

基于面向对象技术的水电站仿真培训系统

方红庆¹, 陈龙², 沈祖诒¹

(1. 河海大学水利水电工程学院, 210098, 南京) (2. 南京理工大学经济管理学院, 210094, 南京)

[摘要] 以面向对象的仿真技术为基础, 以水电站内的各种机电设备为对象建立和组织数字仿真模型. 以高速计算机局域网为硬件载体, 结合数据库和多媒体技术, 使用可视化人机交互界面, 对水电站的控制装置、附属设备、电力传输、能量转换、水力运行及电网条件进行全面的模拟, 实现了整个水电站生产过程的纯软件实时数字仿真, 达到了对水电站运行工作人员进行培训的目的.

[关键词] 面向对象, 水电站, 系统仿真

[中图分类号] TP391.9, [文献标识码] B, [文章编号] 1672-1292-(2003)02-0067-04

水电站是一个集水力、机械、电子、电力等多学科设备为一体的生产系统, 考虑到水电站实际运行的安全性、经济性及其对整个电力系统的影响, 许多实际的试验和研究常常会遇到困难, 甚至是不允许和不现实的. 因此, 采用仿真系统进行试验研究和对运行人员进行培训是一种有效的途径. 本文采用面向对象的仿真技术开发出水电站仿真培训系统, 根据组成系统的对象及其相互关系构造仿真模型, 模型与水电站中的实物直接对应. 建模仿真的思想方法和人们的自然思维模式相一致, 使仿真模型更加直观.

1 水电站仿真培训系统的基本结构和功能

1.1 仿真培训系统基本结构

水电站仿真培训系统主要由机旁盘操作系统、教练员系统、监控系统、反馈屏显示系统 4 个部分组成. 机旁盘操作系统主要仿真 LCU 盘、调速器盘、励磁盘、机组保护盘及开关站线路保护盘的操作和显示. 教练员系统进行故障设置、初始工况设置、操作记录数据库的管理、评价和考核运行人员. 监控系统显示水电站各个主要的机电设备的工作状况, 实现水电站的遥调、遥控等控制操作. 反馈显示屏显示水电站的电气主接线图和重要的电气量、模拟量参数. 这 4 个部分分别安装在 4 台 PC 机上, 组成一个小型的高速局域网^[1].

1.2 仿真培训系统功能

水电站仿真培训系统的主要功能是对水电站运行工作人员进行培训, 包括监视培训、操作培训和事故处理培训. 监视培训包括开关状态及指示灯监视、仪表监视、中央信号系统监视和保护信号监视. 操作培训包括机组正常的开停机操作、同期操作和厂用电系统操作. 事故处理培训包括电气事故、水机事故及辅机事故.

2 面向对象技术的基本概念

面向对象^[2]的方法认为: 客观世界是由各种“对象”所组成的, 世界上的任何事物都是对象. 对象是系统中运行时刻的基本成分, 是属性和方法的封装体. 属性是每个类的对象所具有的数据, 类的对象由属性来描述, 方法是对象所具有的特定行为. 对象由类定义, 类是用户定义的数据类型, 是一组具有共同特性的对象. 在类中引入了成员函数, 数据和操作数据的函数结合在一起, 使对象的属性被隐藏和保护

收稿日期: 2002-12-16

作者简介: 方红庆, 1975-, 河海大学水利水电工程学院博士研究生, 主要从事水力机组控制及水电站仿真技术的研究.

起来,在对象外面是不可见的,这就是面向对象技术的数据封装机制.继承就是创建既有原先某些类的属性又有某些新属性的新类的能力,体现了类与类之间的关系.继承是面向对象方法的一个最有特色的方面,是实现软件重用的有效语言机制.多态是指一个指令能完成多个不同的动作.消息就是一个类的对象要求另一个类的对象执行某个服务的指令,不同的对象类的实例之间通过消息进行通信.

3 水电站仿真培训系统面向对象分析、设计与实现

3.1 仿真培训系统面向对象分析

仿真系统面向对象分析包括:对象类的确定,对象的属性,对象的服务,结构识别,主题识别.对象的确定^[3]是设计水电站仿真培训系统的基础.水电站的设备很多,结构复杂,功能各异.经过分析决定以水电站实际的物理系统即设备为模板来确定对象类,如机组类、线路类、机旁盘类等.机组类包括水轮机类、发电机类、变压器类,线路类包括母线类、断路器类、刀闸类、隔离开关类,机旁盘类包括保护盘类、LCU 盘类、调速器盘类、励磁盘类等.属性是对象类的数据,例如对发电机类有电流、电压、有功、无功,对调速器类有接力器时间常数、永态转差系数等.对象的服务反映的是对象的功能包括对象实例间消息的传递,例如继电保护盘类的功能是对机组和线路进行保护,当发生电气故障时发出指令使相应的断路器跳开以避免更大的损失.结构识别是指特定应用论域内的对象关系,水电站作为一个整体而言,必然包括水力、电力等机电设备.主题的识别是将众多的对象归类到几个子模型或子系统中,例如机旁盘操作系统、教练员系统、监控系统、反馈屏显示系统4个组成部分就是水电站仿真系统的4个主题.依据以上分析建立整个水电站仿真系统的面向对象模型,其继承层次结构如图1所示.

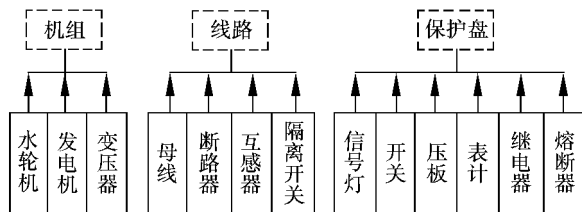


图1 对象类层次结构图

3.2 仿真培训系统面向对象设计与实现

仿真系统面向对象设计就是通过面向对象分析的扩充,从而形成特定的实现空间,其主要描述的是问题域和系统任务,即增加各种实现软件系统所必须的组成成分,包括人机交互部分(人机交互的显示界面和输入)、具体问题处理(对某些对象、属性、结构的组合和分解)、任务(任务定义、通讯和协调)和数据管理(对永久性和临时性数据的访问和管理)。

水电站仿真培训系统的实现可以分为两大部分:水机电系统仿真和交互式可视化人机界面仿真。

水机电系统仿真部分是整个水电站仿真的核心,它是将水电站的主要生产、控制流程进行仿真,即整个水电站的水机电物理过程.其采用的数学模型主要有水轮机组段数学模型、发电机数学模型、调速器、变压器及励磁调节系统数学模型.仿真开始时首先从数据库中读入装置数据如机组、电网的参数和起始工况设置数据如水电站上下游水位、机组开停状况、负荷大小、断路器状态等,然后计算水机电系统所有的初始参数和状态如发电机电流、电压,水轮机导叶开度等,计算结束后进入仿真循环,进行水机电系统的仿真计算并输出仿真结果.水机电系统的仿真计算包括水轮机及引水管道仿真、调速器仿真、发电机及励磁系统仿真、保护及自动化回路仿真和电网仿真。

交互式可视化人机界面^[4]仿真部分是水电站运行工作人员在接受操作培训与考核的过程中所直接面对的计算机屏幕的系统图形.界面的设计与水电站内的实物大致相同,按照面向对象的原则分为调速器盘类、励磁调压系统盘类、现地控制单元盘类和发变组、开关站保护盘类等.对给定盘类的每一种元件设计一个元件类,以表达该元件的外形、尺寸和动作,如开关类、按钮类、压板类、信号灯类.元件类是基类,盘类是派生类.通过盘类的成员函数将元件布置到盘面上,并使元件能响应盘面上的操作和显示操作的结果.以开关站220kV线路继电保护盘为例:该盘面上的各种开关、按钮、压板均可由运行人员进行

操作, 它的各种仪表、信号灯和光字牌均可显示数据和信号, 如图 2 所示。

4 仿真示例

以同期装置仿真设计为例进行说明. 通常情况下, 水轮发电机在投入电力系统并列运行前与系统中的其它发电机是不同步的, 即存在一定的电压差、频率差和相角差. 如果将发电机投入电力系统并列运行必须按照要求完成各种操作, 这些操作称为并列操作, 用于完成并列操作的装置称为同期装置. 根据水电站的实际情况, 水轮发电机采用准同期方式并列, 不同发电机使用同一台准同期装置. 准同期的条件见式 (1)、(2)、(3):

$$|U_G - U_S| \leq (0.05 \sim 0.1) U_N \tag{1}$$

$$|f_G - f_S| \leq (0.1 \sim 0.25) \text{ Hz} \tag{2}$$

$$\delta = 2\pi(|f_G - f_S|) t \approx 2 \text{ k}\pi \tag{3}$$

式中: U_G 为发电机端电压相对值; U_S 为系统电压相对值; U_N 为发电机端额定电压相对值; f_G 为发电机频率; f_S 为系统频率; δ 为相角差.

以同期装置为对象确定同期装置类, 同期装置类用 C++ 编程语言可以描述如下:

```
class synchronizer: public synbreaker
{
private:
    synchronizer(); // 初始化
public:
    void syn(); // 自动准同期
    void syn(int, int); // 手动准同期
public:
    int synpt, synway; // 同期点, 同期方式
    int command; // 同期指令
    double * fsp, * ftp, * vsp, * vtp; // 频率、电压
    double anglev, anglef, anglep; // 频差、压差、相角差
} syner;
```

在同期装置类中, 同期点、同期方式、同期指令、频率、电压和相角这些数据表征同期装置类的属性, 初始化和同期成员函数(方法)描述同期装置类的特定行为, 数据和方法封装在一起. 同期装置类由同期点断路器类 synbreaker 继承派生而来, 它继承了同期点断路器两侧发电机和系统的频率、电压值, 同期点断路器类是基类, 同期装置类是派生类. 将发电机并入系统时可以采用自动准同期和手动准同期两种方式. 在同期装置类中, 自动准同期和手动准同期成员函数同名, 这体现了面向对象方法的多态性.

如果采用面向过程的程序设计方法, 则同期仿真程序所需的数据和同期算法分离, 仿真程序按事先给定的顺序执行, 不能直观地反映水电站同期装置工作的实际情况及运行工作人员处理该问题的思路. 程序代码的可重用性较差, 数据的维护和保持程序的一致性较困难, 不利于仿真培训系统软件的开发.

5 结论

面向对象的水电站仿真培训系统的开发着眼于仿真问题所涉及的对象, 并根据对象的属性、必须的操作及各个对象实例间的关系建立类的继承层次结构, 通过不同的类的实例间的消息的传递实现仿真

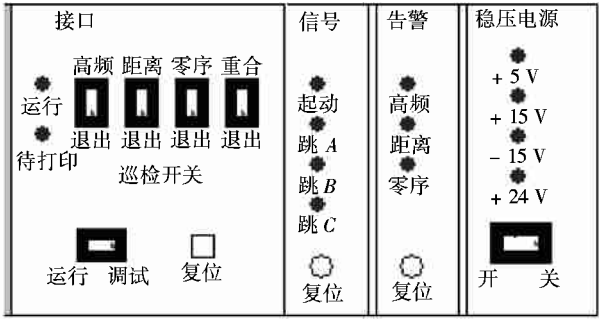


图 2 开关站 220kV 输电线路继电保护盘面图

系统的功能. 运用面向对象的仿真技术开发出的水电站仿真培训系统, 具有很好的程序模块结构, 易于修改和维护, 与面向过程的方法相比具有更好的可靠性和可移植性. 该仿真系统逼真度较高, 注重表征特点(如设备的位置、操作、图形色彩, 还加上了声、光信号等), 教学功能强, 已经在一些水电站中得到实际应用, 取得了良好的效果.

作者通过对水电站仿真培训系统的研究开发, 建立了水电站计算机仿真的框架模型, 找出了一套以计算机局域网为硬件载体、以纯软件数字仿真为核心的水电站计算机仿真与模拟的方法, 并研究开发了一些专门的仿真模拟技术如保护及自动化回路仿真, 对其它领域的应用具有推广价值.

[参考文献]

- [1] 张雨飞, 王明春. 变电站仿真培训系统[J]. 电力系统自动化设备, 2001, 21(12): 23~ 25.
- [2] 张小平, 王伟. 面向对象的程序设计及其在 EMS 软件中的应用[J]. 电力系统自动化, 1998, 22(5): 72~ 76.
- [3] 王萍, 王利军, 王险峰, 等. 面向对象电网知识库系统的研究与实践[J]. 电力系统自动化, 2002, 26(11): 62~ 65.
- [4] Linder M, Krost G. Advanced visualization for power system operation[J]. Electric Engineering, 2001, 83: 303~ 306.

Hydropower Plant Simulative Training System Based on Object-Oriented Technology

Fang Hongqing¹, Chen Long², Shen Zuyi¹

(1. College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Hohai University, 210098, Nanjing, PRC)

(2. College of Economics and Management, NUST, 210094, Nanjing, PRC)

Abstract: A digital simulative system for hydropower plant and its various equipments was built based on object-oriented technology. Using visualized man-machine interface, high-speed local networks, database and multimedia technology, this simulative system simulates the control devices, auxiliary equipments, energy conversion, power transmission, hydraulic operation and electrical networks conditions, realizes the pure-software real-time numeral simulating of the operating process of hydropower station and achieves the aim of training workers.

Key words: object-oriented, hydropower plant, simulative system

[责任编辑: 严海琳]

(上接第21页)

- [6] 崔现宝. 萃取精馏及进展[J]. 化学工业与工程, 2001, 18(4): 215.
- [7] 雷志刚. 萃取精馏的研究进展[J]. 化工进展, 2001, (9): 6.
- [8] 林军. 正己烷-甲基环戊烷萃取精馏分离的模拟计算[J]. 化学工业与工程, 2000, 17(2): 103.
- [9] Brown R E. Way to purify cyclohexane[J]. Hydroc Proc, 1991, (5): 83.
- [10] 田树盛. 色谱法筛选 C9 芳烃萃取精馏溶剂[J]. 色谱, 1998, (4): 352.

Extractive Distillation of Hexane-Methylcyclopentane System by Mixed Solvent

Lin Jun, Gu Zhenggui, Si Ling

(College of Chemistry and Environmental Science, Nanjing Normal University, 210097, Nanjing, PRC)

Abstract: A mixed solvent of NMP and ethylene glycol was proposed for separating Hexane-Methylcyclopentane system with extractive distillation. Mixed solvent and some single-component solvents were investigated by chromatography and Vapor-Liquid Equilibrium experiment. Investigation showed that mixed solvent might be better solvent in selectivities and solubilities than single-component solvents.

Key words: extractive distillation, mixed solvent, Hexane

[责任编辑: 严海琳]