-9-2

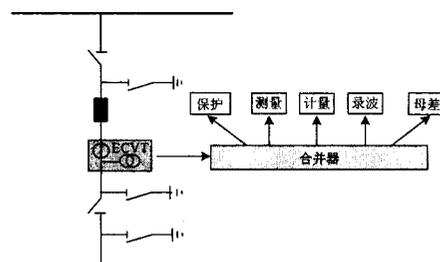


图 3 IEC61850-9-1 点对点传输示意图

Fig.3 Point-to-point transmission diagram of IEC61850-9-1

3 GOOSE 的实时性及可靠性

针对变电站自动化功能的分布式实现, IEC61850 定义了面向通用对象的变电站事件 (GOOSE) 模型。标准规定间隔闭锁和跳闸信号传输均通过 GOOSE 报文传输实现。

(1) GOOSE 报文传输的实时性

为了保证跳闸命令的快速传输, IEC61850-5 规定 GOOSE 报文传输延迟不得超过 4 ms。为实现 GOOSE 报文的实时传输, 必须对协议堆栈传输进行优化, 与其它报文 (如事件记录、报告等) 传输映射实现不同, GOOSE 报文的映射实现不经

TCP/IP 协议, 只用了国际标准化组织开放系统互联 (ISO/OSI) 中的 4 层, 即由应用层传输表示层 (ASN.1 编码) 后, 直接映射到底层 (数据链路层和物理层), 在数据链路层中, 为了提高报文传输速度, 采用 IEC802.1Q, 在数据中增加了优先级内容。

为保证跳闸命令传输的实时性, 构建过程总线通信网络时, 采用工业级的支持优先级和虚拟局域网 (VLAN) 功能的交换机。除了保护跳闸命令传送采用GOOSE报文外, 开关位置信号、一次设备状态信号也同样采用GOOSE报文。在应用IEEE802.1Q时, 应对这些报文采用不同的优先级。一般地, 将保护跳闸命令和闭锁命令设为最高级, 而遥控分合闸、断路器位置信号等设为次高级, 普通级则授予刀闸位置信号和一次设备状态信号。

(2) GOOSE报文传输的可靠性

由于GOOSE报文不经TCP/IP协议, 必须采取其它措施加强其可靠性。一个重要策略是重发机制。虽然GOOSE报文传输是触发机制, 但出于可靠性考虑, 即使外部状态不再变化, 也应重发, 只是重发间隔逐渐拉长。

报文中应携带“报文存活时间”(TAL-Time Allowed to Live) 和数据品质等参数。如果接收端在 $2 \times \text{TAL}$ 时间内未收到任何报文(网络中两个连续帧丢失), 此时接收端认为后续报文均是错误的。

对于网络结构, 无论星形网或环形网, 都可传输GOOSE报文, 且星形网传输会快速些, 然而从网络可靠性而言, 环形网效果更好。实际应用中, 应根据GOOSE的具体应用情况(如需要交换哪些数据, 涉及到哪些IED、数据通信量多大等), 进行网络结构的选择和VLAN的划分。

4 数字化变电站备自投的实现方案

由于变电站的间隔划分通常以具有保护功能的开关设备为依据, 这样备自投功能的所需信息来自三个间隔(两进线及分段)。传统的备投装置通过二次电缆将各电流、电压、开关量连接至装置, 跳合闸信号也通过二次电缆从传送至操作箱, 因此其实现IEC61850 时, 上述各逻辑接点都处于同一装置中。随着变电站的数字化发展趋势, 传统的二次电缆为网络所取代, 变电站的各过程层装置、各间隔层装置, 可以通过网络实现信息共享, 传递配置和控制命令, 采用这些技术的备自投称为分布式备自投。

分布式备自投的实现有两种方式: ①基于过程层采样值(SMV)传输的分布式备投; ②基于间隔层

GOOSE 报文的分布式备自投。①中, 采样值是分布的, 但功能是集中的; ②中, 功能分散到不同的装置中。对比①、②, 前者需要两个不同间隔的MU向其传送采样值, 网络结构复杂, 且存在相对于两条线路保护装置而言的冗余逻辑节点(如MMXU); 后者使备自投功能的实现更加灵活, 备自投可以不是一个独立的IED, 可以存在于任意间隔的保护测控装置中, 某数字化变电站的备自投就是用的第二种方式。

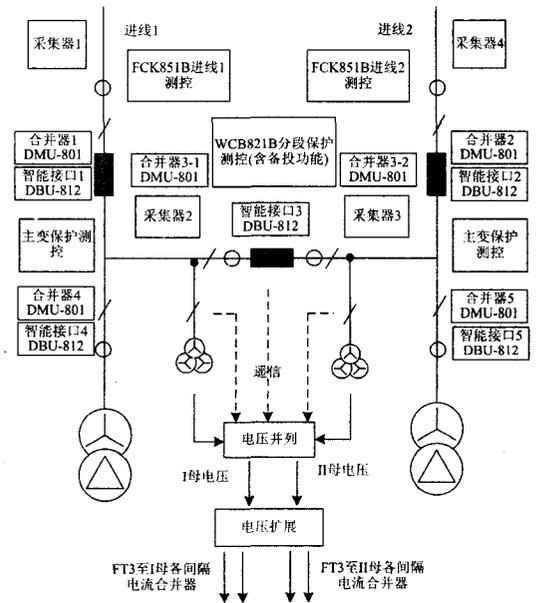


图4 保护测控配置图

Fig.4 Protection and measuring-controlling deployment diagram

图 4 为某数字化变电站 110 kV 部分的保护测控图, 备投方式为: 两条进线互投。

具体实现方案如下:

(1) 采样 (SMV) 的实现: 110 kV 两段母线电压接入电子式互感器, 输出数字信号通过光纤到“电压并列”装置, 再通过“电压扩展”输出到两段母线各间隔的电流合并器, 实现采样值的合并处理。合并器 (MU1) 和 (MU2) 采集到的电压电流数字量经过合并处理之后通过光纤以 9-2 的通讯方式送到过程层网络交换机上, 进线测控, 主变差动保护, 后备保护都可以直接从过程层交换机取到保护、测量所需要用的电压电流量。为了控制网络流量, 这一部分要用到交换机的虚拟网络 (VLAN) 技术。

(2) 备自投逻辑功能的实现

110 kV 进线备自投由母联充电保护测控装置 WCH821B 和进线保护测控装置 FCK851B 协同完成。

进线保护测控装置 FCK851B 完成进线备自投功能的分散执行(判断本间隔有流无流、有压无压,然后通过 GOOSE 规约将判断后的信息发送给母联保护装置 WCB821B 作为动作逻辑),母联充电保护测控装置完成进线备自投功能的集中处理。进线备自投功能的动作执行由母联保护装置通过 GOOSE 信息实时传送到 110 kV 线路的断路器智能接口单元 DBU812 完成。备自投的动作逻辑和常规备自投是一样的。装置还引入一个闭锁备自投信号(通过 GOOSE 信息得到)。

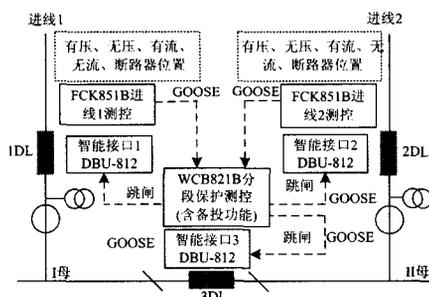


图 5 110 kV 进线备自投实现过程图

Fig.5 Implementation procedure diagram of incoming line spare power source automatic switching

5 结论

通过现场试验结果证明:基于 IEC61850-9-2 采样值传输协议和 GOOSE 机制的网络化备自投完全能够实现常规综合自动化变电站备自投的功能。该方式节省了常规变电站备自投所需要的电压电流回路,也减少了备自投装置与两条进线之间的跳合闸回路,以及与主变和其他保护之间的闭锁回路,方便了设计和施工,因此有着很好的应用前景。

(上接第 53 页 continued from page 53)

保护功能固化在运行程序代码中的保护产品已经不能很好地满足这些需求,需要将功能进行分解和细化,在实际应用中根据需要将不同的功能模块组合,生成配置文件下载到保护装置中。由于无需修改运行代码,大大降低了产品的软件维护成本,同时也避免了由于代码频繁升级导致的误动、拒动风险。本文通过对实际问题的分析,利用灵活的逻辑编程功能,实现了一种正反转通用的电动机缺相保护。

参考文献

- [1] AREVA. MiCOM P241 技术说明书(v1. B) [Z], 2005.
- [2] 王维俭. 电气主设备继电保护原理与应用(第二版) [M]. 北京:中国电力出版社, 2002.

参考文献

- [1] 任雁铭, 秦立军, 杨奇逊. IEC 61850 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 IEC61850 Communication Protocol[J]. Automation of Electric Power Systems, 2000, 24(8): 62-64.
- [2] 梅德冬, 黄国方. 符合 IEC61850 标准的分布式备自投的设计[J]. 电网技术, 2006, 30: 471-475. MEI De-dong, HUANG Guo-fang. Design of Distributed Reserve Power Source Automatic Switching Device According to IEC61850[J]. Power System Technology, 2006, 30: 471-475.
- [3] 沈健, 黄国方, 周斌. IEC61850 GOOSE 在变电站综合自动化系统中的应用[J]. 电网技术, 2006, 30: 433-436. SHEN Jian, HUANG Guo-fang, ZHOU Bin. The Applications of IEC61850 GOOSE in Substation Automation[J]. Power System Technology, 2006, 30: 433-436.
- [4] 郑新才, 施鲁宁, 杨光, 等. IEC61850 标准下采样值传输规范 9-1, 9-2 的对比和分析[J]. 电力系统保护与控制, 2008, 36(18): 47-50. ZHENG Xin-cai, SHI Lu-ning, YANG Guang, et al. Comparison and Analysis of Sampled Value Transmission Specification 9-1 and 9-2[J]. Power System Protection and Control, 2008, 36(18): 47-50.
- [5] 殷志良, 左文启. 数字化变电站过程总线通信关键技术研究[Z].
- [6] IEC 61850-9-2:2004, 变电站通信网络和系统第 9-2 部分: 特定通信服务映射(SCSM) 映射到 ISO/IEC 8802-3 的采样值[S].

收稿日期: 2009-07-01; 修回日期: 2009-08-22

作者简介:

彭磊(1976-), 男, 本科, 工程师, 从事变电建设管理工作; E-mail: hjhpl@126.com

杨光(1978-), 男, 本科, 工程师, 从事继电保护管理工作。

[3] 贺家李, 宋从矩. 电力系统继电保护原理(增订版) [M]. 北京: 中国电力出版社, 2004.

[4] 陈皓. 微机保护原理及算法仿真(第一版) [M]. 北京: 中国电力出版社, 2007.

[5] 许正亚. 变压器及中低压网络数字式保护 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2004.

陈世元. 电机学 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2004.

收稿日期: 2008-12-09; 修回日期: 2009-02-02

作者简介:

卢庆港(1978-), 男, 从事厂矿企业的供配电自动化系统设计、集成以及项目管理工作; E-mail: luqinggang@263.net

沈国芳(1972-), 女, 从事供配电系统专业技术管理工作;

乐晓蓉(1981-), 女, 从事计算机教学与研究。