

一种通用的变电站仿真培训系统构建平台

季刚¹, 陆达²

(1. 安徽省气象局, 安徽 合肥 230031; 2. 厦门大学计算机与信息工程学院, 福建 厦门 361005)

摘要: 介绍了一种通用的变电站仿真培训系统构建平台, 文中就系统开发的技术基础、系统功能、系统设计及系统特点进行了详细叙述, 该系统具有通用性强、易维护、实用性强等特点。利用该系统, 用户可以根据自己需要很容易地构建针对自己变电站的仿真培训系统。该系统的研究成功, 将大大缩短变电站仿真培训系统的开发周期, 为变电站仿真培训系统的推广提供一个良好的软件开发平台。

关键词: 变电站; 仿真培训; ActiveX; 多媒体

中图分类号: TM743 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2005)13-0068-05

0 引言

变电站是供电系统的重要组成部分, 是联系发电厂和用户的中间环节, 起着变换和分配电能的作用, 变电站在电力系统的安全、经济运行中具有举足轻重的地位, 相应地变电站运行人员的岗位操作技能也就成为影响变电站安全运行的重要因素^[1], 但是由于电力系统运行的特殊性, 不允许在实际运行的设备上进行操作演练, 更不允许人为设置事故, 让学员观察现象并进行处理, 这些都使得运行人员难以在电力系统的正常操作和事故处理^[2]中得到充分的训练。因此研制功能齐全, 造价低廉, 仿真效果逼真和使用方便的变电站计算机仿真培训系统是一项非常重要的工作。目前, 国内外变电站仿真培训系统主要分为实物仿真和纯软件仿真两种类型, 实物仿真是使用与实际变电站 1:1 硬件组成变电站仿真培训系统, 其特点是硬件投资高, 真实感强。纯软件仿真是利用计算机, 营造一种逼真的环境, 其特点是投资小、方式灵活, 其不足之处是真实感差。过去由于受到计算机技术的发展和开发工具的限制, 仿真效果和人机界面都不尽人意, 纯软件仿真的发展受到制约。随着计算机技术的发展, 多媒体技术的日臻完善, 纯软件仿真已成为仿真培训系统的必然趋势。

据了解, 目前国内开发的变电站事故仿真培训系统, 一般都是针对某一特定的变电所开发的, 还没有开发出通用的仿真培训系统平台, 这种针对具体变电所开发的仿真系统通用性较差、且不易于扩展和维护, 使其推广受到了限制。为此我们开发了这套平台系统, 该软件以实际变电站的全物理过程、逻辑关系为基础, 利用该平台, 我们可以根据自己需要

方便灵活地构建针对不同变电站的仿真培训系统, 从而大大改进了仿真培训系统通用性和扩展性较差的缺点。

1 系统开发的技术基础

1.1 ActiveX技术

ActiveX是微软提出的一组使用 COM (组件对象模型), 使得软件组件在网络环境中进行交互的技术集, 它与具体的编程的语言无关。ActiveX技术可以方便地用于创建普通的桌面应用程序。Visual Basic自版本 5.0以后, 全部支持 Activex技术^[3]。开发人员可以用 Visual Basic设计 ActiveX控件, 创建 ActiveX文档, 或者开发 ActiveX EXE和 ActiveX DLL。本系统中主要是将室内、外各类设备作为一个对象, 通过使用 ActiveX技术将这些设备做成控件, 作为图元在以后的编程中使用, 开发的控件主要有开关、刀闸、信号灯、信号继电器、压板、直流保险器、电流电压表等。

1.2 Windows API函数

API是“Application Programming Interface”的缩写, 意思是应用程序编程接口, API函数是 windows提供的内部函数, 是 windows的核心, 供应用程序随时调用, windows API函数可以使程序实现代码和资源的共享, 从而提高程序运行速度, 节约系统资源。本系统中主要是使用 API函数实现 Visual Basic难以实现或不能实现的功能, 弥补 Visual Basic的不足, 同时使用 Windows API中的 GDI (图形设备接口) 进行基本图形的绘图, 如直线、矩形等。

1.3 多媒体技术

多媒体技术是指以数字化为基础, 能够对多种媒体信息进行采集、编码、存储、传输、处理和表现,

综合处理多种媒体信息并使之建立起有机的逻辑关系,集成为一个系统并能具有良好交互性的技术。为了使仿真培训系统更接近实际,增强系统给人的真实感,本系统中使用了大量的多媒体技术,如音频技术用于仿真学员操作设备时的音响,变电站发生故障时警笛和震铃声、开关跳闸时的动作声等声音信号;动画技术用于表现设备的动作过程等等。这些多媒体技术的应用,使学员能够同时接受多种媒体信息,给人以身临其境的感觉。

2 系统功能

本系统采用纯软件模式,在 Windows 环境下,采用面向对象的程序设计方法,使用 Visual Basic 6.0 作为开发平台,结合 3Dmax 5.0、ACCESS 2000 及 Photoshop 7.0 等软件,运用声音、图形、动画等多媒体技术实现了变电站仿真培训系统平台化,用户可以运行用该平台构建的仿真培训系统,对变电站运行人员进行培训,该系统的整体结构如图 1 所示。

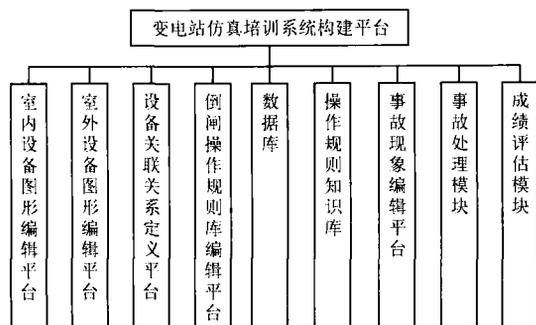


图 1 系统结构图

Fig 1 System structure

2.1 室内外设备图形编辑平台

室内外设备图形编辑平台主要是构建变电站的室内外仿真环境,该编辑平台采用可视化图形编辑方法,将室内外的每类设备作为一个图元以控件的方式置于工具箱内,构建时选中相应图元,拖至编辑窗口进行搭建室内外场景。按拖拉图元的顺序,系统会把每个图元作为一条记录自动记录于数据库中,若要删除或修改某个图元,该图元在数据库中的记录也会被作自动的删除或修改。

2.2 设备关联关系定义平台

以上两个编辑平台只是用变电站的室内外设备将变电站搭建起来,但是各个设备之间是相互独立、毫无关系的,为了将各个设备联系起来,我们开发了该平台,该平台完成定义室内设备之间、室外设备之间和室内与室外设备之间关联关系的功能。这样一来

各个设备之间才能联系起来,形成一个与实际相符的变电站。

2.3 倒闸操作规则库编辑平台^[4]

不同变电站有不同的特点,不同变电站其操作规则也不完全相同,为了能够实现仿真培训系统平台化的目的,必须提供一个平台来编辑操作规则。该平台正是用于完成对操作规则的编辑功能,通过该平台,用户可以根据自己变电站的特点,添加、修改、删除相应的操作规则,以适应自己变电站的需要。在以后的运行中系统通过操作逻辑函数来动态调用这些操作规则,实现对操作正确性的判断。

2.4 事故现象编辑平台

事故现象编辑平台主要是通过编辑界面编辑事故状态和故障状态,这些状态包括震铃的状态、警笛的状态、光字牌的状态、信号继电器的状态、微机保护的动作状态、开关的故障状态(跳开、跳合)、PT故障状态、CT故障状态等。编辑的事故现象要求能够保存,在培训时能够随时调入。另外也可以通过人为地制造事故,例如带负荷拉合线路刀闸引起线路开关跳闸,然后保存现场,作为一种事故类型,供运行人员进行事故处理培训时使用。

2.5 事故处理模块

该模块的目的是培训学员在事故发生时,根据事故现象进行事故分析和处理事故的能力。事故处理可以采用学员自己选择题目的自我学习方式,也可以采用教员出题的考核方式。发生事故时,计算机将事故发生瞬间在主控室内的仪表、光字牌、红绿灯、信号继电器、事故音响和预告音响等全部故障现象仿真出来,逼真地再现事故现场,学员根据观察到的现象,判断事故类型,找出故障点,然后进行事故处理。如果采用的是自我学习方式,系统可根据具体情况给出相应提示,如果需要还可将正确的操作步骤显示出来,以供学员学习。计算机将记录下学员的每一步处理操作,并根据学员的操作进行评估,给出考核成绩。经过培训后,学员对事故发生的原因、正确的处理方法、错误处理的后果等将会有深刻的印象。

2.6 成绩评估模块

该模块能对学员的操作进行评判。其目的是检测受培训者培训和学习的效果。在培训结束后,根据事先确定的评分规则对学员在培训过程中的操作与事故处理自动评分。从而大大减轻教的评分工作量,且提高了评分过程中的公平性。

3 系统设计

系统分为编辑和运行两种模式,在编辑模式下,用户可以利用室内、外设备图形编辑平台构建变电站室内、外仿真环境;利用倒闸操作规则库编辑平台增删和修改操作规则等,从而形成符合自己变电站特点的仿真培训系统。而在运行模式下,系统会屏蔽掉所有的编辑功能,不能再对变电站仿真培训系统进行任何改动,只能进行设备操作、事故现象的模拟,事故处理培训和成绩考核等。下面将对室外设备图形编辑平台的实现和数据库设计进行详细的说明。

3.1 室外设备图形编辑平台的实现

3.1.1 室外设备立体图形的开发

为了逼真地反映现场设备位置及外形,给被培训人员以现场真实感,我们采用了专业 3D 软件 3D Max 5.0 来制作室外设备的三维立体图形,制作时统一选择斜上方 45 的视角来制作,主要是使用圆柱、圆环以及圆台等标准几何体和一些扩展几何体,通过旋转、缩放和修改其参数,再加入灯光,使用材质渲染而成。制作的设备立体图主要有开关、CT、刀闸、变压器等。制作好的设备立体图被保存成 .bmp 文件,再经过 Photoshop 7.0 处理以后,作为素材在以后的开发中使用。

3.1.2 图元的制作

系统中的图元由基本图元和设备图元组成,基本图元包括直线、曲线、矩形等,基本图元不具有电力系统的任何特点,我们通过 Windows API 函数进行绘制。设备图元指的是变电站的各类设备(我们对这些设备事先进行了归纳,合并,以减少图元的数量),对于这些设备系统采用 ActiveX 技术,把设备以控件的形式封装起来,用控件的属性来描述设备的参数,用控件的方法、事件实现对设备的操作。以刀闸控件为例其控件属性有图元名称、图元类型、图元高、图元宽、图元状态等,其方法或事件有图元的改变状态、图元的改变大小等。

下面以刀闸控件为例介绍图元控件的开发过程:

1) 创建 ActiveX 控件

首先运行 Visual basic 6.0 选择“文件”下的“新建工程 /ActiveX 控件”,然后在模板上放上两个 Image,分别命名为“daoza_Off”和“daoza_On”分别表示刀闸分合的状态,接着分别在 daoza_Off 和 daoza_On 中装入做好的刀闸分合状态的图片,调

整 daoza_On、daoza_Off 与模板的位置与大小,使它们重叠在一起。保存文件,命名工程为 DAOZHA。

2) 添加 ActiveX 控件的属性

打开 ActiveX 控件的代码窗口,单击工具菜单下的“添加过程”,选中“属性”类型,输入属性名称“Status”,确定后将产生取属性值的函数及设置属性值的过程,分别在取属性值函数,设置属性值函数,WriteProperties 事件和 ReadProperties 事件中加入相应的代码。我们也可以用同样的方法添加其他属性。

3) 添加 ActiveX 控件的方法

打开 ActiveX 控件的代码窗口,单击工具菜单下的添加过程,选中“子程序”类型,输入方法名称“ChangeStatus”,确定后在取此方法中加入代码,在程序设计时使用此方法来改变刀闸的状态。我们也可以用同样的方法添加其他方法。

4) 添加 ActiveX 控件的事件

打开 ActiveX 控件的代码窗口,单击工具菜单下的添加过程,选中“事件”类型,输入事件名称“SwitchClick”,确定后加入相应代码,这样当用户单击刀闸时,刀闸就改变状态。我们也可以用同样的方法添加其他事件。

这样一个图元控件就做好了,其它图元控件的开发过程与此类似。包含图元库的图元库的界面如图 2 所示。

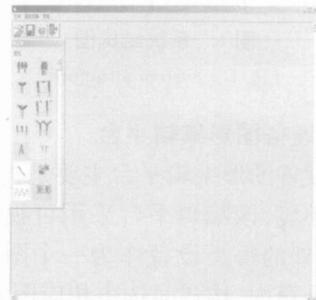


图 2 室外设备图形编辑平台界面

Fig 2 Outdoor equipment-graph-edit platform interface

3.1.3 室外设备图形编辑平台的实现

经过上述的准备,有了图元库之后,就可以进行具体编程实现室外设备图形编辑平台了。在室外图形编辑平台中主要可以实现:

1) 用户可以点击鼠标来选择工具箱中的图元,能够实现单个图元的添加、删除、改变大小、移动位置和设置状态、参数。

2) 对选中的图形块能够进行整体移动,整体删

除,整体放大、缩小。

3) 提供常用的剪切、复制、粘贴等编辑功能,这些编辑功能既适用于单个图元,又适用于图形块。

4) 对齐功能,能够实现以选中对象为参照进行上下左右的对齐。

5) 构建完毕后,操作人员可以对整个仿真场景进行预览,以便查看整体效果,确定是否需要进一步修改。

6) 操作人员能够对设计结果以文件的形式保存起来,并可以在日后的使用中直接打开。

编辑平台的实现是以 Visual Basic 的动态加载卸载控件为基础,动态加载卸载控件是将做好的控件以数组的形式存储起来,在运行的时候使用 Visual Basic 的加载卸载命令实现图元的添加和删除。图元被添加进来以后,就可以通过改变图元的高宽属性形成任意大小的图元,通过改变图元的 x 、 y 坐标属性将图元放到任意位置,当然也可以通过改变控件属性来实现对齐、预览等。复制粘贴的过程是先用鼠标框选要复制的图元,然后系统先在选中图元的各类图元内部使用冒泡排序找出每类中最上面的,再将各类图元中最上面的进行比较从而得出框选中图元中最上面的,最后鼠标在要粘贴的位置点击,系统把鼠标点击位置作为处于最上面图元的坐标,这样就完成了对它的复制,而其它被选中的图元复制后的位置则均以对该图元的相对位置而定,这样可以保持复制图元块的相对位置不变,这里主要用到的是鼠标事件 `MouseDown()`、`MouseMove()` 和 `MouseUp()`。对于保存和打开,系统把每个图元作为一个矢量图进行存储,存储文件既保存了图元的位置,也保存了图元的大小,打开的过程实际上是根据读取的存储文件,获得图元的位置和大小,使用动态加载控件进行重新绘制。用该室外设备图形编辑平台构建的某变电站室外效果如图 3 所示。

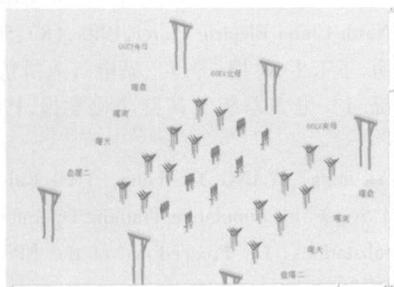


图 3 构建的某变电站室外效果图

Fig 3 Outdoor effect graph for a certain substation

3.2 数据库设计

为了实现系统的平台化,本系统的数据库采用关系数据库技术,把它建成开放的,用户可以通过人机界面对它们进行修改和增删^[5]。数据库中存储着仿真培训系统的各种信息,包括设备信息表用于记录变电站中所有设备的信息,事故现象信息表用来记录事故发生时所呈现出的全部事故现象,事故检查信息表用来记录事故发生后所应进行的全部检查措施,事故处理信息表用来记录事故发生后所应进行的全部处理措施,操作步骤表用于记录学员处理事故的每一步操作,成绩表用于记录学员的成绩和档案。生成的数据库如图 4 所示。



图 4 生成的数据库

Fig 4 Creating database

3.2.1 数据库存取的实现

系统采用 ADO (ActiveX Data Objects) 来实现对数据库的存取。ADO 是微软公司推出的最新数据库存取方法,它能够把 DAO (Data Access Objects) 的简单性和使用方便与 RDO (Remote Data Objects) 的速度、能力和控制相结合。ADO 主要包括 Connection、Command 和 Recordset 三个对象。Connection 对象主要负责与数据源建立连接; Command 对象主要用于设置访问数据源所需的命令; Recordset 对象主要用来存放从结果集中取回的记录,是检查和修改记录的最主要手段,在 Recordset 对象中可以浏览记录,增加、修改、删除记录,并可已将已经更改的记录传回给数据源。下面以设备信息表为例介绍如何使用 ADO 实现对数据的存取。

建立与数据库的连接,打开设备信息表 ADO 采用 Connection 对象的 Open 方法建立连接,用 Recordset 的 Open 方法打开数据库表实现如下:

```
dim conn As New ADODB. Connection
dim rs As New ADODB. Recordset
conn Open " Provider = Microsoft jet OLEDB. 4. 0; DataSource = " & App. Path & "\zfinfo mdb; "
rs Open " shebeinfo", conn, adOpenDynamic, adLockOptimistic
```

添加记录数据,以向设备信息表添加一条记录 (name:凌曙线甲刀闸, type:一次设备, height: 1425, width: 885, x坐标: 3255, y坐标: 4500,所属线路:凌曙线, state:开)为例,其实现如下:

```
rs MoveLast
rs AddNew
With rs
. Fields(1) = "凌曙线甲刀闸"
. Fields(2) = "一次设备"
. Fields(3) = "1425"
. Fields(4) = "885"
. Fields(5) = "3255"
. Fields(6) = "4500"
. Fields(7) = "凌曙线"
. Fields(8) = "开"
End With
rs Update
```

修改记录数据,以将上面的那条记录的 state (设备状态)改为合为例,其实现如下:

```
With rs
. Fields(8) = "合"
End With
rs Update
```

删除记录数据,使用记录集 Recordset的 move方法可以很容易地移到要删除的记录上,然后使用下面方法实现删除:

```
With rs
. Delete
. MoveNext
If . EOF Then . MoveLast
End With
```

从以上的步骤可以大致了解 ADO 存取数据的使用方法,其它表的数据存取可以用同样的方法实现。系统中操作规则的编辑、设备关联关系的定义以及设备信息的存取等与数据库相关的实现都是通过上述方法来完成的。

4 系统特点

1) 平台化,通用性强:软件并不是针对某个变电所而设计的,用户可以利用本系统生成适合自己实际情况的仿真培训系统。

2) 可视化、友好的人机界面:系统采用 windows 风格,既有菜单、工具条还有快捷键,操作简单,使用方便,简单易学。

3) 系统的可维护性:本系统选用合理的数据结构,将程序与数据分开,利用系统提供的工具,可以方便地修改数据,同时系统运用 ActiveX 技术进行

程序设计,提高了系统开发效率,增加了系统的可维护性。

4) 实用性强:本系统采用计算机多媒体技术,将图、文、声及动画嵌入到系统中,使得仿真效果逼真,仿真系统形象、生动。

5 结束语

本文针对现有系统的不足,在对多种变电站的实际情况进行了研究的基础上,研究开发了通用变电站仿真培训系统构建平台,该系统的研究成功,弥补了仿真培训系统通用性、可维护性较差的缺点,大大缩短了变电站仿真培训系统的开发周期,为推广变电站计算机仿真培训系统提供了良好的软件开发平台。

参考文献:

- [1] 张东英,杨以涵. 变电站仿真培训综述 [J]. 电力系统自动化, 1999, 23 (23): 11-14.
ZHANG Dong-ying, YANG Yi-han. Summary of Substation s Simulation and Training [J]. Automation of Electric Power Systems, 1999, 23 (23): 11-14.
- [2] 惠海龙,万秋兰. 大型变电站仿真培训的智能控制系统 [J]. 电力自动化设备, 2002, 22 (5): 38-40.
HUI Hai-long, WAN Qiu-lan. Intelligent Control System of Simulation and Training for Large Substation [J]. Electric Power Automation Equipment, 2002, 22 (5): 38-40.
- [3] 刘炳文. Visual Basic 6.0 程序设计——ActiveX 篇 [M]. 北京:人民邮电出版社, 1999.
LIU Bing-wen. Visual Basic 6.0 Programmer——ActiveX Piece [M]. Beijing: People's Posts & Telecommunications Press, 1999.
- [4] 陆达,丁健,高茜. 通用变电站倒闸操作专家系统的实现 [J]. 华北电力技术, 1998, (8): 50-53.
LU Da, DING Jian, GAO Xi. The Implementation of General Substation Switching Operation Expert System [J]. North China Electric Power, 1998, (8): 50-53.
- [5] 孙雅明,王玉生,姚恺,等. 厂、站电气人员仿真培训专家系统 [J]. 电力系统及其自动化学报, 1995, 7 (1): 22-28.
SUN Ya-ming, WANG Yu-sheng, YAO Kai, et al. An Expert System for Simulative Training Operators in Plants and Substations [J]. Proceedings of the EPSA, 1995, 7 (1): 22-28.
- [6] 姚建国,张慎明. 调度员培训仿真的功能要求和设计原则 [J]. 电力系统自动化, 1999, 23 (23): 15-19.

(下转第 76 页 continued on page 76)

- 子工业出版社, 2000
- ZHANG Xiong-wei, et al Theory and Application of DSP Chip [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2000.
- [2] 继电保护及安全自动装置技术标准 [M]. 北京: 中国电力出版社, 1999.
- Technique Standard of Relay Protection and Security Automatic Equipment [M]. Beijing: China Electric Power Press, 1999.
- [3] 孔新. 在故障分析系统中前置故障录波装置的研制 (硕士学位论文) [D]. 西安: 西安交通大学, 1997.
- KONG Xin The Researching and Development of Front Device of Fault Recorder, Thesis[D]. Xi an: Xi an Jiao-tong University, 1997.
- [4] 骆健, 等. 国内外故障录波器的比较 [J]. 电力自动化设备, 2001, 21 (7): 28-31.
- LUO Jian, et al Comparing of Recorders of China and Foreign Countries[J]. Electric Power Automation Equip-ment, 2001, 21 (7): 28-31.
- [5] 罗毅. 分布式故障录波系统 [J]. 电力系统自动化, 2001, 25 (20): 59-62.
- LUO Yi Decentralizing Type of Fault Recorder[J]. Automation of Electric Power Systems, 2001, 25 (20): 59-62

收稿日期: 2005-05-08; 修回日期: 2005-06-16

作者简介:

邱革非 (1969 -), 男, 讲师, 博士研究生, 主要研究方向为电力系统电压稳定及计算机技术在电力系统中的应用; E-mail: tsugefei@126.com

束洪春 (1961 -), 男, 教授, 博导, 主要研究方向为电力系统继电保护和电力系统稳定控制;

董俊 (1977 -), 男, 博士研究生, 主要研究方向为电力系统稳定控制;

刘志坚 (1975 -), 男, 博士研究生, 主要研究方向为电力系统稳定控制。

Base part development of distance measurement device for fault recorder based on DSP

QU Ge-fei^{1,2}, SHU Hong-chun^{2,1}, DONG Jun¹, LU Zhi-jian^{1,2}

(1. Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China; 2. Kunming University of Technology, Kunming 650051, China)

Abstract: With the rapid development of computer technique, the performance of electric power system monitoring and control equipments based on microcomputer has been raised. DSP is one kind of new microprocessor with great capability of dealing with data. This paper introduces the structure of the software and hardware of a newly developed fault recorder based on intelligent data collecting unit of DSP. The emphasis is on the software function and main points of its realization in the base part of this equipment. And in the end, experience of developing this equipment and direction according to which the fault record should be improved are discussed.

Key words: DSP; fault recorder; intelligent data collecting unit

(上接第 72 页 continued from page 72)

YANG Jian-guo, ZHANG Shen-ming Function Specification and Design Principle for Dispatcher Training Simulator[J]. Automation of Electric Power Systems, 1999, 23 (23): 15-19.

收稿日期: 2004-10-18; 修回日期: 2004-11-01

作者简介:

季刚 (1979 -), 男, 硕士研究生, 从事电力系统仿真技术的研究; E-mail: jiang6666@sina.com

陆达 (1954 -), 男, 硕士, 教授, 从事电力电子、计算机监测与控制技术的研究。

A general substation training and simulating system constructing platform

JI Gang¹, LU Da²

(1. Anhui Meteorological Bureau, Hefei 230031, China;

2. College of Computer and Information Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: This paper introduces a general substation training and simulating system constructing platform. It details technology base, system function, system design and its characteristic. This system has the characteristic of generally employing and expediently maintaining and better practicability. Using this system, users can construct easily a training and simulating system for their own substations according to their demand. Its successful development will greatly shorten the development cycle of the substation training and simulating system, and provide a good software development platform to popularize the substation training and simulating system.

Key words: substation; simulating and training; ActiveX; multimedia