

# 数字化变电站信息流的智能分析与可视化

陈晓刚<sup>1</sup>, 童洁<sup>1</sup>, 沈梁<sup>1</sup>, 徐冲<sup>1</sup>, 吴建伟<sup>2</sup>

(1. 杭州市电力局, 浙江 杭州 310001; 2. 浙江省送变电工程公司, 浙江 杭州 310016)

**摘要:** 数字化变电站技术使用工业以太网技术代替传统二次接线传递数字和模拟信号, 使得原有相互解耦、具象的二次接线被相互高度耦合、抽象的网络数据流所替代, 给运行、调度、检修等相关专业带来了严峻的挑战。针对该问题, 提出了一种数字化变电站信息流智能分析与可视化系统构架, 将网络数据流以更为直观的图形方式显示给运行和检修人员。研究表明, 该系统使得运行维护人员能够迅速、准确地掌握保护系统的运行和动作状况, 进而降低了人为误操作的概率, 提高了数字化变电站的运行可靠性。

**关键词:** 数字化变电站; 信息流; 智能分析; 可视化

中图分类号: TM63; TM76

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2011)11-1409-03

## Intelligent analysis and visualization of information flow in digital substation

CHEN Xiao-gang<sup>1</sup>, TONG Jie<sup>1</sup>, SHEN Liang<sup>1</sup>, XU Chong<sup>1</sup>, WU Jian-wei<sup>2</sup>

(1. Hangzhou Municipal Electric Power Bureau, Hangzhou 310001, China;

2. Zhejiang Electric Power Transmission & Transformation Corporation, Hangzhou 310016, China)

**Abstract:** The technology of digital substation replaces the traditional electrical cables with fiber to transfer the analog and switching value. The decoupling and concrete cable is substituted with coupling and abstract information flow, which greatly challenges the running, maintaining and dispatching of the digital substation. To overcome this problem, a brand new architecture of information flow intelligent analyzing and visualizing system in the digital substation was proposed. Basing on the distributed information gathering system, the intelligent analyzing and visualizing system supplies the maintainers and dispatchers with all abstracted and analyzed flow information running in the fiber in the form of direct graph. Results show that the system can decrease the human error on operation and increase the reliability of the digital substation.

**Key words:** digital substation; information flow; intelligent analysis; visualization

## 0 引言

数字化变电站技术最核心的技术革新在于使用工业以太网技术代替传统二次接线传递数字和模拟信号, 原有相互解耦、具象的二次接线将由相互高度耦合、抽象的网络数据流代替<sup>[1-2]</sup>。

信息流是数字化变电站的灵魂和基础, 但是受技术发展的约束, 目前数字化变电站中的3种信息流各自仍然存在一些不足:

(1) MMS(工业制造报文)信息流相对于传统站只是在通讯机制和数据模型上进行了升级, 但同时订

阅-发布模式及 IEC61850 数据模型的引入也带来了不少新的问题, 例如在兰溪—海宁动模实验的整个过程中故障信息系统 MMS 信息传输完整率均未曾达到过 100%。随着变电站无人值守技术的推广, 对 MMS 信息流可靠性的要求将提升到一个新的高度。

(2) SMV(采样值报文)信息流完成“将合并单元所采集得到的同步采样值传输到相应的保护、测控及录波等装置”的任务, 其可靠性和同步性从数据源头上决定了保护系统能否可靠工作。但是以太网交换机和 MU(合并单元)时钟同步系统对 SMV 报文的可靠性和同步性影响很大。

收稿日期: 2011-05-27

作者简介: 陈晓刚(1980-), 男, 浙江杭州人, 博士, 主要从事数字化变电站运行与管理工。E-mail: carlxcg1980@126.com

(3) GOOSE(面向通用对象的变电站事件)信息流实时而可靠地传输是整个变电站保护系统可靠运行的基础。首先 GOOSE 报文采用非确认通讯机制,仅通过多次重发加强可靠性。其次由于目前数字化保护和测控装置提供商尚未完全理解和掌握基于实时嵌入式操作系统的软件开发方法,导致操作箱收到跳闸报文后拒动、保护少发跳闸报文、保护误报警等情况多次出现。因此实际工程中必须对 GOOSE 信息流进行实时监控和分析,以便发现系统中可能存在的一些隐性故障。

针对上述问题,多家电力系统设备供应商和科研单位(如深圳南思、四方、广东省电力科学研究院等)都在进行网络分析仪的研究和开发,典型的产品是深圳南思的 NS500 网络分析仪。但是现有的网络分析仪均只能完成数据包的截取和简单的包解析,其功能和原理均与开源的 MMS Ethernet 软件相类似,缺乏将截取到的数据包提升到可视化信息流的能力,故仍未能解决数字化变电站信息网络当前存在的“数据过多而信息不足”(Rich data, poor information)的窘境<sup>[3-4]</sup>。

基于上述背景,深入研究数字化变电站信息流,进行数字化变电站信息流的智能分析与可视化系统的研究具有重大的工程价值和现实意义:① 能够满足数字化变电站信息流可视化的需求,即将相互高度耦合、抽象的网络数据流经过智能分析后以图形化的方式呈现在运行和维护人员面前,缓解目前数字化变电站信息流缺乏有效分析和可视化手段的现状;② 能够提升数字化变电站运行和管理水平,提高数字化变电站的安全性和可靠性;③ 填补此类设备的空白,创造较大的经济效益和社会效益。

本研究提出一种数字化变电站信息流智能分析与可视化系统构架。

# 1 数字化变电站信息流智能分析与可视化系统

数字化变电站信息流如图 1 所示,可以分为过程

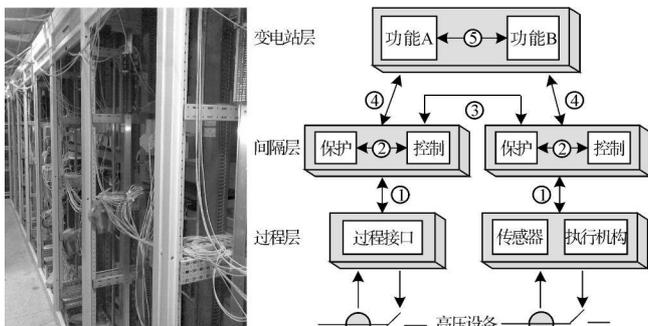


图 1 数字化变电站的信息网络和典型架构

层、间隔层及站控层 3 个层次:其中 SV 及 GOOSE 属于过程层及间隔层的通讯;MMS 完成站控层的通讯。

数字化变电站信息流智能分析与可视化系统主要由 3 个子系统构成(系统架构如图 2 所示):

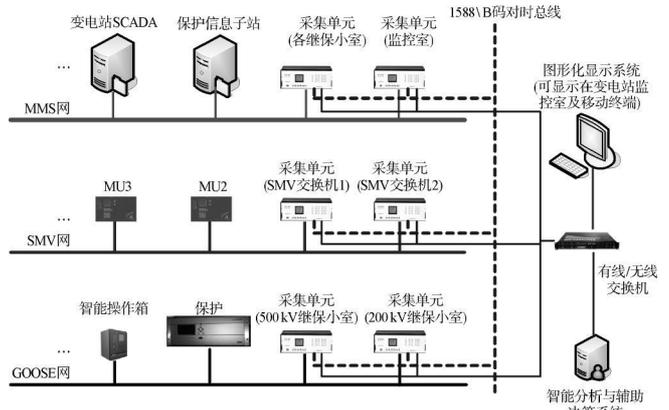


图 2 数字化变电站信息流智能分析与可视化系统架构

## (1) 分布式信息采集子系统。

数字化变电站信息流采集系统需要采用类似于分散式录波系统的架构,究其原因主要有:

① 数字化变电站将功能分布于空间位置不同的设备,如果完全依靠交换机将数据包转发或映射到某一特定端口进行采集,将无法获取整个交换式网络的性能,特别是交换机间网络通信延时和丢包率;

② SMV 网和 MMS 网的数据流非常大,例如一个 100 M 以太网端口最多仅能对 5 路 MU 数据进行可靠采集,因此只有采用分布式采集架构才能截取全网的信息流<sup>[5]</sup>。

## (2) 智能分析与辅助决策子系统。

数字化变电站信息流实时监控除了能将数字化变电站中重要的报文都截取到外,还需要在截取到的

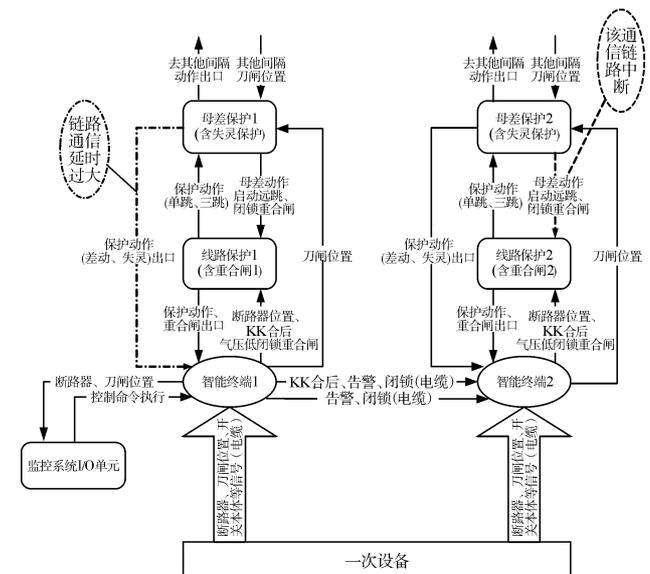


图 3 GOOSE 网络通讯状态监视及图形化显示示意图

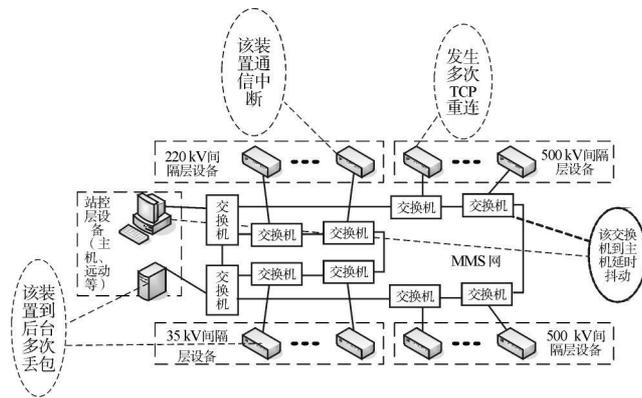


图 4 MMS 网络通讯状态监视及图形化显示示意图

报文的基础上进行进一步智能分析,发现其中可能存在的一些问题。数字化变电站中关心的问题主要包括两个方面:

① 通讯网络的问题(如图 3、图 4 所示),例如:网络连接失败、网络风暴、交换机丢包、报文重发、通讯延时过大等问题;

② 功能方面的问题,这方面工作的难点在于智能分析和辅助决策,其具体内容可分为 3 部分:(a) 对于 GOOSE 信息流,需要关注在正常运行情况下心跳报文是否正常、通讯链路延时是否符合要求,在故障后根据网络拓扑和继电保护整定单智能分析各个间隔层装置发送 GOOSE 报文的逻辑顺序是否正确(如图 5 所示)、GOOSE 变位报文传输延时是否符合要求、GOOSE 变位报文的重复次数是否符合要求等;(b) 对 SMV 信息流,需要重点分析 SMV 采样值报文丢失和传输延时抖动的问题<sup>[6]</sup>;(c) 对 MMS 信息流,重点在于对报告、控制操作、定值操作及初始化等业务信息的监视与分析。

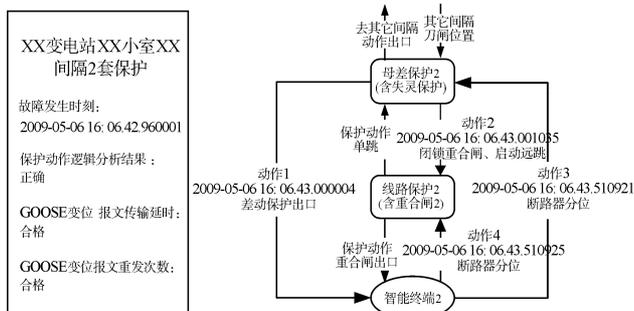


图 5 故障后保护动作逻辑分析及图形化显示示意图

### (3) 信息流可视化子系统。

可视化子系统一改传统的报文显示方式,将网络信息流进行智能分析后以更为直观的图形方式显示给运行和检修人员,使得运行维护人员能够迅速、准确地掌握保护系统的运行和动作状况,进而降低人为误操作的概率,提高数字化变电站的运行可靠性。可视化子系统分为固定显示系统与可移动终端两部分:固定显示系统安装于变电站监控室,主要供运行人员

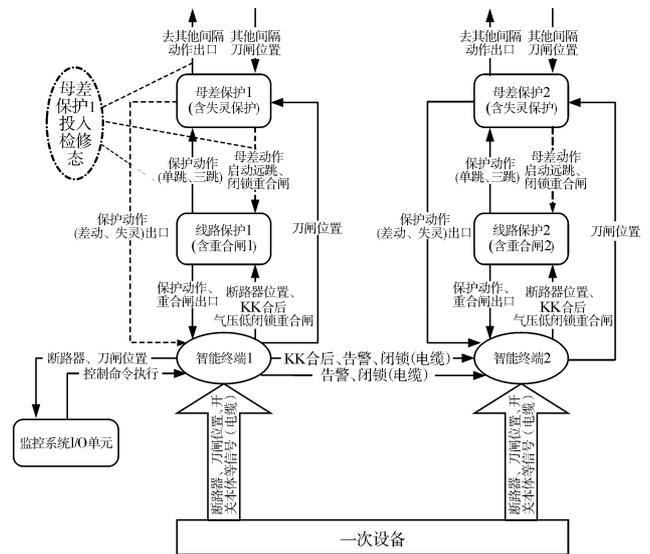


图 6 母差保护 1 投入检修态后 GOOSE 信息流变化的图形化显示示意图

监视使用;可移动终端配备给巡视的运行人员及检修人员,通过 WLAN、3G 等无线通讯技术接入。例如在检修人员将母差保护 1 投入检修态后(如图 6 所示),运行人员和检修人员能够在可视化子系统中即时地看到母差保护 1 相关 GOOSE 信息流的变化情况。

## 2 结束语

数字化变电站技术的兴起和普及,将极大地提高国家电网公司所属变电站的自动化、信息化和网络化的水平,但是同时也给运行、调度、检修等相关专业带来了严峻的挑战。本研究使用智能分析技术及可视化系统,将相互高度耦合、抽象的网络数据流以更为直观的图形方式显示给运行和检修人员,使得运行维护人员能够迅速、准确地掌握保护系统的运行和动作状况,进而降低人为误操作的概率,提高数字化变电站的运行可靠性,必将是数字化变电站技术发展的一个重要方向。

### 参考文献(References):

[1] 乔小敏,董鹏.智能电网及数字化变电站关键技术探讨[J].电气应用,2011(7):13-16.

[2] 高翔.数字化变电站若干关键技术研究[D].杭州:浙江大学电气工程学院,2008.

[3] 窦晓波.基于 IEC 61850 的新型数字化变电站通信网络的研究与实践[D].南京:东南大学电气工程学院,2006.

[4] 易永辉.基于 IEC 61850 标准的变电站自动化若干关键技术研究[D].杭州:浙江大学电气工程学院,2008.

[5] 时雷春.基于 IEC61850 的变电站过程层采样值传输[D].北京:华北电力大学(北京)电气工程学院,2006.

[6] 周春霞,李明,张维,等.针对 500 kV 数字化变电站过程层采样的动模试验及若干问题探讨[J].电网技术,2011(1):39-43.

[编辑:李辉]