

# 船舶电站虚拟现实仿真系统设计

谭银朝<sup>12</sup>, 姜嘉欣<sup>12</sup>, 韩康<sup>2</sup>, 候岩岩<sup>2</sup>

(1. 山东省船舶控制工程与智能系统工程技术研究中心, 山东 荣成 264300; 2. 威海海洋职业学院, 山东 威海 264315)

**摘要:** 随着船舶智能化趋势的不可逆转, 对船舶电站智能化水平的要求越来越高, 船舶电站的设计、管理的难度也都将增加。本文研究设计了船舶电站虚拟现实仿真系统, 通过对同步发电机、励磁控制系统、转速控制系统、负载及船舶电站操作逻辑控制等建立数学模型, 实现 MATLAB/Simulink 二维仿真, 运用 3d Max 软件通过对发电机组、船舶配电板、各种仪器仪表、开关按钮、内部脱扣装置等三维建模并导入 Unreal Engine 4 (Ue4), 生成虚拟现实效果。通过设计 MATLAB 和 Ue4 通信, 实现二维与三维同步联合仿真。系统可单独作为船舶电力系统设计验证平台, 亦可单独作为教育培训系统。可缩短船舶电站设计周期, 节省人力物力, 也可提高船舶电站管理培训效率。

**关键词:** 船舶电站; Simulink; Ue4; 虚拟现实; 联合仿真

**中图分类号:** U66      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1006—7973 (2021) 08—0064—03

为了保证船舶电力系统装船以后的可靠性, 设计好的船舶电力系统方案在正式进行生产制造之前, 需要进行包括系统的静态、动态特性等的一系列的论证与评估, 还需要根据评估结果对系统的参数进行整定、优化, 模拟可能出现的故障, 并一步步调试、完善<sup>[1]</sup>。运用传统的物理系统去完成这些工作将会劳民伤财, 周期较长, 危险性高。随着自动控制等技术的发展, 仿真技术可很好地完成上述工作。但普通的二维仿真给出的一些曲线虽然能表示船舶电站系统的工作状态, 但缺少了直观性, 不易读, 而设计人员对某一数据的误读也有可能为设计带来不必要的成本投入。本项目研发的船舶电站虚拟现实仿真系统便可以作为船舶电站设计的验证平台, 把二维仿真的结果转化为直观的虚拟现实动作, 可实现对所设计的船舶电站的运行分析、各种故障验证等, 提出反事故措施等, 而更好地对总体设计进行试验、评价、改进和参数的优化, 很好地解决船舶电站设计及生产中的各种不便。

另外, 国际海事组织规定轮机员必须经过仿真模拟器的培训<sup>[2]</sup>。对于目前比较普遍使用的船舶电站模拟仿真系统, 大都作为一个模块嵌入轮机模拟器。传统的各种船舶电站培训设备与实船上的电站系统往往有很大差别, 且在耗资、培训环境、维护、危险性等诸多方面有较多不适, 也不便为提升培训效果, 人为制造电站事故来让学员实操训练。再者, 物理的电站培训设备在技术

更迭的信息化时代很容易与实际的船舶电站系统脱节, 培训系统的更新重建也将带来巨大的人财物力投入的浪费。市面上普通的二维界面模拟器丢失了物理器件的部分动作特征, 缺少一定的直观性, 培训效果不好。本项目研发的船舶电站虚拟现实仿真系统又可以作为船员培训平台, 为高校船舶电子电气专业人才培养及社会船员培训提供良好的仿真训练环境, 大大提升船员培训效果。同时, 随技术的发展实时更新, 系统可以随时更新调整可带来巨大的经济效益。

## 1 船舶电站虚拟现实仿真系统概述

图 1 为本系统的整体结构图。其中, 船舶电力系统二维仿真系统包括发电机控制系统验证仿真、发电机空载启动系统、发电机单机加减静态负载仿真、单机加减异步电动机仿真和典型工况故障仿真, 发电机控制系统验证仿真包括柴油机调速模型仿真和发电机励磁系统仿真, 典型工况故障仿真包括单项接地短路仿真、两相接地短路仿真和三相短路仿真。

二维实时仿真平台可供开发人员设置不同参数, 可以输出各类参数的波形及数据统计信息, 供设计者进行参考并对设计进行参数优化及完善。同时二维实时仿真平台与图形工作站上三维仿真系统进行通信交互, 图形工作站连接 VR 头盔显示器及操纵手柄, 实现二、三维系统同步仿真。为系统开发验证及教育培训均带来极大

的便利。

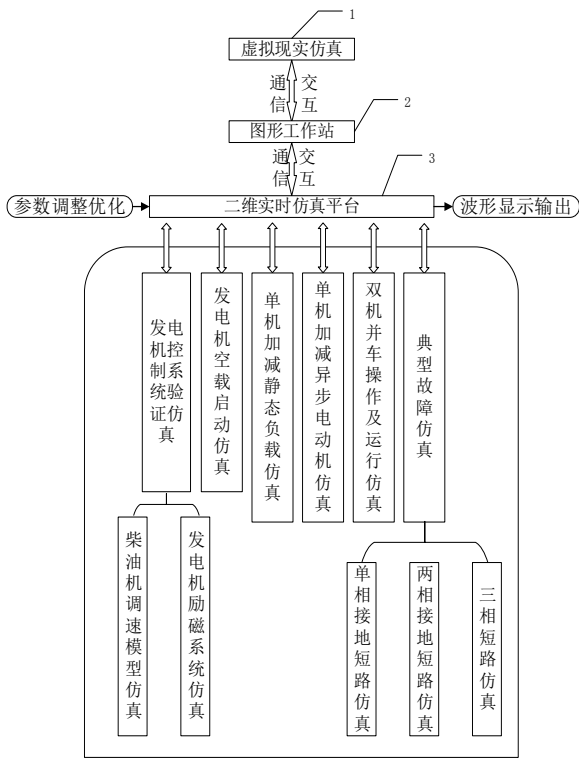


图1 仿真系统结构图

## 2 二维仿真系统开发

为船舶电力系统建立数学模型，包括同步发电机、励磁控制系统、转速控制系统、负载及船舶电站操作逻辑控制建立数学模型，此数学模型按照动态数学模型、逻辑和控制模型进行构建。其中用来模拟柴油机及其调速模型、发电机及其励磁系统模型、附属设备和系统动态状态的数学模型叫做动态数学模型。用来模拟船舶电站报警、操作和控制的数学模型叫做逻辑和控制数学模型。用 Simulink 建立船舶电力系统整体仿真模型，总体模型如图 2 所示<sup>[3]</sup>。

(1) 柴油机发电机组模型。柴油机及其调速系统模型。调速器主要由测速器、伺服马达等部件组成。测速器用来测得柴油机的实际转速，与整定的转速进行比较，偏差作为控制信号控制执行机构进行转速调节，控制器和柴油发电机组形成闭环反馈控制，最后使得柴油机转速稳定在给定值。

(2) 发电机模型。此处所述发电机模型为交流发电机模型，交流发电机又分为同步发电机和异步发电机，

此处建立同步发电机的数学模型，发电机的建模主要根据运行过程中的电磁变化和机电转变的原理来进行。主要包括定子励磁电动势、电机空载电动势、超瞬变电动势等，然后建立简化后的定子电压方程、转子绕组电压方程、转子运动方程等，在 simulink 中建立其模型<sup>[3]</sup>。

(3) 发电机励磁系统模型。船舶上负荷发生变化时，通常会造成同步发电机输出端电压的波动，对电网造成不好的影响。这就需要励磁系统通过控制励磁电流，以维持同步发电机端电压的稳定。模型包括相复励装置的数学模型、电压差的数学模型、补偿器的数学模型、放大器的数学模型、比例饱和环节的数学模型、交流励磁机的数学模型、反馈环节的数学模型<sup>[4]</sup>。

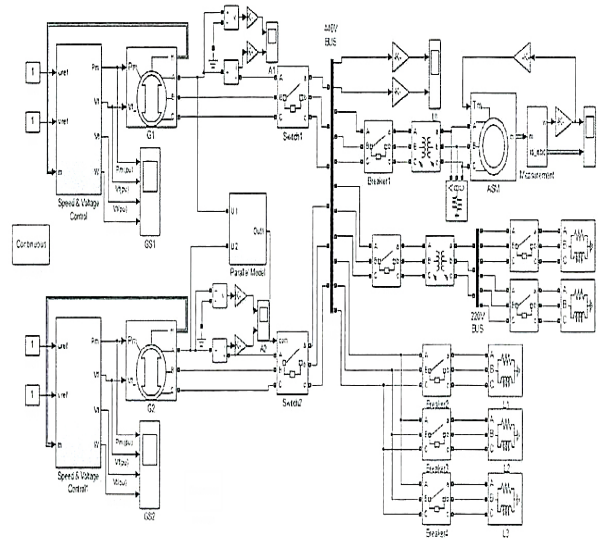


图2 系统整体仿真模型

(4) 变压器和负载模型。包括变压器数学模型、负载数学模型，其中负载数学模型分为动态负载和静态负载。

(5) 并车控制模型。按照准同步并车的方式进行仿真，这种方法冲击电流小，运用广泛，需要运行发电机的频率相等、电压幅值相等、相位角相等、相序相同，实际工程应用中除了相序相同必须满足，其余条件可容许有少许偏差<sup>[5]</sup>。

## 3 三维仿真系统开发

根据所采集设备的外观参数，用 3D Studio Max（简称 3d Max）建立船舶电站及附属设备和内部传动系统等 3D 模型，包括发电机组、船舶配电板、各种仪器仪表、

开关按钮、内部脱扣装置等,对这些模型做UV展开和零件的拼装等操作,用Adobe Illustrator和PhotoShop软件进行二维贴图的绘制和处理。需要将场景模型导出为FBX格式文件,导入Ue4中,并进行碰撞设置,以第一人称操作者进行整个交互设计和逻辑编程。在虚幻引擎中用蓝图系统和管卡系统构建船舶电站各部件和整体的动作,根据逻辑流程图生成虚拟现实效果,用VR头盔显示器和手柄(如图3)调试,达到理想的效果,生成一套可供工程应用及教学培训的虚拟现实仿真系统,如图4所示。

4 二、三维仿真通信设计

MATLAB和Ue4无法直接通信,本项目采用C++动态DLL通信,UE4在C++编译开始前,使用工具UnrealHeaderTool对C++代码进行预处理,并自动生成相关序列化代码;然后再调用真正的C++编译器,将自动生成的代码与原始代码一并进行编译,生成最终的可执行文件,这样实现了UE4和C++的混合编程。然后C++可以调用MATLAB中的算法,采用的方法为C++调用m文件生成的DLL文件,MATLAB的C++Complier可以把m文件转换为C++的源代码,还能够产生独立可执行的DLL程序,从而可以在C++程序中,通过调用DLL实现对MATLAB代码的调用。这样,就可以实现在UE4系统中用户操作作为输入,通过C++进行数据通讯,在MATLAB中完成对用户输入的处理和计算,实时地把计算结果反馈给UE4的可视化部分,用反馈的数据来驱动可视化中所有船舶电站三维模型的运动,完成交互。



图3 VR头盔显示器及手柄



图4 船舶电站虚拟现实仿真系统

5 结语

本项目提出了MATLAB与Ue4的C++动态DLL通信方法,实现了MATLAB和Ue4的联合仿真,即实现普通二维仿真和三维视景仿真的结合,开发出了与二维仿真同步的最接近实际系统的虚拟现实仿真系统,使两者优势互补。为不同研究对象的相关技术的运用提供借鉴,并为以后对接整个船舶制造过程中的轮机、船体三维仿真做基础。

参考文献:

[1] 吴赛赛.船舶电站系统建模仿真[D].哈尔滨工程大学,2013.  
[2] 臧大伟.船舶转叶式舵机系统仿真与虚拟现实的实现[D].大连海事大学,2008.  
[3] 贾君瑞.船舶电站系统建模与仿真[J].舰船科学技术,2012(11):55-58.  
[4] 王岩.船舶电力系统建模及其仿真应用[D].大连海事大学,2018.  
[5] 侯林其.船舶电力系统建模与仿真研究[D].大连海事大学,2016.

基金项目:2019年山东省船舶控制工程与智能系统工程技术研究中心科研开放基金项目:船舶电站虚拟现实仿真系统开发研究(项目编号:SSCC20190001)。