

# 以动态模式建立基于 IEC61850 标准 IED 模型的研究

张运志<sup>1</sup>, 王胜利<sup>2</sup>, 常弘<sup>1</sup>, 林林<sup>1</sup>, 徐洪全<sup>1</sup>

(1. 西安交通大学电气工程学院, 陕西 西安 710049; 2. 河南商丘市郊区供电局, 河南 商丘 476100)

**摘要:** 在介绍了 IEC61850 标准的变电站配置语言 (SCL) 及微软公司可扩展标记语言 (XML) 组件库 MSXML 的基础上, 分析了基于变电站配置文件建立智能电子设备 IED 模型的可行性, 进而提出了根据 IED 的配置文件动态建立 IED 模型的方法, 最终给出了动态建模的具体实现过程及结果, 为进一步实现设备即插即用做准备。

**关键词:** 变电站; IEC61850; IED; SCL; MSXML; 动态建模

## Study of dynamic modeling of IED based on IEC61850

ZHANG Yun-zhi<sup>1</sup>, WANG Sheng-li<sup>2</sup>, CHANG Hong<sup>1</sup>, LIN Lin<sup>1</sup>, XU Hong-qun<sup>1</sup>

(1. School of Electrical Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China;

2. Shangqiu Rural Power Supply Company, Shangqiu 476100, China)

**Abstract:** This paper presents substation configuration language (SCL) of IEC 61850 standard and extensible markup language (XML) groupware library of Microsoft, and analyzes the feasibility of dynamic modeling of intelligent electronic device (IED) based on substation configuration files. Furthermore, a method is put forward to implement dynamic modeling of IED according to configuration files of IED. Finally, the material realization process and results are presented in this paper. All these make preparations for the further realization of plug-and-play-in SAS application for an IED.

**Key words:** substation automation; IEC 61850; IED; SCL; MSXML; dynamic modeling

中图分类号: TM764 文献标识码: B 文章编号: 1003-4897(2008)05-0054-05

## 0 引言

IEC61850 是国际电工委员会 (IEC) 制定的变电站自动化系统通信体系结构的一个国际标准, 制定该标准的目标是在最大限度的应用现有的标准和被广泛接受的通信原理的前提下, 为在变电站中不同制造商的设备 (物理装置) 提供良好的互操作性, 并且能适应通信技术的快速发展<sup>[1]</sup>。为实现互操作性, 还要满足某些静态和动态要求<sup>[2]</sup>。其中包括: 对功能应详细描述以便识别交换信息以及被交换的数据应同所有相关属性一起定义, 即设备的自我描述信息。标准在描述变电站设备时引用了非常成熟的面向对象技术。文献[4]已介绍了一种建立 IED 模型的方法, 即通过标准提供的目录服务接口遍历服务器 IED, 进而建立 IED 的模型, 但该方法还可以进一步改进, 由于 IED 模型包含 SERVER、LD、LN、DATA 及数据属性等多层次, 在读取每层目录服务时, 需要多次与服务器端 IED 通信, 不但增加

了网络流量, 而且效率不高, 本文在分析了变电站配置语言 SCL 的基础上, 提出另外一种实现自我描述机制, 即根据 IED 的配置文件动态建立 IED 模型。从而实现标准的目标之一: 设备的即插即用。

## 1 基于 SCL 配置文件的 IED 动态建模机制

为实现根据 IED 配制文件动态建立 IED 结构模型, 必须满足两个条件: 1) 服务器端 IED 配备有本 IED 的配置文件; 2) 客户端的 IED 能够读取服务器端 IED 的配置文件。而符合标准要求的 IED 设备必然满足这两个条件, 以下将详细介绍。

标准的第六部分提出: IED 配置器是制造商的一个特定工具。这个配置器必须能够输入/输出符合 IEC61850 标准定义的数据 (例如文件)。它提供 IED 的特定设定, 产生 IED 特定的配置文件, 下载配置文件到 IED。图1虚线以下部分表示由 IED 配置器产生的配置数据传送给 IED 的路径。将配置数据传给 IED 有下列几种方法<sup>[2]</sup>:

- 本地文件传输。通过连到 IED 的本地工程师工作站进行文件传输。
- 远方文件传输。例如标准的文件传输方法。
- 访问存取方法。通过访问存取按标准定义的参数和配置数据, 应采用标准第 7 部分的标准化方法。

因此, 在客户端希望建立 IED 结构模型时, 可以采用标准第 7 部分的标准化方法来读取配置 IED 功能的描述文件, 即后面提到的 CID 文件, 由于 CID 文件包含 IED 的详细信息, 因此通过对 CID 文件的解析, 便可以得到 IED 的结构模型信息, 进而可以动态建立 IED 的模型。

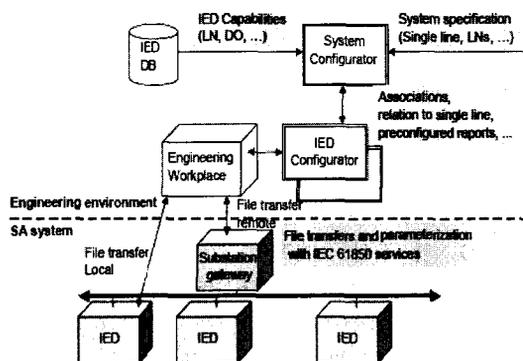


图1 配置过程信息流参考模型

Fig.1 Reference model for information flow in the configuration process

## 2 变电站配置语言 SCL

IEC61850-6 中定义了变电站配置描述语言 SCL (Substation Configuration Description Language)。SCL 定义了一种用来描述与通信相关的智能电子设备结构和参数、通信系统结构、开关间隔(功能)结构及它们之间关系的文件格式。变电站配置描述语言以 XML 为基础, 由于 XML 的信息独立于平台之间, 从而使得文件中的数据能够在不同厂家的智能电子设备工程工具和系统工程工具间以某种兼容的方式进行交换。

SCL 文档主要包括头、变电站描述、智能电子设备描述、通信系统描述以及逻辑节点数据类型模板定义五部分(见图 2)。在此五部分基础上对各数据组件的细化构成了完整的变电站配置描述语言(SCL)语法。

标准在第六部分 SCL 里, 提出了四种文件, 简单介绍如下<sup>[5]</sup>:

1) IED 功能描述文件 (IED Capability Description, .icd)

依据 IEC61850 标准中的描述, ICD 文件用于

在 IED 配置工具和 SCL 配置工具中的数据交换, 其内容主要是对 IED 的功能描述。ICD 文件结构示意图见图 3。

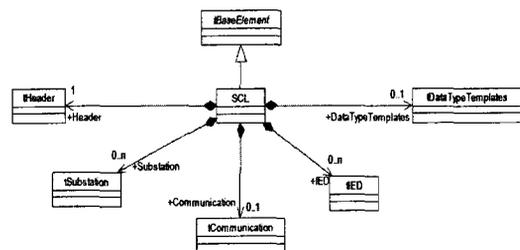


图 2 SCL Schema 结构图

Fig.2 Overview of SCL Schema

Header
IED Section
Substation Section Optional, may describe the part of the substation covered by the IED
Substation Section Part related to that IED present, if the .icd file describes an instantiated IED
Data Type Templates

图 3 ICD 文件结构图

Fig.3 Structural diagram of ICD file

2) 系统规格描述文件 (System Specification Description .ssd)

SSD 文件, 用于描述系统说明工具与系统配置器工具之间的数据交换, 可以通过变电站自动化工程师手动方式输入系统所要求的各项参数。

3) 变电站功能配置文件 (System Configuration Description file, .scd)

变电站系统功能配置文件 SCD, 这一目标文件是表征如何衔接孤立的智能电子设备与变电站自动控制中心的依据。在运行 SCL 配置器后, 将输出满足 XML 格式并符合标准要求的 SCD。它不但将被反馈输入至 IED 配置工具中去, 而且生成 CID 文件下载到各 IED 指导功能配置, 同时将作为下一步实现 IEC61850 的数据模型与实时数据库相互映射的基础。在整个变电站自动化系统运行起来之后, SCD 文件将是不断进行动态配置的文件, 从而实现指导不同厂家 IED 进行互操作。

4) 配置 IED 功能的描述文件 (Configured IED Description file, .cid)

cid 文件是用于详细描述如何对 IED 各参量进行功能配置的文件。它的文件内容与 icd 文件类似, 同样符合 XML 格式。由于 IEC61850 标准提出的馈

线设备模型具有可塑性,即设备模型的部分内容是可选择性实现,因此实际的 IED 设备的结构模型可能不唯一,所以,在配置 IED 功能的描述文件的 Data Type Templates 部分对模型进行了详细的定义。同时要求 IED 的名称须使用模板定义。并且文件中要包含按照数据类型模板定义逻辑节点的定义,以及可选的符合模板定义的变电站部分。CID 是研究 SCL 配置器的主要目的之一。SCD 文件输入到 IED 配置工具,经解析输出 CID 文件,进而下载到各个 IED 设备,完成功能和参数配置,做好通信连接等方面的准备工作。本文就是通过解析这种文件来动态建立 IED 的结构模型的。

### 3 MSXML<sup>[6]</sup>

MSXML 是提供核心 XML 服务的 Microsoft 软件组件,可提供四种不同的功能,即基于 XML 文档对象模型(DOM)的分析器; SAX ( Simple API for XML )分析器;XSLT 处理器;验证分析器。其中,XML 文档对象模型(DOM)是标准对象应用程序编程接口,它使开发人员能够用程序控制 XML 文档内容、结构、格式等。

#### 3.1 DOM 技术

DOM 是以层次结构组织的节点或信息片断的集合,它提供了 API,允许开发人员添加、编辑、移动或删除树中任意位置的节点。解析器用于设计分析 XML 文档。在诸如 DOM 这样基于树的 API 中,解析器将在内存中构造一棵数据树,然后利用各种接口和函数对树进行操作。在 DOM 接口规范中,有四个基本 COM 接口:

- 1) IXMLDOMDocument 接口
- 2) IXMLDOMNode 接口
- 3) IXMLDOMNodeList 接口
- 4) IXMLDOMNamedNodeMap 接口

本文通过前三个 COM 接口从 IED 配制文件中读取 IED 的结构信息,并基于此信息在客户端动态建立服务器端 IED 的结构模型。

#### 3.2 XPath<sup>[6]</sup>

XPath 是用来在 XML 文档中查找信息的语言,它可以用来在 XML 文档中访问元素和属性。XPath 提供了 "+, -, \*, div, >=, <=, or, and" 等操作符进行算术和逻辑的运算。如: '/bookstore/book[price>20 and price<=50]'. XPath 还提供了数百个库函数,包括字符串,数字,错误等处理的函数。选用适当的 XPath 表达式,将有助于快速准确地选择需要的信息。表 1 是本文所用到的部分 XPath 表达式。

表 1 XPath 示例

Tab.1 Sample of XPath

	XPath 表达式	注释
1	//IED	选择所有的 IED 节点
2	./LDevice	选择当前节点下的所有的 LDevice 节点
3	./LN0 ./LN	选择当前节点下的所有 LN 和 LN0 节点
4	//DataTypeTemplates/LNodeType[id='LN0']	选择 id 属性为 LN0 的 DataTypeTemplates/LNode 节点
5	//DataTypeTemplates/DOType[id='myMod']	选择 id 属性为 myMod 的 DataTypeTemplates/DOType 节点
6	./@fc	选择当前节点的 fc 属性
7	./@[ ends-with(name(),'chg')]	选择当前节点的属性名以 chg 为结尾的属性

### 4 动态建模方法

#### 4.1 基本数据模型

为了动态建设备的模型结构,依据标准第七部分中的数据属性、数据对象、逻辑节点、逻辑设备及 IED,本文对应抽象定义了 DA\_IEC61850 类、DO\_IEC61850 类、LN\_IEC61850 类、LD\_IEC61850 类、IED\_IEC61850 类来保存模型的必要信息<sup>[4]</sup>,然后将这些信息按照树形结构组织起来,以便进行信息的读写访问。

1) DA\_IEC61850: 用来保存数据属性 (DA) 的全部信息,如数据属性名、功能约束、触发选项及属性类型等。

```
class DA_IEC61850
{
public:
    DA_IEC61850();
    virtual ~DA_IEC61850();
    CString m_sDAName; //数据属性名
    CString m_sFC; //数据属性功能约束
    CString m_sTrgOpt; //数据属性触发选项
    CString m_sType; //数据属性类型
};
```

2) DO\_IEC61850: 用来保存数据对象 (DO) 的全部信息,如数据对象名、CDC 类名及属性列表等。

```
class DO_IEC61850
{
public:
    DO_IEC61850();
    virtual ~DO_IEC61850();
    CString m_sDOName; //数据对象名
```

```
CString m_sCDCName; //数据对象对应的
标准中的 CDC 类名
CList<DA_IEC61850*,DA_IEC61850*>
    m_lpDAList; //数据属性列表
};
```

3) LN\_IEC61850: 用来保存逻辑节点 (LN) 的全部信息, 如逻辑节点名, 逻辑节点引用名及数据列表等。

```
class LN_IEC61850
{
public:
    LN_IEC61850();
    virtual ~LN_IEC61850();
    CString m_sLNClassName;
        //逻辑节点对应的逻辑节点类名
    CString m_sLNRef; //逻辑节点的引用名
    CList<DO_IEC61850*,DO_IEC61850*>
    m_lpDOList; //数据对象列表
};
```

4) LD\_IEC61850: 用来保存逻辑设备 (LD) 的全部信息, 如逻辑设备引用名及逻辑节点列表等。

```
class LD_IEC61850
{
public:
    LD_IEC61850();
    virtual ~LD_IEC61850();
    CString m_sLDRef; //逻辑设备的引用
名
    CList<LN_IEC61850*,LN_IEC61850*>
    m_lpLNList; //逻辑节点列表
};
```

5) IED\_IEC61850: 用来保存智能电子装置 (IED) 的全部信息, 如 IED 服务器的引用名及逻辑设备列表等。

```
class IED_IEC61850
{
public:
    IED_IEC61850();
    virtual ~IED_IEC61850();
    CString m_sIEDRef;
        //IED 服务器的引
用名
    CList<LD_IEC61850*,LD_IEC61850*>
    m_lpLDList; //逻辑设备列表
};
```

4.2 SCL 中的基本数据模型

与标准的第七部分相对应, SCL 中也定义了相应的数据模型, 详细内容参照标准第六部分。

4.3 SCL 中的基本数据模型的解析过程

变电站配置文件中的 IED 配置信息是以 xml 文件格式存放的, 要想获得这些配置信息, 还必须从配置文件中解析出所需要的信息。动态建立 IED 模型, 必然需要对配置文件进行解析。对此本文还定义了一些函数来解析模型的必要信息:

1) 函数 DA\_Parse 用来从 IED 配置文件中解析出指定数据属性 (DA) 的全部信息。

```
DA_IEC61850*
DA_Parse(IXMLDOMDocument*
pXMLDom,IXMLDOMNode *pDANode)
```

pXMLDom: 变电站配置文件名;  
pDANode: 需要解析的数据属性;

该函数从数据类型模板中解析出数据属性 pDANode 的数据属性名、数据属性功能约束、数据属性触发选项、数据属性类型信息 (参见图 4), 最终返回解析得到的数据属性信息。

DA {4}

	name	bType	type	fc	dchg
1	ctlVal	Enum	Mod	CO	
2	stVal	Enum	Mod	ST	true
3	q	Quality		ST	true
4	t	Timestamp		ST	true

图 4 数据属性结构图  
Fig.4 Overview of DA

2) 函数 DO\_Parse 用来从 IED 配置文件中解析出指定数据对象 (DO) 的全部信息。

```
DO_IEC61850*DO_Parse(IXMLDOMDocumen
t *pXMLDom, IXMLDOMNode *pDONode)
```

pXMLDom: 变电站配置文件名;  
pDONode: 需要解析的数据对象;

该函数首先解析出数据对象的name属性和type属性 (见图5), 根据type属性的值从配置文件的数据TypeTemplates/ DOType中找到本DO的具体定义, 解析出本数据对象DO的CDC类名, 随后调用前面定义的DA\_Parse函数依次解析出定义中包含的所有的数据属性的信息 (参见图5), 最终返回数据对象pDONode的所有信息。

DOType {12}

id	cdc	DA
1	anyMod INC	DA {4}

	name	bType	type	fc	dchg
1	ctlVal	Enum	Mod	CO	
2	stVal	Enum	Mod	ST	true
3	q	Quality		ST	true
4	t	Timestamp		ST	true

图 5 数据对象结构图  
Fig.5 Overview of DO

3) 函数 LN\_Parse 用来从 IED 配置文件中解析

出指定逻辑节点 (LN) 的全部信息。

LN\_IEC61850\*LN\_Parse(IXMLDOMDocument \* pXMLDom,IXMLDOMNode \*pLNNode)

pXMLDom: 变电站配置文件名;

pLNNode: 需要解析的逻辑节点;

该函数首先解析出逻辑节点 pLNNode 的 name 属性和 lnType 属性 (见图 6), 然后根据 lnType 属性的值从配置文件的 DataTypeTemplates/LNodeType 中找到本逻辑节点的具体定义, 并解析出本逻辑节点的类型, 及调用前面定义的 DO\_Parse 函数依次解析出定义中包含的所有数据对象的信息 (参见图 6), 最终返回本逻辑节点的所有信息。

LNNodeType (7)		DO (4)	
id	lnClass	name	type
1	LN0	LLNO	DO (4)
2	LPND	LPND	DO (7)

id	name	type
1	Mod	myMod
2	Health	myHealth
3	Beh	myBeh
4	NanPlt	myLPL
5	PhyNam	myDPL
6	PhyHealth	myINS
7	Proxy	mySPS

图 6 逻辑节点结构图

Fig.6 Overview of LN

4) 函数 LD\_Parse 用来从 IED 配置文件中解析出指定逻辑设备 (LD) 的全部信息。

LD\_IEC61850\*LD\_Parse(IXMLDOMDocument \* pXMLDom, IXMLDOMNode \*pLDNode)

pXMLDom: 变电站配置文件名;

pLDNode: 需要解析的逻辑设备;

该函数首先解析出逻辑设备的 name 属性, 随后查询出该逻辑设备所包含的所有逻辑节点, 并调用前面定义的 LN\_Parse 函数依次解析出逻辑节点的信息 (参见图 7), 最终返回本逻辑设备的所有信息。

Device (2)		LN (5)	
id	lnClass	id	lnClass
1	50	72	CT
1	57	320	LPND
2	57	510	CSVI
3	57	700	CSVI
4	57	890	MMU
5	57	1080	TVTR

图 7 逻辑设备结构图

Fig.7 Overview of LD

5) 函数 IED\_Parse 用来从 IED 配置文件中解析出指定智能电子设备 (IED) 的全部信息。

IED\_IEC61850\*IED\_Parse(IXMLDOMDocument \* pXMLDom, char\* iedname)

pXMLDom: 变电站配置文件名;

iedname: 要解析的智能电子设备 (IED) 的名称;

该函数依据给定的 IED 的名称, 从配置文件中读取本 IED 的配置内容, 随后查询出本 IED 所有的

逻辑设备, 并依次调用 LD\_Parse 函数解析出逻辑设备的信息。

## 5 服务器端 IED 数据模型的建立

客户端为了建立服务器端 IED 的模型, 首先要与该 IED 进行数据通信, 获取必要的信息, 具体过程如下:

- 1) 获取服务器端 IED 的服务访问点 AccessPoint;
- 2) 与服务器端 IED 建立应用关联;
- 3) 读取服务器端 IED 的配置文件;
- 4) 在客户端建立 MSXML 的 DOM 对象, 调用前面定义的基本模型的解析函数解析 IED 配置文件;
- 5) 根据解析得到的信息建立服务器端 IED 的模型。

## 6 建模结果

本文已在 VC 下通过解析 IED 的配置文件, 实现了动态建立 IED 模型的目标, IED 模型的软件界面见图 8。

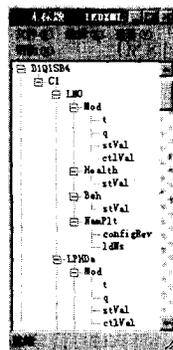


图 8 IED 结构图

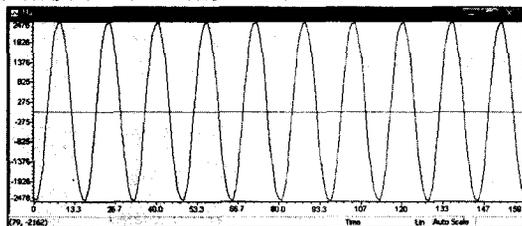
Fig.8 Overview of IED

## 7 总结

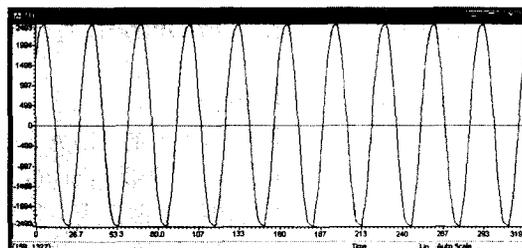
对 IED 建模, 目前主要是通过标准提供的目录服务接口来建立 IED 的模型, 该方法需要多次遍历逻辑设备、逻辑节点、数据对象及数据属性, 需要多次与 IED 设备进行通信, 会增加网络的通信负担。本文提出的通过对 IED 配置文件进行解析的方式明显减少通信次数, 并提高通信效率。但本方法也存在一定的缺点: 不能获得在运行时动态建立的对象模型, 因此若能与遍历目录服务接口的方法相结合, 则既能减少网络通信负担, 又能实时获取 IED 设备的准确信息, 最终获得最佳性能。

(下转第 62 页 continued on page 62)

算机连结,在 CCS 集成开发环境下通过 JTAG 接口,调试、烧写程序。通过 CCS 开发环境的图形工具可以看到采集数据的波形。图 5 为外加正常运行电压为 100V,每周期采样点数分别为 16 点、32 点的采样数据波形,其数据类型为整型。



(a)16 点采样波形



(b)32 点采样波形

图 5 正常运行电压采样波形

Fig. 5 The normal running voltage sampling wave

通过图 5 可以看出,设计的系统能很好的满足数据采集的要求,采集到的数据误差很小。已在实际装置中得到了应用。

#### 4 结束语

本设计的数据采集系统能完成 8 路模拟电压、电流信号的采集和数据处理,并把采集的数据定时

发送给主机。当采集信号大于 8 路,只需要增加 MAX125 芯片就可以,如需同步采集可根据不同的要求选择片选芯片与否。系统的 TMS320LF2407 DSP+MAX125 结构,具有体积小、速度快、处理能力强、可靠性高以及功耗低等许多优点,同时满足电力系统中电压电流信号计算精度要求。

#### 参考文献

- [1] 刘和平,等.TMS320LF240xDSPC 语言开发应用[M].北京:北京航空航天大学出版社,2003.
- [2] 韩丰田,杨俊霞,付德报.TMS320C31与MAX125 A/D 转换器的接口设计及应用[J].计算机测量与控制,2003,11(3):233-235.  
HAN Feng-tian,YANG Jun-xia,FU De-bao. Interface Design Between TMS320C31 and MAX125 A/D Converter[J]. Computer Measurement & Control,2003,11(3):233-235.
- [3] 周刚,傅佑麟.DSP数据采集对实时信号处理的影响[J].电测与仪表,2004,11(13):47-49.  
ZHOU Gang,FU You-lin.The Influence of DSP Data Acquisition Bring to Real-time Singal Processing[J]. Electrical Measurement & Instrumentation, 2004,11(13):47-49.

收稿日期:2007-08-14; 修回日期:2007-10-20

作者简介:

李波(1981-),男,硕士研究生,研究方向为电力系统继电保护;E-mail:y05bli@4y.com.cn

陈剑云(1962-),男,教授,博士,硕士生导师,研究方向为交通信息及其控制。

(上接第 58 页 continued from page 58)

#### 参考文献

- [1] IEC61850 Communication Networks and Systems in Substations - Parts 5: Communication Requirements for Functions and Device Models[S].
- [2] IEC61850 Communication Networks and Systems in Substations, Part6: Configuration Description Language for Communication in Electrical Substations Related to IEDs[S].
- [3] 范建忠.基于 IEC 61850 标准的变电站监控系统数据建模[D].北京:中国电力科学研究院,2005.  
FAN Jian-zhong. Data Modeling for Substation SCADA System Based on IEC 61850 Standard[D].Beijing:China Electric Power Research Institute, 2005.
- [4] 范建忠.基于 IEC 61850 动态建立 IED 模型的构想[J].电力系统自动化,2006,30(9):76-79.  
FAN Jian-zhong, A Visualization of Dynamic Modeling

of IED Based on IEC 61850[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(9):76-79.

- [5] 李蓓.基于 IEC 61850 标准数据模型的变电站自动化系统建模[D].北京:中国电力科学研究院,2005.  
LI Bei.Substation Automation System Modeling of Data Model Based on IEC 61850[D]. Beijing:China Electric Power Research Institute, 2005.
- [6] Microsoft XML 4.0 Parser SDK[Z].

收稿日期:2007-10-11; 修回日期:2007-11-15

作者简介:

张运志(1977-),男,硕士,主要从事基于 IEC61850 标准的变电站自动化网络的仿真研究;E-mail:zyz040206@stu.xjtu.edu.cn

王胜利(1974-),男,本科,从事电力技术工作;

常弘(1965-),女,博士,硕士生导师,主要研究变电站自动化通信网络, Petri 网等。