

DOI: 10.7667/PSPC151092

# 智能变电站过程层网络报文与流量分布计算方法

陈桥平<sup>1</sup>, 陈志光<sup>1</sup>, 黄勇<sup>2</sup>, 苏忠阳<sup>2</sup>, 陆伟<sup>2</sup>

(1. 广东电网公司电力调度控制中心, 广东 广州 510665; 2. 武汉中元华电科技股份有限公司, 湖北 武汉 430000)

**摘要:** 报文与流量分布的定量计算不仅能够对过程层网络组网方案进行评价, 为设备选型提供量化依据, 也能为网络异常保护提供判据和阈值整定。提出了过程层网络报文的描述与计算模型, 包括过程层网络报文传输路径模型, 设备输入流量计算模型, 链路流量计算模型等。模型描述了过程层网络报文的整个传输行为, 利用该模型能够在提取 SCD 文件中必要的计算要素的基础上, 实现报文与流量分布的自动计算。并以典型 110 kV 变电站的过程层网络为例, 并结合 OPNET 仿真对比, 验证了该模型和方法的有效性。最后基于报文与流量计算方法, 给出了网络异常保护的实现思路。

**关键词:** 智能变电站; 过程层网络; 报文; 计算模型; SCD 文件

## Calculation of distribution of message and traffic load for process bus network in smart substation

CHEN Qiaoping<sup>1</sup>, CHEN Zhiguang<sup>1</sup>, HUANG Yong<sup>2</sup>, SU Zhongyang<sup>2</sup>, LU Wei<sup>2</sup>

(1. Electric Power Dispatch and Control Center of Guangdong Power Grid Corporation, Guangzhou 510665, China;  
2. Zhongyuan Huadian Science & Technology Co., Ltd., Wuhan 430000, China)

**Abstract:** Quantitatively accurate calculation of the distribution of message and traffic load can not only evaluate the network scheme and provide a quantitative basis for equipment selection, but also for network anomaly monitoring protection criterion and threshold tuning. This paper presents a process bus network message model, including the message transmission path model, equipment input flow calculation model and the traffic load of links calculation model. These models describe the transmission behavior of the messages, and based on the SCD file analysis, the information flow calculation method can be achieved automatically. Finally, it takes the process bus of a typical 110 kV substation network as an example combined with OPNET simulation comparison to verify the validity of the models and methods in this paper.

**Key words:** smart substation; process bus network; message; calculation model; SCD file

## 0 引言

过程层网络是智能变电站的核心, 其报文的定量分析不仅能够反映过程层网络在各种状态下的流量分布, 为组网方案评价与设备选型提供量化依据; 针对各类网络异常情况下的报文计算, 还可为网络异常保护提供判据和阈值整定<sup>[1-2]</sup>。

智能变电站过程层网络报文既具有周期性也具有突发性和随机性, 这使得过程层网络报文的建模与定量分析存在困难, 尚没有有效的解决方案<sup>[3-4]</sup>。由于无法定量计算过程层网络在不同运行方式下的报文水平, 网络设备的选型存在着一定的盲目性, 给过程层网络的性能乃至继电保护等应用系统的可靠性带来隐患。而采用简单估算选择更大性能裕量的设备(如设计更大的带宽), 则可能损失工程实施

的经济性<sup>[5]</sup>。

本文提出了一种变电站过程层网络报文的描述模型, 给出了过程层网络设备流量和链路流量的计算方法。针对不同的应用场景, 对报文计算进行了分类, 分析了报文计算的可能应用领域。基于变电站配置文件 SCD(System Configuration Description)的解析, 提取报文计算的构成要素, 提出了变电站过程层网络报文计算的实现方法。最后, 以一个 110 kV 变电站过程层网络为例, 并通过 OPNET 的仿真对比, 说明了本文模型与方法的有效性。

## 1 报文描述与计算模型

### 1.1 过程层网络报文传输路径模型

智能变电站过程层网络中任一信息源产生的报文的传输过程可以通过如图 1 所示的树状网络(简

称树)来描述。信息源作为树的根节点  $s$ ，只有输出支路，没有输入支路；除根节点外，树中的节点可分为叶节点和权节点，叶节点只同一条输入支路联接(如  $b, f$  等)，为报文的接收节点；权节点有两条或两条以上的支路联接(如  $a, e$  等)。

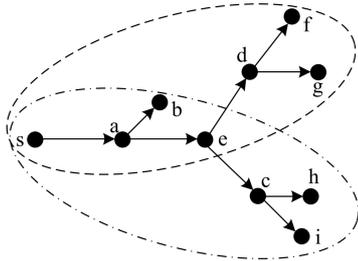


图 1 报文传输的树状网络

Fig. 1 Tree network of information flow transmission

一般情况下，合并单元(MU)只作为根节点，智能电子设备(IED)能作为叶节点也能作为根节点，而交换机则作为权节点。椭圆虚线代表利用报文隔离策略(如静态组播)划分的两个广播域。

根据信息源产生报文的周期与种类的不同可将根节点划分周期上送根节点和突发根节点两大类，对于 MU 和无故障发生时周期发送 GOOSE 的 IED 而言，属于前者，对于发生故障时突发 GOOSE 的 IED 而言属于后者。

在网络性能处于理想状态时，各信息源产生的流量之间相互独立，网络的流量分布符合叠加原理：网络中某处的流量等于网络中每个信息源分别独立作为根节点时在该处所产生流量的叠加。

依据叠加原理，能够建立过程层网络设备流量与链路流量的计算模型，设备流量分为输入和输出流量，链路流量分为上行和下行流量，考虑到计算设备的输出流量意义不大，所以只考虑设备的输入流量。

### 1.2 设备输入流量计算模型

设备输入流量计算模型如式(1)所示。

$$D_i = M_{ini} U \quad (1)$$

式(1)中： $D_i$ 为设备  $i$  的输入流量； $M_{ini}$ 为设备  $i$  的输入报文集矩阵( $n \times m$  阶)，如式(2)、式(3)，其中  $n$  为过程层网络中信息源的数目， $m$  表示过程层网络中共有  $m$  路报文(包括 GOOSE 和 SV)， $M_{si}$  为设备  $s$  作为根节点，设备  $i$  作为权节点或叶节点时的输入报文集。 $L_p$  为报文  $p$  的长度，若  $M_{si}$  不包含报文  $p$ ，则  $L_p=0$ 。

$$M_{ini} = [M_{1i} \ M_{2i} \ \dots \ M_{si} \ \dots \ M_{ni}]^T \quad (2)$$

$$M_{si} = [L_1 \ L_2 \ \dots \ L_p \ \dots \ L_m] \quad (3)$$

$U$  为单位时间内输入设备  $i$  的各路报文数量的集合，如式(4)，网络状态理想情况下，单位时间内

输入设备  $i$  的报文数量即是报文发送时间间隔的倒数，与设备  $i$  无关，由各信息源作为周期上送根节点还是突发根节点决定。其中  $U_p$  为单位时间内输入设备  $i$  的报文  $p$  的数量。

$$U = [U_1 \ U_2 \ \dots \ U_p \ \dots \ U_m]^T \quad (4)$$

#### (1) 链路流量计算模型

链路流量计算模型如式(5)所示。

$$R_{ik} = \left\{ \begin{array}{l} \sum_{s \in E} M_{si} U \quad (k \rightarrow i) \\ \sum_{s \in E} M_{sk} U \quad (i \rightarrow k) \end{array} \right\} \quad (5)$$

式中： $R_{ik}$ 为链路  $ik$  的流量； $i \rightarrow k$  代表链路流量方向由设备  $i$  流向设备  $k$ ； $E$  代表过程层网络中全部信息源的集合。

#### (2) 设备输入报文集的确定

输入报文集的确定方式根据所采用的报文隔离策略不同而有所不同，现今比较常用的隔离策略有两种——端口 VLAN 划分和静态组播。如图 1，若采用端口 VLAN 划分，则任一信息源作为根节点时，根据其所在 VLAN 划分的广播域即可形成一棵树，树中所有节点均会收到其发布的所有报文， $M_{si}$  即为该信息源  $s$  发布所有报文组成的集合  $M_s$ ；而采用静态组播时，则根据报文的订阅关系与组播域的划分形成树，树会因为报文组播的配置而形成如椭圆虚线所划分的两个或更多组播域，导致叶节点和权节点不会收到根节点发布的所有报文， $M_{si}$  需要综合分析  $M_s$ ，订阅关系和组播信息获得。

#### (3) 报文计算的步骤

- 1) 确定过程层网络的各信息源设备发布报文集合  $M_s$  以及报文的订阅关系；
- 2) 以各信息源分别作为根节点，根据 VLAN 划分或静态组播信息确定该信息源作为根节点时报文传输的树状网络以及网络中的权节点与叶节点，并确定各节点的输入报文集  $M_{si}$ ；
- 3) 根据信息源作为根节点时的节点类型和各路报文发送间隔确定  $U$ ；
- 4) 利用式(1)、式(5)计算网络的流量分布。

## 2 基于 SCD 解析的报文计算实现方法

报文计算模型中涉及的关键要素为各信息源设备所发布的报文集合  $M_s$ 、报文订阅关系、VLAN 划分信息、报文长度  $L_p$  以及信息源发送报文的时间间隔(形成  $U$ )。通过 SCD 文件的解析能够获得关键要素的相关信息，为报文计算提供实现的条件<sup>[9]</sup>。

## 2.1 报文长度计算及发送间隔的提取

### 2.1.1 报文长度计算

GOOSE 报文和 SV 报文均由 3 部分组成: 以太网头、PDU 标识以及 APUD, 所以报文长度=以太网头长度+PDU 标识长度+APUD 长度。以太网头和 PDU 标识均对报文起说明作用, 不包含报文传输的具体数据内容, 在两类报文中长度也是固定的, 分别为 18 Byte 和 8 Byte, APDU 的长度可通过解析各报文所引用的数据集来获得<sup>[7]</sup>。

### 2.1.2 报文发送间隔的解析

SV 报文每秒钟发送的帧数可通过解析 SCD 文件中<SampledValueControl>的 smpRate 获得, 保护用的 SV 报文 smpRate 通常设为 4 000, 即发送间隔为 0.25 ms, 每秒钟发送 4 000 条 SV 报文。

对于 GOOSE 报文, 最小发送间隔可通过解析 SCD 文件的 MinTime 获得, 即在发生一次设备故障等变电站事件时第一帧突发报文与第二帧突发报文之间的时间间隔, 通常取值为 1 ms 或 2 ms, 本文以 1 ms 为例。心跳周期  $T_0$  为 SCD 文件中的 MaxTime, 通常设为 1 s 或 0.5 s, 本文以 1 s 为例<sup>[8-9]</sup>。

## 2.2 设备间信息订阅关系的形成

设备间报文订阅关系的形成依赖于 IED 发送报文配置信息和 IED 接收报文配置信息的解析。

### 2.2.1 IED 发送报文配置信息的解析

SCD 文件的<Communication>部分中包含了若干个子网, 一个子网中包含多个 ConnectedAP(通信访问点), 一个通信访问点代表了一个接入点, 可以发送/接收 0 个或多个 GOOSE/SV 报文。通信访问点由 iedname 和 apname(access point name)共同描述并唯一标识, iedname 对应各 IED, apname 对应各 Access Point, 一个<IED>可以包含多个 Access Point。

SCD 文件中的<GSE>和<SMV>分别代表 GOOSE 报文和 SV 报文, 一个<GSE>或<SMV>由 cbName(控制块名称)和 IdInst(逻辑设备实例)共同唯一标识。

<Address>中包含了报文发往的目的地址(MAC Address)、该报文所属的 VLAN、优先级以及 APPID。APPID 为应用标识, 唯一标识一路 GOOSE 报文或 SV 报文, 在 SCD 文件中, 没有两个重复的 APPID, GOOSE 报文的应用标识在 0x0000 到 0x3FFF 之间, SV 的应用标识取值于 0x4000 到 0x7FFF 之间。通过对<Communication>的解析, 可以得到以 APPID 为主键构成的 IED 发送报文配置表, 如表 1 所示。

表 1 中第一行的数据表示 IED “MM2206AB”的 “M1” 端口发送 APPID 为 4001 的 SV 报文, 由控制块 “smvcb1” 负责控制发送过程。

表 1 IED 发送报文配置表

Table 1 Configuration of IED sending messages

APPID	iedName	apName	type	cbName	IdInst
4001	MM2206AB	M1	SMV	smvcb1	MU
.....	.....	.....	.....	.....	.....
0001	goserver	A1	GSE	GoCB1	goserver
.....	.....	.....	.....	.....	.....

### 2.2.2 IED 接收报文配置信息的解析

IED 接受报文配置信息的解析主要针对各 IED 的<ExtRef>字段, <ExtRef>表示逻辑节点对数据项的引用。一个<ExtRef>字段共包含 daName, doName, iedName, IdInst, InClass, InInst, prefix 和 intAddr。通过<ExtRef>字段中 daName 和 doName 的解析能够获得其所在的数据集, 该数据集为接收的报文所对应的数据集<sup>[10]</sup>。通过数据集名称查找到该数据集对应的 cbName(控制块名称)。根据<ExtRef>字段中的 iedName 和 IdInst 以及 cbName 能够在表 1 中搜寻接收的报文所具有的 APPID 及 type, 并形成 IED 接收报文配置表, 如表 2 所示。

表 2 IED 接收报文配置表

Table 2 Configuration of IED receiving messages

APPID	iedName	apName	type	IdInst
4001	PM2201	S1	SMV	LD0
4001	P22001	S1	SMV	PROT
.....	.....	.....	.....	.....

表 2 中的 iedName, apName 和 IdInst 与表 1 中的不同, 分别为<Inputs>字段所在的接收报文的 IED 设备名称, 通信访问点名称和逻辑设备实例。

表 2 中第一行数据表示 IED “PM2201” 的端口 “S1” 接收 APPID 为 4001 的 SV 报文。

综合 IED 发送和接收报文配置表的信息即可得到整座变电站所有 IED 设备之间的虚拟连线, 即不同 IED 设备不同端口之间的对应关系, 虚拟连线是 IED 设备之间订阅关系的表示形式。

### 2.2.3 VLAN 信息的提取

通过解析<Address>中 APPID 和 VLAN-ID 的值能够获知某一路报文所属的 VLAN-ID, 实际运行中常按照将发布和订阅同一路报文的设备划分到同一个 VLAN 中去的原则进行端口 VLAN 的划分, 因此结合表 1 和表 2 的信息能够得到过程层网络中各设备所被划分的 VLAN 信息。

## 3 算例分析

采用典型 110 kV 变电站 110 kV 侧过程层网络为对象进行算例分析, 网络的拓扑图如图 2 所示。

图中共有 5 个间隔<sup>[11]</sup>。其中菱形代表交换机, 圆形代表 IED, 正方形代表 MU, 除交换机外, 其他各设备名称如表 3 所示。

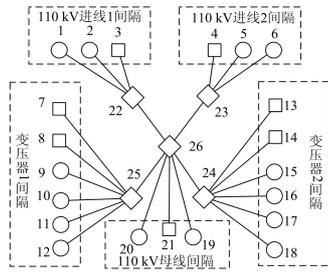


图 2 算例的网络拓扑图

Fig. 2 Network topology of the example

表 3 设备名称

Table 3 Device name

编号	设备	编号	设备
1、6	线路保护测控	10、16	主变 110 kV 智能终端
2、5	线路智能终端	11、17	主变 10 kV 智能终端
3、4	线路 MU	12、18	主变保护测控
7、13	主变 10 kV 侧 MU	19	母线保护测控
8、14	主变 110 kV 侧 MU	20	母线智能终端
9、15	主变本体智能终端	21	母线 PTMU

通过解析该变电站的 SCD 文件，可获得如表 4 所示的报文订阅关系，并涵盖了各信息源设备发布报文集合  $M_s$ 。

表 4 报文的订阅关系

Table 4 Subscriptions relationship of packets

发布设备	订阅设备	报文内容	长度/byte	类型编号
1	2	三相跳闸命令	174	GOOSE1
1	19	启动失灵	174	GOOSE2
1	2	遥控命令	174	GOOSE3
1	12、19	联锁信息	174	GOOSE4
2	1、19	开关量	174	GOOSE5
20	19	开关量	174	GOOSE6
19	2、20	母差保护跳闸	174	GOOSE7
12、19	1	联锁信息	174	GOOSE8
12	10、11	三相跳闸命令	174	GOOSE9
12	19	启动失灵	174	GOOSE10
12	10、11	遥控命令	174	GOOSE11
10、11	12、19	开关量	174	GOOSE12
19	12	三相跳闸	174	GOOSE13
9	12	开关量	576	GOOSE14
3	1、19	相关电压电流	173	SV15
7、8	12、19	相关电压电流	173	SV16
21	19	母线电压	149	SV17

由于线路和主变的两个间隔配置相同，这里只列出其中一个间隔的，容易看出网络中 GOOSE 和 SV 共有 33 路报文。进一步解析 VLAN 信息得到图 2 中的各设备所属的 VLAN，如表 5 所示。

根据 VLAN 的划分表可确定各信息源设备作为根节点时的报文传输树，共 21 棵。图 3 所示为以设备 1，2 和 3 分别作为根节点时形成的树。

以计算交换机的输入流量为例，首先确定各台交换机的输入报文集，若采用 GOOSE 和 SV 共网

表 5 VLAN 划分表

Table 5 VLAN table

VLAN-ID	设备编号	VLAN-ID	设备编号
0001	1、2、12、19、20	0007	5、6、18、19、20
0002	10、11、12、19	0008	16、17、18、19
0003	9、12	0009	15、18
0004	1、3、19	0010	4、6、19
0005	7、8、12、19	0011	13、14、18、19
0006	21、19		

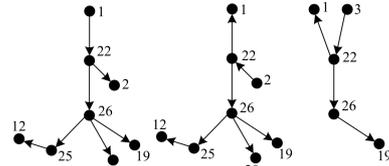


图 3 树状网络示例

Fig. 3 Example of tree network

的传输方案，则各输入报文集可用  $21 \times 33$  阶的矩阵表示，矩阵的每一行为设备 1 到 21 分别作为根节点，交换机 26 作为树节点时的节点输入报文集，如第一行由 GOOSE1、2、3 和 4 构成，长度均为 174 Byte，最后一行由 SV17 构成，长度为 149 Byte。

稳态时，网络中所有信息源均以周期性发送报文，各 IED 和 MU 均作为根节点时为周期上送根节点。设心跳周期  $T_0=1$  s，MU 每秒钟发送 SV 报文数为 4 000 帧。计算极限流量时与各台交换机相关的 IED 均作为突发根节点，并设其持续以 1 ms 的间隔突发报文，每秒钟发送报文数为 1 000。根据稳态和极限时的流量计算的条件确定矩阵  $U$ ，利用公式 (1) 可得出各交换机的稳态和极限输入流量，并利用 OPNET 软件进行仿真对比，结果如表 6 所示。

可见中心交换机 26 的流量最大，设备选型时，对其吞吐量的要求最高，中心交换机至少要能够满足 34 Mbps 的吞吐量要求才可能在极端情况下不丢包。通过 OPNET 仿真对比可知，利用本文模型进行的流量计算与仿真结果基本一致，验证了模型的准确性。

表 6 各交换机的输入流量

Table 6 Input flow of every switch

编号	稳态流量/Mbps		极限流量/Mbps	
	本文方法	OPNET	本文方法	OPNET
22	5.56	5.56	22.24	22.24
23	5.56	5.56	22.24	22.24
24	5.56	5.56	28.24	28.24
25	5.56	5.56	28.24	28.24
26	15.86	15.86	33.94	33.94

#### 4 基于流量分布的网络异常保护实现思路

电力系统继电保护中有过流保护的概念，当某

条线路电流超过了整定值之后线路会被自动切除, 以防止电流过大损坏线路。

通信网络中也有这样的情况。当某一个 IED 设备发生某种异常, 它持续不断的极高流量的向网络发送信息, 如果这种情况再继续下去很有可能会导致整个网络崩溃和瘫痪, 导致其他设备的很多重要信息无法正确发送, 这时候就需要一个机制, 将发送异常流量(过流量)的设备从网络中暂时切除掉, 这里的切除有两种含义, 一种可以不是像断路器那样物理地将设备与网络隔离, 而是逻辑上利用生成树协议断开该条路径或者通过模仿 ARP 攻击的方式使得设备的报文无法发送到网络上; 另一种是启动继电器切断设备电源, 从而起到自动、迅速、有选择性的将故障元件从网络中切除, 保证其他无故障部分迅速恢复正常工作。

而过流量保护的整定即可利用本文提出的报文和流量分布的计算方法实现。对全网进行极限时的流量计算, 若某处监测的流量超过了该处的极限时的流量计算结果, 即可启动过流量保护。

同理, 对于通信网络中的另一种情况, 某个 IED 设备或者连接这个 IED 设备的链路出了某种故障, 它的心跳报文停止了, 或者心跳慢于既定的数值, 抑或超过生存时间而未收到报文, 这个时候就应该启动低流量保护。低流量保护的整定可以根据本文提出的报文和流量分布的计算方法实现。对全网进行稳态时的流量计算, 若某处监测的流量低于该处的极限时的流量计算结果, 即可启动低流量保护。低流量保护启动后将会上传低流量具体在网络中的发生位置, 流量的具体数值以及流量与整定值的差值等动作信息, 以便运行人员对故障原因进行分析并修复和处理。

## 5 结语

本文提出了过程层网络报文的描述模型, 包括节点模型和流量计算模型, 该模型可通过 SCD 文件中部分内容的解析提取必要信息, 实现报文准确计算。基于典型 110 kV 变电站的算例分析和 OPNET 的仿真验证表明, 依据该模型的报文计算结果具有准确性和实用性, 能够满足不同场景、不同应用的报文计算要求, 为智能变电站设备选型、方案评价、性能评估等提供了有效的定量研究手段。

## 参考文献

- [1] FAN Chen, NI Yimin, ZHAO Anguo, et al. The research about the scheme of process layer network in smart substation of China[C] // Power and Energy Engineering Conference (APPEEC), March 25-28, 2011, Wuhan: 1-4.
- [2] WANG Haizhu, CAI Zexiang, SU Zhongyang, et al. The analysis of relay protection communication mechanism based on IEC61850[C] // The International Conference on Advanced Power System Automation and Protection,

- Oct, 16-20, 2011, Beijing: 223-227.
- [3] XU Fei, WANG Bin, DONG Xinzhou, et al. Research of protection communication system in process level of intelligent substation[C] // The International Conference on Advanced Power System Automation and Protection, Oct, 16-20, 2011, Beijing: 2424-2429.
- [4] 胡春潮, 蔡泽祥, 竹之涵. 提高数字化变电站关键报文传输可靠性方法研究[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(9): 92-96.  
HU Chunchao, CAI Zexiang, ZHU Zhihan. Frame-based transmission reliability analysis of the digital substation key messages[J]. Power System Protection and Control, 2011, 39(9): 92-96.
- [5] 李俊刚, 宋小会, 狄军峰, 等. 基于 IEC 62439-3 的智能变电站通信网络冗余设计[J]. 电力系统自动化, 2011, 35(10): 70-73.  
LI Jungang, SONG Xiaohui, DI Junfeng, et al. Communication network redundancy design of intelligent substation based on IEC 62439-3[J]. Automation of Electric Power Systems, 2011, 35(10): 70-73.
- [6] 何志鹏, 郑永康, 李迅波, 等. 智能变电站二次设备仿真培训系统可视化研究[J]. 电力系统保护与控制, 2016, 44(6): 111-116.  
HE Zhipeng, ZHENG Yongkang, LI Xunbo, et al. Visualization research on secondary equipments simulation training system for smart substation[J]. Power System Protection and Control, 2016, 44(6): 111-116.
- [7] 李志明, 曾元静, 袁涤非. IEC61850 SCD 文件导入生成嵌入式远动系统装置定义的通用方法[J]. 电力自动化设备, 2010, 30(7): 117-120.  
LI Zhongning, ZENG Yuanning, YUAN Difei. General method to generate IED definition with IEC61850 SCD file for telecontrol system[J]. Electric Power Automation Equipment, 2010, 30(7): 117-120.
- [8] 伊洋, 刘育权, 陈宇强, 等. 基于信息综合判断的智能变电站网络通信故障定位技术研究[J]. 电力系统保护与控制, 2016, 44(3): 135-140.  
YI Yang, LIU Yuquan, CHEN Yuqiang, et al. Research of network communication fault location technique in smart substation based on comprehensive information judgment [J]. Power System Protection and Control, 2016, 44(3): 135-140.
- [9] 蔡骥然, 郑永康, 周振宇, 等. 智能变电站二次设备状态监测研究综述[J]. 电力系统保护与控制, 2016, 44(6): 148-154.  
CAI Jiran, ZHENG Yongkang, ZHOU Zhenyu, et al. A survey of research on secondary device condition monitoring in smart substation[J]. Power System Protection and Control, 2016, 44(6): 148-154.
- [10] 张世强. 基于 61850 规约的保护装置 GOOSE 报文测试工具的开发[D]. 保定: 华北电力大学, 2009.
- [11] 张慧刚. 变电站综合自动化原理与系统[M]. 北京: 中国电力出版社, 2010.

收稿日期: 2015-06-28; 修回日期: 2016-01-25

作者简介:

陈桥平(1984-), 男, 硕士研究生, 研究方向为电力系统保护、控制与自动化; E-mail: bastdgu@126.com

陈志光(1965-), 男, 通信作者, 硕士, 高级工程师, 从事继电保护专业研究和管理工作; E-mail: 2283856zjc@163.com

黄勇(1969-), 男, 学士, 高级工程师, 从事电力信息管理工作。

(编辑 姜新丽)