

# 电力市场仿真平台综述

曾亮, 齐欢, 王小平, 肖恒辉

(华中科技大学系统工程研究所, 湖北 武汉 430074)

**摘要:** 对电力市场仿真研究的现状进行了总结和评述, 在分析了基于 CORBA 和 Agent 技术及基于 Java 的电力市场仿真平台后, 提出了一种以 HLA 为仿真平台的电力市场研究方法。与前两种仿真平台比较, 基于 HLA 的仿真平台具有明显的优势, 其中包括平台的独立性、应用层同其底层运行支撑环境的分离, 可以快速、灵活地实现联邦的组合和重新装配以及联邦之间的通信和互操作能力, HLA 的时间管理策略等。

**关键词:** 电力市场; 仿真平台; CORBA; Agent 技术; Java; 高层体系结构

**中图分类号:** TM73; F123.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2006)18-0072-07

## 0 引言

电力市场是电力工业重构和市场化运营的必然结果。20世纪 80 年代末期, 英国率先实行电力工业私有化改革, 尽量减少市场管制和干预, 并从商业运营的角度将发电、输电和配电的主要功能分解成相互独立的实体<sup>[1,2]</sup>。可以说, 电力市场是将垄断的电力工业放松或解除管制, 引入竞争和它的市场机制而形成的。电力市场的最大特征是具有开放性和竞争性。

电力市场是一项庞大复杂的系统工程。对于这样的复杂系统, 很难找到精确的数学模型进行描述, 要分析和研究其内在的运行规律, 采用仿真方法是必须的。电力市场仿真有助于研究人员分析电力市场的复杂性, 检验市场的运行情况和市场设计可能存在的缺陷, 避免在实际运行过程中造成巨大的损失; 它还可以帮助市场参与者熟悉市场架构和市场运行机制, 以使他们在不同的市场条件下采取有效的策略, 以规避风险, 实现利润的最大化。

另外, 对许多发展中国家, 尤其是亚洲国家而言, 因为正承受着国外投资者和国内消费者的双重压力, 使他们很难决定选择何种合适的、有竞争力的电力工业发展模式和电力市场运营模式。电力市场仿真可以帮助他们评价在当地采用某种模式对社会经济的影响, 甚至还可以评估工业界和消费者的反应。这样将有助于他们做出决定: 是采用新的电力市场模式或者仅仅是调整已经存在的电力工业体系, 来满足电力需求并且确保从垄断经营向开放的市场体系平稳过渡。

在分析了基于 CORBA 和 Agent 技术及基于 Ja-

va 的电力市场仿真平台后, 提出了一种以 HLA 为仿真平台的电力市场研究方法。与前两种仿真平台比较, 基于 HLA 的仿真平台立意更高, 具有更大的灵活性。基于 HLA 的仿真平台将应用层同其底层运行支撑环境分离开, 可以使这两部分相对独立地开发, 最大限度地利用各自领域的最新技术; 同时, 可以针对不同的用户需求和不同的应用目的, 实现联邦快速、灵活地组合和重新配置, 保证了联邦范围内的互操作和重用, 这对于复杂的电力市场仿真而言将是极其重要的。另外, HLA 的时间管理策略对于仿真多种从时间角度分类的市场行为也将大有帮助。

## 1 电力市场的内涵与仿真要解决的主要问题

电力市场的内涵可以从以下几方面来描述<sup>[1]</sup>:

1) 市场主体; 电力市场的主要参与者, 主要的实体有: 独立调度中心 ISO (Independent System Operator), 它的主要功能包括: 保证电网实时安全地运行, 负责电网的拥塞管理和购买辅助服务等; 市场交易中心 PX (Power Exchange), 主要负责促成市场交易, 它根据电力买卖双方提前提交的竞标曲线, 计算市场的清算价格 MCP (Market Clearing Price) 和成交电量 MCQ (Market Clearing Quantity) 等; 计划协调者 SC (Schedule Coordinator); 发电公司 (Generator); 电网公司 GC (Grid Company); 辅助服务供应商 AS (Ancillary Service Provide); 零售商 (Retail Service Provide); 配电商 (Distribution Service Provide); 用户 (Customer) 等。

2) 市场客体;包括电力(电量)、辅助服务或期权等。

3) 市场载体;电力市场的载体是电网。

4) 市场电价;电价是电力市场的核心和杠杆,是电力市场中传递供求变化最敏感的信号。

5) 市场规则和市场监管。

因为仿真方法在研究电力市场运行规律时体现出的优越性,许多国内外相关的研究人员都对电力市场仿真给予了足够的重视。电力市场仿真要解决的主要问题有:电力市场的负荷预测、电价预测与灾变预警;动态最优潮流(OPF)与电力市场经济性能研究;历史数据库的构建和更新以及借助于历史数据库的专家系统和决策支持研究<sup>[3]</sup>。目前已有多名学者发表了他们在上述问题上的研究成果,如一种在强制PX/ISO体系中的日前电力市场的仿真模型<sup>[4]</sup>、针对短期电力市场的决策支持工具 DESPOT (DEcision-support Simulation for POWER Trading)和周优化模型 WeM (the weekly optimiser module)<sup>[5]</sup>以及其它的电价预测、负荷预测和竞价模型等<sup>[6-9]</sup>。

## 2 电力市场仿真平台

由于电力市场本身固有的复杂性和各市场参与者在地理上分散且各自独立决策,但又相互作用,相互影响,这种相互作用和影响对整个电力市场的稳定运行是至关重要的,另外,各个市场参与者可能使用不同的计算平台和本地方法,因此,应上面这些特点的要求,电力市场仿真平台至少要具备下面的四个要素:(1)平台的独立性;(2)对象之间的通信和互操作能力;(3)分布式决策;(4)与多种软件的接口。

### 2.1 基于 CORBA 和 Agent 技术的电力市场仿真平台

CORBA (Common Object Request Broker Architecture),即公共对象请求代理程序体系结构。CORBA是一个规范(specification)而不是程序实现(implementation),它提供了一个允许在分布式和异构型环境中应用程序之间进行互操作的框架。CORBA自身的特点——开放性、可扩展性、安全性和先进性——与电力市场对仿真平台的要求可以很自然地相吻合。

Agent是一种具备特殊的学习、通信和决策能力的软件,也被称为“intelligent agents”,有合理性、自主性、智能性和协作性等特性。MAS (Multi-Agent

System)是由一组 Agent构成的软件系统,它特别注重多个 Agent之间的通信和协作能力。因为 Agent有上述特点,所以 MAS适合模拟多方参与,且参与各方之间既有竞争又有协作的复杂系统。具有多个市场参与者的电力市场正是与此类似的系统。Agent和 MAS理论已经在电力系统的研究中得到了广泛的应用<sup>[10, 11]</sup>,如基于多 Agent技术的分布式电压无功优化控制<sup>[12]</sup>、继电保护<sup>[13]</sup>、二级电压控制<sup>[14]</sup>、分区无功电压优化<sup>[15]</sup>、分布式协调紧急控制<sup>[16]</sup>,以及电力系统安全控制<sup>[17]</sup>、电力系统脆弱性评估与控制<sup>[18]</sup>、用电需求预测<sup>[19]</sup>等研究,甚至有学者将基于 Agent的计算经济模型引入电力市场,研究其在电力市场理论中的应用<sup>[20]</sup>。

综合 CORBA 的互操作性和开放性非常好的特点以及 Agent技术在模拟电力市场参与者的功能时体现出的优势,可以得出这样的结论:以 CORBA 规范和 Agent技术为基础的电力市场仿真平台具有可行性。

基于 CORBA 和 Agent技术的电力市场仿真平台框架<sup>[21]</sup>如图 1 所示。

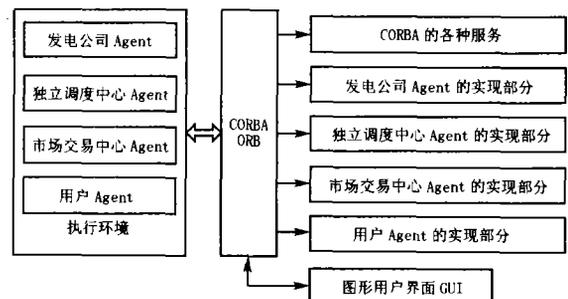


图 1 基于 CORBA 和 Agent 技术的电力市场仿真平台框架

Fig 1 Structure of electricity market simulating platform using CORBA and Agent technology

图 1 中的发电公司 Agent、独立调度中心 Agent、市场交易中心 Agent 和用户 Agent 等分别是为电力市场中相应的市场参与者设计的 Agent。实际上,为了准确模拟市场中的各种行为,每个市场参与者都应该有与其对应的 Agent。上图从电力市场仿真平台的角度出发,仅仅是列出了有代表性的市场参与者。图中的 ORB 是 Object Request Broker (对象请求代理)的缩写,它作为一个“软件总线”来连接网络上的不同对象,提供对象的定位和方法调用,是 CORBA 实现的关键。另外,图形用户界面 GUI 是为方便人机交互而设计的。

由于 CORBA 是由绝大多数分布计算平台厂商

所支持和遵循的系统规范技术,被支持程度相当广泛,基于 CORBA 和 Agent 技术的电力市场仿真可以方便地利用主流的开发语言(如 C++ 等,但非 Java 语言)完成软件设计。

## 2.2 基于 Java 的电力市场仿真平台

Java 技术是为 Internet 设计的。Java 语言随着互联网的发展而发展,互联网时代的到来使得 Java 语言的应用日益广泛。Java 语言的突出优势在于它与操作平台的无关性。用 Java 语言编写的程序,可以在 Solaris、Windows、MacOS、HP-UX 和 Linux 等各种平台上应用,也可以在 Unix、Linux 和 Windows 等多种操作系统下运行。正因为 Java 语言与操作平台的无关性,所以它也适合应用在电力市场技术支持系统开发<sup>[22]</sup>和电力市场仿真场合。目前已有基于 Java 语言实现的发电厂报价支持系统<sup>[23]</sup>、变电站远程监控系统<sup>[24]</sup>、分布式电网故障计算系统<sup>[25]</sup>和发电企业商业运营及竞价决策技术支持系统<sup>[26]</sup>等。

与基于 CORBA 和 Agent 技术的电力市场仿真平台中使用的 CORBA 规范对应,这里用到的是 J2EE 规范。

J2EE 规范是与平台无关的、可移植的、支持并发访问和安全的,完全基于 Java 的开发服务器端构件的标准。

在 J2EE 中, Sun 给出了完整的基于 Java 语言开发面向企业分布应用规范,其中,在分布式互操作协议上, J2EE 同时支持 RM 和 IDP,而在服务器端分布式应用的构造形式,则包括了 Java Servlet、JSP (Java Server Page)、EJB 等多种形式,以支持不同的业务需求。

与基于 CORBA 和 Agent 技术的电力市场仿真平台相比,基于 Java 的仿真平台中也用到了 Agent 技术,不同的是, KQML 也被应用在电力市场仿真的 MAS 中。KQML (Knowledge Query and Manipulation Language) 是一种支持多个 Agent 之间通信的语言和信息交换协议。MAS 技术为电力市场中的分散决策提供了模板。

基于 Java 的电力市场仿真模型<sup>[8]</sup>如图 2 所示。

第一层是通信平台,它由 MAS 模板提供。MAS 模板也称为 JA Lite (Java Agent Template, Lite),是用 Java 语言编写的程序包,它允许开发者通过 Internet 创建新的 Agent。JA Lite 为 Agent 提供了基础支撑环境,多个 Agent 可以互连或断开连接,发送和接收消息以及传输文件等。MAS 模板负责多个 Agent 之间的通信。

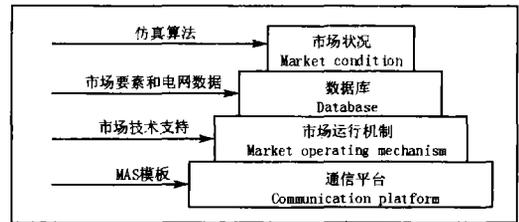


图 2 基于 Java 的电力市场仿真模型

Fig 2 Frame of the electricity market simulator based on Java

第二层是一组为实现不同市场参与者功能的类和市场运行机制。

第三层是数据库层。数据库是基于 Java 的电力市场仿真模型中另一个重要的部分。数据库的存在,使得数据以特定的形式组织起来。数据库中包含市场数据和电网数据。对市场数据而言,有合同电价、合同电量、清算价格和成交电量等。电网数据包括节点数据和线路运行最大传输容量等。为了实现在 Java 程序中访问数据库,运用了 JDBC (Java Database Connectivity)。JDBC 是一类 Java 应用程序接口 (Java API),它能够在 Java 程序中执行 SQL 语句。

第四层是仿真算法层。通过采用仿真算法分析数据库中的数据信息,可以帮助市场参与者了解市场行情,为其做出科学决策提供依据。

为仿真电力系统和电力市场中的各种行为,一些 Agent 要包含许多复杂的计算和处理。在仿真模型中,这些计算和处理当然不必要用 Java 语言重新执行一遍。例如,调度中心和市场交易中心的负荷计算可能是用 C++ 或其它的程序语言执行的。正是为了扩充 Java 类库的功能,同时节约时间,用到了 JNI (Java Native Interface)。JNI 是另一种 Java 应用程序接口。它是一个标准编程界面,用于编写 Java 本地方法和将 Java 虚拟机嵌入本地应用程序中,其主要目标是要使本地方法在给定平台上的所有 Java 虚拟机实现中具有二进制兼容性。JNI 的应用使仿真模型中的 Agent 具有引用本地方法的能力。

## 2.3 基于 HLA 的电力市场仿真平台

HLA (High Level Architecture) 是 1995 年美国国防部在其建模仿真 Master Plan 目标中提出的为国防领域建模和仿真制定的一个通用技术框架的核心内容,其目的是针对复杂大系统,促进仿真应用的互操作性和仿真资源的可重用性。HLA 并不是一个系统的实现,而是一种仿真应用系统的框架体系结构<sup>[27]</sup>。

在 HLA 中,用于达到某一特定仿真目的分布

式仿真系统称为联邦 (federation),参与的所有应用都称为联邦成员 (federate)。联邦由若干个相交互的联邦成员、一个共同的联邦对象模型 FOM (Federation Object Model)以及 RTI构成。

HLA主要由三部分组成:规则(rules),规定了所有联邦及其成员必须符合的要求,表述了HLA中各个部件的功能划分和逻辑关系,以保证联邦中仿真应用间按正确的方式进行交互;对象模型模板OMT(Object Model Template),是一种标准化的表格形式的描述框架,是HLA实现互操作和重用的重要机制之一;运行支撑环境RTI(Run-Time Infrastructure)接口规范说明(Interface Specification),定义了联邦成员与联邦中其它成员进行信息交互的方式,即RTI的服务。

时间是分布仿真中的核心概念。时间管理描述联邦运行过程中联邦成员仿真时间的推进机制,这种推进机制必须和联邦成员间的数据交换协调,确保联邦成员发送和接收消息在时间逻辑上是完全正确的<sup>[27]</sup>。在HLA中将联邦成员的逻辑时间管理策略分为时间控制(Time Regulating)和时间受限(Time Constrained)两种,它们描述了联邦成员的逻辑时钟推进与其他联邦成员逻辑时钟推进的关系。联邦成员的时间管理策略有以下四种状态:既“时间控制”又“时间受限”,联邦成员既影响其他联邦成员的时间推进,而本身的时间推进又受其他联邦成员的影响;既不“时间控制”又不“时间受限”,联邦成员内部时间推进不使用RTI提供的服务;仅“时间受限”,时间推进受其他联邦成员的影响而不影响其他联邦成员的时间推进;仅“时间控制”,时间推进影响其他联邦成员而不受其他联邦成员的时间推进的影响<sup>[28]</sup>。

鉴于HLA是针对复杂大系统问题本身提出的仿真方法,有处理分布式系统仿真问题的先天优势,所以基于HLA构建电力市场这样的复杂系统的仿真平台,也就成为必然。

基于HLA的电力市场仿真平台的逻辑结构如图3所示。

在基于HLA的电力市场仿真中,可以根据仿真目的要求,将电力市场参与者,如发电公司、独立调度中心、市场交易中心和用户等创建为各单个的HLA仿真对象模型SOM,同时创建HLA的联邦对象模型FOM。创建FOM需要借助于OMT提供的标准化的记录格式,为一个特定的联邦中各联邦成员之间需交换的数据特性进行描述,以便各联邦成员

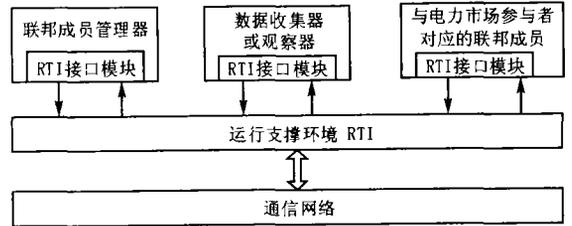


图3 基于HLA的电力市场仿真平台的逻辑结构

Fig 3 Architecture of electricity market simulating platform based on HLA

在联邦的运行中正确、充分地利用这些数据进行互操作。进一步,可以创建为实现电力市场仿真中特定目的的联邦。例如,可以分别创建为实现负荷预测目的和电价预测目的的联邦等。低层次的联邦可以作为联邦成员加入到更高层次的联邦中。上面提及的实现电价预测的联邦,可以作为辅助发电公司优化决策联邦的联邦成员;辅助发电公司优化决策的联邦,又可以加入到实现整个区域电力市场资源优化配置目的的联邦中去。

#### 2.4 各种仿真平台的比较

基于CORBA和Agent技术的电力市场仿真平台互操作性和开放性都非常好。由于CORBA规范的分层次结构和Agent技术的应用,可以方便地实现仿真平台框架中分别与市场参与者对应的各个Agent间的通信和互操作,还可以方便地扩展软件功能。但也有缺点,主要是来自CORBA规范方面:CORBA庞大而复杂,并且技术和标准的更新相对较慢,所以在具体的应用中使用不是很多。

基于Java的电力市场仿真平台可以充分利用迅速发展的Internet,来开发电力市场的B/S模式的分布式系统。从Internet技术应用的角度,EJB和Servlet,JSP将一起成为新一代应用服务器的技术标准。EJB中的Bean可以分为会话Bean和实体Bean,前者维护会话,后者处理事务,现在Servlet负责与客户端通信,访问EJB,并把结果通过JSP产生页面传回客户端。以Java开发的电力市场仿真软件,能够做到“Write once, run anywhere”,开发的应用可以配置到包括Windows平台在内的任何服务器端环境中去。并且,选用Java作为仿真平台的开发语言时,可以充分利用已有的Java API,例如,用JDBC访问数据库,用JN实现本地方法与所有JVM的兼容等。

HLA仿真平台是建立在分布式组件和相关技术的基础上的,而分布式组件又是建立在更基本的

一般组件和网络通信基础上的。所以,与基于 CORBA 和 Agent 技术及基于 Java 的电力市场仿真平台比较起来,基于 HLA 的仿真平台立意更高,具有更大的灵活性。HLA 通过定义对象模型、仿真应用程序之间的编程接口来实现构件的装配<sup>[11]</sup>。它的显著特点是将应用层同其底层运行支撑环境分离开,可以使这两部分相对独立地开发,最大限度地利用各自领域的最新技术;同时,可以针对不同的用户需求和不同的应用目的,实现联邦快速、灵活的组合和重新配置,保证了联邦范围内的互操作和重用,这对于复杂的电力市场仿真而言将是极其重要的。另外,HLA 的时间管理策略对于仿真多种从时间角度分类的电力市场,如实时市场、合约市场、日前市场和辅助服务市场中的市场行为也将大有帮助。

### 3 结论

本文在分析了基于 CORBA 和 Agent 技术及基于 Java 的电力市场仿真平台后,提出了一种以 HLA 为仿真平台的电力市场研究方法。与前两种仿真平台比较,基于 HLA 的仿真平台立意更高,具有更大的灵活性。HLA 平台的独立性、联邦之间的通信和互操作能力以及 HLA 的时间管理策略等优势对于复杂的电力市场仿真而言都是极其重要的。基于 HLA 的电力市场仿真平台的构建将为深入研究电力市场的运行规律提供有益的指导。

### 参考文献:

- [1] 杜松怀,温步瀛. 电力系统 [M]. 北京:中国电力出版社,2003.  
DU Song-huai, WEN Bu-ying. Electricity System [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2003.
- [2] 尚金成,黄永皓,等. 电力市场技术支持系统设计与关键技术研究 [M]. 北京:中国电力出版社,2002.  
SHANG Jin-cheng, HUANG Yong-hao, et al. Design and Key Technology for Electricity Market Operation System [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2002.
- [3] 李佳道,刘亚安,管晓宏. 电力市场仿真的系统设计及实现 [J]. 空军工程大学学报(自然科学版),2003,14(2): 87-90.  
LI Jia-dao, LU Ya-an, GUAN Xiao-hong. System Design and Practice for the Electrical Power Market Simulation [J]. Journal of Air Force Engineering University (Natural Science Edition), 2003, 14(2): 87-90.
- [4] Dicatoro M, Minoia A, Sbrizzai R, et al. A Simulation Tool for Studying the Day-ahead Energy Market: the Case of Italy [A]. Power Engineering Society Winter Meeting 2002. 89 - 94.
- [5] Martini A, Pelacchi P, Pellegrini L, et al. A Simulation Tool for Short term Electricity Markets [A]. 22nd IEEE Power Engineering Society International Conference on Power Industry Computer Applications, Innovative Computing for Power Electric Energy Meets the Market 2001. 112-117.
- [6] 魏平,李均利,陈刚. MCP 预测技术在浙江电力市场中的应用 [J]. 继电器,2004,32(11): 58-61.  
WEI Ping, LI Jun-li, CHEN Gang. Application of MCP Forecasting Method in Zhejiang Electricity Market [J]. Relay, 2004, 32(11): 58-61.
- [7] Otero-Novas I, Meseguer C, Battle C, et al. A Simulation Model for a Competitive Generation Market [J]. IEEE Trans on Power Systems, 2000, 15(1): 250 - 256.
- [8] 曾次玲,张步涵,谢培元. 基于自组织映射神经网络的市场清算电价预测 [J]. 继电器,2005,33(13): 39-43.  
ZENG Ci-ling, ZHANG Bu-han, XIE Pei-yuan. Forecasting Market Clearing Price Using Self-organizing Map Neural Network [J]. Relay, 2005, 33(13): 39-43.
- [9] 苏娟,杜松怀. GM(1,2) 短期现货电价灰色预测模型 [J]. 继电器,2006,34(1): 46-49.  
SU Juan, DU Song-huai. The GM(1,2) Short-term Spot Price Forecasting Grey Model [J]. Relay, 2006, 34(1): 46-49.
- [10] 刘梅招,杨莉,甘德强. 基于 Agent 的电力市场仿真研究综述 [J]. 电网技术,2005,29(4): 76-80.  
LIU Mei-zhao, YANG Li, GAN De-qiang. A Survey on Agent Based Electricity Market Simulation [J]. Power System Technology, 2005, 29(4): 76-80.
- [11] 束洪春,唐岚,董俊. 多 Agent 技术在电力系统中的应用展望 [J]. 电网技术,2005,29(6): 27-31.  
SHU Hong-chun, TANG Lan, DONG Jun. A Survey on Application of Multi-agent System in Power System [J]. Power System Technology, 2005, 29(6): 27-31.
- [12] 曹立霞,厉吉文,程新功,等. 基于多 Agent 技术的分布式电压无功优化控制系统 [J]. 电网技术,2004,28(7): 30-33.  
CAO Li-xia, LI Ji-wen, CHENG Xin-gong, et al. Distributed Optimal Voltage/reactive Power Control System Based on Multi-agent System [J]. Power System Technology, 2004, 28(7): 30-33.
- [13] 陈艳霞,尹项根,张哲,等. 基于多 Agent 技术的继电保护系统 [J]. 电力系统自动化,2002,26(12): 48-53.  
CHEN Yan-xia, YIN Xiang-gen, ZHANG Zhe, et al. Multi-agent System Based Protective Relaying System [J]. Automation of Electric Power Systems, 2002, 26(12): 48-53.
- [14] 盛戈,涂光瑜,罗毅,等. 基于多 Agent 的二级电压控

- 制系统 [J]. 电力系统自动化, 2002, 26 (5): 20-25.  
SHENG Ge-hao, TU Guang-yu, LUO Yi, et al Study on MAS-based Secondary Voltage Control System [J]. Automation of Electric Power Systems, 2002, 26 (5): 20-25.
- [15] 张明军, 曹立霞, 厉吉文, 等. 考虑多分区无功电压优化的多 Agent 系统 [J]. 电力系统自动化, 2004, 28 (17): 70-74.  
ZHANG Ming-jun, CAO Li-xia, LI Ji-wen, et al Multi-agent System for Voltage/var Optimization Considering Multi-regional Power Systems [J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28 (17): 70-74.
- [16] 王成山, 余旭阳. 基于 Multi-Agent 系统的分布式协调紧急控制 [J]. 电网技术, 2004, 28 (3): 1-5.  
WANG Cheng-shan, YU Xu-yang Distributed Coordinative Emergency Control Based on Multi-agent System [J]. Power System Technology, 2004, 28 (3): 1-5.
- [17] 王明俊. CBR 和 Multi-Agent 在电力系统安全控制中的应用 [J]. 电网技术, 2004, 28 (8): 1-5.  
WANG Ming-jun Application of Case Based Reasoning and Multi-agent in Power System Security Control [J]. Power System Technology, 2004, 28 (8): 1-5.
- [18] 王先培, 朱天清, 熊培. 基于 MAS 的电力系统脆弱性评估与控制 [J]. 电力系统及其自动化学报, 2003, 15 (3): 20-22.  
WANG Xian-pei, ZHU Tian-qing, XIONG Pei Vulnerability Assessment and Control Based on MAS in Power System [J]. Proceedings of the EPSA, 2003, 15 (3): 20-22.
- [19] 程瑜, 张粒子, 郑华. 基于多 Agent 协同技术的用电需求预测系统的设计 [J]. 电网技术, 2004, 28 (5): 50-54.  
CHEN Yu, ZHANG Li-zi, ZHENG Hua Design of Power Demand Forecasting System Based on Multi-agent Cooperative Technique [J]. Power System Technology, 2004, 28 (5): 50-54.
- [20] 袁家海, 丁伟, 胡兆光. 基于 Agent 的计算经济学及其在电力市场理论中的应用综述 [J]. 电网技术, 2005, 29 (7): 49-51.  
YUAN Jia-hai, DING Wei, HU Zhao-guang A Critical Study of Agent Based Computational Economics and Its Application in Research of Electricity Market Theory [J]. Power System Technology, 2005, 29 (7): 49-51.
- [21] 张志良, 楚丰, 游大海, 等. 一种基于 CORBA 和 Agent 技术的电力市场仿真平台的研究 [J]. 电力系统及其自动化学报, 2002, 14 (4): 29-31.  
ZHANG Zhi-liang, CHU Feng, YOU Da-hai, et al Research on a Simulating Platform of Electricity Markets Based on Corba and Intelligent Agent Technology [J]. Proceedings of the EPSA, 2002, 14 (4): 29-31.
- [22] 杨争林, 宋燕敏, 沈利华. 基于 J2EE 的电力市场技术支持系统研究 [J]. 电力系统自动化, 2004, 28 (8): 35-39.  
YANG Zheng-lin, SONG Yan-min, SHEN Li-hua Application of J2EE Architecture in Power Market Operation System [J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28 (8): 35-39.
- [23] 李胜利, 陈勇, 任军. 基于 J2EE 和构件技术的发电厂报价支持系统 [J]. 电网技术, 2005, 29 (8): 80-84.  
LI Sheng-li, CHEN Yong, REN Jun Development of Power Plant Bidding Support System Based on J2EE and Component Technology [J]. Power System Technology, 2005, 29 (8): 80-84.
- [24] 郝晓弘, 苏渊. 基于 Web 的变电站远程监控系统 [J]. 电网技术, 2003, 27 (7): 32-36.  
HAO Xiao-hong, SU Yuan A Web Based Substation Remote Supervisory Control System [J]. Power System Technology, 2003, 27 (7): 32-36.
- [25] 乐全明, 郁惟镛, 杜俊红. 基于 J2EE 结构的分布式电网故障计算系统的实现 [J]. 电网技术, 2004, 28 (11): 23-28.  
YUE Quan-ming, YU Wei-yong, DU Jun-hong Implementation of Distributed Power Network Fault Calculation System Based on J2EE Structure [J]. Power System Technology, 2004, 28 (11): 23-28.
- [26] 张喜铭, 姚建刚, 陈立新, 等. 基于 J2EE 平台的发电企业商业运营及竞价决策技术支持系统的实现 [J]. 电网技术, 2004, 28 (21): 69-74.  
ZHANG Xi-ming, YAO Jian-gang, CHEN Li-xin, et al Implementation of J2EE Platform Based Commercial Operation and Bidding Decision Supporting System for Power Generating Enterprises [J]. Power System Technology, 2004, 28 (21): 69-74.
- [27] 齐欢, 代建民, 吴义明, 等. HLA 仿真与 UML 建模 [M]. 北京: 科学出版社, 2004.  
QI Huan, DA Jian-min, WU Yi-ming, et al HLA Simulation and UML Modeling [M]. Beijing: Science Press, 2004.
- [28] 周彦, 戴剑伟. HLA 仿真程序设计 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2002.  
ZHOU Yan, DA Jian-wei HLA Simulating Program Design [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2002.

收稿日期: 2006-03-03; 修回日期: 2006-04-06

作者简介:

曾亮 (1980 - ), 男, 博士研究生, 主要研究方向为复杂系统分析和建模、电力市场等; E-mail: zengllb@163.com

齐欢 (1948 - ), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为: 大系统建模及集成、决策理论和方法等;

王小平 (1974 - ),女,博士,副教授,研究方向为复杂系统建模与仿真,系统分析与集成,调度算法研究等。

### Review of the simulating platform of electricity market

ZENGLiang, QIHuan, WANG Xiao-ping, XIAO Heng-hui

(Institute of System Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** This paper summarizes and evaluates the state of simulating study in electricity market. After analyzing two kinds of simulating platforms, i.e., using CORBA & Agent technology and Java as the foundation, a new different simulating platform of electricity market based on HLA is presented. Compared with the conventional simulation technique, the simulating platform of electricity market based on HLA enjoys several advantages such as platform independency, loose coupling among application service and run-time infrastructure, expeditiousness and flexibility of foundations assembling and restructuring, communication and cooperation capability between foundations and time manage strategies.

**Key words:** electricity market; simulating platform; CORBA; Agent technology; Java; HLA

(上接第 65 页 continued from page 65)

- [3] 张项安,单强,张弦.变压器零序差动保护的几个问题[J].继电器,2005,33(15):13-17.  
ZHANG Xiang-an, SHAN Qing, ZHANG Xuan. Several Problems on Zero-sequence Differential Protection for Transformer [J]. Relay, 2005, 33 (15): 13-17.

收稿日期: 2006-03-13; 修回日期: 2006-04-22

作者简介:

李兴(1975-),男,工程师,从事高压直流输电生产管理;E-mail:lixing@spsc.com.cn

郭卫民(1980-),男,助理工程师,从事高压直流输电运行工作。

### Principle of restricted earth fault protection and CT's polarity setting method of SIEMENS 7UT612

LIXing, GUO Weimin

(Guangzhou Bureau, CSG EHV Power Transmission Company, Guangzhou 510405, China)

**Abstract:** Differential protection, the main protective function for transformer internal fault, is much significant for the protection of transformers. The restricted earth fault protection, one of the main differential protections for transformer, should be focused a great deal of attention on. This paper aims at the principle of restricted earth fault protection for converter transformer at the Zhaoqing converter station. Moreover, the setting methods of starpoint CT's polarity and things that call for caution are also introduced.

**Key words:** zero-sequence differential protection; neutral point CT's polarity; failure analysis

(上接第 71 页 continued from page 71)

**Abstract:** Mistake proof and lock installation is one of the most important parts of substations. This paper describes the essential request on mistake proof and lock installations. Through analyzing the traits of the traditional installations, it proposes the ways of using comprehensive automatic installation to implement mistake proof and lock. And the successful using in 500kV Zhangjiagang substation proves that the system can work well in different conditions. At last, it gives some improvement measures.

**Key words:** mistake proof and lock; comprehensive automatic; substation