

# 基于 Windows DNA 框架的电力市场运营模拟系统

付蓉, 孙勇, 余斌, 谢敬东, 李扬, 唐国庆

(东南大学电气工程系, 江苏 南京 210096)

**摘要:** 对支持分布式对象处理的电力市场运营模拟系统各个子系统的结构、功能以及实施办法进行了研究和分析, 为研究人员研究电力市场运行规律, 验证各种交易规则、方案的合理性提供了科学依据。基于 Windows DNA 框架和 CIM/ XML 数据库模型开发的模拟系统实现了多层次结构、多功能模块、多用户管理的系统, 支持检验和验证不同的市场模式和交易规则, 实现了软件模块的“即插即用”, 支持计算模型的扩展。为了突出系统的市场模拟功能, 主要从系统的模块化设计、总控模块、模型管理、市场规则等方面提出了设计和实现方法, 并对监管决策支持系统的功能和实施方案进行了探索。

**关键词:** 电力市场运营模拟系统; 市场模式; 市场规则; 市场监管; Windows DNA; CIM/ XML

**中图分类号:** TM73; F123.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2004)15-0039-06

## 0 引言

电力市场改革打破了电力行业垄断, 促使电力企业降低生产成本和电价, 重建商业关系。为了协调电力市场中的竞争与合作, 测试新的电价政策或调度模式, 开发和完善新的安全监控系统, 综合研究模拟系统的多种实现方案, 电力市场运营模拟系统的开发对于保证电网正常运营和系统发展具有重要价值。

电力市场运营模拟系统 PMOSS (Power Market Operation Simulation System) 是与电力市场运营系统、电能量计费系统、能量管理系统和电子商务系统集成的新一代决策分析系统<sup>[1]</sup>。系统面向电力市场交易员、计划分析人员和系统决策者, 模拟电力市场的实际运行。本文开发的模拟系统实际意义在于提供国内外电力市场结构和电力交易市场的运营机制来分析和培训电力市场运行人员和经纪人, 分析和评估电力市场的实际运行, 根据我国电力市场的需要开发和完善的决策系统。

电力市场运营模拟系统总体设计上由能量管理系统、电能量计费系统、交易管理系统、电厂报价辅助决策支持系统、报价处理系统、信息发布系统、结算管理系统、合同管理系统、模拟培训仿真系统和监管决策支持系统等子系统构成<sup>[6]</sup>。从软件开发的角  
度, 运营模拟系统重点研究了如何与上述外部系统之间及其内部各模块之间有效地实现信息集成<sup>[2]</sup>。设计采用 Windows 分布网络应用程序 DNA 框架 (Distributed Internet Applications Architecture) 实现网络基础上的信息集成, 基于 CIM/ XML 通用数据库模

式设计的组件对象模型 COM、ActiveX 对象数据实现对不断发展实际系统支持的适应性和扩展性, 同时对外提供安全独立的接口, 使其具备一定的移植性。

## 1 系统结构

随着软件工程专业大小和复杂度的增加, 整个系统规范化的构架设计显得比算法和数据结构的选择更为重要。建立软件建筑 (Software Architecture) 模型<sup>[2]</sup>来描述软件建筑单元类型及拓扑结构, 可以为软件工程的设计重用和构件重用提供高层框架。

电力市场运营模拟系统是考虑网络架构、网络协议、分布式对象技术、数据库等诸多方面, 基于 Windows DNA 框架分层设计模式的信息集成系统。Windows DNA 是微软的 Windows 分布式 Internet 结构, 它为系统建立分布式应用提供了最为综合化和集成化的平台。组件服务器的 COM 功能使 Windows DNA 分布式程序能基于组件进行设计。

Windows DNA 根据执行的任务分为: 用户服务、商务服务 (业务逻辑)、数据服务。由此形成的 3 层模型为: 用户服务层、业务服务层和数据服务层。这 3 层都是由一个或多个组件组成。N 层应用程序是 3 层应用程序的深化发展。在许多情况, 可以根据具体的需要把中间层再分成若干个模块, 这样使程序的结构更清晰, 具有更好的伸缩性。基于 Windows DNA 分布式应用模式, 电力市场运营模拟系统软件结构主要由数据层、应用逻辑层和信息表示层组成, 图 1 描述了各功能模块之间信息交换的流程。

数据层由数据服务组件实现数据处理, 接收并处理来自电能量计费系统、能量管理系统和电厂报

价模块的实际和仿真数据、能量管理系统和电能量计费系统通过一体化设计的通信接口提供电力传输线路各种参数、运行断面数据、不同周期的电网负荷预测等电力系统中各类数据。电厂报价系统通过本系统提供的 Web 页面提供各电厂发电特性参数和电厂报价数据。该层直接与数据源进行通信,负责存储和检索数据,并维护数据的完整性。数据源可以是数据库、文本文件、描述其它外部系统的 XML 文件等。

应用逻辑层通过与数据服务组件交互以处理更新数据,并将处理结果发送给用户服务组件,主要包括交易计划层、市场预测分析层和监管决策层等。交易计划层包括交易管理模块、合同管理模块和阻塞管理模块。信息处理层包括结算管理模块和信息发布模块。市场预测分析层包括决策分析与评估模块和市场培训模块,其作用是为市场所采取的交易

规则和具体方案从安全性、经济性、各方利益分配以及财务状况等方面进行全面分析提供支持,实现模拟系统的分析、评估功能。监管决策层通过对市场的预测和分析,对市场适应度、风险度和市场力进行评估。

信息表示层负责与用户的信息交互。它们收到用户通过 Internet 或电力专用网络发送的信息后,将用户信息发送给应用逻辑层的组件以进行处理。处理完信息后,用户服务组件将从应用逻辑层的组件接收处理结果,然后将它们展示给用户。

电力市场运营模拟系统层次概念的提出,明确表达了系统构件之间的互操作关系。有纵向的支持与被支持关系,如交易模块必须有电厂报价模块与能量管理系统的支持;有横向的协同关系,如交易模块与阻塞管理模块进行数据交换。

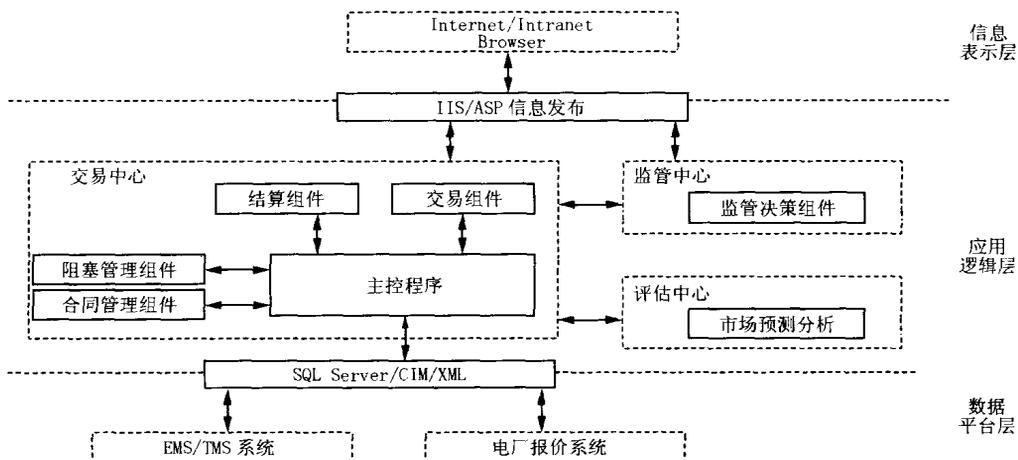


图 1 电力市场运营模拟系统软件结构

Fig. 1 Software structure of electricity market operation simulation system

## 2 系统各模块功能

### 2.1 主控程序

电力市场运营模拟系统的功能主要侧重于系统模拟,因此相对于电力市场运营系统来讲,对系统各个子系统之间的协调要求更高。系统总控模块是专门来进行系统功能配置、参数设置以及协调各个子系统之间关系的功能模块。主控程序主要功能是控制组件运行、设置市场规则、运行参数等。系统管理员登录后有权进行组件模块管理、分配和控制其在局域网内工作站上的运行。同时,主控程序界面上将显示各模块的运行状况。用户通过主控程序提供的界面,导入不同的模拟系统,对不同市场模式、运

行参数、运行方式进行设置,通过比较系统不同条件下的运行,检验和验证电力市场运营策略。

在系统启动后,首先要对系统的功能和参数模块进行配置。主要出于以下几个方面的考虑:出于模拟不同市场的需要。由于市场模式和规则的不同,系统的功能也跟随着有所不同。因此通过改变功能配置来实现不同的模拟;比较不同的模拟状态的需要。在开发初期,有些功能还没有开发完善,但在系统中已经预留了响应的接口;当需要区分系统中的不同对象时。

在本系统中,系统的功能配置包括以下几个方面:市场模式选择,市场类型选择,AGC 功能的投运,运行方式选择,安全校核功能的投运,PASA 功能

的投运,是否实时运行,模拟的系统网络和运行断面,信息发布的对象、内容和方式,相关的算法及其参数。总控模块实现了系统的信息调用,系统通过在进程之间发送消息实现功能调用。系统的模型管理上,由于需要模拟的情形不同,需要对相同的功能或不同的功能开发多种算法。同时,通过系统进程监视,可以随时监测系统的运行状况。因此主控程序有效地实现了对系统模型的管理。

## 2.2 交易组件

交易管理子系统是电力市场运营系统的核心,它所服务的对象是交易管理中心(PX)操作员以及独立系统操作员(ISO),为电力市场具体模式的实施提供了有效的技术手段,是提高电力工业效率并最大程度保障电力系统安全运行的关键。交易管理子系统的开发要求具备开放性、可扩展性、可靠性等特点。

交易组件根据 EMS 系统短期负荷预测的结果、电力合同需执行情况和各个电厂的报价编制预调度发电计划并进行安全校核;在实时交易时,编制实时调度计划,保证系统的安全、经济、优质运行。

对于发电侧开放电力市场,目标函数选为交易日购电费用最低。根据具体结算规则的不同,购电费用最低的目标函数可分为两类:一是以统一的“系统边际电价”结算;二是以各发电机机组的实际报价结算。

交易竞价模型是一个具有等式约束和不等式约束的优化问题。这类问题比较复杂,求解难度也比较大。交易算法主要有 3 类算法:基于导数寻优的等微增率法、线性规划法;基于穷举型的排队法、网络流法、动态规划法;基于随机优化算法的遗传算法、模拟退火法等。节点电价的计算按照经济学中的边际理论,将输电服务、阻塞服务和系统网损等电气变化量按其灵敏度变化计入系统节点电价,有利于资源的最优配置和收支平衡。

交易组件从一体化的 EMS 系统中获取运算时段实际或仿真的输电系统的物理结构和参数、机组和线路初始状态、停运检修计划等。排出的交易计划,包括机组的开停机计划、各时段的基本出力点等传给 EMS 系统作系统潮流分析、安全稳定分析。若排出的交易计划不满足系统安全稳定运行要求,交易组件将通知交易员重新调整交易计划。

## 2.3 报价处理组件

报价处理组件主要功能是接收发电公司的报价,进行校核后确认其报价,形成数据库存档。报价处理组件设计为客户端免维护的、多层的 Browser/

Server 访问方式。发电公司报价时,可采用电力数据网络(SPDnet)或公用电话网连接到本系统,通过 Web 客户浏览端申报机组性能参数及其限值。主控程序配置市场成员是否有报价和访问信息权限。报价处理组件对机组管理主要包括注册、修改、删除机组信息;对报价数据有效性考核包括近日电厂报价和电厂发电、检修计划申报,并将信息进行分析,校核其安全保密性和可靠可行性。对于确认的报价数据信息,主控程序控制其存入数据库中作历史档案,同时传送给交易组件作数据源。

## 2.4 结算组件

结算组件主要功能是对运行系统经济结算。结算方式可以选择差价和约、市场结清价等。结算组件对给定时间段的交易以货币或折合电量的形式给出结算结果,进行财务分析。

结算的核心是结算规则的确定,不同的市场模式和市场规则有不同的结算规则。结算的功能模块有:原始数据的处理和模块、结算时间触发模块、结算模块、财务处理模块、报表管理模块、结算结果校核模块、综合查询模块、结算纠纷处理模块、违规告警模块、结算/会计接口模块、结算管理制度模块、结算培训仿真模块、帮助模块等。

结算模块最终实现的系统中要能够对不同的交易模式进行设计和开发。在本系统中将选择一种最合适的结算方式进行开发。

## 2.5 信息发布组件

信息发布组件的主要功能是处理客户浏览终端提交的连接请求,对客户的身分进行验证,通过数据库事务管理组件对 Web 服务器处理客户的服务请求并将电力市场运营模拟系统数据库服务器中的相关数据以一定的方式通过防火墙或物理隔离设备存放到信息发布、Web 服务器中,发电企业可以通过电力数据网访问信息发布服务器,电力用户可以通过公共信息网访问信息发布服务器。

本系统中信息发布组件主要为电力用户和发电企业提供以下几个方面的服务:

- 1) 发布预测数据和计划数据。包括合同交易计划、近期负荷预测、近期交易计划、次日负荷预测、次日购电计划、结算等。

- 2) 发布当时数据。发布当日负荷预测、当日购电计划、系统实际负荷、电厂出力、系统频率、节点电压、关口电量、实时运行工况、现货市场交易、结算等信息。

- 3) 发布历史数据。发布以前的负荷预测曲线、

实际负荷曲线、购电计划曲线、系统频率曲线、电厂出力曲线、关口电量曲线、结算等信息。

4) 发布系统充裕性评估(PASA)数据。包括短期 PASA 数据、中期 PASA 数据和长期 PASA 数据。

5) 发布报表数据。发布相关的日、月、年报表。

## 2.6 市场预测与分析组件

市场预测与分析子系统对电力系统未来供应状况进行信息采集及分析。通过采集、分析相关信息,分析预测中期系统供需平衡和系统安全情况,并予以 Web 发布。为了得到市场预测与分析系统的短期、中期的输出数据,必须对未来各个时段各个电厂的报价情况做出预测,然后通过对交易状况的分析,来得到网络潮流分布和可能发生阻塞的情况。

市场预测与分析系统中的电厂报价预测主要是为对未来一段时间内各个时段系统的状态进行生产模拟提供原始数据。系统提出了基于模糊聚类分析的实用电厂报价预测算法,并分析了预测结果<sup>[7]</sup>。根据历史数据的分类信息,把所预测时段的环境变量归入相应的类,然后针对每个环境变量的指标分别构造函数进行插值预测未来电厂报价。然后根据不同指标的预测结果按照不同的权值进行加权平均处理即可得到所预测时段该容量段的电厂报价预测数据。针对不同容量段分别进行预测之后,和电厂报价规则结合起来,对电厂报价预测中出现的不满足市场规则的报价曲线的情况进行处理之后就可以得到预测时刻电厂总的报价数据。

市场预测与分析子系统通过计算系统的可靠性指标电力不足概率  $LOLP$  和系统的电量不足期望值  $ENS$  等对系统进行充裕度评估,作为各个市场成员的决策和投资的依据。通过对生产模拟的中间结果的统计,可以得到系统所关心的各项指标,对中长期充裕度的计算来说,得出一些基于负荷缩减的充裕度概率指标。

停电概率  $LOLP$ (h/年):

$$LOLP_k = \frac{\sum_{i=1}^N r_{ki}}{N}$$

电量不足期望值  $LOEE$ (MWh/年):

$$LOEE_k = \frac{\sum_{i=1}^N E_{ki}}{N}$$

均次停电功率  $EDNS$ (MW/年):

$$EDNS_k = \frac{\sum_{i=1}^N E_{ki} / r_{ki}}{N}$$

其中: $k$ 为节点编号; $M$ 为总的节点数; $r_{ki}$ 为节点 $k$ 在第 $i$ 个抽样年的切负荷次数; $E_{ki}$ 为节点 $k$ 在第 $i$ 个抽样年切负荷总量; $N$ 为总的抽样年数。

## 2.7 监管决策组件

监管决策组件通过对电力市场运营过程中的市场行为分析,为电力监管委员会提供相关市场信息,便于电力监管委员会实现对电力市场运营的有效管理。由于电力监管是一个崭新的课题,目前电力市场运营系统怎样为电力监管提供优质服务还是个有待深入研究的问题。这里,监管决策支持子系统的功能考虑有以下几个方面的内容:

1) 市场预测,市场规则分析评估和市场力分析。通过分析市场集中度指标,发现市场设计的缺陷,对电力市场中的投机行为进行分析。市场的竞争程度可以从计算 Lerner 指数和 Bain 指数来考察。

a. Lerner 指数

$$L = \frac{P - MC}{P}$$

其中: $L$ 为勒纳指数; $P$ 为价格; $MC$ 为边际成本。Lerner 指数值  $L$  在 0 到 1 之间变化, $L = 0$  表示完全竞争, $L$  越大表明竞争度越低。

b. Bain 指数

$$B = \epsilon / V$$

其中: $B$ 为贝恩指数; $\epsilon$ 为经济利润;即  $\epsilon = R - C - D - iV$ ,即  $R$ 为总收入; $C$ 为当期成本; $D$ 为折旧; $i$ 为正常投资收益率; $V$ 为投资总额。

Lerner 指数量度的是价格与边际成本的偏离率。Bain 指数通过计算超额利润率高低,来判断市场垄断势力的强弱。

2) 市场成熟度评估。包括市场成长率、规模经济性、进入壁垒、退出壁垒、市场管制等。

3) 电力市场风险度和市场适应度评估。通过比较不同市场运行模式实施效果的差异、电力市场实施前后的差异,评估市场对环境变化和风险事件的适应能力。

监管决策组件的主要工作量是在理论研究上,因此在本系统的开发中考虑了监管信息的发布和市场力分析两方面的内容:为电力监管委员会实行监管提供必要的信息和市场力分析。

## 3 系统技术特点

电力市场运营模拟系统建立了具有开放的、分布式体系结构的软件系统,支持电力数据网络和 Internet 网络环境下的信息、知识、资源安全性共享。

基于组件技术开发的系统运行模块封装了内部实现细节,对外提供统一标准的接口,如接口描述语言 IDL 接口。用户可以在组件支持平台上开发研究性的功能组件,并与已有组件组装,实现软件意义的“即插即用”。各运行模块采用 DCOM 分布式组件构建<sup>[7]</sup>,采用 Client/Server 通信模式。系统信息发布采用 Browser/Server 模式,Web 服务器将 Applet 和 ORB 客户工具捆绑在一起,下载给客户。客户直接访问 CORBA 服务器中的对象。该方法使用户界面更友好,而且能够支持客户对象和服务器对象更为复杂的交互形式。

电力市场运营模拟系统使用 RATIONAL ROSE 软件工具建立电力市场数据模型。信息的存储和管理使用商业化关系型数据库 SQL Server 建立统一的数据模型。遵循 IEC-61970 标准的 EMS 平台完全基于 CIM,数据库管理用面向对象模型,数据结构定义用 CIM 模型<sup>[5]</sup>。CIM 规范在电力市场运营模拟系统中的应用主要体现在两个方面,一是在相关的应用组件开发中使用基于 CIM 的对象模型;另一方面就是参照 CIM 规范设计系统数据库。在进行基于 CIM 标准的数据库设计时,主要解决了 CIM 规范中相关模型信息的提取,面向对象模型到关系型数据库的映射等数据库实现时面临的一些实际问题,从提高数据访问效率的角度出发对 CIM 模型作了调整改进。应用 CIM(公共信息模型)国际标准建立电力市场运营模拟系统数据库结构,系统平台一体化设计,实现了与能量管理系统、电力市场运营系统之间的无缝连接,增强了系统的兼容性和开放性。分布式组件技术实现网络基础上的信息集成,技术上实现了对不断发展实际系统支持的适应性、可移植性和扩展性。

基于 Windows DNA 多层体系结构的设计思想设计了数据访问层,有效地提高了系统的开放性。应用 CIS(组件接口规范)中给出的 CDA(公共数据访问接口),采用该接口作为电力市场运营模拟系统数据访问层的主要组成部分。根据 CDA 接口的功能需求,采用组件技术和中间件技术实现了数据访问层。开发了数据库事务管理组件负责与各种数据库服务器连接的建立与管理。应用组件向事务管理组件发出数据库连接请求,事务管理组件为应用组件提供所使用的数据库源,并维护数据库连接缓冲池(pool)通过 JDBC 方式连接数据库。依据统一数据模型建立的数据结构,可以提供标准数据格式(如 XML 语言格式),支持与网络上其他系统的资源共

享。同时,基于组件技术,采用 CIS 规范,建立了业务层组件接口的设计原则,主要实现了潮流计算功能模块和交易管理模块等。同时可以满足其它 EMS 系统中已有应用程序通过封装改造后的接入,以及根据面向对象的组件设计接口接入新的应用。

DCOM 组件采用统一数据接口,所有 COM 对象支持唯一外部 IUnknown 接口,COM 对象的每个接口都继承了 IUnknown 接口。客户在使用 COM 对象时创建该对象的新实例,由 COM 对象根据引用计数判断连接数。当引用计数减到 0 后,COM 对象将安全释放。DCOM 的接口独立性和位置无关性,使得电力市场运营模拟系统分布式运算变得方便快捷。本系统对运行模块的组件设计考虑以下一些因素:通讯频繁的组件尽量分配近距离;一些组件只能运行于特定机器或特定位置;组件安装模块功能细分,增强了分布式应用的灵活性,但同时也加大了网络通信流量。因此,在网络上部署模拟培训系统组件时,对计算量大的交易算法模块,放置在性能比较好的应用服务器上。对数据库事务处理组件,模拟数据采集组件,部署在 SQL Server 所在的同一个物理服务器上。

#### 4 算例分析

采用 IEEE 6 机 30 节点测试系统作算例系统,算例的部分参数为:最大负荷 240 MW,最小负荷 191 MW,时段数为 48,机组的报价曲线是可升降的分段常数报价,报价间隔为 30 min,报价功率段数为 10。考虑机组启停约束、爬坡约束后,分别对 1 天多种交易算法进行了分析比较。主要有排队法、动态规划法和基于动态规划的分散协调优化算法<sup>[8]</sup>。

市场预测与分析组件用 Monte Carlo 算法计算了系统充裕度。按照发电机组的经济指标指定一个出力优先级,按照优先级和对发电机组的抽样结果来确定各个机组的出力,然后进行潮流计算。同时给各个负荷节点设定不同的停电成本,把目标函数定位切负荷所造成的停电成本最小,以期得到更符合电力市场实际情况的充裕度指标。图 2 表示了 IEEE-30 系统各个节点在两个不同目标函数下的 LOLP 的收敛情况,目标函数分别为切负荷的量最小和切负荷所造成的停电成本最小。可见第 2 个目标函数在考虑停电成本后,系统可靠性有所提高。可见考虑了各个节点经济特性的供电可靠性指标可以合理地反映电力市场化改革给可靠性计算带来的变化,更符合电力市场实际情况的充裕度指标。

表1 第1个目标函数下各个节点  
电量不足期望值 LOEE(MWh/year)

Tab.1 LOEE values under the first objective function

节点号	LOEE	节点号	LOEE	节点号	LOEE
	/MWh·年 <sup>-1</sup>		/MWh·年 <sup>-1</sup>		/MWh·年 <sup>-1</sup>
2	22.796 6	12	10.730 7	20	2.251 0
3	2.424 9	14	5.052 0	21	14.194 3
4	7.434 2	15	6.705 2	23	3.483 0
5	86.498 3	16	3.182 6	24	8.079 6
7	18.605 4	17	7.547 8	26	82.818 2
8	29.364 5	18	3.177 4	29	4.759 1
10	5.318 4	19	9.913 4	30	21.288 5

表2 第2个目标函数下各个节点  
电量不足期望值 LOEE(MWh/year)

Tab.2 LOEE values under the second objective function

节点号	LOEE	节点号	LOEE	节点号	LOEE
	/MWh·年 <sup>-1</sup>		/MWh·年 <sup>-1</sup>		/MWh·年 <sup>-1</sup>
2	22.381 3	12	10.430 6	20	2.298 0
3	2.229 8	14	5.605 4	21	15.741 5
4	6.498 7	15	6.921 1	23	3.282 1
5	73.998 2	16	3.137 0	24	7.843 8
7	18.777 8	17	7.590 4	26	85.209 3
8	24.600 8	18	2.956 6	29	4.930 6
10	5.244 5	19	10.095 0	30	22.254 6

## 5 小结

本文对电力市场运营模拟系统的设计和功实现进行研究,提出了较为完整的系统体系结构。分析了系统的各个组成部分以及相互之间的关系。

通过对系统中各个子系统的功能、结构和实施方案进行探讨,提出 Windows DNA 模块化框架,以实现系统对不同市场模式、不同计算方法、不同市场规则的模拟。

### 参考文献:

[1] 赵遵廉,辛耀中(ZHAO Zun-lian, XIN Yao-zhong). 电力市场运营系统(Power Market Operation System) [M]. 北京:中国电力出版社(Beijing:China Electric Power Press), 2000.

[2] 王文,于戈(WANG Wen, YU Ge). 电力市场运营中的软件集成(Software Integration of Power Market Operation System) [J]. 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems), 2002, 26(6): 15-17.

[3] Shaw M, Garlan D. Software Architecture [M]. Prentice Hall, 1996.

[4] 董兰芳,许广德(DONG Lan-fang, XU Guang-de). 组件对象模型在电力模拟市场管理软件中的应用(Application of Component Object Model to Simulative Power Market Management Program) [J]. 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems), 2000, 24(15): 39-44.

[5] Draft IEC 61970, Energy Management System Application Program Interface (EMS-AP) [S].

[6] 谢敬东(XIE Jing-dong). 电力市场运营模拟系统的研究(博士后工作报告)(Research on Power Market Operation Simulation System, Postdoctoral Report) [Z]. 南京:东南大学(Nanjing:Southeast University), 2003.

[7] 余斌(YU Bin). 基于模糊聚类分析的电厂报价预测和发输电系统供电可靠性计算(硕士学位论文)(Research on Forecasting Bidding of Power Plant Based on Fuzzy Clustering Analysis and Reliability Valuation of Power Systems, Thesis) [D]. 南京:东南大学(Nanjing:Southeast University), 2004.

[8] 孙勇(SUN Yong). 电网拓扑分析与电力市场交易算法的研究与实现(硕士学位论文)(Research on Power Network Topology Analysis and Power Market Transaction Algorithm, Thesis) [D]. 南京:东南大学(Nanjing:Southeast University), 2004.

收稿日期: 2003-09-12; 修回日期: 2004-03-21

作者简介:

付蓉(1974-),女,博士研究生,研究方向为市场环境下电力系统分析与控制; E-mail: zhangdf@sina.com.cn

孙勇(1976-),男,硕士,主要从事电力系统分析和电力市场交易研究工作;

余斌(1980-),男,硕士,主要从事电力市场评估与可靠性计算工作。

## Development of power market simulation system using Windows DNA

FU Rong, SUN Yong, YU Bin, XIE Jing-dong, LI Yang, TANG Guo-qing

(Electrical Engineering Department, Southeast University, Nanjing 210096, China)

**Abstract:** A distributed component-based power market operating simulation system is developed. The structures, functions and implementation methods of each sub-system are discussed. The system supports the research on power market operation and the validation of transaction rules. The multi-layered software architecture style makes the expansion and portability of the system possible. The treatment method is put forward on modularizing design, control system, model management, and the regulation support system. The function and structure of the supporting system are also expatiated.

**Key words:** power market operating simulation system; power market mode; power market rule; market regulation; Windows DNA; CIM/XML