

新装备模拟训练器的研制

黄葵,朱兴动

(海军航空工程学院 青岛校区六系,山东 青岛 266041)

摘要:为满足新装备教学训练需求,通过半物理仿真和虚拟场景相结合的方式,研制了某型新装备训练模拟器;介绍了该训练模拟器的设计思想,详细论述了仿真机柜功能模型的建立和故障仿真方法,对新装备训练模拟器的开发具有较强的借鉴作用。

关键词:模拟器;装备训练;故障模拟;功能模型

本文引用格式:黄葵,朱兴动.新装备模拟训练器的研制[J].四川兵工学报,2015(1):75-77.

Citation format:HUANG Kui,ZHU Xing-dong. Development of New Equipment for Training Simulator[J]. Journal of Sichuan Ordnance,2015(1):75-77.

中图分类号:TJ83

文献标识码:A

文章编号:1006-0707(2015)01-0075-03

Development of New Equipment for Training Simulator

HUANG Kui,ZHU Xing-dong

(The 6th Department, Qingdao Branch of Naval Aeronautical Engineering Academy, Qingdao 266041, China)

Abstract: The model X equipment training simulator was developed with a combination of semi-physical simulation and virtual scene in order to satisfy the demands of the new equipment training. The design philosophy and system layout were introduced, and both the method of establishing the functional model and fault simulation based on the construction experience were discussed in detail, which will serve as a reference for other equipment training simulators.

Key words: simulator; equipment training; fault simulation; functional simulation

随着部队现代化建设的推进,越来越多的新型装备投入使用。新装备的技术复杂程度普遍较高,综合性强,维修成本高^[1],要求技术保障人员具备较高的技术保障水平。然而,新装备大多价格昂贵,实装数量较少,往往不能及时配发院校,院校培训只能以理论教学为主,严重影响了学员第一岗位任职能力的形成。模拟训练是计算机技术和仿真技术融合的产物,经历了几十年的发展,已经成为军事领域重要的训练手段,研制新装备训练模拟器,开展装备模拟训练,已成为任职教育院校培养学员第一岗位任职能力的一项重要举措。本文通过实装仿真和虚拟场景相结合的方式,研制了具备操作训练和维修训练功能的某型新装备训练模拟器,较好地满足了学员第一任职岗位的需求,有效促进了新装备技术保障能力的形成。

1 模拟器设计思想

新装备训练模拟器的基本功能是代替实装开展装备操作和维修训练^[2],使受训者快速掌握装备操作使用技能。因此,训练模拟器并不简单地追求与真实设备的一致,而是在满足训练需求的前提下,尽可能简化^[3],以虚代实、以软代硬。确定操作维修项目多、控制关系复杂的机柜进行半物理仿真,为受训者提供逼真的工作站位,使受训者最大限度得到近似实战化的训练;对于价格昂贵、操作维修项目少、技术复杂程度高的分机或部件,建立三维实体模型,通过虚拟方式显示在三维场景中;其他如配电柜、转接箱等与训练相关度低的分机部件视情去除或简化。

2 模拟器总体方案

某型装备由控制系统、设备本体和执行机构3部分组成,控制系统提供了1个本地操作战位和2个远程操作战位,完成装备的操作控制和状态监视,并为设备本体和执行机构提供控制信号;设备本体作为被控制对象,用来显示该设备的工作状态;执行机构与设备本体机械耦合在一起,由执行电机带动设备本体运动。根据操作规程,该装备共有5大类26个操作项目,全部集中在控制系统,舰员级维修手册中明确的32个部件更换项目和11个故障排查项目,也有29个属于控制系统。因此,根据虚实结合、软硬结合的原则,对控制机柜采取半物理仿真,仿真机柜外观与布局、操作(如按钮、开关、控制阀等)和显示界面(如仪表、指示器、信号灯、显示屏等)与真实设备完全一致,提供与真实设备相同的监控界面,具备与真实设备相同的操作反应与结果;对控制机柜的内部结构进行简化,保留可更换件,并对连接部分进行特别加固设计,以满足反复拆装训练的需要;确保仿真机柜内部关键点信号与实际工作信号相符,为故障定位提供依据;增加故障仿真单元,进行故障现象的仿真。执行机构和设备本体的技术复杂程度较高,训练项目相对较少,为了降低训练成本,采用虚拟仿真方式,在三维场景中进行显示。为了更好地体现模拟器的训练功能,增加教学控制台,作为模拟器的控制管理中心^[4],对训练过程进行实时监控,并进行故障设置。

3 模拟器结构组成

训练模拟系统由模拟控制系统、虚拟场景显示系统和教学控制台三部分组成(图1)。模拟控制系统包括实装所有控制机柜,提供操作和维修站位;虚拟场景显示系统包括图形工作站、投影系统和音响系统,用于三维场景和设备状态的显示;教学控制台用来组织实施教学训练,并进行训练过程的管理。

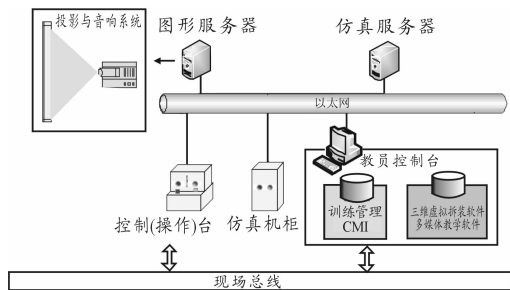


图1 某型装备训练模拟器组成

为了保证与实装的高仿真度,同时兼顾训练功能的拓展,针对信息流量的大小以及对信息实时性的要求,训练模拟器选用不同类型的总线网络。仿真机柜之间采用与实装完全一致的现场总线构成现场测控网,完成底层数据的采集

与控制,满足实时性、容错性、安全性的要求。教学控制台与仿真机柜之间基于以太网和UDP协议构成管理信息网,实现大容量的通信,提高仿真数据和逻辑指令等信息的I/O速度,满足训练管理要求。

4 模拟器技术实现

4.1 功能模型的建立

模拟器的功能大多是通过软件来实现的^[5],例如实装控制柜面板上的电压表显示的是某处电压的实时值,而仿真机柜通过单片机软件对当前的操作输入与教学控制台的设置状态进行综合,控制电压表头的显示值,呈现与实装相同的结果。因此,模拟器设计阶段一项重要的工作是建立实体对象的仿真模型^[6],将实装机柜的功能转化为计算机能够处理的数据结构。根据信号的不同,仿真机柜面板上的输入输出设备可分为数字量和数据量两类,数字量输入设备(如按钮)产生开关量信号 D_{i1}, \dots, D_{in} ,数据量输入设备(如旋钮)产生模拟量信号 M_{i1}, \dots, M_{im} ;数字量显示设备(如指示器)接收开关量信号 D_{o1}, \dots, D_{ok} ,数据量显示设备(如表头)接收模拟量信号 M_{o1}, \dots, M_{ok} 。根据实装控制柜的功能,建立仿真机柜功能模型如下:

$$D_{o1} = f_1(D, M), \dots, D_{ok} = f_k(D, M) \quad (1)$$

$$M_{o1} = f_{t+1}(D, M), \dots, M_{ok} = f_{t+k}(D, M)$$

单片机不停采集输入设备的状态,根据式(1)解算得到输出设备的控制信号,从而呈现出与当前操作动作对应的显示状态,实现操作功能的模拟。

4.2 故障的生成与嵌入

故障的处理能力是装备保持战斗力和性能恢复的基础,属于较高级别的技术保障能力,也是舰员级维修能力的重要组成部分。单个部组件的故障通过系统间的信息流通,在各部分之间相互影响,故障现象通过控制柜面板、执行机构和设备本体的运行状态反映出来。训练模拟器根据故障和功能相分离的原则,通过物理仿真和虚拟仿真相结合的方式,对故障进行仿真,确保故障产生的原因和故障表象与真实情况相同^[7]。

故障的物理仿真,是在原电路上增加故障仿真单元,通过开关芯片或继电器控制回路通断,显示正常和故障两种现象。如图2为灯故障产生电路,CPLD综合控制柜面板的操作动作和教学控制台的故障设置信息生成控制信号,控制继电器的通断,使LED的状态和端电压都与真实故障相同。

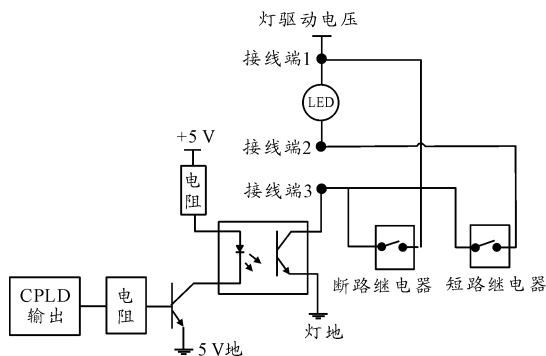


图2 灯故障仿真单体

故障的虚拟仿真方式,是指建立故障类型与故障点状态 S_1, \dots, S_p 的逻辑模型,将故障点状态与输入信号综合后,驱动故障现象的再现。式(1)是正常工作状态下的功能模型,考虑到故障现象的模拟,输出设备的状态应该由输入状态和故障设置信息共同决定。因此,修正式(1),得出仿真机柜完整功能模型如下:

$$\begin{aligned} D_{oi} &= f_{i_1}(D, M, S), \dots, D_{ok} = f_{i_k}(D, M, S) \\ M_{oi} &= f_{i+1}(D, M, S), \dots, M_{ok} = f_{i+k}(D, M, S) \end{aligned} \quad (2)$$

例如,仿真机柜接收到教学控制台发送的“灯故障”类型后,根据故障模型得出故障点状态 $\{S\}$,再由式(2)得出输出设备控制信号 $\{D\}$,点亮面板上的告警指示灯,驱动蜂鸣器鸣响,显示与实际故障相同的效果。

5 结束语

某型新装备模拟器采用半物理仿真与虚拟场景相结合的方式,构建了装备操作维修训练平台,实现了高逼真度仿真。训练内容不仅局限于基本的操作程序训练,更可以通过故障现象的仿真,使受训者熟悉典型故障现象,形成识别、判断、排除故障的能力,为装备深度维修奠定基础。该训练模拟器现已应用于我校装备教学,经过三期使用,效果较好,有

效促进了学员岗位任职能力的形成。

参考文献:

- [1] 王桂芹,刘海光,张永. 某大型训练模拟器的设计与实现[J]. 四川兵工学报,2012,33(8):10-11.
- [2] 商亚,陈慧玲,武冰. 浅析训练模拟器设计中注意的问题[J]. 科技传播,2011(4):209-210.
- [3] 王彤,卢世超,武智晖. 训练模拟器总体设计技术及应用[J]. 国防技术基础,2010(4):43-46.
- [4] 张磊,冀海燕,卢文忠. 模拟器测试与维修训练应用仿真研究[J]. 现代防御技术,2011,39(1):153-156.
- [5] 王娟,樊智勇,蔡成仁,张鹏. 机载气象雷达维护模拟系统的设计[J]. 计算机测量与控制,2009,17(8):1632-1637.
- [6] 郭润夏. A320 电子设备舱维护仿真研究与实现[D]. 天津:中国民航大学,2008.
- [7] 刘敬忠. 柴油机燃料供给故障教学系统的研制[J]. 中国现代教育装备,2010(7):41-42.

(责任编辑 周江川)

(上接第 55 页)

4 结论

本文应用 BDD 方法对小型核反应堆安全注射系统进行可靠性分析,结果表明泵 P_2 、过滤器 F 、换热器 HE 、止回阀 H 、控制阀 A 、 C 、 I 、 J 、 L 的可靠性对系统完成指定任务具有较大影响,应加强日常监测,及时更换性能退化的部件以保证航行安全及安全注射系统的高可靠性,且可改进关键部件的设计以提高系统整体可靠性。另外,通过对比各部件的优先级排序和结构重要度发现两者排序基本一致,具有较高优先级的部件其结构重要度也较大,因此,可通过生成的 PMS-BDD 粗略地估计各部件的结构重要度大小。

从分析过程中可知,PMS-BDD 方法建模简单,有效降低了计算的复杂性,同时,也避免了传统故障树分析中所存在的组合爆炸问题,故可将该方法引入到对小型核反应堆其他系统的可靠性评估中。

参考文献:

- [1] ESARY J D, ZIEHMS H. Reliability analysis of phased missions[J]. Proceedings of Reliability and Fault Tree Analy-

sis, 1975, 27: 213-236.

- [2] AKERS S B. Binary decision diagram[J]. IEEE Transaction and Computers, 1978, C-27(6):509-516.
- [3] SOMANI A K, TRIVEDI K S. Phased-mission system analysis using boolean algebraic methods[J]. Performance Evaluation Review; Proc. ACM SIGMETRICS Conf, 1994, 22(1):98-107.
- [4] ZANG X Y, SUN H R, TRIVEDI K S. A BDD-based algorithm for reliability analysis of phased-mission systems[J]. IEEE Transactions on Reliability, 1999, 48(1):50-60.
- [5] 王楠,杜素果. 一种多阶段任务系统的 BDD 排序新方法[J]. 科学技术与工程, 2010, 17(10):4217-4224.
- [6] 陈玲,尚彦龙,蔡琦,等. LOCA 事故下安全注射系统可靠性的 GO-FLOW 法分析[J]. 原子能科学技术, 2012, 46:324-329.
- [7] 阎凤文. 设备故障和人误数据分析评价方法[M]. 北京:原子能出版社,1988.
- [8] 徐亨成,张建国. 基于 BDD 技术下的故障树重要度分析[J]. 电子机械工程, 2003, 19(6):1-4.

(责任编辑 周江川)