

学校编码: 10384  
学 号: 200240004

分类号 \_\_\_\_\_ 密级 \_\_\_\_\_  
UDC \_\_\_\_\_

厦 门 大 学  
硕 士 学 位 论 文

通用变电站多媒体仿真培训系统构建  
平台的研制

Design And Development Of Constructing Platform Of  
General Substation Multimedia Training And  
Simulating System

季 刚

指导教师姓名: 陆 达 教授

专 业 名 称: 计算机应用技术

论文提交日期: 2005 年 5 月

论文答辩时间: 2005 年 5 月

学位授予日期: 2005 年 月

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2005 年 5 月

## 厦门大学学位论文原创性声明

兹提交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文而产生的权利和责任。

声明人（签名）：

年 月 日

## 摘 要

提高变电站运行人员的素质是提高电力系统运行的安全性和可靠性的一个重要的前提。目前，国内的一些科研院所和高等院校已经开发出多种用于运行人员培训的仿真培训系统，并取得了很好的应用效果。但是，它们一般都是针对某一特定的变电站开发的，大都存在着开发周期长、通用性和可维护性差的问题。因此，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，首次提出了变电站仿真培训系统平台化的思想，研究开发了通用多媒体变电站仿真培训系统构建平台，为实现系统的商品化和通用化打下基础。本文在研究变电站多媒体仿真培训系统构建平台的过程中主要完成以下几个方面的工作：

第一，对不同变电站及变电站内的一、二次设备特性进行总结和分析，同时结合变电站仿真培训自身的特点，采用面向对象的分析方法和面向对象的程序设计方法，构造变电站仿真培训的通用对象模型。

第二，采用面向对象的程序设计方法，开发了室外一次设备图形构建平台、室内二次设备图形构建平台和主接线图绘制平台，可以方便灵活地构建出针对不同变电站的仿真环境，用于仿真培训。

第三，根据系统本身对数据信息的要求，采用关系型数据库来表示变电站的数据信息，并在关系型数据库的基础上建立了开放式的数据库和操作规则知识库，为实现系统的通用性和可维护性打下基础。

第四，从用户的角度出发，在所构造操作规则知识库的基础上，建立了交互式的操作规则知识库管理系统，并提供了简洁友好的人机交互界面，便于用户对操作规则知识库进行管理和维护。

第五，充分利用计算机新技术，将计算机多媒体技术应用于系统，增强了培训效果。

**关键词：**变电站；仿真培训；构建平台；ActiveX 控件

厦门大学博硕士学位论文摘要库

## **Abstract**

Improvement of substation operator's diathesis is one of the important preconditions for security and reliability operation of power systems. At present, many simulation and training systems have been developed and well used for operator training. However, they are all developed for a certain substation and generally have some shortcomings such as too long developing time, the unsatisfactory generalization and maintainability. So, contraposing to these shortcomings and by researching for many kinds of substations, a general constructing platform of substation multimedia simulating and training system was developed in this thesis, which provides a base for commercialization and generalization of simulation and training systems. This thesis firstly brings forward the platform ideal of substation simulating and training system.

In the development of the general constructing platform of substation multimedia simulating and training system, following works have been completed: Firstly, with summarizing and analyzing the characteristics of various substation, the primary equipment and the secondary equipment included in them, according to the characteristics of the simulating and training system for substation itself, this paper constructed the universal object model for the substation simulating and training by using OOA (Object Oriented Analysis) and OOD(Object Oriented Design). Secondly, the graphics constructing platform for the outdoor primary equipment and the indoor secondary equipment and the substation's main-line diagram drawing platform were developed by using OOP (Object Oriented Program). Using them, the users can easily construct the simulating environment for various substations and go along the simulating and training. Thirdly, depending on the data requirement of system, the paper adopted the relation database system to describe the data information of the substation and found the open database and operation rule

knowledge base based on the relation database system, which facilitate the system generalization and maintainability. Fourthly, to ease users, an interactive operation rule knowledge base management was established. The system offers simply, clear and friendly operating interface to users. Users can also manage and maintain it conveniently. Finally, by using new computer technology and multimedia technology of computer, the performance of simulating and training was improved greatly.

**Key Words:** Substation; Training and simulating; Constructing platform; ActiveX control.

# 目 录

<b>第一章 绪 论</b> .....	<b>1</b>
1.1 选题的背景及意义 .....	1
1.2 国内外的研究情况 .....	2
1.3 本课题的研究内容 .....	6
<b>第二章 需求分析</b> .....	<b>7</b>
2.1 变电站仿真培训系统通用对象模型的分析与建立 .....	7
2.1.1 变电站对象的分解 .....	7
2.1.2 模型的总体构想 .....	8
2.1.3 面向对象的程序设计方法对通用性的作用 .....	8
2.2 具体需求 .....	9
2.2.1 界面需求: .....	9
2.2.2 变电站一、二次设备构建平台具体需求: .....	9
2.2.3 变电站主接线图绘制平台具体需求: .....	9
2.2.4 事故现象编辑平台具体需求: .....	10
2.2.5 操作规则知识库具体需求: .....	10
<b>第三章 系统结构与功能</b> .....	<b>11</b>
3.1 系统结构 .....	11
3.2 系统功能 .....	12
3.2.1 主接线图绘制平台 .....	12
3.2.2 室内、外设备图形构建平台 .....	12
3.2.3 设备操作关系定义平台 .....	12
3.2.4 操作规则知识库管理平台 .....	13

3.2.5 事故现象编辑平台.....	13
3.2.6 系统初始化.....	13
3.2.7 仿真培训.....	14
3.2.8 系统维护.....	14
3.2.9 帮助.....	14
<b>第四章 系统实现的相关技术 .....</b>	<b>16</b>
4.1 ACTIVE X 技术.....	16
4.2 WINDOWS API.....	17
4.3 面向对象程序设计的基本思想及特点 .....	19
4.4 可视化、多媒体仿真技术原理 .....	21
<b>第五章 系统设计与实现 .....</b>	<b>25</b>
5.1 操作系统及开发工具的选择 .....	25
5.2 系统设计原则 .....	26
5.3 主接线图绘制平台的设计与实现 .....	27
5.3.1 VB 的图形图像处理技术.....	27
5.3.2 主接线图绘制平台介绍.....	29
5.3.3 绘制主接线图的实现.....	31
5.3.4 编辑主接线图的实现.....	33
5.4 室外一次设备图形构建平台的设计与实现 .....	39
5.4.1 现场素材的收集及整理.....	39
5.4.2 室外设备立体图形的开发.....	39
5.4.3 图元控件的开发.....	40
5.4.4 室外一次设备图形构建平台具体功能的实现.....	43
5.5 操作规则知识库的设计与实现 .....	46
5.5.1 操作规则知识的表示.....	46

5.5.2 操作规则知识的获取.....	50
5.5.3 操作规则知识库的结构.....	51
5.5.4 基于操作逻辑函数的推理机的实现.....	52
<b>5.6 数据库的设计与实现 .....</b>	<b>54</b>
5.6.1 数据库设计原则: .....	54
5.6.2 数据库系统总体结构.....	54
5.6.3 数据库访问工具的选择.....	57
5.6.4 采用ADO实现数据库的访问.....	62
<b>第六章 系统测试、安装与维护 .....</b>	<b>66</b>
6.1 系统测试 .....	66
6.2 系统安装 .....	67
6.3 系统维护 .....	68
<b>第七章 总结 .....</b>	<b>69</b>
<b>致 谢 .....</b>	<b>71</b>
<b>参考文献 .....</b>	<b>72</b>
<b>附 录 .....</b>	<b>76</b>

厦门大学博硕士学位论文摘要库

# 第一章 绪 论

## 1.1 选题的背景及意义

供电系统直接面向用户,设备复杂,正常操作及事故次数多,出现失误直接危及电力系统安全;据电力部统计,1994年全国电网事故总数按发电和供电分类,供电系统事故占总数的84.6%<sup>[1]</sup>。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<sup>[1][2][3]</sup>。据美国联邦能源局统计,电力系统的安全运行中,70%~80%依赖于运行人员<sup>[4]</sup>。另外,随着电气设备自动化程度的提高,新设备、新技术、高科技在电力系统中应用的日益增多,变电站对电气运行人员的技术要求也越来越高<sup>[5]</sup>。因此,为了保证电力系统的安全运行,除了可靠的设备、合理的电网结构、科学的管理机制外,还必须努力提高电气运行人员的操作技能。

众所周知,由于电力系统运行的特殊性,对变电站运行人员的业务培训存在着一定的困难<sup>[2]</sup>。首先,电力设备二十四小时处于运行状态,不允许运行人员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;其次,电力变电站中很少出现事故,一旦出现事故,又需要运行人员快速准确地对事故做出反应,进行减少设备损坏、隔离故障、压缩停电范围等紧急处理;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中得到充分的训练。由此可见,在实际运行的设备上对运行人员进行培训是不现实的,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。

随着先进的变电站计算机仿真培训系统的推广应用,已显示了它对提高变电站运行人员素质、确保变电站安全运行的重要作用。但是目前国内开发的变电站仿真培训系统,一般都是针对某一特定的变电站开发的,还没有开发出通用的仿真培训系统平台,这种针对具体变电站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。为此我们研究开发了通用的、开放式的变电站多媒体仿真培训系统构建平台,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,用户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。该系统的开发成功将彻底改变变电站运行人员的传统培训方式,为安全生产提供有力保障,经济、社会效益显著。

## 1.2 国内外的研究情况

国内外电力系统的培训仿真系统从70年代开始发展,开始主要集中在火电厂机组,之后相继扩展到电网、变电站的仿真培训。国外70年代就出现了实用的火电仿真系统(1971年美国、日本和英国分别安装了第一套大容量的火电培训仿真机),电网仿真系统(1977年美国CDC公司开发出第一套DTS装置)和变电站的仿真系统(70年代日本关西电力公司建立了变电站仿真系统)。我国于1982年研制成功了第一套火电仿真机组,期间电网调度仿真机和变电站仿真机也在开发,并从80年代末期开始陆续建立了电网和变电站的仿真培训系统,1990年研制出了第一台DTS——东北电网仿真系统,到1999年,大多数的网调、省调都使用了电网调度仿真器材<sup>[6]</sup>。

我国变电站仿真培训系统的提出虽然已经有了一段时间,但是由于电力系统中变电站的数目众多,而且早期变电站容量不大,自动化水平较低,

其运行操作的要求也不高,使得变电站仿真培训系统的作用没有得到充分体现。但随着电力系统的发展,一些采用先进自动化技术的高电压、大容量变电站的投运,对运行人员提出了比较高的要求,因此从90年代中期开始,一批110KV<sup>[7]</sup>、220KV<sup>[8]</sup>、500KV<sup>[9]</sup>的变电站仿真培训系统相继建成,并取得了良好的效果。最先出现的变电站仿真系统主要采取盘台模式,典型的如天津大学和大港油田水电厂共同研制开发的大港油田变电站仿真培训系统。后来,随着计算机技术、网络技术和多媒体技术的发展,才出现了基于微机平台的纯软件模式的变电站仿真系统。根据对国内外相关资料的检索,目前,国内外变电站仿真培训系统主要分为盘台模式和纯软件模式两种类型<sup>[2][10][11]</sup>。

盘台模式是使用与实际变电站1:1的开关控制柜和保护屏硬件组成变电站仿真培训系统的主控室和保护室,主要由后台计算机支持这些硬件的操作并进行显示。屏柜上的开关量和模拟量(操作开关把手、投退压板、小开关、保险和按钮等)的变化,通过数据采集卡,送到总线,最后送到后台计算机,后台计算机上的仿真模型实时计算,将计算结果通过总线和数据转换卡,使屏柜上的模拟量(表计指示)和开关量(光字牌、信号灯等)得到刷新。后台计算机采用图形工作站或微机,它们组成网络,并按功能分为:

- a. 工程师台,用于仿真模型的修改、系统维护和调试;
- b. 教练台,用于设置培训任务、控制和管理培训过程;
- c. 图形台,用于图形界面的方式仿真没有硬件的设备,如主接线图、模拟屏、保护屏界面(有的仿真系统没有保护屏硬件,就用软件仿真保护屏)、室外设备的多媒体界面等;
- d. 仿真模型计算台,接收硬件屏柜上和图形台界面上的操作数据,仿真模型进行实时计算,计算结果送到屏柜和图形台界面上。

在实际仿真系统中,可根据需要将上述功能合并或分解,配置给后台

机。为处理后台机与硬件屏柜间的数据输入输出，一般还要根据硬件的规模配置一台或几台前置机。

纯软件模式是指变电站内的所有开关控制屏、保护屏、模拟屏、室外和室内的主设备及主接线等全都用软件仿真，除计算机外没有任何硬件。像盘台模式一样，仿真系统是一个由多台工作站或计算机组成的网络，根据每台计算机上配置的软件资源不同，可构成以下模式的仿真系统：

a. 分布式，即图形界面软件可按主控室、保护室、室内外电气设备等的划分，分布在一台或几台计算机上，其他仿真模型、教员管理、工程维护也可分布在一台或几台计算机上。一般图形界面软件分布在 1 ~ 2 台计算机上，作为一组学员台，这样可配置多组学员台，同时对多个学员培训。但学员台的数量受仿真模型计算台的响应速度限制，一般只能配置 3 ~ 4 个。

b. 网络教室模式，即仿真培训系统由一个教员台和多个学员台组成，学员台个数可达 20 ~ 30 个，不受仿真模型速度的限制。这时，图形界面软件和仿真模型计算软件必须放在同一台计算机上，这样每个学员台都有自己的界面和仿真计算软件，相对独立，而教员台的设置功能，也可放在学员台上。使培训学员的方式更灵活，学员既可以自学，也可以在教员的指导下学习，达到同时培训不同层次学员的目的。

纯软件模式组成灵活，并可应用其它新的计算机技术，提高仿真培训效果。如一台 PC 主机带 2 个显示器的喷屏卡；由专用网线和图像声音传输卡组成的多媒体教学网络，应用在网络教学模式时，可广播、监视、控制教员台的界面操作和声音。两种模式的特点比较结果如表 1\_1 所示：

对比项目	盘台模式	纯软件模式
视觉直觉、操作逼真的效果	由于有与实际变电站 1:1 的硬件，它给学员带来的这种真实感受是软件模拟所不能达到的。	需要切换画面、查找操作设备，与实际操作有些差别，需要学员适应一段时间。

造价	硬件投资高,尤其是一次性投资高,一般是纯软件的几倍至几十倍。	硬件只有计算机及网络配件,造价低,可根据资金情况分期投资。
可维护性	硬件接线复杂、设备和零配件众多,运行维护需要投入的人力及资金较大。	计算机和网络的维护比较简单,只需兼职人员即可。
可扩充性 可适应性	电网自动化的快速发展,要求仿真培训系统能跟上实际需要,由仿真传统变电站到仿真综合自动化站、仿真成套微机保护,都要修改和扩充仿真系统,由于硬件的修改很困难,这就限制了系统的发展和维护。	可按用户要求,修改软件,方便的进行系统扩充,既能仿真培训传统的变电站运行人员,又能仿真培训新型变电站运行人员。由于计算机技术发展迅速,可以应用先进的多媒体功能仿真出逼真的控制屏、保护屏及室外设备。
培训效率	只能同时有一名学员操作。	能同时面向多个学员,进行不同任务的培训,极大的提高培训效率。

表 1\_1 两种模式的特点比较

根据表 1\_1 的对比,可以看出盘台模式效果逼真,但是造价高、占地面积大、灵活性和通用性差;纯软件模式完全可以利用计算机营造一种逼真的环境,虽然它与实物相比真实感差,但它显著的特点是投资少、占地小、灵活性好。过去由于受计算机技术发展和开发工具的限制,仿真效果和人机界面都不尽人意,使纯软件模式的发展受到了限制。现在随着计算机技术的发展,多媒体技术的日臻完善,纯软件模式已成为仿真培训系统的必然趋势。我们通过共同研究,决定采取投资少、易于扩充、适用性强、培训手段灵活的纯软件仿真模式。开发的方式是用一台高配置的计算机来模拟整个变电站,所有的现场设备、现场操作等都在这台计算机上实现仿真。因此,本系统的开发和维护都非常方便,且投资比盘台模式少得多。

### 1.3 本课题的研究内容

变电站的内部情况可能会随时间的不同而发生变化,同时各个不同的变电站的具体情况也是不一样的,而现在国内外相对“死”的变电站仿真系统不能适应这种情况,因而研制一种通用的变电站仿真培训系统开发平台来使得仿真系统适应现实环境和设备的变化是很有必要的。本文在对多种变电站的实际情况进行研究的基础上,开发研制了一种通用变电站多媒体仿真培训系统构建平台,这个平台可以让用户根据所处的变电站的具体情况,根据不同时段变电站的情况,来设计相应的仿真培训系统,具体要解决的问题如下:

- (1) 开发变电站主接线图绘制平台,用以绘制变电站主接线图;
- (2) 开发变电站室外一次设备图形编辑平台,用以构建变电站室外仿真环境;
- (3) 开发变电站室内二次设备图形编辑平台,用以构建变电站室内仿真环境;
- (4) 数据库的设计与实现,用以完成系统中数据的存取和管理;
- (5) 设备属性、逻辑关系定义界面,用以定义设备的逻辑关系;
- (6) 采用关系型数据库模型,建立开放式操作规则知识库管理平台;
- (7) 事故现象编辑平台,用以编辑事故发生时对应的各种现象;
- (8) 正常倒闸操作仿真培训;
- (9) 反事故演习仿真培训。

本人主要完成了(1)、(2)、(4)、(5)、(6)和(8)几个部分的工作。

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士学位论文摘要库