

基于 IEC61850 的 MMS 客户端软件的设计与实现

丁代勇¹, 刘频², 王晓茹¹

(1. 西南交通大学电气工程学院, 四川 成都 610031; 2. 成都智达电力自动控制有限公司, 四川 成都 610031)

摘要: IEC61850 标准是基于通用网络通信平台的变电站自动化系统唯一国际标准, 它用面向对象的思想来描述变电站 IED 之间的通信协议。IEC61850-8-1 将 ACSI 核心服务映射到 MMS, MMS 服务和协议的实现是 IEC61850 实现的基础。提出了一个 MMS 客户端软件的实现方案, 给出了软件结构框图, 并对具体的 MMS 服务和协议的实现进行了较为详细的说明。最后结合一个具体的 IEC61850 服务的例子对数据流进行了分析。

关键词: IEC61850; MMS; 协议; 服务; ACSE; 表示层

Design and implementation of MMS client software based on IEC61850

DING Dai-yong¹, LIU Pin², WANG Xiao-ru¹

(1. Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China; 2. Zhida Power Automation Co., Ltd, Chengdu 610031, China)

Abstract: IEC61850 protocol is the only international protocol for substation automation based on general network communication platform. It describes the communication protocol between IEDs in a object-oriented manner. IEC61850-8-1 maps the ACSI core services to MMS. The implementation of MMS services and protocols are the basis of IEC61850 realization. A realization scheme of MMS client and a block diagram of software structure are put forward in this paper. This paper also shows the implementation of MMS services and protocols. At last, it analyzes the data flow with a IEC61850 service sample.

Key words: IEC61850; MMS; protocol; service; ACSE; presentation layer

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2007)08-0045-05

0 引言

IEC61850 标准^[1]是基于通用网络通信平台的变电站自动化系统唯一国际标准, 它用面向对象的思想来描述变电站 IED 之间的通信协议, 这不同于传统的以点号描述的通信协议。作为 IEC 61850 标准的核心, 抽象通信服务接口 (ACSI) 采用抽象建模技术和面向对象的技术, 为变电站设备定义了公共应用服务, 服务作用于以镜像方式反映真实设备信息的特定信息模型之上。

IEC61850 在实现不同厂家产品互操作方面较之传统的通信协议如 IEC60870 系列更进一步。互操作性的基础是设备的自我描述, IEC60870-5-103 协议的通用分类服务已经可以达到一定的自描述, 但由于其自身的局限 (如过多的可选项, 没有定义条目和目录的命名惯例等), 必然难以达到良好的互操作性。而 IEC61850 在两点上具备达到互操作性的能力:

1) 采用面向对象的技术定义了层次化的数学

模型, 对于基本的模型元素 LN、DATA 等都做了严格的非二义性的定义, 同时提供了模型扩展的方法和获取模型层次结构定义的服务。

2) 采用映射到具体的通信协议栈产生网络报文。其核心服务 (基于客户/服务器模式的服务) 映射到成熟的通信报文规范 MMS, 其底层采用统一的 BER 编码, 使得不同厂家相同功能的产品可以理解相互传送的信息。

1 MMS 和 IEC61850 核心服务映射

1.1 制造报文规范 MMS

制造报文规范^[2] MMS (Manufacturing Message Specification) 是由国际标准化组织和国际电工委员会工业自动化技术委员会 TC184 工作组共同维护管理的一套国际报文规范, 主要用于生产设备间的控制信息传送。MMS 提供了丰富的针对对等式实时通信网络的一系列的服务, 已经成为许多通用工业领域的控制设备的通信协议。

MMS 协议由两个核心标准 (ISO/IEC 9506-1,

-2) 和多个伙伴标准组成。ISO/IEC 9506-1 为服务规范, 包含的定义有: 1) 虚拟制造设备 (VMD); 2) 网络节点间的报文交互; 3) 与 VMD 和服务相关的属性和参数。ISO/IEC 9506-2 为协议规范, 定义了: 1) 信息格式; 2) 通过网络的信息顺序; 3) MMS 层与 ISO/OSI 开放模型的其他层的交互。

1.2 IEC61850 核心服务映射到 MMS

抽象通信服务接口 (ACSI) 采用抽象的建模技术和面向对象的技术, 为变电站 IED 定义了信息模型以及作用于这些信息模型之上的服务模型。ACSI 的存在使得可以用访问镜像的方式访问真实设备的信息。ACSI 着重描述所提供的服务, 而没有定义具体的设备间交换报文, 也就是说 ACSI 本身不存在 ACSI 报文, 而是采用映射到应用层的一个或多个应用层报文来达到信息交换的目的。IEC61850-8 部分定义了 ACSI 核心服务映射到 MMS, 如图 1 所示。通过 ACSI 和具体通信协议栈的分离, IEC61850 标准可以适应通信技术的快速发展。

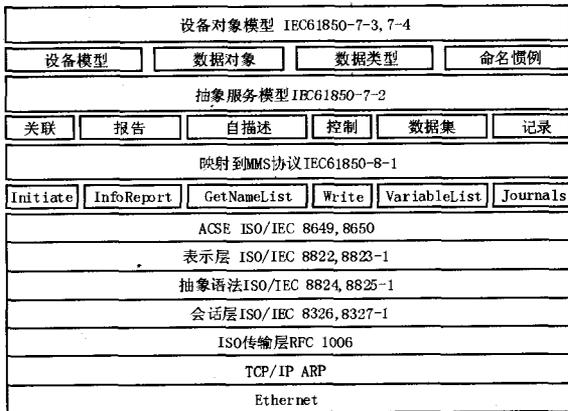


图 1 ACSI 映射到 MMS
Fig.1 ACSI map to MMS

IEC61850-5 部分定义了多种类型的报文: 1) 快速报文; 2) 保护出口; 3) 中速报文; 4) 低速报文; 5) 生数据报文; 6) 文件传输功能; 7) 时间同步报文。其中低速报文、中速报文、文件传输功能报文作为 ACSI 核心服务报文, 需要 MMS 产生。MMS 报文将完成主站端的初始化、实时数据库的定时刷新、低速控制、事件记录等功能。

作为数据采集和控制的 MMS 应用层可以用于包括局域网、广域网和点对点在内的多种通信栈。IEC61850 标准定义的映射用于运行在 IEEE802.3 以太网链接之上的 7 层协议框架。由于 TCP/IP 和以太网已经成为事实上的标准, 本文的 MMS 系统运行于 OSI 上三层协议+TCP/IP+以太网(称之为 RFC1006 框架)的框架之上。

1.3 系统模块构成

变电站自动化系统中, 主站端监控程序作为 IEC61850 抽象服务的用户, 通过抽象服务获取监控程序需要的信息, 如数据库的定时刷新需要的遥信、遥测等或者对远方变量的写操作。抽象服务必须通过具体的映射达到同间隔层装置数据交互的目的。

本文所采用的系统软件结构如图 2 所示:

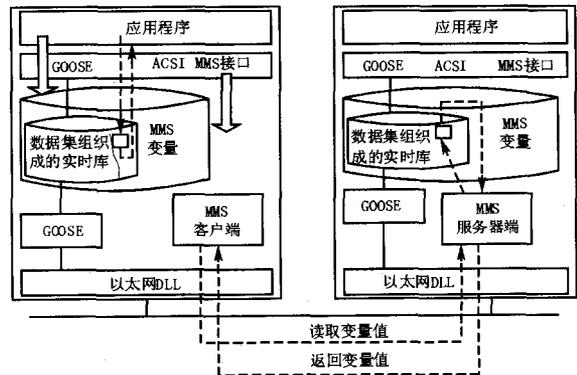


图 2 系统结构

Fig.2 System structure

每个主站端的实时数据库都是由网络上的所有数据集 (DataSet) 的一个子集组成, 数据的刷新可通过 GOOSE 或 MMS 服务完成。GOOSE 广播数据集的变化值来刷新实时库, 应用程序可通过当地访问实时库提取所需要的数据, 当要访问远方数据时必须通过 MMS 客户端。ACSI 模块按照 IEC61850 7-2 信息模型和服务模型的定义, 为主站端应用程序提供 IEC61850 服务接口, 其实现不依赖于底层映射和实时库。ACSI 的原型设计在参考文献[3]中已有详细的论述, 下面将着重论述 MMS 客户端模块的实现方案。

2 MMS 客户端

2.1 功能模块设计

MMS 客户端包含两个主要的模块, 特殊通信服务映射(SCSM)模块和制造报文协议机(MMPM)模块。如图 3 所示, SCSM 模块实现 ACSI 服务到 MMS 服务的映射, MMPM 实现 MMS 服务, 产生 MMS PDU, 实现同对等 MMS 实体的通信。

2.2 SCSM 模块

SCSM 模块作为 MMS 服务的用户主要包含 SCSM 管理器和 MMS 接口库函数两个模块。SCSM 管理器接收来自抽象服务管理器的服务请求消息, 执行 IEC61850-8-1, 将 ACSI 服务请求转换成相应的 MMS 库函数调用。MMS 接口库函数以动态链接库的形式为 SCSM 管理器提供 MMS 服务接口函

数。

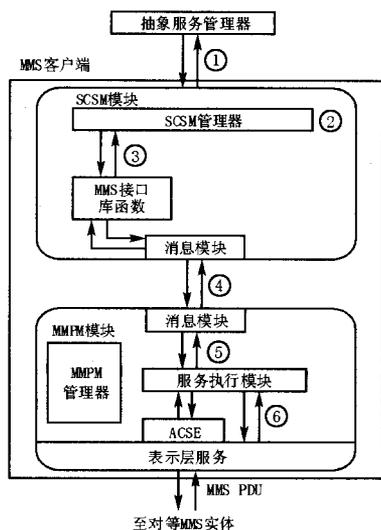


图 3 MMS 客户端结构框图

Fig.3 Block diagram of MMS client

2.3 MMPM 模块

MMPM 模块按照 ISO/IEC 9506 的定义实现 MMS 服务和协议的一个子集，其主要模块包括：

1) 消息模块。为了支持 MMS API 函数的异步模式，SCSM 模块和 MMPM 模块采用了不同的进程实现，通过消息进行交互。消息模块接收 MMS 接口库函数的 MMS 服务调用请求，并将请求放入请求队列中。

2) MMPM 管理器。管理消息模块，维持 MMS 客户端的多个应用关联。

3) 服务执行模块。MMPM 中最重要的模块，根据服务请求消息，判断服务和参数的有效性，执行 MMS 服务和协议的一个子集。服务执行模块主要分两部分：应用协议的实现和应用服务的实现。应用协议实现对等 MMS 实体间虚通信的通信规则，应用服务实现相邻实体间的操作。下面将分别就其实现进行说明。

4) ACSE 和表示层服务。为应用层提供服务，将应用层数据交由下层组装报文并发送到服务器端。

3 服务执行模块的设计

3.1 概述

对于 OSI 参考模型的每一层，都会存在两种国际标准：一个描述本层提供的服务，也就是与相邻实体的操作，并且还定义标准所用的术语和符号。另一个描述协议，也就是实现对等实体间虚通信的通信规则。MMS 作为应用层协议，ISO/IEC 9506-1

定义了服务规范，ISO/IEC 9506-2 定义了协议规范。服务执行模块将实现 MMS 服务和协议的一个子集，下面将分别就其实现进行说明。

3.2 应用协议的实现

服务执行模块执行协议过程，为用户提供 MMS 服务，同时通过 MMS 服务原语与 MMS 用户进行交互。

服务执行模块接收消息模块来的 MMS 用户的原语请求，组建 MMS PDU，作为表示层用户数据调用表示层服务，最后通过底层协议将 PDU 发送到服务器端 MMPM 模块。收到服务器发送来的服务响应后，服务执行模块执行相反操作，解读 MMS PDU，以消息形式通知 MMS 用户。

ISO/IEC 9506-2 协议规范中使用 ASN.1^[4,5] 抽象语法描述了 MMS PDU 的结构。ASN.1 提供了定义复杂数据类型以及确定这些数据类型值的方法，但不考虑这些值的具体表示。而基本编码规则（BER）则定义了这些值在网络上传输的比特流。

编码是由3个可变长部分组成的3元组：数据类型的标签（TAG）、数据长度（LENGTH）和数据值（VALUE）。它们通常被称为TLV3元组，格式如图4所示，其中类型标识符占1个字节，其第8比特和第7比特表示标签类型，标签分为四类：通用类（Universal）、应用类（Application）、上下文类（Context-specific）和专用类（Private）。第6比特表示抽象数据类型的格式，分为简单的（Simple）和结构化的（Structured），如果数据类型是结构化的，在BER编码时，值（图3）的组成成分又包含TLV3元组。

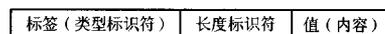


图 4 ASN.1 基本编码格式

Fig.4 ASN.1 basic encoding rules format

应用协议数据单元(APDU)的 ASN.1 描述是独立于任何应用环境的一种抽象描述，在具体实现时是用和编程语言有关的数据结构来表示的，这一数据结构包含 APDU 实际的值。因此，对于每一个 APDU，都存在一个 ASN.1 抽象定义和一个相应的数据结构，如图 5 所示。APDU 的抽象定义和实际值再一起组成一个复杂的数据结构用于编码。

同时，为了区分这些 APDU，每一个用 ASN.1 定义的 APDU 都被分配一个 TAG。编/解码器要能对一个数据编码，必须知道这个数据的类型和值。对于 APDU 来说，它自身的类型信息由它的 TAG 提供，而 APDU 中所包含的各个数据类型信息包含在该 APDU 的 ASN.1 定义中，各个数据的值包含在其

对应的数据结构中。对 APDU 的 ASN.1 编码过程可分为两个步骤进行。首先通过对 APDU 的 ASN.1 定义和对应的数据结构的分析取出一对对 TAG 和值，然后调用相应编码函数进行具体的编码。解码时，首先从接收的八位位组中依次取出 APDU 的 TAG，据此产生一个对应的空结构用来存放解码产生的值。然后根据整个 APDU 的长度依次取出 TAG 和长度，进行具体的解析。

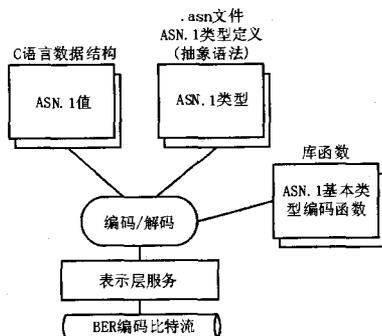


图5 ASN.1编码和解码

Fig.5 Encoding and decoding of ASN.1

3.3 应用服务的实现

MMS 服务执行模块按照 ISO/IEC 9506-1 的定义为上层提供 MMS 原语服务，同时利用 ACSE 和表示层服务实现服务过程。MMS PDU 作为用户数据传递给 ACSE 或表示层服务^[6]。表 1 说明了 MMS PDU 到 ACSE 和表示层服务的映射。

表 1 MMS PDU 映射到 ACSE 和表示层服务

Tab.1 Mapping of MMS PDU to ACSE and presentation service primitive

MMS PDU	ACSE 或表示层服务原语
Confirm-RequestPDU	P-Data request,indication
Confirm-ResponsePDU	P-Data request,indication
Confirm-ErrorPDU	P-Data request,indication
Unconfirmed-RequestPDU	P-Data request,indication
RejectPDU	P-Data request,indication
Cancel-RequestPDU	P-Data request,indication
Cancel-ResponsePDU	P-Data request,indication
Cancel-ErrorPDU	P-Data request,indication
Initiate-RequestPDU	A-Associate request,indication
Initiate-ResponsePDU	A-Associate response,confirm (带返回参数)
Initiate-ErrorPDU	A-Associate response,confirm (带返回参数)
Conclude-RequestPDU	P-Data request,indication
Conclude-ResponsePDU	P-Data request,indication
Conclude-ErrorPDU	P-Data request,indication

主站端在初始化后或有新的 IED 接入系统的时候，必须通过 MMS 服务客户端模块发起数据请求，以建立起实时数据库。IEC61850 的通信会话以双边

应用关联的建立开始。双边应用关联定义了管理客户和服务端间连接的服务。应用关联模型包含如何在不同设备双边应用关联 (TPAA) 提供了双向面向连接的信息交换。根据 IEC61850-8-1 的定义，ACSI 双边应用关联模型映射到 MMS 环境，其服务的映射关系如下：

ACSI associate.request 服务映射到 MMS initiate.request 服务。

ACSI associate.response 服务映射到 MMS initiate.response 服务。

ACSI associate.response-服务映射到 MMS initiate.result(-)。

MMS 通信会话的开始之前必须调用 MMS initiate 服务来建立 MMS 环境。Initiate 服务的 MMS-PDU 作为 ACSE 的 A-Association 用户数据传输。当 MMS 环境建立起后，一个应用关联就建立了。主叫 MMPM 发送 Initiate-RequestPDU，被叫 MMPM 接收 Initiate-RequestPDU，当被叫 MMPM 决定接收或拒绝 MMS 环境的建立的时候，会发送 Initiate-ResponsePDU 或 Initiate-ErrorPDU。

当 MMS 环境建立以后，抽象服务管理器就可利用其他 MMS 服务获取装置的模型定义，这些 MMS-PDU 作为表示层数据传输。

最后，MMS 环境将通过 MMS-Conclude 服务结束。MMS-Conclude 服务使用 ACSE A-Release 服务结束应用关联。

3.4 数据流

如图 3 所示，以主站初始化时调用 GetServer Directory 服务建立 IED 模型^[7]为例，说明整个数据流：

1) SCSM 模块接收到抽象服务管理器发来的服务请求消息，其结构定义如下^[3]：

```
typedef struct
{
    int m_iPriority;
    int m_iMsgType;//REQUEST or REPONSE
    char m_cServiceCmd[MAXLENGTH];
    void *m_pServiceParameter;
}ACSI_MSG
```

其中消息参数 m_cServiceCmd[] = "GetServer Directory", m_iMsgType = REQUEST;

2) SCSM 管理器接收到消息后执行 IEC61850-8-1, 将 GetServerDirectory 服务请求映射到 GetNameList 服务, 调用 MMS 接口库函数 Mm_GetNameList ();

3) Mm_GetNameList() 将 GetNameList 服务调用转化为相应的 MMS 模块内部消息;

4) SCSM 的服务调用消息发送给 MMPM 模块;
 5) MMPM 管理器将消息分配给服务执行模块;
 6) 服务执行模块检查服务调用和参数的有效性, 根据 ASN.1 模板库组装 MMS PDU。GetNameList 请求服务的 ASN.1 定义如下:

```
GetNameList-Request ::= SEQUENCE {
    objectClass [0] ObjectClass,
    objectScope [1] CHOICE {
    vmdSpecific [0] IMPLICIT NULL,
```

```
domainSpecific [1] IMPLICIT Identifier,
    aaSpecific [2] IMPLICIT NULL },
    continueAfter [2] IMPLICIT Identifier OPTIONAL
}
```

如图 6 所示, 根据 GetNameList-Request 的抽象语法定义, 得到 MMS 编码报文: a0 0e 02 01 00 a1 09 a0 03 80 01 09 a1 02 80 00。MMS PDU 作为表示层用户数据调用表示层服务函数, 最后通过底层 TCP/IP 协议栈发送到网络。



图6 MMS报文例子

Fig.6 Example of MMS message

4 MMPM 管理器

MMPM 模块所有操作均由管理器管理, 包括消息模块和同对等 MMS 实体的应用关联。由于 MMS 服务多是有确认的服务, 其服务请求和确认是成对出现的。对于 MMPM 管理器, 需要维持一个链表结构, 存储应用关联信息, 对于每个应用关联, 又对应一个服务请求链表, 链表中存放挂起的有确认服务的信息。有确认的服务是异步的, 当管理器发送了 request PDU 后就取回了控制权。当收到确认后, 相应的服务请求条目从链表中删除。

5 结语

IEC61850 的开发中, MMS 客户端和服务端端的开发是一个难点。由于 IEC61850 只用到 MMS 服务和协议的一个很小的子集, 所以对于 MMS 模块的自主开发是可能的。本文提出了一个 MMS 客户端的实现方案, 对 MMS 应用服务和应用协议的实现进行了论述。但对于实际的产品开发来说, 仍然还有许多工作, 例如 ACSE、表示层、会话层等的开发工作。

参考文献

- [1] IEC 61850, Communication Networks and System in Substation[S].
- [2] ISO 9506, Industrial Automation System—Manufacturing Message Specification[S].
- [3] 沐连顺, 范建忠, 李蓓. IEC61850 标准中 ACSI 的原型设计与实现[J]. 电力系统自动化, 2006, 30 (3): 71—75.
 MU Lian-shun, FAN Jian-zhong, LI Bei. Prototype Design and Realization of ACSI in IEC 61850 Standard[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30 (3): 71—75.
- [4] IEC 8824-1, Information Technology: Abstract Syntax Notation One(ASN.1)[S].
- [5] IEC 8825-1, Information Technology: ASN.1 Encoding Rules[S].
- [6] Raymond Seng-sim, Cheah bu-sung, Leelong Lim. Implementing Manufacturing Message Specification Service and Protocol Using ISO Development Environment[A]. In: IEEE TENCON'93[C]. Beijing, 553-556.

(下转第 73 页 continued on page 73)

将原回路使用 52X、52TX 继电器动合触点启动 88C1-88C3 继电器,改为用动断触点启动(图 2 中用 K1、K2 继电器替换原图中 52X、52TX)。这样,即使直流电源消失也不会引起冷却器全停。

3) 冷却器全停告警信号考虑在原来的基础上,新增一路不经直流重动的告警信号。确保运行过程中,冷却器全停告警信号不受直流回路的影响能及时报警。将 88C1X-88C3X 的动合触点串接后直接送监控系统。

4) 冷却器交流电源监视的完整性。分别在各相风扇控制箱中增加一只电压继电器用于风扇控制电压 Y21R11、Y21N01 电源的监视(KAC)。其动断触点并入各相风扇控制箱分别去启动汇控屏 30F4 继电

器,发交流异常信号。

5) 目前王店变所用电 380 V 母线电压均引至在监控后台机,只需完善 380 V 母线电压越限报警功能即可。将 #2 主变冷却器交流电源监视继电器由监视单相电压继电器 84N 和 84S 更换为监视三相电压的电压断线监视继电器(KA01、KA02,由于所用继电器触点个数不够,分别经中间继电器 KA030、KA040 重动),即三相交流电源中,任何一相电压缺失,均可报警,然后启动交流电源自动切换回路,由回路完好的备用电源供电。

整改需要下列继电器(见表 1),在 BCC 柜和 CCC 柜加装凤凰端子平槽钢,并将继电器安装在平槽钢即可。

表 1 继电器型号

Tab.1 Types of relays

功能继电器名称	型 号	数量	安装地点
直流电源监视继电器 KLO	3TH4004 DC110V 西门子	1	BCC 柜
开关辅触点启动继电器 K1~2	3TH4004 DC110V 西门子	2	BCC 柜
监视 N 相交流电压继电器 KAC	3TH4004 AC220V 西门子	3	CCC 柜
监视三相交流电压继电器 KA01~2	CM-MPS AC380V ABB	2	BCC 柜
三相失压切换辅助继电器 KA030	3TH4004 DC110V 西门子	1	BCC 柜
三相失压切换辅助继电器 KA040	3TH4022 DC110V 西门子	1	BCC 柜

3 结束语

主变冷却器控制回路是一次和二次专业交界面,设备检修工作职责不够清晰、运行维护工作往往会不到位,是设备专业管理中的死区和盲点,必须从制度上加以规范,明确各相关专业职责。在设备生产之前组织并开好设计联络会;在设备投产之前组织好验收,特别是信号监视回路。同时要加强运行检修人员的技术培训工作,不断提高对现场设备的熟悉程度,不断提高分析水平和处理异常情况的能力,要制订处理异常情况和缺陷的应对措施,并将此纳入现场运行规程,制订主变冷却器控制回路检验项目,从专业上健全检修运行责任制。

(上接第 49 页 continued from page 49)

- [7] 范建忠,战学牛,王海玲. 基于 IEC61850 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, ZHAN Xue-niu,WANG Hai-ling. A Visualization of Dynamic Modeling of IED Based on IEC61850[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30 (9):76-79.

参考文献

- [1] Q/ZDL 2263—2004, 变压器(电抗器)非电量保护管理规程[S].
Q/ZDL 2263—2004, Management Regulation of Transformer(Reactor) Non-quality Protection[S].

收稿日期: 2006-09-30

作者简介:

仇群辉(1977-),男,工程师,本科,从事继电保护管理工作;

郁家麟(1973-),男,工程师,本科,从事变电设计工作。E-mail:yujialin@jxep.com.cn

收稿日期: 2006-10-24

作者简介:

丁代勇(1982-),男,硕士研究生,研究方向为微机保护及变电站自动化;E-mail: dyding@163.com

刘 频(1981-),男,工程师,主要从事变电站监控设备的研究与开发工作;

王晓茹(1962-),女,教授,博士生导师,主要研究方向为电力系统保护和安全稳定控制,配电网和变电站自动化技术。