

# 数字化变电站的 GOOSE 网络测试

郑新才<sup>1</sup>, 周鑫<sup>1</sup>, 王素华<sup>1</sup>, 魏勇<sup>2</sup>

(1. 河南省商丘供电公司, 河南 商丘 476000; 2. 许继电气股份有限公司, 河南 许昌 461000)

**摘要:** 对关乎数字化变电站网络化应用功能实现成败的 GOOSE 网络通信性能进行了分析, 并按照某变电站的实际配置, 搭建了模拟测试系统, 提出了 GOOSE 网络在各种运行工况下的通信性能方面的测试方案, 进行了对 GOOSE 接收、发送、集成等的测试, 测试结果表明, GOOSE 网络的性能可以满足应用要求, 采用基于 GOOSE 通信机制的网络化应用功能实现方式技术上是可行的。

**关键词:** IEC61850; 数字化变电站; GOOSE; SNTP; 网络性能测试

## Research on test technology of GOOSE network in digital substation

ZHENG Xin-cai<sup>1</sup>, ZHOU Xin<sup>1</sup>, WANG Su-hua<sup>1</sup>, WEI Yong<sup>2</sup>

(1. Shangqiu Power Supply Company, Shangqiu 476000, China; 2. XJ Electric Corporation Limited, Xuchang 461000, China)

**Abstract:** This paper analyzes GOOSE network communication performance which is very important in implementing application function based on network, designs a simulation system according to real configuration of a substation, and proposes the test scheme of communication performance of GOOSE network under different working conditions. Test result shows that GOOSE network performance can satisfy the request, the way of power system secondary application function implementation which is based on GOOSE communication mechanism is feasible.

**Key words:** IEC61850; digital substation; GOOSE; SNTP; test of network performance

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2009)24-0085-05

## 0 引言

传统的变电站综自技术经过十多年的发展目前无论从标准还是从技术角度都已经非常成熟, 并且得到了广泛的工程应用<sup>[1]</sup>。随着 IEC 61850 通信建模标准的分阶段颁布实施和电子式互感器技术、智能开关技术、计算机网络通信技术的发展及国家建设坚强智能电网的战略发展规划的快速推进<sup>[2]</sup>, 变电站综自技术进入了数字化、智能化时代<sup>[3,4]</sup>, 甚至已经有文献从全生命周期 (LCC) 角度对数字化变电站从设备购置、运维、报废等角度全方位进行了量化的评估<sup>[5]</sup>, 这是继微机保护替代传统继电器保护后的新一轮技术革命, 从某种角度讲, 其对各相关行业的影响和意义比上次技术革命还要深远<sup>[2]</sup>。

IEC 61850 通信建模体系是数字化变电站的三大技术引擎之一, 它采用了 ACSI (Abstract communication service interface) 服务和 SCSM (specific communication service mapping) 通讯映射的设计思想<sup>[6]</sup>, 使得相对稳定的业务 (服务) 和持

续发展的通信实现技术 (通信映射) 得到完美的融合。现阶段的 IEC 61850 通信实现技术采用工业以太网技术。

IEC 61850 提供了通用面向对象的变电站事件 GOOSE (Generic Object Oriented Substation Event) 快速报文机制, 笔者认为这是 IEC 61850 标准体系最核心的灵魂技术之一。基于 GOOSE 通信机制, 借助工业以太网技术、信息优先级技术、VLAN 组网技术<sup>[7]</sup>、网络化跳合闸技术等可以实现变电站内各种网络化的二次应用功能, 如网络化的备自投、低频低压减载、母线保护功能等<sup>[8-10]</sup>, 也有文献探讨了基于 IEC 61850 的逻辑互锁建模及 GOOSE 闭锁信息互传技术方案<sup>[11]</sup>, 还有文献探讨了基于 IEC 61850 GOOSE 机制的变电站巡视系统与监控系统的联动<sup>[12]</sup>。

在基于 GOOSE 通信机制实现的应用功能中, 原有的大量信号硬接线电缆被交换式以太网的软连接方式“虚接线”所代替, GOOSE 通信机制依赖于 P2P (peer to peer) 方式的高速通信网络<sup>[13]</sup>,

GOOSE 网络在不同应用条件的下的实时性及其它通信性能对于保证 GOOSE 应用功能的可靠性至关重要。

有文献对基于 IEC 61850 的继电保护装置的功能测试方法进行了阐述<sup>[14]</sup>，但并未涉及 GOOSE 网络的通信性能的测试。

本文主要对数字化变电站 GOOSE 网络在不同应用条件下的网络性能测试技术进行了专题研究，给出了具体的方案和测试结果，测试结果表明，基于 GOOSE 机制的变电站二次应用功能实现方式技术上是可行的。

### 1 GOOSE 建模及通信机制

IEC 61850 标准中定义了 GOOSE 通用变电站事件模型，该模型基于功能自由分布的理念，由数据集组织公共数据交换，提供了在全系统范围内快速可靠的信息交互手段。

GOOSE 通信机制是一种实时通信技术，主要实现间隔闭锁信号和实时跳闸信号等的快速传递。根据 IEC 61850 标准的规定，GOOSE 信号的网络通信时延应小于 4 ms。

GOOSE 通信机制中，为了达到最大限度的实时性，采用了不同于 IEC 61850-8-1 部分采用的 MMS (manufacture message specific) 方式，即其应用层专门定义了 (APDU) 协议数据单元，经过表示层 ASN. 1 编码后，直接映射到数据链路层，GOOSE 还采用具有信息优先级 (IEEE 802.1 P) 和虚拟局域网(VLAN) 标志 (IEEE 802.1 Q) 的交换式以太网技术，从通信协议栈的层面保证了报文传输的实时性。

GOOSE 通信机制中，报文的发送和接收分别由 publisher (公告式发布) 和 subscriber (预定式接收) 来执行。

#### 1.1 GOOSE 信息发布机制

对于 publisher，GOOSE 信息的发送并不是按固定时间间隔来进行的。在没有 GOOSE 事件发生时，GOOSE 信息的发送时间间隔相对较长，按固定时间间隔来进行；在发生突发事件时，信息发生了变化，发送时间间隔就会调整为最小，在信息发送阶段，发送时间间隔又会逐渐增大，直到事件状态逐渐收敛，趋于稳定，GOOSE 信息的发送时间间隔又变为定长时间间隔。

GOOSE 信息发布机制如图 1 所示。

其中： $T_0$  为 (没有事件发生时) 稳态重复发送间隔； $(T_0)$  为事件发生导致稳态重复发送间隔缩短； $T_1$  为事件发生后的最短发送时间间隔；

$T_2, T_3$  为直到事件状态稳定的重复发送时间间隔。

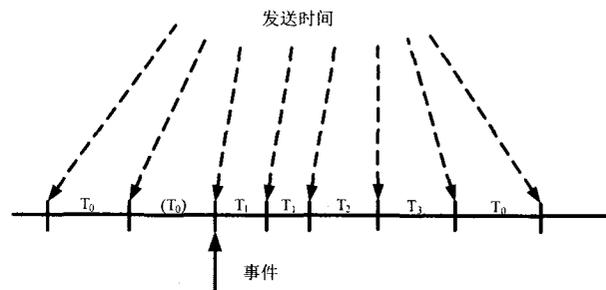


图 1 GOOSE 信息发布机制

Fig.1 Information publish mechanism of GOOSE

对于需要重发的 GOOSE 信息，发送者会在通信报文中附带一个 timeAllowedToLive 参数，该参数告知接收者等待下一个重发的 GOOSE 报文的最长时间，如果在该时间内，接收者没有收到重发的报文，就认为是发生了通信中断。

#### 1.2 GOOSE 信息过滤机制

GOOSE 信息的发送者，可能会以组播的方式发送一组信息，每个信息都与特定数据相关，信息头中包含不同的目标地址；对于接收者，网络物理层会收到网络上所有的 GOOSE 信息，其中包括接收者需要的信息和它不需要的信息，因此需要对信息进行过滤。为了减轻运算 CPU 的负担，信息过滤的任务一般由网络控制器来完成。接收者以订阅的形式获取需要的 GOOSE 信息，配置一个 GOOSE 信息目标地址列表，并对网络控制器进行设置，网络控制器收到 GOOSE 信息后就将信息中的目标地址与目标地址列表中的地址作比较，如果该目标地址包含于地址列表中，就认为该 GOOSE 信息是接收者订阅的，在 CPU 从网络控制器读取 GOOSE 信息时将信息传送给 CPU。然后接收者会进一步对 GOOSE 信息进行处理。

继电保护和安全自动装置应符合可靠性、选择性、灵敏性和速动性这“四性”的要求是继电保护技术规程的“铁律”，数字化变电站基于 GOOSE 机制的继电保护跳闸、闭锁、失灵等对实时性要求极高的二次应用，在体现技术先进性的前提下，必须要符合上述“四性”要求。由于 GOOSE 通信机制采用了“网络通信协议栈从表示层直接映射到链路层、特有的信息发布、重传及过滤机制、多播方式的发布者/订阅者信息传递方式、基于 VLAN 及优先级网络传输机制”使得基于 GOOSE 机制的应用功能从技术上最大限度满足信息传递的可靠性、实

时性要求, 在数字化变电站自动化及继电保护领域是行之有效的。

## 2 测试技术及方案

IEC 61850 标准体系在第十部分专门定义了关于系统测试的标准, 主要用来解决 IED 设备互操作性的问题, 包括两个组成部分: 互操作性测试和兼容性测试, 它们基本属于“授牌”, “认证”性质的测试标准。但对于侧重于应用的系统性能方面内容, 如 GOOSE 网络的通信性能却没有具体的标准定义, 本文下面给出数字化变电站环境下, GOOSE 网络在不同应用条件下的网络性能测试方案。

### 2.1 测试系统设计

数字化变电站组网方式, 依据电压等级不同, 目前工程应用大多采用“三层两网方式 (GOOSE, SMV 合并组网, MMS 单独组网) 和主“三层一网方式 (GOOSE, SMV, MMS 合并组网)”<sup>[15]</sup>, 后者网络工况更加严酷, 对于 GOOSE 网络的性能测试更具代表性。目前数字化变电站全站对时多采用网络方式的 SNTP 对时方案 (为保证精度, 过程层设备一般要辅以时钟脉冲)<sup>[7]</sup>, 所以还要考虑站内单播/多播方式, 周期性发送的 SNTP 报文对 GOOSE 网络性能的影响。

本文以某实际 110 kV 数字化变电站工程为模型系统, 采用“三层一网”组网方式构建模拟测试系统, 尽量模拟现场的实际环境, 如光交换机、合并器、数字化保护装置等都和现场型号一样, 采用网络负荷分析仪考量在模拟发送海量报文仿真现场发生事故时, 严酷网络工况条件下的 GOOSE 网络通信性能。

### 2.2 测试系统构成

GOOSE 网络性能测试系统构成如图 2 所示, 主要设备包括: 测试主机 (运行测试工具软件、SNTP 服务器软件、获取并监视网络数据), RuggedCom 光交换机、PWF 光数字保护测试仪、控制测试仪、网络测试仪、PW30A 测试仪、合并器、数字化保护设备等。

主要测试软件包括:

PowerTest 软件: 控制 PWF 测试仪;

MMS-Ethereal 软件: 获取并监视网络数据;

YAT32.exe 软件: Sntp 网络时钟服务器;

NPI 测试工具: 模拟发送 SMV、SNTP 报文, 收发 GOOSE 报文。

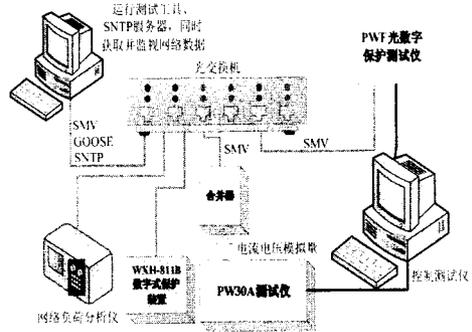


图 2 GOOSE 网络测试系统构成

Fig.2 Constitution of GOOSE network performance test system

### 2.3 GOOSE 接收测试

#### 2.3.1 GOOSE 报文传输延时测试

依据 IEC 61850 要求变电站局域网能够在 4 ms 内将跳闸信号从发送方智能电子设备 IED 的应用层传送到接收方智能电子设备 IED 的应用层的要求, 分别测试 SMV、GOOSE、SNTP 的响应性能。测试示意图如图 3 所示。

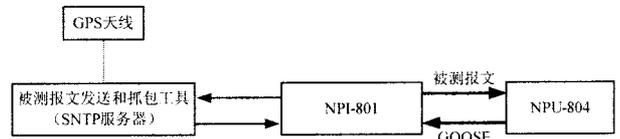


图 3 GOOSE 报文传输延时测试

Fig.3 Test of GOOSE message transmission time delay

技术要求: 报文往返时间应小于 2 ms。报文往返时间指: 从被测报文发出, 经过 NPI-801 和 NPU-804 (数字化保护设备通信 CPU) 处理后, 到 NPI-801 返回相应 GOOSE 报文的时间。

测试时, 使用 100 M 以太网, NPI-801 的配置为:

SMV 配置 200 点输入, 48 点输出, 单合并器;

GOOSE 接收配置 5 组 (26/32/32/32/32);

GOOSE 发送配置 2 组 (32/32);

使用测试工具发送 GOOSE 报文时, 配置 10 ms 自动翻转开关量。

#### (1) 采样值 SMV 接收延时测试

重复 10 次测试, 测得的 SMV 报文往返时间如表 1 (时间单位: ms)。

表 1 SMV 接收延时测试记录

Tab.1 Test record of SMV receive time delay

序号	1	2	3	4	5	平均值
延时	1.1	1.3	1.2	0.7	1.3	
序号	6	7	8	9	10	1.07
延时	0.7	0.7	1.2	0.7	0.8	

【测试结果】SMV 报文往返时间最大 1.3 ms, 最小 0.7 ms, 10 次平均值 1.07 ms, 平均值满足小于 2 ms 的要求。

(2) GOOSE 收发延时测试

重复 10 次测试, 测得的 GOOSE 报文往返时间如表 2 (时间单位: ms)。

表 2 GOOSE 收发延时测试记录

Tab.2 Test record of GOOSE R/T time delay

序号	1	2	3	4	5	平均值
延时	1.1	1.0	0.9	1.5	1.5	
序号	6	7	8	9	10	1.17
延时	1.1	1.0	0.9	1.3	1.4	

【测试结果】GOOS 报文往返一次的时间最大值为 1.5 ms, 最小值为 0.9 ms, 10 次平均值为 1.17 ms。平均值满足小于 2 ms 的要求。

(3) SNTP 报文处理延时测试

重复 10 次测试, 测得的 SNTP 报文处理延时如表 3 (时间单位: ms)。

表 3 SNTP 报文处理延时测试记录

Tab.3 Test record of SNTP process time delay

序号	1	2	3	4	5	平均值
延时	1.1	1.0	1.0	0.9	0.8	
序号	6	7	8	9	10	0.96
延时	1.1	1.1	1.0	0.8	0.8	

【测试结果】GOOS 报文往返一次的时间最大值为 1.5 ms, 最小值为 0.9 ms, 10 次平均值为 1.17 ms。平均值满足小于 2 ms 的要求。

2.3.2 网络负载对 GOOSE 报文传输的影响测试

运行网络数据报文模拟软件, 通过网络负荷分析仪, 发现在不同的网络负荷情况下, 网络负载对 GOOSE 报文传输的影响如表 4 所示。

表 4 网络负荷影响测试记录

Tab.4 Test record of network load influence

序号	网络负荷率 (带宽 100 M)	GOOSE 报文往返平均时间/ms	备注
1	0.5%	0.90	未运行 SMV
2	25%	1.13	1 组 GOOSE 接收
3	50%	1.50	功能配置同第 2.2.1 项 并使用网络分析仪加量
4	80%	1.55	功能配置同第 2.2.1 项 并使用网络分析仪加量

从上面的测试数据分析, 在网络带宽占用工况从 50%到 80%两种情况下, 对 GOOSE 通信传输性能影响不大, 都可以满足应用要求。实际上, 数字化变电站在事故及正常运行条件下, 网络带宽占用率变化不大, 这是因为事故情况下突发增加的报文

量相对于一直存在的 SMV 报文量较小, 所以此种情况下, 数字化变电站在事故时和正常运行时对 GOOSE 网络的传输性能影响有限。

2.3.3 GOOSE 接收配置测试

配置不同的 GOOSE 开入组数、通道数: 如 5 组 (26/32/32/32/32)、4 组 (32/32/32/32)、3 组 (32/32/32)、2 组 (2/2)、8 组 (21/32/32/32/32/12/4/6)、8 组 (21/32/32/32/10/12/4/6)、1 组 (63), 用测试工具发送相应的 GOOSE 报文, NPI-801 均能正确接收 GOOSE 报文并映射到开入。也可配置成 13 组, 每组 2 个开入。

2.3.4 GOOSE 开入量映射测试

配置不同的开入量映射关系, 测试 GOOSE 开入的正确性。

【测试结果】GOOSE 开入映射正确。

2.3.5 GOOSE 品质因数测试

品质因数中的 bit1、2、3、4、5、7、9、10 中, 任一为 1 则该 GOOSE 开入为无效。Bit6、11、12、13 为 1 时, 开入仍有效。Bit8 为 1 时, 当开入状态发生变位后其品质因数为有效, 如果开入状态一直不变化, 则品质因数取原来的值。GOOSE 品质因数和设计方案一致。

2.3.6 GOOSE 网络状态测试

配置 8 组 GOOSE, 每组 8 个通道, 并为每组配置一个表示通道状态的开入。通过插拔网线模拟通信中断和恢复。

GOOSE 网络状态开入正确, 当其中一组 GOOSE 数据接收中断后, 该组通讯状态位为 0, 接收正常时, 该组通讯状态位为 1。

2.3.7 GOOSE 数据丢包测试

在不同的配置下, 用工具发送固定帧数的 GOOSE 报文, 用装置调试分析器监视 NPI-801 内存, 判断 GOOSE 接收是否出现丢包。

按接收缓冲区的最大化配置, 配置 8 组 GOOSE 报文, 共 192 路开关量, NPI-801 接收到的 GOOSE 数据正确。其他配置下, GOOSE 接收均未出现丢包现象。

2.4 GOOSE 发送测试

2.4.1 GOOSE 发送机制测试

正确配置 GOOSE 报文发送功能后, 使 NPU-804 定时触发开出变位, 用抓包工具获取 NPI-801 发出的 GOOSE 报文, 通过分析报文得出 NPI-801 发送的 GOOSE 的时间间隔及发送机制。

GOOSE 发送机制符合 IEC 61850 标准。其中各时间 T0/T1/T2/T3 均可以通过配置工具灵活设置。TO/T1/T2/T3 配置为不同值, NPI-801 发送的

GOOSE 报文间隔均与配置值一致。

#### 2.4.2 GOOSE 报文发送超时处理测试

配置文件中 GOOSE\_SEND 中 status\_check\_interval 初始值为 1000ms, 经测试, 该时间为 NPI-801 判断开出超时的时间, 当经过该时间没有收到 NPU 的开出时, NPI 将 GOOSE 开出的品质因素设为无效。

### 2.5 集成测试

#### 2.5.1 常规测试

运行环境: NPI-801 的 SMV 接收 (200 点单合并器), GOOSE 接收 (2 组, 每组 32 个开关量; 且发送方发送的 GOOSE 报文每 1 min 自动反转开关量), GOOSE 发送 (2 组, 每组 32 个开关量), SNTP (组播方式)。

测试环境如下: SMV 配置到 192.168.0.10 (以太网口), 配置口也用 192.168.0.10。SMV 采样率为 80, NPI 输出采样率为 48。SMV 序列号上限为 10000。保护模拟量通道总数为 70。NPI-801 的 GOOSE 发送未启动, 也没有向 NPI-801 发送 GOOSE, SNTP 服务器也未启动。

【测试结果】交流采样值能正常运行。

#### 2.5.2 压力测试

运行环境: NPI-801 的 SMV 接收 (单合并器 200 点输入 48 点输出), GOOSE 接收 (5 组, 每组 32 个开关量; 且发送方发送的 GOOSE 报文每 10 ms 自动反转开关量), GOOSE 发送 (2 组, 每组 32 个开关量), SNTP (组播方式配置 10 ms 间隔发送 SNTP 报文)。此情况下, 重点验证 SMV、GOOSE 是否丢点。

测试环境及过程如下: SMV 单合并器配置到 192.168.0.10 (以太网口), 配置口也用 192.168.0.10。SMV 采样率为 200, NPI 输出采样率为 48。SMV 序列号上限为 10000。保护模拟量通道总数为 12; 同时 NPI-801 接收 GOOSE 共 5 组 (第 1 组 26 个开关量, 其余 4 组每组 32 个开关量); NPI-801 向外发送 GOOSE 共 2 组 (每组 32 个开关量); SNTP 服务器 1 个 (绑定到 192.168.1.10 ETH1 以太网口, 广播方式)。

【测试结果】交流采样值与 GOOSE 信息, 以及 SNTP 校时都能正常运行。

### 3 结论

数字化变电站自动化系统中采用先进的 IEC 61850 GOOSE 通信机制实现各种变电站二次应用功能技术上是可行的, 性能上可以满足继电保护技术规程要求的“四性”, 基于 GOOSE 通信机制

的应用功能实现方式可以在相关业务领域得到拓展应用, 灵活、高效、经济地实现各种分布式功能, 如基于 GOOSE 的站内五防连锁功能, 站内/区域集控式电压无功质量控制等。相信 GOOSE 通信机制未来必定会在数字化变电站系统中得到更深层次的业务应用。

### 参考文献

- [1] Dolezilek D J. Power System Automation[M]. Schweitzer Engineering Laboratories, Inc.
- [2] 数字化电网关键技术研究框架—国家电网 2007 版[Z]. Research Framework of Key Technology about Digital Power Grid—state Grid 2007 Version[Z].
- [3] Skeie T, Johannedden S, Brunner C. Ethernet in Substation Automation[J]. IEEE Control System Magazine, 2002, 22 (3): 43-51.
- [4] IEC 61850, Communication Networks and Systems in Substations[S].
- [5] 魏勇. 浅析全数字化变电站二次系统的全生命周期成本管理[J]. 电力系统保护与控制, 2009,37(10). WEI Yong. Brief Analysis Total Life Cycle Costs Management of Secondary System of Digital Substation[J]. Power System Protection and Control, 2009,37(10).
- [6] 殷万良, 刘万顺, 杨奇逊. 基于 IEC 61850 的通用变电站事件模型[J]. 电力系统自动化, 2005, 29 (19): 45-50. YIN Wan-liang, LIU Wan-shun, YANG Qi-xun. Generic Substation Event Model Based on IEC 61850[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005,29 (19):45-50.
- [7] 魏勇. 数字化变电站过程层组网技术研究及应用[J]. 农村电气化, 2008. WEI Yong. Research and Application on Process Level Network Schema in Digital Substation[J]. Village Electronic,2008.
- [8] 国家电网科学技术进步奖申报书[Z].河南省电力公司, 许继集团公司,2009. Declare Report for Science and Technology Advancement Award of State Grid[Z].Electric Power of Henan, XJ Group Corporation, 2009.
- [9] 魏勇. 变电站网络化二次系统关键技术研究及应用[J]. 电力系统保护与控制, 2009,38. WEI Yong. Research and Application on Key Technologies of Power Secondary System in Substation Based on Network[J]. Power System Protection and Control, 2009,38.
- [10] 变电站网络化二次系统研究及应用技术报告[Z].河南省电力公司, 许继集团公司,2008.

(下转第 93 页 continued on page 93)

## 参考文献

- [1] 邓聚龙.灰色系统基本方法(第2版)[M].武汉:华中科技大学出版社,2005.  
DENG Ju-long. The Primary Methods of Grey System Theory[M].Wuhan: Huazhong Univeristy of Science and Technology,2005.
- [2] WEI Li, HAN Zhu-hua, NIU Dong-xiao. Improved Genetic Algorithm-GM(1,1) for Power Load Forecasting Problem[A].in: Third International Conference on Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies[C]. 2008.1147-1152.
- [3] ZHOU Jiang-wen. Mathematical Processing of Systematic Error[A]. in:Proceedings of New Exploration of Surveying Error Theory[C].Beijing: Seismological Press, 1999.
- [4] 王小平, 曹立明.遗传算法——理论、应用与软件实现[M].西安: 西安交通大学出版社, 2002.  
WANG Xiao-ping, CAO Li-ming. Genetic Algorithm[M]. Xi'an: Xi'an Traffic University Press, 2002.
- [5] Homaifar A, Lai S H Y, Qi X. Constrained Optimization Via Genetic Algorithms[J]. Simulation, 1994, 62, 242-254.
- [6] Zbigniew Michalewicz, Martin Schmidt. TCG-2: A Test-case Generator for Non-linear Parameter Optimization Techniques[M]. Hcidelberg, Germany: Springer, 2003.193-212.
- [7] Hansen J V. Genetic Search Methods in Air Traffic Control[J]. Computers and Operations Research,2004,31((3):445-459.
- [8] 杨新武, 刘椿年.基于演化周期的惩罚策略[J].计算机工程与应用,2003,17.  
YANG Xin-wu, LIU Chun-nian. The Penalty Strategy Based on Evolution Period[J]. Computer Engineering and Application, 2003, 17.
- [9] 胡旭晓, 潘晓弘, 何卫, 等.惩罚函数的构造及多模态平稳过渡策略[J].机械工程学报, 2008, 44(4).  
HU Xu-xiao, PAN Xiao-hong, HE Wei, et al. Construction of Penalty Function and Multi-modal Smooth Transition Strategy[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2008, 44(4).
- 
- 收稿日期: 2008-12-16; 修回日期: 2009-03-11  
作者简介:  
教培(1979-), 女, 博士研究生, 助理研究员, 研究方向为智能测试理论与装置. E-mail:aopei16.student@sina.com  
车龙华(1963-), 男, 教授, 博导, 研究方向为电力系统保护、智能电器和电能质量。
- 
- (上接第89页 continued from page 89)  
Technology Report of Research and Application on Substation Secondary System[Z].Henan Electric Power Corporation,XJGroup Corporation,2008.
- [11] 周江龙.电力操作闭锁方法及其分布式智能实现模式(硕士学位论文)[D].湘潭:湘潭大学,2008.  
ZHOU Jiang-long. Research of On-line Interlocking and its Distriuted Intelligent Implementation Method,Thesis[D]. Xiangtan: Xiangtan University, 2008.
- [12] 窦晓波.与GOOSE联动的数字化变电站巡视系统[J].电力自动化设备,2008.  
DOU Xiao-bo. Remote Superviwer System Accompany with GOOSE Information[J]. Electric Power Automation Equipment, 2008.
- [13] GOOSE 实时通信的分析与实现[J].电力系统保护与控制,2009,38.  
Analysis and Realization of GOOSE Real-time Communication[J]. Power System Protection and Control ,2009,38.
- [14] 基于IEC 61850的数字化继电保护GOOSE功能测试[J].电力系统保护与控制,2008,36(7).  
GOOSE Test of Digital Relays Based on IEC 61850[J]. Power System Protection and Control, 2008,36(7).
- [15] 数字化(智能)变电站调研情况总结[Z].国家电网公司内部资料,2009.  
Summary report of Investigation and Study on Digital (Smart) Substation[Z]. State Grid,2009.
- 
- 收稿日期: 2009-09-15; 修回日期: 2009-11-24  
作者简介:  
郑新才(1962-), 男, 高级工程师, 从事继电保护研究工作; E-mail:zhengxincai22@126.com  
周鑫(1979-), 男, 助工, 从事继电保护检修安装调试工作;  
王素华(1971-), 女, 继电保护技师, 从事继电保护工作。