

关于变电站电气主系统沉浸式虚拟仿真系统研究

徐有蕊¹ 张艳霞¹ 史杰¹ 卓钊¹ 雪莹²

1 国网青海省电力公司海西供电公司, 青海 格尔木 816000

2 青海绿能数据有限公司, 青海 西宁 810000

[摘要] 由于变电站电气主系统在整个电力系统中是十分关键的环节, 保证其稳定运作对于智能电网的稳定运行是及其重要的, 因此对相关从业人员的培训要求是不可或缺的。文中以实际运作中的变电站为例, 针对当下的变电站虚拟仿真培训系统的现状和存在问题进行分析与研究, 并为仿真培训系统进一步适应当下工作需求提出了深入要求, 从而实现仿真系统的沉浸感上升, 培训效率与效果也随之得到提升。

[关键词] 电气系统; 沉浸式虚拟培训; 虚拟仿真系统

DOI: 10.33142/hst.v5i2.5978

中图分类号: TM63

文献标识码: A

Research on Immersive Virtual Simulation System of Substation Main Electrical System

XU Yourui¹, ZHANG Yanxia¹, SHI Jie¹, ZHUO Zhao¹, XUE Ying²

1 Haixi Power Supply Company of State Grid Qinghai Electric Power Company, Golmud, Qinghai, 816000, China

2 Qinghai Green Energy Data Co., Ltd., Xining, Qinghai, 810000, China

Abstract: Because the main electrical system of substation is a very key link in the whole power system, ensuring its stable operation is very important for the stable operation of smart grid, so the training requirements for relevant practitioners are indispensable. Taking the substation in actual operation as an example, this paper analyzes and studies the current situation and existing problems of the substation virtual simulation training system, and puts forward in-depth requirements for the simulation training system to further adapt to the current work needs, so as to improve the immersion of the simulation system and improve the training efficiency and effect.

Keywords: electrical system; immersive virtual training; virtual simulation system

引言

近年来, 我国愈加重视智能电网的发展, 使智能电网的建设能够快速发展, 从而提高了电网系统安全并稳定的运作能力。但随之而来的是对于变电站从业人员的职业素养要求提高, 以至于传统的培训方法已不能适用于变电站的培训工作中。

因此, 在虚拟现实技术的基础上开发出能匹配于变电站培训的沉浸式虚拟仿真培训系统, 能有效提高变电站电气主系统的工作培训效率和效果。这种虚拟现实的仿真训练体系, 主要是利用立体虚拟投影、头戴式显示器和运动捕捉装置等虚拟现实交互装置, 为培训者营造一个高度还原的虚拟培训环境。本文中所设计的变电站沉浸式模拟仿真培训系统, 主要采用了 IVR 技术(沉浸式虚拟现实技术)的研究基础, 并配合头盔显示器、数据手套等虚拟现实交互设备, 给使用者创造出虚拟视觉、听觉和触觉, 从而实现电气系统仿真培训的高度还原感和真实交互感。

1 沉浸式虚拟仿真系统

1.1 沉浸式虚拟仿真技术

新型虚拟现实变电站沉浸式仿真控制系统利用了目前领先的虚拟现实技术, 与当前电力系统先进的自动化技术相结合、符合省网、地区电网、集中监控系统和变电站的发展要求, 在一定时期内保持其技术先进性和创新性。

充分利用先进的声、光、电等感知技术、使用可穿戴设备数据手套和动作捕捉系统, 代替了传统的鼠标操作、营造听觉、视觉、触觉相结合的感知环境、创造一个沉浸式三维立体空间来模拟生产现场、尤其是事故异常的环境、氛围。使学员身临其境, 具备强烈的沉浸效果。保证培训中的所得在工作中能得到正常发挥。充分利用新型的计算机技术和网络技术。构建一个多人在线互动的虚拟空间的现场一个多人在线互动的虚拟空间的现场环境。可模拟角色扮演和多人协同操作。通过动态人物虚拟骨骼和实时蒙皮技术, 建立了 3D 虚拟人物库和变电站角色操作动作库。

1.2 浸泡式虚拟现实技术以及变电站虚拟现实仿真

虚拟现实技术, 是指利用以计算机科学技术为核心的现代高新技术手段形成一个虚拟环境, 使用者可以通过特定的输入/输出设备, 与虚拟世界中的人物品实现自然的互动, 进而利用视觉、听觉和触觉等手段达到和真实世界一样的生活体验。利用虚拟现实信息技术在变电所建设项目中运用, 将变电运营流程中所形成的信息系统数据分析, 融合三维立体虚拟空间信息技术加以整体综合描绘与表现并采用将直观形象化的表现形式, 以便于对国家电网建设项目实施信息显示、监测、分析和管控等工作。包括: 展示汇报、可视化设备管理、可视化制造管理工作、可视化安全管控、对象化设备图纸资料管理、机械拆装仿

真等变实际使用。

2 虚拟仿真系统设计

2.1 前期准备

在进行虚拟仿真系统设计前期,需要先对变电站进行实地考察,并依据变电站的实际培训需求,收集充足详细的相关资料,包括变电站的建筑设计图、变电站的实地数据、电气系统设备类型、设备原理以及设备参数等等。

在具体的实地考察过程中,需要与变电站工作人员进行学习,充分了解变电站电气系统的运作模式、不同电气设备的工作原理、不同设备之间的操作条件、故障修复方案等等。

2.2 硬件系统

沉浸式变电站仿真课程体系,依托于以太网、TCP/IP 等通信技术将教师和培训者紧密结合;为了提高虚拟情景变化效果和速率,将在硬件设备上使用更高功能的图形工作站;在控制系统上,教员通过对系统应用分布情况进行远程设定或改变培训情景,更便于培训部署。一套齐全的培训单元设备应包含:1 个 VR 头显(虚拟现实头戴式显示器)、1 部运动捕捉设备、1 套对应头、手、眼的跟踪定位器以及 2 台以上计算机。

VR 头显是沉浸式虚拟现实技术中产生虚拟视觉的必需设备,它通过光学系统将二维显示器的影像转换为景深的虚拟三维场景,将使用者的视觉环境包裹,深度融入到虚拟世界中,产生强烈的真实感。

系统还能够利用与计算机接口连接的运动捕捉设备读到培训者的人体运动数据,然后再将读到运动信息传输给虚拟世界中的虚拟角色,并以此驱使虚拟角色所做的运动和受训人员的肢体动作相符合,以达到与虚拟现实的运动交互。

追踪定位器能够收集培训者的头、手、眼等感应点的空间位置通过计算机接口传输给系统,再计算出虚拟人相应的体态、动作等,从而实现 VR 头显的三维场景实时刷新,产生虚拟视觉能够随人体动作而产生变化,提高真实感。

计算机是连接 VR 头显、运动捕捉器和追踪定位器的关键设备,还是沉浸式仿真培训系统的重要载体。两台计算机,一台用于连接创造虚拟感官的外设,从而实现培训者的虚拟现实交互式训练,另一台则是承载仿真训练系统和变电站运作模拟系统,通过以太组网连接,两台计算机实时通信,从而为培训者模拟出一个具有真实变化、模拟操作等功能的虚拟培训场景。

2.3 软件系统

根据系统功能的分类,沉浸式仿真培训系统可以分类为:系统层、工具层、模型层、应用层、接口层等。系统层即仿真培训系统开发所使用到的开发引擎,如:Unity 3D 等;其他常用的软件开发工具,如 Visual Studio 等。

(2) 工具层为信息系统仿真模型的基础工具软件,分为三维空间模型平台、电网模型工具和变电站系统机理模型工具等。在三维空间信息系统仿真模型中,研究发展可视化组件化模型开发工具,为变电站系统的一、二次设

备研发了一组个单独的、可复用性的信息系统模拟组件,把模拟组件象同“搭积木”似的装配成整体的变电站模拟三维空间情景;在电网模型上,研究发展全图画面编辑器,并吸取了 CAD 的一些优点提出了可公用的基础绘图源语,通过绘图源语可编制和生产可复用性的基础绘图元件。

(3) 建模层为系统运行所需的建模数据,包含了变电三维场景建模、虚拟人建模、电网模拟,以及变电站机理建模。

(4) 应用层,包含沉浸式三维变电站仿真控制系统、电网运行仿真控制系统,以及变电所机理仿真控制系统。沉浸式三维变电站仿真管理系统,实现了通过沉浸式虚拟现实技术与人机自动交互方式的对变电所一、二级装置的巡查、监控、操作与管理,并支持对变电所巡查、监控、检查正常运行情况和异常、对事件分析与处理技术的培训、操作指导和考核等功能。

3 虚拟仿真系统的关键技术

3.1 基于 VR 头显的变电设备场景双眼立体表现技术

VR 头显内设二个小型显示器屏,分开进行前后眼的立体展示,并大范围封闭了人的视线,系统通过把带显示的三个图形分解为带视差的二个前后眼图形,并依次传输到 VR 头显内的前后眼显示器,进行双眼立体沉浸式表现。本系统采用了在三个场景中设置的二台虚拟现实摄像机各自对应左右眼视角,并通过把左右眼对应虚拟摄像机的三个场景图片,同时传输到 VR 头显的左右眼显示屏上进行双眼立体图像。

3.2 变电一、二次设备场景的快速渲染技术

变电站中电气设备的数量也十分丰富,而由于数字渲染技术是通过三引擎达到对虚幻自然环境真实性的技术,因此想要获得虚拟现实的浸泡式数字渲染,就必须确保图像的刷新频率不小于六十帧/秒。本管理系统将通过下列方式来减少应用场景的复杂性,以有效优化三维场景中的实时动态工作效果。

(1) 在确保物理模型的视觉效果不失真的前提下,尽可能用数面片量较少的模式和使用纹理贴图的方法对物件加以模型,并通过贴图烘焙技术减少了发挥动态光照效应的所需要系统资源。

(2) 使用深度细节建模技能 (LOD),对于复杂情景中的三维空间实体物体,在近处观测采用面片细致建模,而在远处观测则采用面片粗糙建模,以达到在保持相对逼真的视觉前提下,同样增加了重复情景的生成速度与呈现速率。三维引擎上将 LOD 功能封装到了 LOD 类型的节点中,能够很简单地完成根据视点间距和投影面积的 LOD 建模调度计算。

3.3 基于动作捕捉的虚拟交互技术

(1) 虚拟人建模。系统通过 3d Max 软件对虚拟人模型进行了建模,并按照身体骨架构造,在 3d Max 软件中建立了虚拟人模型。

(2) 虚拟现实人的身体运动监控。信息系统中根据

动作捕获的与虚拟现实人互动流程,包含动作仿真系统运动通过身体感动作捕捉管理系统收集了训练人员的全部身体锻炼数据信息,随后将数据记录到的身体运动数据信息反馈到虚拟现实场景中的虚拟现实人,并驱使虚拟现实人在虚拟现实场景中作出与训练人员相符合的肢体动作。

3.4 变电站沉浸式虚拟学习、操作与评估系统的实施技能

系统在沉浸型虚拟变电站的交互方式实现上,提供了三种模块:教学模块,主要是对设备基本原理和结构展示说明;练习模式为指导性培训和要点介绍;考核模块要求对学员的使用状况进行分析评价。

(1)学习模式:课程模块:将变电仿真训练中存在的标准动作要点、习惯性违章点、事件处置过程、电力设备讲解、二次电路介绍等知识点收集分析并建模制作多媒体动画和课程,针对学生作业实施合法性检测,并通过检测成果给学生进行建议与帮助。

(2)练习模型:通过充分调动学生的主观能动性,让学生自主地选择训练任务,再通过系统对学生标准流程形式的训练任务学习,系统中针对于学生错误或不规范的操作,马上就会弹出指引性提示并扣除学生相应的分值,使学生形成了更浓厚的练习兴趣,进而最大限度地充分调动了学生自主练习的积极性,进而提高了教学效果。

(3)考试模式:考核任务由系统统一推送,但学生不能自由选取;考核任务完成后由系统统一收集作业记录,学生统一做出评价并输入评估报告。

4 变电站虚拟仿真系统实现

4.1 通用模型格式

变电站虚拟仿真结果平台都具备了优秀的开放化与兼容,并能够支撑如 PDMS、CATIA、Pro/E、Revit 等模拟软体的文档格式;模板具备高度可移植性,已加载于仿真系统的模板和原始精细化模板除外形尺寸数据信息上保持一致之外,在模式目标名称、模式目标的层级构成及其属性数据信息上也保持一致,以保证了模式数据信息的保持一致与准确度。

4.2 丰富的操作方式

对于变电站三维精细化建模,可以通过定制的处理工具进入虚拟仿真系统中,作业人员使用鼠标键盘即可轻松实现:现交互式三维场景的飞行模拟、第一人称、第三人称漫游、漫游巡视等。针对已贴图模型,能够完成建模的选取、转动、扩大、压缩、隐蔽、取消隐蔽、两点检测、多点测量、角度测量、轴距测试等功能,并进行建模的个性化查询。

4.3 标准数据接口

虚拟仿真系统与普洱供电局变电站的三维可视化及智能管理平台拥有标准数据信息连接,并支持与 SCADA、资产管理系统、视频监测等的信息关联管理。采用规范的数据管理接口进行建模和生产运维数据信息的自动关联、动态检索等,为产品展示报告、虚拟培训、报告分析等工

作奠定了数据基础。

4.4 交互式模拟培训

交互式模拟训练,可提供单独或众多使用者进行交互式联机训练。首先创建房间,其它人进入房间,然后一同开始进入培训情景,由用户挑选适当的人物进行任务,以达到熟练掌握变电运维作业过程的目的。作业人员可使用虚拟工程师,在虚拟情景中自由漫游、根据预先义好的交互式场景实现在三维一次和二次设备上,进行各种仿真操作如实现断开断路器、隔离空气启动开关、验电、合上接触电门和装设地线,装设护栏,挂设标志牌,撤出安全保护器联接片,断开空气启动器、转换操作把手状态,投退联接片等装置、闸门等能动装置的操纵仿真、拆装仿真等。

4.5 体感设备接口

虚拟仿真系统中默认使用鼠标按键为主要输入输出装置,为提在三维空间立体表现工作环境中的沉浸感和感受感,让作业人员身临其境,还提出了感装置接口的界面,以满足对进行逼真感受产品运维及各种应用现场操作技术方面的要求。虚拟仿真系统的体感装置接口功能主要包含:3D 体感摄像头、光学自动定位与追踪控制系统、3D 显示器等装置接口。

5 结语

沉浸式仿真训练系统在虚拟现实的技术基础上,增强了 VR 头显的双眼立体映像输出方式以及采用动态捕捉的体感互动技能,以避免了训练中现场感欠缺以及应用体验的不足的缺陷。和桌面式虚拟现实仿真系统一样,该系统让使用者有身临其境的沉浸体验,甚至还可以使用肢体动作直接和虚拟环境实现互动,使用者借助这种交互方式便可直接了解并响应虚拟环境,从而彻底改变了训练参与者仅为单纯接受方的被动状况,能有效提升电网运行及生产管理人员的专业技能训练效果,从而减少了培训期,提升训练品质。

基金项目:国网青海省电力公司科技项目资助(52280620009J)。

[参考文献]

- [1]张炳达,王岚禹.基于 FPGA 的变电站实时仿真培训系统[J].电力系统保护与控制,2017,45(6):55-61.
- [2]王大虎,高会争,陈侠.基于 Quest3D 的变电站仿真培训系统[J].中国电力,2016,49(9):62-65.
- [3]杭斌.变电运行仿真培训系统中的三维虚拟技术研究和应用[J].中国电业,2015(7):42-45.
- [4]吴冰,黄陈,朱喜荣.沉浸式变电站故障仿真系统开发[J].电力系统保护与控制,2017,45(21):102-108.
- [5]江龙,张德刚,李泽河,等.基于虚拟现实头盔的沉浸式变电站仿真培训系统设计及实现[J].电工技术,2017(11):43-45.

作者简介:徐有蕊(1976-)男,本科,副高级工程师,研究方向为电网运行控制与防御系统的研究与应用,柔性直流输电技术,逆变器变换控制技术和电能质量等。