

# 基于调度数据网的定值单管理系统

顾慧杰<sup>1</sup>, 谢俊<sup>2</sup>, 柳焕章<sup>2</sup>, 张德泉<sup>2</sup>, 李银红<sup>1</sup>

(1. 华中科技大学电气与电子工程学院, 湖北省武汉市 430074; 2. 华中电网调度通信中心, 湖北省武汉市 430077)

**摘要:** 提出了基于调度数据网的继电保护定值单管理系统。该系统采用基于可扩展置标语言 (XML) 的定值单跨区传输技术, 通过网络安全隔离装置将定值单从位于安全区 的调度中心下发到位于安全区 的变电站, 解决了长期以来存在的下发难题。同时, 系统通过引入不可逆加密、数字签名等技术, 提高了系统的安全性与可靠性。整个系统完成了电力系统定值单的自动网络流转, 能较好地满足实际应用的需要。

**关键词:** 定值单管理系统; 调度数据网; XML; 数字签名

**中图分类号:** TM734

## 0 引言

近年来, 随着电网建设的快速发展, 继电保护部门需要下发的定值单成倍增长, 完备、高效的继电保护定值单管理系统对提高工作效率十分必要。相关研究人员投入大量人力物力, 使得继电保护运行管理的自动化及网络化研究得到了蓬勃发展, 定值单管理自动化系统等一些管理系统也在电力公司相关部门得到成功应用<sup>[1-6]</sup>。

电力系统调度数据网是用于传输电力生产实时信息的专用网络。其传输的信息包括电力调度实时数据、生产管理数据、通信监测数据等。为了进一步保障调度数据网的安全性, 电力系统根据电力调度数据网中系统和数据的重要性和安全性需要, 将电力调度数据网分为安全区 (实时控制区)、安全区 (非控制生产区)、安全区 (生产管理区) 及安全区 (信息管理区)。每个安全区具有不同的安全等级, 安全区 最高而安全区 最低。不同安全区之间存在物理隔离<sup>[7]</sup>, 其跨区连接必须通过正反向网络安全隔离装置。正反向网络安全隔离装置是一种通过专用硬件使 2 个网络在不连通的情况下进行网络间安全数据传输的装置, 可分别实现数据的正向和反向传送。

定值单管理系统属于生产管理系统, 目前运行在调度数据网的安全区 ; 而最终接收定值单的变电站, 由于要传输重要信息, 对数据安全性要求较高, 处于调度数据网的安全区 , 并不存在安全区 接入点。因此, 调度中心与变电站之间存在物理隔离, 无法直接进行传输。基于这一现状, 目前的继电

保护定值管理系统仅仅实现了定值单在调度数据网安全区 的局部流转。流转完毕以后, 仍然需要通过人工传真下发到目的变电站。这种依靠人工操作的定值单下发模式无法实现定值单在各部门之间的自动高效流转, 同时对工作流程缺乏有效的监控和管理, 降低了系统的安全性和稳定性。

为了提高定值单管理水平及下发效率和增强安全性, 本文提出了基于调度数据网的继电保护定值单管理系统。该系统采用基于可扩展置标语言 (XML) 的定值单跨区传输技术, 通过网络安全隔离装置实现定值单在调度数据网内不同安全区之间的自动传输。同时, 该系统采用不可逆加密、数字签名等一系列措施加强了整个系统的安全性。该定值单管理系统完整实现了定值单在整个调度数据网内的自动网络流转功能, 减少了人工操作, 提高了工作效率, 较好地满足了实际应用的需要。

## 1 定值单管理系统的总体结构

### 1.1 定值单管理系统的系统配置

基于调度数据网的继电保护定值单管理系统的系统配置如图 1 所示。

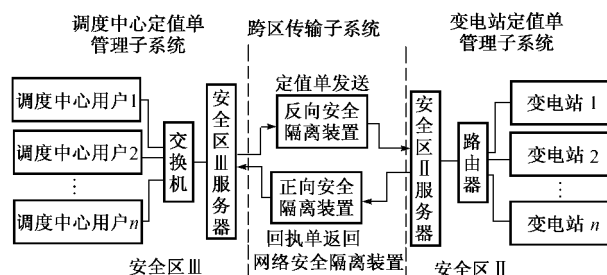


图 1 继电保护定值单管理系统配置

Fig. 1 Protection setting management system

收稿日期: 2008-09-22; 修回日期: 2009-01-19。

“十一五”国家科技支撑计划重大项目(2008BAA13B00)。

调度中心定值单管理子系统通过交换机连接到安全区Ⅲ网络。该子系统采用客户/服务器(C/S)模式,满足多用户分布式协作工作的要求,通过局域网实现数据的高效交互,完成定值单的录入、审核、执行、下发等流程。安全区Ⅲ的数据库服务器连接到正反向网络安全隔离装置,实现XML定值单的下发。

变电站定值单管理子系统位于调度数据网的安全区Ⅱ,采用本地数据库模式,完成定值单的浏览和回执单上传等功能。

跨区传输子系统包括正反向网络安全隔离装置,分别连接安全区Ⅱ和安全区Ⅲ的服务器,从而将调度中心定值单管理子系统和变电站定值单管理子系统连接起来,完成整个系统内的定值单下发和回执单上传。

## 1.2 定值单管理系统的流转过程

下发定值单流程如图2所示。

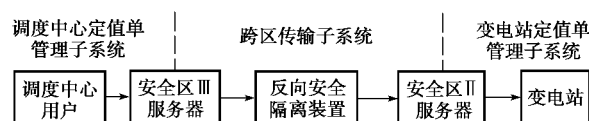


图2 定值单下发流程

Fig.2 Flowchart of downloading protection setting

首先,用户通过调度中心定值单管理子系统将要下发的定值单发至安全区Ⅲ服务器。跨区传输子系统检测到安全区Ⅲ服务器接收到新的定值单后,将定值单通过反向安全隔离装置传至安全区Ⅱ服务器。安全区Ⅱ服务器再将接收到的定值单通过网络发至指定变电站的定值单管理子系统,完成定值单的下发。

上传回执单流程如图3所示。

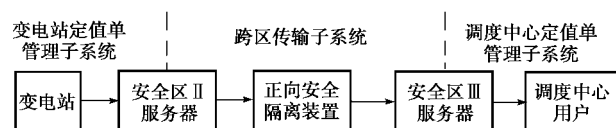


图3 回执单上传流程

Fig.3 Flowchart of uploading protection setting

首先,变电站定值单管理子系统向安全区Ⅱ服务器发送要上传的回执单。跨区传输子系统检测到安全区Ⅱ服务器接收到新的回执单后,将回执单通过正向安全隔离装置传至安全区Ⅲ服务器。然后调度中心定值单管理子系统将回执单写入安全区Ⅲ服务器,并反馈给调度中心用户,即完成回执单的上传流程。

调度中心用户在下发定值单时,如果某一流转环节出现问题导致下发定值单失败,跨区传输子系

统会自动进行重试。如果经过3次重试后仍然没有发送成功,跨区传输子系统会向用户返回对应的错误提示信息。用户根据错误提示信息对系统进行诊断修复后,重新进行定值单传输。在紧急情况下,用户可将没有发送成功的定值单文件导出成报表,并进行打印,然后通过传真下发到对应的变电站,手工完成定值单的下发。变电站上传回执流失败时处理情况与下发定值单失败处理方式类似。

## 2 定值单管理系统的功能划分

### 2.1 调度中心定值单管理子系统

定值单状态管理是整个系统的重要组成部分,其主要功能是实现定值单的流程化管理<sup>[4-6]</sup>。本系统的定值单管理的流程如图4所示。

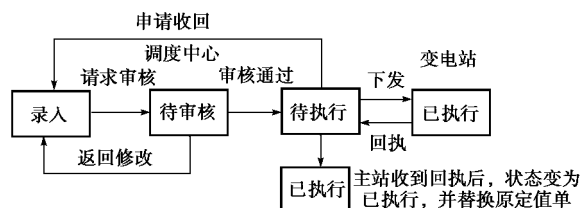


图4 定值单流程

Fig.4 Flowchart of protection setting

#### 1) 录入

定值单录入人员登录调度中心定值单管理子系统进行定值单录入,其状态为录入状态。等定值单录入完毕并确认完毕后,定值单由录入人员提交给审核人员进行审核,定值单的状态变为待审核。

#### 2) 审核

审核人员登录系统后,对定值单进行审核并建议通过,定值单状态变为待执行。审核人员也可以选择返回给整定人员进行修改直至满足要求。

#### 3) 执行

定值单执行时,将待执行状态的定值单从数据库中导出成XML文件,通过网络安全隔离装置后经由调度数据网发至目的变电站。现场执行人员收到定值单后进行试运行,并生成对应的回执单,上传至调度中心定值单管理子系统,然后反馈给定值单录入人员和整定人员。相关人员收到信息之后按照意见进行修改并生成确认信息,通过调度数据网进行下发直至满足要求,即完成定值单的执行。定值单执行完毕后,调度中心定值单管理子系统的定值单状态变为已执行状态。

### 2.2 跨区传输子系统

跨区传输模块必须与网络安全隔离装置结合起来,使需要传输的XML定值单文件能够通过网络安全隔离装置在调度数据网安全区Ⅱ与安全区Ⅲ之

间自动进行传输,其主要功能如下。

#### 1) 自动传输定值单

下发定值单时,定值单被发至安全区服务器。此时跨区传输子系统自动检测到有新的定值单,然后将其通过反向网络隔离装置发至安全区服务器,完成定值单从安全区服务器到安全区服务器的传输。回执单上传过程与下发定值单过程类似。

#### 2) 识别下发 IP

定值单在发至安全区服务器后,跨区传输子系统读取定值单 XML 文件的 IP 字段,判定定值单要下发的变电站,然后将定值单发送至指定变电站的定值单管理子系统,实现定值单的点对点传输。

### 2.3 变电站定值单管理子系统

变电站定值单管理子系统界面和功能基本与调度中心定值单管理子系统相同,但其定值单状态只有待执行和已执行。变电站收到定值单文件的状态为待执行。现场运行人员对待执行状态的定值单进行试运行,并且给出返回意见,等收到调度中心的确认信息后,即完成定值单的执行。此时定值单的状态变为已执行状态。

### 3 基于 XML 的定值单跨区传输

由于调度数据网的安全区与安全区之间存在物理隔离,任何信息的传输必须经过网络安全隔离装置。而网络安全隔离装置通过开关切换及数据缓冲设备进行数据交换,使得在任何时刻 2 个网络没有直接连通。在某个时刻,网络安全隔离设备只能连接到 1 个网络,数据流经网络安全隔离设备时 TCP/IP 协议被终止。因此,不能采用 TCP/IP 协议进行信息的数据流传输。

针对这个问题,本系统采用了基于 XML 的定值单跨区传输技术,即将定值单从数据库中导出成 XML 文件,然后通过网络安全隔离装置的专用传输软件进行定值单的传输。

本系统采用 VS 2005 开发环境生成 XML 文件。VS 2005 为数据库与 XML 交互提供了良好的支持,其中 DataSet 类能够读取 SQL Server 2000 数据库中的定值单定值、控制字等数据,并生成对应的 XML 文件;XmlDocument 类则能对 XML 文件进行解析,实现增减节点、修改属性等功能。因此,本系统将存储在 SQL Server 2000 数据库中的定值单定值、控制字等信息导出并生成结构化描述的 XML 文件,通过跨区传输系统完成下发。

### 4 系统安全问题

继电保护定值单管理系统作为继电保护部门最重要的信息管理系统,涉及到继电保护设备定值的正确与否,进而关系到整个电网的安全运行。因此,加强系统安全的重要性毋庸置疑<sup>[8-9]</sup>。本系统从以下几个方面着重加强系统的安全性。

#### 4.1 登录密码的不可逆加密

目前,现有的定值单管理系统中所有用户的密码通常都以明文形式或者经过简单加密后存储在数据库中,任何人只要能访问数据库服务器并经过简单解密后都可获得其他用户的密码,这样会造成对系统的非法访问,甚至出现非管理人员登录定值单管理系统进行恶意操作的情况,对整个系统来说存在着极大的安全隐患。

为了保证登录系统的安全性,本系统在用户登录时对其密码进行了不可逆加密。不可逆加密算法的特征是加密过程中不需要使用密钥,输入明文后由系统直接经过加密算法处理成密文。加密后的密文在数学上保证无法被解密,只有重新输入明文,并再次经过同样不可逆的加密算法处理,得到相同的加密密文并被系统重新识别后,才能真正解密。因此,不可逆加密能加强登录系统的安全性。

本系统采用了 RSA 公司发明的 MD5 算法对用户密码进行加密。用户设置密码时,系统通过 MD5 算法将其输入的密码转换成密文存储在数据库中。这样,在用户以后的登录过程中,系统再次将其输入的密码进行 MD5 加密,然后将生成的密文与存储在数据库中的密文进行比对,以此加强登录系统的安全性。

#### 4.2 定值单的数字签名

数字签名就是通过某种密码运算将需要签名的信息生成一系列符号及代码组成数字密码,用于代替传统的书写签名或印章。根据《中华人民共和国电子签名法》,数字签名与传统手工签名同样具有法律效力。

数字签名采用公钥密码体制,即利用一对互相匹配的密钥进行加密、解密。每个用户拥有一把仅为本人所掌握的私钥,用其进行解密和签名;同时拥有一把公钥并可对外公开,用于加密和验证签名。签名一个文件或信息时,签名者通过签名函数计算出被签署信息唯一的信息摘要,然后使用签名者的私钥将信息摘要转化为数字签名,其得到的数字签名对于被签署的信息和用以创建数字签名的私钥而言都是独一无二的。

根据数字签名的以上特点,本系统将数字签名

引入定值单的流程管理。定值单每个流程状态均由对应用户进行数字签名,保证定值单的安全性,并能作为责任确认提供方便。同时,数字签名也能保障跨区传输的 XML 定值单不被篡改。XML 定值单跨区传输的数字签名主要涉及以下几个步骤:

- 1) 发送人生成自己的公钥和私钥。
- 2) 发送人从数据库中将定值单文件导出并生成 XML 文档。
- 3) 发送人用不可逆加密算法 SHA-1 生成定值单文件的信息摘要,并使用私钥将定值单的信息摘要加密,生成数字签名。
- 4) 发送人将数字签名附在 XML 定值单后面一起发送给接收人。
- 5) 接收人接收到 XML 定值单后,读取发送人的公钥,然后使用公钥验证接收的数字签名,确认定值单文件来自发送人。
- 6) 接收人使用不可逆算法 SHA-1 创建接收 XML 定值单的信息摘要。
- 7) 接收人比较 2 个信息摘要。如果两者相同,则接收人可以确定定值单在签发后并未做任何改变。定值单被签发后如果有任何字节发生改变,2 个摘要就会有所不同,据此可以判别定值单是否被更改。

其中,步骤 1~步骤 4 是定值单数字签名的制作过程,如图 5 所示。

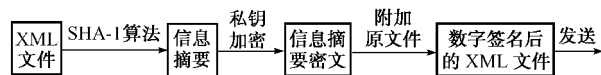


图 5 XML 文件数字签名制作过程

Fig. 5 Production process of XML file digital signature

步骤 5~步骤 7 是定值单数字签名的验证过程,如图 6 所示。

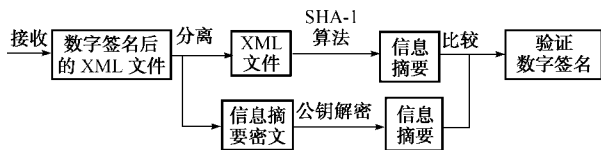


图 6 XML 文件数字签名验证过程

Fig. 6 Verification process of XML file digital signature

采用数字签名与加密技术相结合的方法,可以很好地解决信息传输过程中的完整性、身份认证以及防抵赖性等问题。

## 5 结语

目前,基于调度数据网的定值单管理系统已在华中电网公司试运行,运行效果良好。该系统大大提高了继电保护相关工作的效率,对于电网的安全、

经济、可靠运行具有积极作用,产生了良好的经济和社会效益。

## 参考文献

- [1] 汪源生. 基于 Web 的继电保护信息管理系统的应用. 电力系统自动化, 2001, 25(5): 64-66.  
WANG Yuansheng. Web-based management information system of relay protection. Automation of Electric Power Systems, 2001, 25(5): 64-66.
- [2] 王慧芳, 姚勇, 何奔腾, 等. 电网继电保护整定计算软件的实用性研究. 电力系统自动化, 2004, 28(21): 85-88.  
WANG Huifang, YAO Yong, HE Benteng, et al. Practicality study of a protection setting calculation software. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(21): 85-88.
- [3] 徐驰. 继电保护设备管理信息系统的开发与应用. 电力系统自动化, 2004, 28(12): 98-99.  
XU Chi. Development and application of relay protection equipment management information system. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(12): 98-99.
- [4] 谢俊, 石东源, 杨增力, 等. 基于多代理系统的继电保护定值在线校核预警系统. 电力系统自动化, 2007, 31(13): 77-82.  
XIE Jun, SHI Dongyuan, YANG Zengli, et al. An on-line verification of relay settings and early warning system of protective relaying based on MAS. Automation of Electric Power Systems, 2007, 31(13): 77-82.
- [5] 朱永利, 宋少群, 朱国强, 等. 地区电网保护定值在线校验智能系统. 电力系统自动化, 2005, 29(6): 87-92.  
ZHU Yongli, SONG Shaoqun, ZHU Guoqiang, et al. An intelligent system for on-line verification of relay settings in sub-transmission networks. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(6): 87-92.
- [6] 谢俊, 石东源, 张德泉, 等. 继电保护柔性定值单管理系统开发. 电力自动化设备, 2007, 27(1): 74-77.  
XIE Jun, SHI Dongyuan, ZHANG Dequan, et al. Development of flexible-setting-list management system of relay protection. Electric Power Automation Equipment, 2007, 27(1): 74-77.
- [7] 王益民. 国家电力调度数据网的设计与实施. 电网技术, 2005, 29(22): 1-6.  
WANG Yimin. Design and implementation of State Grid dispatching and digital network. Power System Technology, 2005, 29(22): 1-6.
- [8] 姚建刚, 罗滇生, 陈亮, 等. 湖南电网发电竞价信息加密系统的开发. 电力系统自动化, 2001, 25(15): 12-14.  
YAO Jiangan, LUO Diansheng, CHEN Liang, et al. Development of information encryption system for Hunan electricity bidding market. Automation of Electric Power Systems, 2001, 25(15): 12-14.
- [9] 季坤, 王克英, 刘嘉宁. 网络化调度平台中数字签名技术的应用. 电网技术, 2004, 28(18): 25-28.  
JI Kun, WANG Keying, LIU Jianing. Application of digital signature technology in network dispatch platform. Power System Technology, 2004, 28(18): 25-28.

顾慧杰(1985—),男,通信作者,硕士研究生,主要研究

方向:电力系统自动化。E-mail: huijiegu@gmail.com

柳焕章(1954—),男,高级工程师,主要研究方向:继电

谢俊(1980—),男,博士研究生,主要研究方向:信息  
化电力系统相关理论及支撑软件技术。

保护整定及相关信息系统理论。

## A Protection Setting Management System Based on Power Dispatch Data Network

GU Huijie<sup>1</sup>, XIE Jun<sup>2</sup>, LIU Huanzhang<sup>2</sup>, ZHANG Dequan<sup>2</sup>, LI Yinhong<sup>1</sup>

(1. Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China;

2. Central China Power Dispatching and Communication Center, Wuhan 430077, China)

**Abstract:** This paper presents a protection setting management system based on the power dispatch data network. The protection setting is transmitted across the section based on XML and sent from the dispatch center of section to the substation of section by the network security segregation unit, solving the problem of issuance at long last. By using the technology of irreversible encryption and digital signature, the system security and stability has been greatly improved and the need of actual application fairly well met by accomplishing automatic network flow of the protection setting for the modern power system.

This work is supported by National Mega-project of Science Research for the 11th Five-year Plan (No. 2008BAA13B00).

**Key words:** protection setting management system; power dispatch data network; XML; digital signature

## “嵌入式技术在电力系统中的应用”征文启事

传统的开发技术已不能满足当今电力系统高可靠、高实时、高精度、高智能的需求,而嵌入式系统以其体积小、集成度高、软硬件开发灵活、控制功能突出,以及可直接嵌入应用对象、方便现场运行等显著特点,正在电力系统的数据采集与监控、继电保护、厂站自动化、各种测控或自动装置、网络和通信等技术领域发挥着越来越重要的作用。

《电力系统自动化》与研祥智能股份有限公司拟合作举办“研祥杯”嵌入式技术在电力系统中应用的技术论坛,面向电力行业的应用需求,征集各种嵌入式系统设计、开发和应用论文。将组成专家评委会,评选优秀论文,并设置一系列创新奖。优秀论文将发表在《电力系统自动化》上,并颁发证书,大奖论文作者将获得一份更加惊喜的奖励。欢迎大家踊跃投稿!

### 1 征文内容

- 1) 以电力系统为工程背景的嵌入式系统仿真平台、硬件和软件开发工具的应用;
- 2) 以电力系统为工程背景的基于嵌入式处理器(如 PowerPC, X86, ARM 等)的嵌入式系统的硬件设计与应用;
- 3) 以电力系统为工程背景的基于可编程器件或片上可重构嵌入式系统的硬件设计与应用;
- 4) 以电力系统为工程背景的嵌入式操作系统(如 uC-OS, Vxworks, Linux, WINCE, WINXP Embedded 等)、嵌入式数据库及嵌入式应用软件。

### 2 征文奖励

优秀论文奖(若干),奖品为双人海岛游。

嵌入式硬件设计应用创新奖(若干),奖品为深圳湾出海游。

嵌入式软件设计应用创新奖(若干),奖品为深圳湾出海游。

### 3 来稿要求

1) 稿件所述成果必须是作者原创,且未在其他会议或媒体上发表。凡借鉴他人成果,需给出成果来源和相应的文献出处,并在文中与作者的贡献区别开来。

2) 稿件所述成果必须采用正版产品研究开发,本活动主办方对可能涉及软硬件知识产权等问题的异议及纠纷,不承担任何责任,并取消该论文的评奖资格。

3) 请参照《电力系统自动化》的文章格式排版,要求语言流畅、逻辑清晰,全文控制在 5 000 字(含图表)以内,应附 3 个~8 个中英文关键词和 200 字~400 字的中文摘要及约 250 个实词的英文摘要。摘要请采用第三人称写法,应是一篇独立的短文,包含与论文同等量的主要信息,一般应包括目的、方法、结果、结论四要素。

4) 在投稿的同时,请附言说明稿件涉及的科研项目概况、有关的背景资料和成果的主要创新点。若为部省级以上基金资助项目,需提供项目编号;专利成果须提供专利号或受理号。

5) 请提供前 3 位作者简介,包括性别、出生年、职务职称、目前的研究方向,并请提供通信作者的联系电话、手机、E-mail,以方便联系。

### 4 应征论文截稿日期

请在 2009 年 6 月 30 日之前提交论文摘要;2009 年 8 月 31 日前提交完整论文。

### 5 投稿地址

电子信箱: E-mail: mcu@nari-china.com;联系电话:025-83092055;传真:025-83421949。

联系人:王青;通信地址:南京市南瑞路 8 号杂志社(210003)。