

数字化变电站低压母线保护的 GOOSE 通信研究

黄 皓¹, 余 臻¹, 游 晔²

(1. 厦门大学 信息科学与技术学院 福建 厦门 361005; 2. 广州供电局 广州 510180)

摘 要: 以某数字化变电站改造工程为研究对象, 在 10 kV 母线段增加简易母线保护, 并采用 GOOSE 网络通信机制取代传统保护之间的锁联信号, 解决了传统方式下各个出线保护和分段保护与简易母线保护之间存在较多硬开入连线, 二次回路复杂的问题, 提高了简易母线保护的可靠性, 同时解决了原来控制保护系统存在的保护死区、开关失灵等问题。

关键词: 智能电网; 闭锁信号; 低压母线; 网络通信; GOOSE

作者简介: 黄 皓(1986-) 男, 硕士研究生, 研究方向为电力系统自动化及智能监控。

中图分类号: TM63 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-9529(2011)02-0221-06

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60704042)

Research on GOOSE Communication for Low-voltage Bus Protection in Digital Substation

HUANG Hao¹, YU Zhen¹, YOU Ye²

(1. School of Information Science and Technology, Xiamen University, Xiamen 361005, China;

2. Guangzhou Power Supply Bureau, Guangzhou 510180, China)

Abstract: One digital substation reconstruction project is taken as the research subject, where simple bus protection is installed on the part of 10kV bus, and the blocking signal in the traditional protection is replaced by GOOSE network mechanism. Accordingly, the old problems of large amount of hard wiring and the complex secondary circuit have been solved. Meanwhile, this new system has enhanced the reliability of the simple bus protection and solved the problems of protective dead zone and switch malfunction in the conventional control and protection system.

Key words: smart grid; blocking signal; low-voltage bus; Network communications; GOOSE

Foundation items: The National Natural Science Foundation of China(No. 60704042)

具有灵活、清洁、安全、经济、友好等性能的智能电网是未来电网的发展方向^[1-2]。IEC61850 作为新一代变电站内通信标准, 不仅是单纯的通信规约, 且是整个变电站自动化系统的标准, 指导了变电站自动化的设计、开发、工程、维护等各个领域。IEC61850 标准所定义的 GOOSE 是以 P2P (peer to peer) 高速通信为基础的通信方式^[3-4], 取代了传统变电站 IEDs 间硬接线的通信方式, 极大地增强了智能设备间的互操作性, 使得不同厂家的设备之间实现无缝连接, 从而大大提高变电站自动化技术水平。

当前, 数字化变电站改造中的母线保护是一个热门研究方向^[5-7], 但专门针对低电压等级的母线保护研究则鲜有文献发表。传统的简易母线保护^[8-9]一般是经延时动作, 实时性不高, 当馈线、母线同时或相继发生故障时, 通常要靠主变后备保护来切除, 给系统安全带来巨大的危害。本文

通过分析 GOOSE 实时性和可靠性^[10-12], 提出一种基于 GOOSE 通信机制的 10 kV 简易母线保护方法, 通过网络传输装置间快速配合的信号传递, 提高了简易母线保护的可靠性, 并解决原来控制保护系统存在的保护死区、开关失灵及二次线路复杂的问题。

1 IEC61850 与传统规约的区别

与传统规约相比, IEC61850 规约具有以下显著特点。

(1) 采用抽象分层的结构体系 IEC61850 标准将整个变电站进行抽象化并分为 3 层: 1) 变电站层; 2) 间隔层; 3) 过程层。同时共定义了 10 种逻辑接口用来完成层与层之间的信息交换。

(2) 面向对象新型建模技术 IEC61850 共规定了 13 个逻辑节点类, 按照不同功能分类定义了约 90 种逻辑节点及 500 多种数据类型用以进行

电力数据传输,是一种面向未来的开放性标准。

(3) 抽象服务接口 ACSI 及特殊通信映射 SCISM IEC61850 所设计的抽象网络接口独立于具体的网络应用协议,与底层的通信栈无关,当新型的网络技术应用于通信系统时,只需要改变 SCISM 即可。

(4) 变电站配置语言 SCL 为增强不同厂家 IED 的互操作性,IEC61850-6 部分规定了描述与通信有关的 IED 配置和参数、通信系统配置、开关间隔(功能)结构及它们之间关系的文件格式。SCL 语言的运用使变电站内部智能设备之间的互操作性得到了极大的增强,不同厂家的设备可按统一的标准进行通信。

2 IEC61850 GOOSE 网络通信机制

GOOSE 是 IEC61850 标准所定义的面向实时突发变量传输的装置间对等通信机制^[13]。GOOSE 直接基于以太网链路层进行传输,具有 ms 级的实时性。采用 GOOSE 实现装置间的信号连接,可以代替间隔层装置之间的电缆连接,使依赖于装置间信号配合的功能的实现变得可行,并易于维护。GOOSE 在信号没有变位时,会以 5 s 左右的间隔发送心跳报文从而可以实现链路的状态检修,相对于传统电缆连线松动无法检测而言具有很大的优越性。GOOSE 网络覆盖全站范围的间隔层装置和过程层智能终端装置(可选),完成 110 kV/10 kV 电压等级间隔层智能装置之间的快速通信功能。在数字化变电站改造中可将 GOOSE 网络与 MMS 网络合一且采用双网结构。110kV 变电站需要传输的 GOOSE 数据量比较小,且 GOOSE 支持高优先级传输,具有两种网络合

一的条件;GOOSE 网络与 MMS 网络合一简化了变电站自动化系统的网络结构;当两者合一时,只需改用新的同时支持 MMS 和 GOOSE 的控制保护装置,保护的配置和网络的结构等方面与现有的控制保护系统具有最大的一致性。

现以一母二母保护配置和故障情况进行说明(参见图 1)。

通常在 10 kV 电压等级系统中不配置母线保护功能,当发生 10 kV 母线故障时通常要通过变压器低压侧后备的第 3 段或第 4 段(一般 10 kV 馈线无第 4 段保护功能)过流保护才能动作,动作延时非常长,往往会对一次设备造成一定损害,广州某 110 kV 数字变电站在进行改造时增加了 10 kV 简易母线保护,变电站内采用 GOOSE 通信机制取代传统的保护之间的联锁信号,其基本原理是:使用变压器低压侧的开关电流实现过流保护,并通过母线的出线 and 分段(母联)的保护启动信号对其进行闭锁,母线区外故障时,相关保护能够发出闭锁信号闭锁简易母差,母线区内故障时,相关保护不发闭锁信号,简易母差保护可以快速动作切除变压器低压侧开关(前提是低压侧母线除变压器外无电源输入,低压侧如果有小电源可采用折中方案,先跳开低压侧小电源)。由于简易母差保护需要多个装置之间的传递启动闭锁信号,使得传统方式下各个出线保护和分段保护与简易母差保护之间存在较多硬开入连线,导致了二次回路比较复杂,容易出错,可靠性也不高。GOOSE 的好处在于一旦物理连接确立,只要通道的带宽足够,可以任意增加连接,可扩展性很强,同时采用 GOOSE 通信,完全回避了以往常规接点误碰的问题,且在 GOOSE 断链的情况下可以

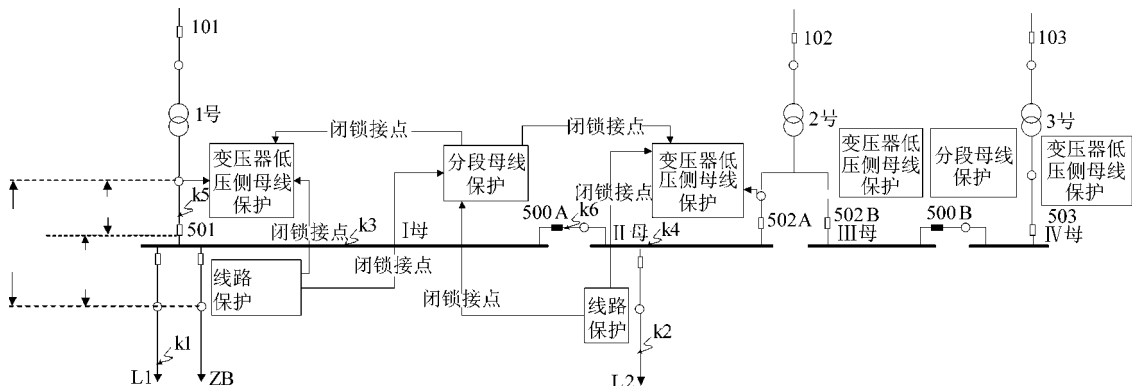


图1 母线保护逻辑图

发出报警信号。可以在 110 kV 变电站改造过程中,增加 GOOSE 通信机制区外传统的硬接点连接,这样可以较大地提高简易母差的可靠性,同时也可以很好地解决变压器低压侧过负荷联切保护联切低压侧出线的问题。

2.1 接线说明

L_1 线路保护输出闭锁接点到 1 号变压器低压侧母线保护装置、500 A 分段母线保护装置; L_2 线路保护输出闭锁接点到 2 号变压器低压侧母线保护装置、500 A 分段母线保护装置;1 号变压器低压侧母线保护接 501 开关 TA;2 号变压器低压侧左侧分支母线保护接 502 A 开关 TA;500 A 分段母线保护装置输出闭锁接点到 1 号和 2 号变压器低压侧母线保护。

2.2 动作逻辑

2.2.1 分段 500a 打开,1 号主变带一母

(1) k_1 故障

1) 出线启动闭锁 1 号变压器低压侧母线保护和分段母线保护,经延时出线保护切除故障。

2) 出线保护跳闸后经延时,线路仍有流,收回闭锁信号,变压器低压侧母线保护重新开放,动作于变低和分段,作为线路开关的失灵保护;

(2) k_2 故障

不受影响,由其他保护切除故障;

(3) k_3 故障

出线不启动,分段母线保护不启动,经延时变压器低压侧母线保护跳闸;

(4) k_4 故障

不受影响,由其他保护切除故障;

(5) k_5 故障

在变压器低压侧专门设置变低开关失灵保护,跳变高开关;

(6) k_6 故障

在分段开关打开时,分段不发过流闭锁信号,二母母线保护直接动作跳闸,一母不受影响;

2.2.2 分段 500a 闭合,1 号主变带一母二母 2 号变退出

(1) k_1 故障

1) 出线启动闭锁 1 号变压器低压侧母线保护和分段母线保护,经延时出线保护切除故障;

2) 出线保护跳闸后经延时,线路仍有流,收回闭锁信号,变压器低压侧母线保护重新开放,对于这种情况变低有流跳闸作为线路开关的失灵保

护;

(2) k_2 故障

1) 出线启动闭锁 2 号变压器低压侧母线保护和分段母线保护,分段有故障电流,因此闭锁 1 号、2 号变压器低压侧母线保护,经延时出线保护切除故障;

2) 出线保护跳闸后经延时,线路仍有流,收回闭锁信号,分段的母线保护重新开放,动作于分段;1 号变低母线保护由于分段仍发闭锁信号继续闭锁。

(3) k_3 故障

出线不启动,分段母线保护不启动,经延时 1 号变压器低压侧母线保护跳闸;

(4) k_4 故障

1) 出线不启动,分段有流启动闭锁 1 号、2 号变压器低压侧母线保护,经延时分段母线保护跳闸;

2) 出线保护跳闸后经延时,分段仍有流,收回闭锁信号,1 号主变的母线保护重新开放,动作于变低开关。

(5) k_5 故障

在变压器低压侧专门设置变低开关失灵保护,跳变高开关;

(6) k_6 故障

1) TA 在开关右侧:分段无流,出线无流,经延时 1 号变压器低压侧母线保护跳闸;

2) TA 在开关左侧:分段有流,出线无流,分段启动闭锁 1 号、2 号主变低压侧母线保护,分段母线保护动作。

2.2.3 考虑 10 kV 出线为小电源联络线的情况

上述变低和分段母线保护的逻辑分为两段时限:

(1) 变低母线保护的第一段实现动作于本段母线电源联络线,分段母线保护的第一段时限动作于相关母线上的电源联络线;

(2) 第二段时限切除分段或变低开关。

3 GOOSE 实施规范的要求

3.1 GOOSE 配置要求

(1) 通信地址参数由系统组态统一配置,装置根据 SCD 文件的配置具体实现 GOOSE 功能;

(2) 各保护装置应在 ICD 文件中预先配置 GOOSE 控制块;

(3) 保护测控装置(除测控联闭锁用 GOOSE 信号外)应在 ICD 文件的 GOOSE 数据集中预先配置满足工程需要的 GOOSE 输出信号。进行 GOOSE 连线配置时应从保护装置 GOOSE 数据集中选取信号;GOOSE 输出数据集应支持 DA 方式;

(4) 保护测控装置 GOOSE 输入定义采用虚端子的概念,在以"GOIN"为前缀的 GGIO 逻辑节点实例中定义 DO 信号,这些 DO 信号与 GOOSE 外部输入虚端子一一对应,通过该 GGIO 中 DO 的描述和 dU 可以确切描述该信号的含义,作为 GOOSE 连线的依据。装置 GOOSE 输入进行分组时,采用不同 GGIO 实例号来区分;

(5) 在 SCD 文件中每个装置的 LLNO 逻辑节点中的 Inputs 部分定义该装置接收哪些 GOOSE 输入,每个输入相对应的 Extref 中 IntAddr,填写与之相对应的以"GOIN"为前缀的 GGIO 中 DO 信号的引用名,引用名格式为"LD \$LN \$DO \$DA";

(6) 对于需要组建独立 GOOSE 网络的情况,装置应通过在 ICD 文件中支持多个 AccessPoint 的方式支持多个独立的 GOOSE 网络。在只连接过程层 GOOSE 网络的 AccessPoint,应通过在相应 LD 的 LN0 中定义 Inputs,接收来自相应 GOOSE 网的 GOOSE 输入,在相应 LD 的 LN0 中定义 GOOSE 数据集和 GOOSE 控制块用来发送 GOOSE 信号。GOOSE 数据集集中的 FCDA 可以引用同一个 AccessPoint 下的各个 LD 中的 DO 或 DA。GOOSE 数据集和 GOOSE 控制块应处于同一个 LD 的 LN0。

3.2 GOOSE 告警要求

(1) GOOSE 通信中断须送出告警信号,设置网络断链告警。在接收报文的允许生存时间(Time Allow to live)的 2 倍时间内没有收到下一帧 GOOSE 报文时判断为中断。双网通信时须分别设置双网的网络断链告警。

(2) GOOSE 通信时对接收报文的配置不一致信息须送出告警信号,判断条件为配置版本号及 DA 类型不匹配。

(3) 为了体现 GOOSE 中断告警和 GOOSE 配置版本错误告警模型,ICD 文件中应配置有逻辑接点 GOAlmGGIO,其中配置足够多的 Alm 用于 GOOSE 中断告警和 GOOSE 配置版本错误告警。

系统组态生成 SCD 时添加与 GOOSE 配置相关的 Alm 的 desc 描述,厂家根据 desc 描述配置具体 Alm 与内部信号的关联。

3.3 GOOSE 发送接收的要求

(1) 装置上电时自动按数据集变位方式发送一次,将自己的 GOOSE 信息迅速告知接收方。按照标准,第一帧 StNum = 1。

(2) GOOSE 报文心跳间隔为系统配置的 T_0 ,报文允许生存时间为 $2T_0$ 。对于保护应用 $T_1 = 2\text{ms}$ 、 $T_0 = 5\ 000\ \text{ms}$ 。对于测控应用时间间隔可以适当拉长。

(3) GOOSE 报文接收时必须考虑网络中断或者发布者装置故障的情况。以双网通信方式为例,设置一个通信故障标志=(A 网中断与 B 网中断)或配置不一致,接收到 GOOSE 报文后根据通信故障标志选择接收数据还是预置数据。预置数据是根据各数据类型和用途考虑中断后应该预置的值(见图 2)。

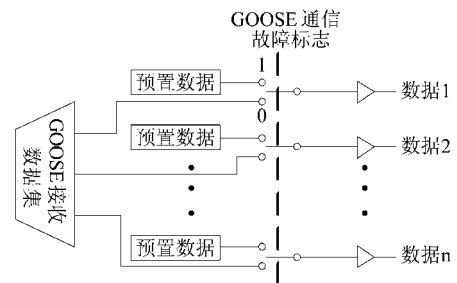


图 2 GOOSE 通信故障处理机制

(4) GOOSE 信号需要发送给测控装置进行准确 SOE 事件记录时,可以在 GOOSE 报文中包含部分信号变位的时标来实现,每个时标信息应紧跟信号排放。

3.4 GOOSE 对检修支持的要求

(1) 检修状态由 IED 压板开入方式实现,当 IED 检修压板投入时,上送报文的品质 q 的测试位 Test 置位。IED 必须将检修压板状态上送客户端。

(2) 客户端根据上送报文的品质 Test 位判断报文是否为检修报文并作出相应处理,如不显示简报窗,不发出音响告警,但应该刷新画面,保证画面的状态与实际相符。

(3) GOOSE 接收端装置要将接收的 GOOSE 报文中的 Test 位与装置自身的检修压板状态进行比较,只有两者一致时才将信号作为有效进行处

理或动作;对于测控装置,两者任意一个为 1 时需将上传报文品质 Q 的 Test 位置 1。

(4) GOOSE 用于出口的信号,可以增加出口软压板。软压板的设置原则上采用与传统硬压板一致,可以根据运行的实际需求适当精简。

4 研究实施

在新型数字化变电站中,间隔层通信采用 GOOSE 网络通信机制,以实现变电站间隔层二次设备的网络化信息交互,为变电站网络化二次系统各种应用功能的实现提供根本的技术支撑。当前国内主流厂商——四方、南瑞继保、南瑞科技、国电南自等均对 IEC61850 标准进行了深入研究与实现。南瑞继保公司的 UAPC 硬件平台 PCS 系列产品既能与传统的交流互感器接口,又能与电子式互感器接口,满足数字化变电站的要求。其中数字化变电站高压线路保护装置 PCS-941 支持实时 GOOSE 通信和 GOOSE 跳闸方式采用双重化设计,其接线端子与目前国内高压线路保护中所广泛采用的 RCS-900 系列基本兼容。同时,PCS-941 中反应工频变化量的测量元件采用了具有自适应能力的浮动门槛,对系统不平衡和干扰具有较强预防能力,起动元件有很高的灵敏度而不会频繁起动,并配备了振荡闭锁功能,保证距离保护在系统振荡加区外故障时能可靠闭锁,而在振荡加区内故障时能可靠切除故障。因此,某 110 kV 变电站改造中选用 PCS-941 线路保护装置实现 GOOSE 网络通信取代传统的保护之间的联锁信号,提高简易母差保护的可靠性,同时解决了变压器低压侧过负荷联切保护联切低压侧出线的问题。主变保护 110 kV 侧采用主后一体化的双重化保护配置,并将低压侧的简易母差保护功能放入变压器保护中,就可以实现简易母差的双重化,进一步提高供电可靠性。

5 结语

目前我国电力行业正处在向智能化电网变革的探索时期,随着网络化智能设备技术的日趋成熟,必将引发电力系统自动化领域里的革命性的变化。新型电力标准 IEC61850 将在未来的数字化变电站中占据主导地位。本文结合广州某 110 kV 变电站的改造,深入研究 GOOSE 通信机制的特点,以简易母线保护为对象,给出了传统变电站

站内通信向数字化变电站过渡的改革方法。该网络通信原理同样适用于变电站改造中的备自投、全站集中式低频低压减载、主变过负荷减载、小电流接地选线等。

参考文献:

- [1] 张文亮,刘壮志,王明旭,等. 智能电网的研究进展及发展趋势[J]. 电网技术, 2009, 33(13): 1-10.
ZHANG Wen-liang, LIU Zhuang-zhi, WANG Ming-xu, et al. Research Status and Development Trend of Smart Grid [J]. Power System Technology, 2009, 33(13): 1-10.
- [2] 张智刚,夏清. 智能电网调度发电计划体系架构及关键技术[J]. 电网技术, 2009, 33(20): 1-10.
ZHANG Zhi-gang, XIA Qing. Architecture and Key Technologies for Generation Scheduling of Smart Grid [J]. Power System Technology, 2009, 33(20): 1-10.
- [3] OZANSOY Cagil R, ZAYEGH Aladin, KALAM Akhtar. The Real-Time Publisher/Subscriber Communication Model for Distributed Substation Systems [J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2007, 22(3): 1411-1423.
- [4] SIDHU T S, YIN Yu-jie. Modeling and Simulation for Performance Evaluation of IEC61850-Based Substation Communication Systems [J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2007, 22(3): 1482-1489.
- [5] 操丰梅,宋小舟,秦应力. 基于数字化变电站过程层的分布式母线保护的研制[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(4): 69-72.
CAO Feng-mei, SONG Xiao-zhou, QIN Ying-li. Research on Distributed Busbar Protection Based on Digital Substation Process Level [J]. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32(4): 69-72.
- [6] 王锐,王振涛,李海星,等. 基于 GOOSE 方式的网络化母线保护[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(14): 51-54.
WANG Rui, WANG Zhen-tao, LI Hai-xing, et al. Bus protection based On the GOOSE type net work [J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(14): 51-54.
- [7] 王攀峰,张克元,文明浩,等. 应用于数字化变电站的分布式母线保护研究[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(13): 68-71.
WANG Pan-feng, ZHANG Ke-yuan, WEN Ming-hao, et al. Research On distributed busbar protection applied to digital transformer substation [J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(13): 68-71.
- [8] 梁晓亮,王波,张勇. 几起 10 kV 母线故障分析及其保护装置的研发和应用[J]. 电力系统自动化, 2004, 28(17): 97-99.
LIANG Xiao-liang, WANG Bo, ZHANG Yong. Several 10 kV bus-bar fault analysis and the Development and Application of Protection Device [J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(17): 97-99.

基于 SCADA/PMU 混合量测系统的电压实时监测

邓继宇, 刘俊勇

(四川大学 电气信息学院, 成都 610065)

摘要: 现实电网中 PMU 的配置不能使系统完全可观, 提出了基于 SCADA/PMU 混合量测的系统电压实时监测方法。通过 PQ 分解法推导了节点间的电压变化关联形式, 利用通过虚拟量测技术形成的混合量测系统修正 Jacobi 矩阵, 确定关联方程参数, 以 PMU 节点群为基准预估全网节点电压。仿真实验结果表明, 该方法有效地解决了目前电网 PMU 配置不足情况下各点电压实时观测以及动态过程的监视。

关键词: 电压预估; 混合量测系统; 数据监控及采集系统; 向量测量单元; 雅可比矩阵; 虚拟量测

作者简介: 邓继宇(1987-), 男, 硕士研究生, 从事电力系统稳定与控制研究。

中图分类号: TM835 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-9529(2011)02-0226-05

基金项目: 国家自然科学基金项目(50977059)

A Real-time Voltage Monitoring Method Based on Hybrid SCADA/PMU System

Deng Ji-yu, LIU Jun-yong

(School of Electrical Engineering and Information, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

Abstract: A hybrid SCADA/PMU system for real-time voltage monitoring is proposed for PMU configuration in real power grid can not make the system visible. Firstly, the voltage of different buses is derived by PQ decomposition. Then Jacobi matrix is modified though the hybrid measurement system formed by virtual measurement technology. Finally, parameters in the variation functions are calculated, in which it means all the buses in the system can be estimated with the PMU-node cluster. Simulation results reveal that the proposed method is effective to solve the real-time and dynamic process monitoring of voltage in the current power system.

Key words: voltage estimation; hybrid measurement system; SCADA; PMU; Jacobi matrix; virtual measurement

Foundation items: The National Natural Science Foundation of China(No. 50977059)

广域测量系统(Wide Area Measurement System)发展至今已有 10 余年历史^[1]。随着该系统的发展, 向量测量单元(以下简称 PMU)大量安

装, 使得所在节点的电压幅值和相角实时可测, 为电力系统电压实时监控技术的实现提供了契机。但是目前的电网中, PMU 的配置还不足以使得系

[9] 王建中. 35 kV 简易母线保护动作分析[J]. 电力系统自动化, 2006, 30(14): 105-107.
WANG Jian-zhong. Performance analysis of 35 kV simple bus bar protection [J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(14): 105-107.

[10] 黄欣, 贺春. IEC61850 标准对电力系统工作的影响[J]. 继电器, 2007, 5(13): 53-56.
HUANG Xin, HE Chun. Impact of IEC61850 Standards Upon Work of Electric Power System [J]. RELAY, 2007, 35(13): 53-56.

[11] 宋丽君. GOOSE 机制分析、实现及其在数字化变电站中的应用[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(14): 31-34.
SONG Li-jun. Analysis and implementation of GOOSE mechanism and its application in digital substation [J]. Power Sys-

tem Protection and Control 2009, 37(14): 31-34.

[12] 吴在军, 胡敏强. 基于 IEC61850 标准的变电站自动化系统研究[J]. 电网技术, 2003, 27(10): 61-65.
WU Zai-jun, HU Min-qiang. Research on a Substation Automation System Based on IEC61850 [J]. Power System Technology 2003, 27(10): 61-65.

[13] 范建中, 马千里. GOOSE 通信与应用[J]. 电力系统自动化, 2007, 31(19): 85-90.
FAN Jian-zhong, MA Qian-li. Development of a GOOSE Packet Capture and Analysis Tool Based on WINPCAP [J]. Automation of Electric Power Systems, 2007, 31(19): 85-90.

收稿日期: 2010-08-25
本文编辑: 郑文彬