

面向电力系统的学习型游戏软件的方案设计

王延安

(上海交通大学电子信息与电气工程学院, 上海 200240)

摘要: 为使电脑游戏服务于电力系统专业知识的学习, 提出面向电力系统的学习型游戏的概念。基于电力系统知识的复杂性, 对电力系统知识进行了层面划分, 并将之映射到游戏层面, 进而形成游戏玩场的分类。文中采用构件来搭建游戏框架并给出电力系统构件库的具体结构。以分析判断一回线中点发生三相经小电抗接地故障时, 各种情况的机电暂态过程为游戏主题进行实例设计。最后设计了游戏的可玩(Playable)版本模型, 实践证明方案可行。

关键词: 电力系统; 严肃游戏; 游戏软件构架; 电力系统构件库; 构件设计

中图分类号: TM743; TP399 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-8930(2009)04-0110-05

Design Scheme of Learning-based Game for Power System

WANG Yan-an

(School of Electronic Information and Electrical Engineering, Shanghai
Jiaotong University, Shanghai 200240, China)

Abstract: In order to help player master the professional power system knowledge by serious game, the concept of learning game for power system is proposed. Based on the complexity of the power system knowledge, it is subdivided into different levels and mapped to game layer to shape the classification of play field. Game framework is built by components and the component library structure of power system is presented. This paper analyzes and judges various electromechanical transient processes when neutral three-phase earth fault occurs in single line via small reactor. And then the analysis and judgment as design example and description of game scene are provided. At the end of the article, the playable edition of the game is designed. The feasibility of the scheme is proved in practice.

Key words: power system; serious game; software architecture of game; component library of power system; component design

目前无论国内高校还是国外高校迫于其它知识的压力, 安排给电力系统专业的专业课时数逐渐减少^[1], 甚至有些高校取消了电力系统的相关专业。由此产生如何帮助引导学生高效地掌握电力系统知识变得迫在眉睫。

各类相关电力系统的辅助教学和辅助培训设备的不断出现也验证了这方面需求^[2~4]。但是它们大多有如下不足: 缺乏趣味性, 不能联网多人同时培训, 成本较高, 不是面向在校学生。

针对上述情况, 基于游戏软件的发展趋势(其中之一是严肃游戏^[5]), 结合电力系统辅助设计、辅

助教学、辅助培训、电力系统仿真^[6]和游戏软件的特点, 本文提出面向电力系统的学习型游戏的概念, 并进行了概要设计和整体框架构建。

1 游戏概述

1.1 电脑游戏

电脑游戏是人类娱乐天性和电子计算机技术发展的综合产物。各类游戏产品已经深入人们的生活, 影响着人们的生活方式和娱乐方式, 对人们的社会生活产生了巨大影响。

但是也带来了许多问题, 例如因沉迷于电脑游

戏而荒废学业和耽误工作的现象逐渐增多。如何把游戏的负面影响缩小并应用于积极方面,由此导致了严肃游戏的产生。

1.2 严肃游戏

严肃游戏(Serious Game)的定义是于2004年美国严肃游戏高峰会正式形成。严肃游戏是将游戏应用在休闲娱乐之外的其他专业领域,如教育、医疗、宗教、政治和军事等层面。

严肃游戏基本上是将过去在计算机仿真领域的应用(特别是其中运用游戏的方法来进行模拟的部分)给独立出来,成为一个专门的领域^[5]。寓教于乐是严肃游戏的目标。一方面,它不同于计算机辅助教学,另一方面它又与一般的电脑游戏有所不同。设计严肃游戏时,游戏过程只是配角,重点在于促成另一个真正目的(如学习)。而影响能否促成这个真正目的的主要因素有乐趣性、相关性、奖惩性和多人互动性^[5]。多人互动性即网络游戏特性,在同台竞争的良性压力下,多人共同进行严肃游戏比单人单机的严肃游戏更能激发游戏者的兴趣。

2 面向电力系统学习型游戏的概要设计

2.1 网络联机游戏结构

面向电力系统学习型游戏的网络结构^[5]如图1。玩家首先要到登录与帐户服务器组进行登录或注册。然后登录与帐户服务器组传输游戏玩家信息到游戏世界服务器。游戏世界服务器由游戏服务器、游戏数据服务器和游戏地图服务器组构成。

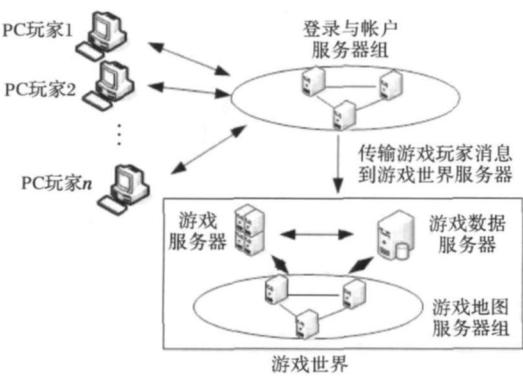


图1 网络联机游戏的结构
Fig.1 Network structure of on-line game

2.2 概要设计

游戏的概要设计方案分为游戏过程、开局方式、结束方式、积分和升级制度(奖惩体系)、玩场设计等。

游戏过程:通过在服务器上搭建一个完整的电

力系统。然后按照用户的级别(级别可以由低到高依次设置为初级、中级、高级、专家级、超专家级)自动设置系统发生的故障类型(故障类型决定了故障的难易程度)。要求联网同时进行游戏的用户,根据故障现象判别故障或进行修改。发现故障的工具由该游戏系统本身提供,例如示波器、万用表、信号发生器等。当然这些都是一些可视化的软件组件。

开局方式:至少需要两位登陆玩家(需要先注册形成自己的信息账户)在同一玩场处于等待状态才允许开始进行游戏。

结束方式:只要有一人完全找出错误(或更正问题)或者约定游戏时间到,就结束本局游戏。

积分制度:采用奖惩积分且每局总分为零分制。即最早完成者或游戏时间结束后找出(或更正)最多故障者得分最高。其它参与者的得分按照找到问题的多少排序,排名中间者得分为零,中间靠前或靠后依次加一分或减一分。参与游戏人数和得分情况举例如表1。

每次玩家的得分都存入后台游戏服务器进行分数累积。

升级制度:每积到一定分数玩家级别就升一级(例如由初级升为中级),然后积分清零,在该级再从零开始积分。

玩场设计:不同级别的用户在不同的玩场进行游戏,当然游戏的难度也不同。

表1 参与人数得分举例
Tab.1 Example of player's score

参与人数(位)	名次	得分情况(分)
2	1	1
	2	-1
3	1	1
	2	0
	3	1

3 游戏层面设计

针对电力系统知识的复杂性,把有关电力系统知识分为4个层面:电力系统一次侧、电力系统控制保护、电力系统通信网络及后台监控、后台监控及电力调度应用。如图2所示。

其中,电力系统一次侧层包括一次设备(发电机、变压器、互感器、高压线路和塔架等)的性能分析及维护、潮流计算、故障仿真等。电力系统控制保护层包括控制保护、定值计算、通信接口等。电力系统通信网络及后台监控层包括通信协议、协议转

换、后台软件编制、数据库存储等。后台监控及电力调度应用层包括下发命令,上行监控及对电力系统综合性能的评估应用等。

根据电力系统知识层面和玩家等级划分,可以设计游戏的不同玩场。玩家进行游戏时可以根据自己的实际情况选择参加不同游戏层面的不同玩场。面向电力系统学习型游戏的游戏层面及玩场构架如图 3 所示。



图 2 电力系统的知识层面
Fig. 2 Knowledge layers of power system

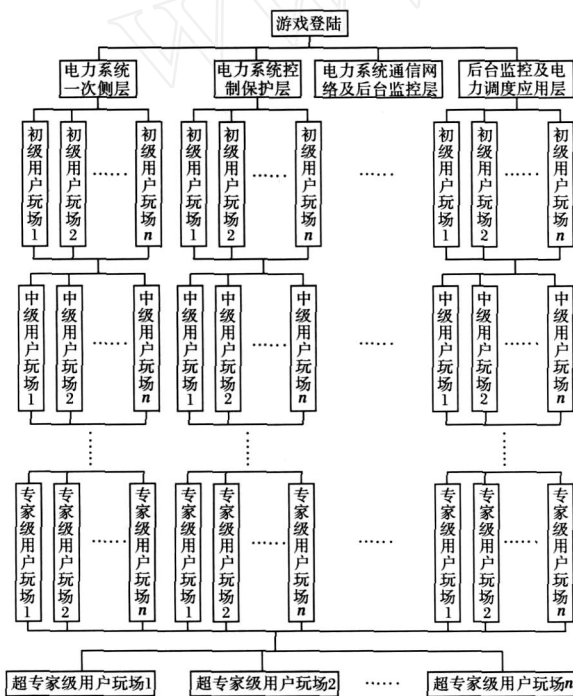


图 3 游戏层面及玩场框架
Fig. 3 Game layer and framework of play field

在游戏的初级阶段是分知识层面的,它一方面可以降低游戏的入手难度,另一方面不同岗位(或专业)的人士可以游戏于不同层面。每一层最高级别是专家级。如果玩家升级到超专家级,超专家级玩场的知识背景将涉及到电力系统的各个知识层面。这使超专家级玩场的游戏难度大大增加,给玩家提出了严峻的心理挑战,但符合此阶段玩家的心态。当然作为面向电力系统学习型游戏的最后难关也符合此游戏制作目的。

4 游戏软件构架

面向电力系统学习型游戏软件开发所涉及到的电力系统知识,既有成熟部分(例如一般的发电、变电、输电和配电系统等),又有蓬勃发展部分(例如特高压交直流输电、监控网络化^[7]及新技术在电力系统的应用等)。如何以软件形式有效集成现有的电力系统知识,成为开发此类游戏软件的关键。为了实现软件上的易集成、易扩展和易共享的特点,采用构件化方式进行游戏软件架构设计。针对各个功能的构件在运行时部署在一个构件运行环境中,而构件运行环境运行于分布式的.NET应用服务器上^[8,9]。软件构架如图 4 所示。

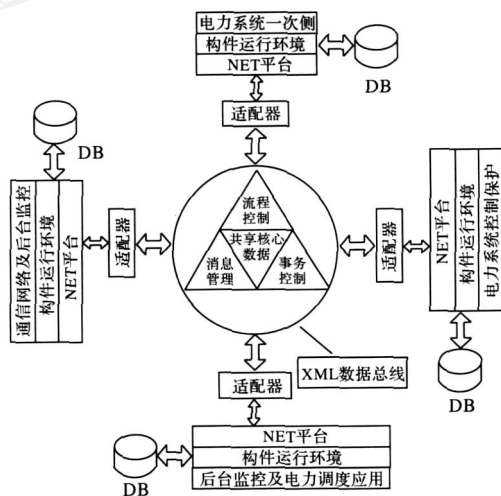


图 4 游戏软件构架
Fig. 4 Software architecture of game

在此构架下,相关电力系统各部分知识以构件的形式进行部署和运行。每个构件对外提供服务接口。该接口可通过游戏软件平台的适配器与其他系统构件进行交互;而系统内部,各个构件则可通过构件运行环境的构件数据总线进行数据交互。

进行构件软件设计的基础是构件库的搭建。本系统依据电力系统知识的 4 个层面把电力系统构件库分为电力系统一次侧构件库、电力系统控制保护构件库、电力系统通信网络及后台监控构件库、后台监控及电力调度应用构件库。每个库中构件按不同性质进行分包。电力系统的构件库如图 5。

除电力系统构件库外,还需其它构件库,例如基础计算构件库、图形处理构件库和多媒体处理构件库等。这样基于构件的游戏软件构架模式具备可集成、可扩展和共享灵活的特点,符合电力系统知识的现状,便于此类学习型游戏软件的扩展。

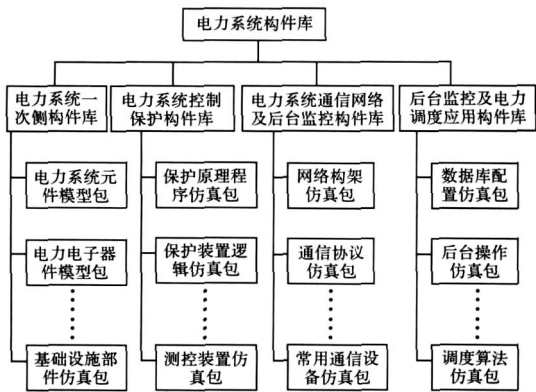


图 5 电力系统构件库
Fig.5 Component library of power system

5 实例设计

5.1 实例对象描述

单机双回线路系统中,一回线中点发生三相经小电抗接地故障。电路拓扑如图 6 所示, T_1 表示机械转矩, V_{fd} 表示励磁电压, CB 表示断路器, SW 表示开关, L 表示线路, Z 表示阻抗。电路参数:(标么值)如下。

母线 1 电压:1.1 5°;母线 2 电压:1.0 0°。
发电机内部参数: $X_{ls} = 0.1899$, $r_s = 0.003$, $X_{mq} = 1.609$, $X_{md} = 1.609$, $X_{lkql} = 0.8125$, $r_{kql} = 0.00178$, $X_{ifd} = 0.1414$, $r_{fd} = 0.000926$, $X_{lkd} = 0.0812$, $r_{kd} = 0.0133$, $H = 5.6s$ 。
线路参数: $L_1 Z = 0 + j0.20$, $L_2 Z = 0 + j0.10$, $L_3 Z = 0 + j0.10$, $Z_L = 50.0 + j0$, $Z_F = 0 + j0.01$ 。

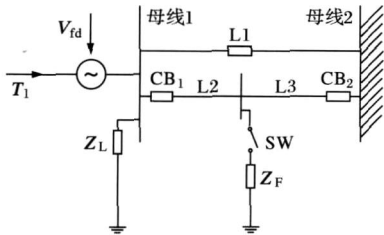


图 6 实例电路拓扑
Fig.6 Topology of the example circuit

游戏前提:系统是三相平衡系统,忽略发电机定子绕组的电磁暂态过程,忽略转速变化对速度电动势的影响, T_1 的变化不计。

游戏主题:分析判断一回线中点发生三相经小电抗接地故障时,各种情况的机电暂态过程。

5.2 实例游戏场景设计

游戏场景:开始时系统正常运行,运行 0.1 s 后单机双回线路系统一回线中点发生三相经小电抗

接地故障。短路阻抗等于 $j0.01$,励磁系统不参与调节。故障后的 $-t$ (功角-时间)波形见图 7。

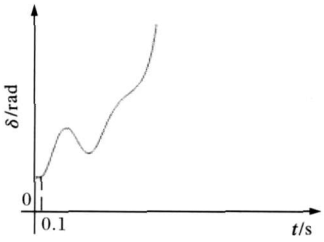
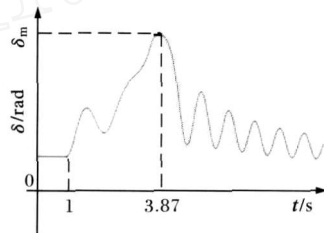
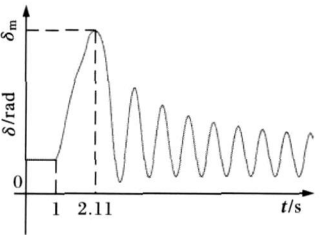


图 7 游戏波形 1
Fig.7 Waveform 1 of the game

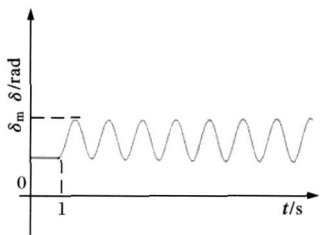
要求玩家经过游戏操作,在图 8 中作出选择:



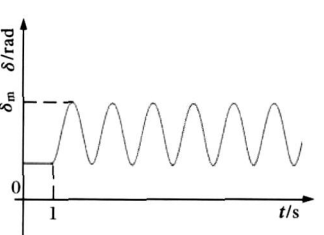
(a) 运行波形 1



(b) 运行波形 2



(c) 运行波形 3



(d) 运行波形 4

图 8 游戏波形 2

Fig.8 Waveform 2 of the game

励磁系统不参与调节,短路阻抗为 $j0.01$,正

常运行 1 s 后故障, $-t$ 极限切除波形图是()。

励磁系统不参与调节, 短路阻抗为 $j0.001$, 正常运行 1 s 后故障, $-t$ 极限切除波形图是()。

励磁系统参与稳定调节, 短路阻抗为 $j0.01$, 正常运行 1 s 后故障, $-t$ 极限切除波形图是()。

励磁系统参与稳定调节, 短路阻抗为 $j0.001$, 正常运行 1 s 后故障, $-t$ 极限切除波形图是()。

其中图(a)、(b)、(c)、(d) 是同一坐标系。在实际游戏过程中, 波形图是随机产生显示的。当然也可以通过测试组件(虚拟示波器)进行测试判断。当用仿真设计游戏场景时, 分定量游戏场景和定性游戏场景, 本实例就是定性游戏场景。另外需说明, 本实例只是给出一种简单实现方式进行示意性介绍, 实际游戏场景是在 3D 动画和多媒体的渲染下有多种实现方式和玩法。

6 游戏可玩版模型实现

基于以上方法, 设计了面向电力系统学习型游戏可玩版(Playable)模型。启动界面如图 9。

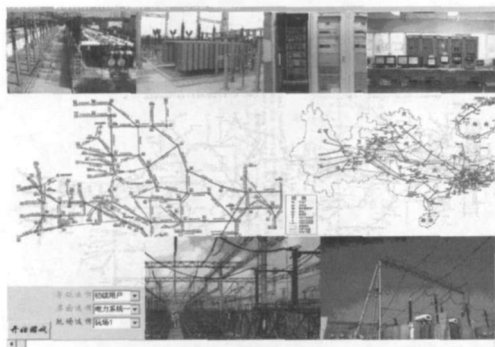


图 9 可玩版(Playable)模型启动界面

Fig.9 Start-up interface of the playable edition

面向电力系统学习型游戏的本质还是游戏, 生动形象的游戏界面必不可少。实时 3D 技术将提高游戏的环境设计、画面设计和操作设计的质量, 音乐音频的适当加入也能为游戏增色。

7 结论

(1) 将严肃游戏的理念引入电力系统知识学习中, 提出面向电力系统学习型游戏的概念。

(2) 进行了游戏软件概要方案设计和核心设计(包括游戏层面设计、游戏软件构架和电力系统构件库)。

(3) 通过实例和小范围调研分析, 显示了方案的可行性。利用它来获取电力系统专业知识和培养

对专业的学习兴趣方面是一种有意义的尝试。

参考文献:

- [1] Ilic M, Apt J, Khosla P, *et al*. Introducing electric power into a multidisciplinary curriculum for network industries[J]. IEEE Trans on Power Systems, 2004, 19(1): 9 - 16.
- [2] 潘文霞, 史林军, 潘学萍, 等 (Pan Wenxia, Shi Linjun, Pan Xueping, *et al*). 电气设备课程及设计辅助教学软件 (Aided teaching software of electrical equipment course and design) [J]. 电力系统及其自动化学报 (Proceedings of the CSU-EPISA), 2001, 13(6): 71 - 74.
- [3] 顾洁, 邱涛 (Gu Jie, Qiu Tao). 断路器控制回路动作过程的 CAI 课件设计 (Design of the CAI courseware for the process of the breaker control circuit) [J]. 电力系统及其自动化学报 (Proceedings of the CSU-EPISA), 2002, 14(2): 64 - 70.
- [4] 骆平, 杨少兵 (Luo Ping, Yang Shaobing). 电力系统 CAI 程序包 (PSA TSP) 的实现 (Realization of a power system CAI package (PSA TSP)) [J]. 电力系统及其自动化学报 (Proceedings of the CSU-EPISA), 2001, 13(5): 50 - 52, 68.
- [5] 叶思义, 宋昀璐. 游戏设计全方位学习 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 2006.
- [6] 王延安, 张继忠, 于朝辉, 等 (Wang Yan'an, Zhang Jizhong, Yu Zhaozhui, *et al*). 基于 IEC60870-5-103 的变电站多子站仿真测试系统设计 (Design of multi-IED simulation system for substation based on IEC60870-5-103) [J]. 电力自动化设备 (Electric Power Automation Equipment), 2005, 25(9): 73 - 76, 79.
- [7] 王延安, 张丹, 姬希娜, 等 (Wang Yan'an, Zhang Dan, Ji Xina, *et al*). 变电站子站设备通信协议一致性测试系统的开发 (二) 建模与实现 (Development of conformance test system for substation equipment communication protocol Part two modeling and implementation) [J]. 电力系统自动化 (Automation of Electric Power Systems), 2006, 30(16): 46 - 50.
- [8] 黄柳青, 王满红. 构件中国: 面向构件的方法与实践 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2006.
- [9] Jeffrey R 著, 李建忠译. Microsoft .NET 框架程序设计 (修订版) [M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.

作者简介:

王延安(1976-), 男, 博士研究生, 研究方向为高频高压大功率直流电源、电力系统通信、电力系统规约和电力系统软件组件。Email: wangyananxj@sina.com