火电机组及热网3D视景及运行仿真培训系统

建设内容、功能及需求

一、项目建设内容

（一）火电机组仿真系统

能完全模拟实际工作场景，包含所有模块；不但教学可以使用，也可以针对电厂工作人员技术培训，包含3d可视技术，具有国内的技术领先性和培训特色。

仿真机系统能对300MW/600MW/1000MW等类型机组进行物理级的全范围、高精度、设备数量1:1的仿真，其中DCS操作站画面及操作功能与实际机组一致，DCS以外的控制设备、仪表，以虚拟设备（3D图像）仿真的形式在就地操作站中仿真。各种稳态和暂态情况下，包括机组正常启停、正常运行、操作，非正常操作和非稳态运行工况，参数的变化及方向与实际机组一致，符合机组运行规程，遵守物理和化学定律，机组报警与自动操作与实际机组一致。

建设全范围、全工况、高精度的亚临界或者超临界300MW/600MW/1000MW仿真机软件，事故项目有四百个或以上，逼真的数学模型和仿真培训功能，能提供全面真操实练的培训环境，能达到非常好的培训效果。

目前采用低低温/脱硝/二级反应塔脱硫/高背压供热的火电机组越来越多，仿真机必须配置这些基本模块，并采用3D可视视景技术的火电厂的全厂仿真生产系统漫游系统的开发，包括典型火力发电厂全景三维数字模型，包括锅炉系统、汽轮系统、发电机系统、空气预热系统、制粉系统、回热系统、脱硫系统、脱销系统、除尘系统、循环水系统、升压系统，达到让学生全面了解火力发电系统的目的。

（二）锅炉点火过程3D视景及虚拟仿真实验

通过3D视景系统，建立火电机组锅炉点火过程的3D视景系统、点火过程、火焰多媒体、锅炉炉膛烟温动态变化等过程，完全展现锅炉点火的操作步骤、参数变化、炉膛火焰的动态变化等全流程，教学实验时间至少达到2学时，至少包括10步主要操作。仿真模型包括：

1. 开发油泵操作的3D模型、油枪操作的3D模型、油枪火焰动态变化的多媒体模型。

2.建立油枪的点火数据库仿真模型。

3.建立炉膛火焰变化后的锅炉数据库仿真模型。

实现锅炉油枪点火过程3D视景及虚拟仿真试验的全部动态过程。

（三）居民供热网二级换热站3D智慧巡检虚拟仿真

通过3D视景系统，建立市区供热网的3D视景系统、供热设备操作/巡视等过程。能完全虚拟实现供热网的二级换热站设备巡视、操作、监控的3D视景的全流程，完成学员供热二级站巡视/操作/调整的虚拟现实仿真培训的全部授课任务。模型至少包括：

1.开发二级换热站的3D模型。

2.建立二级换热站的数据库仿真模型。

实现供热网二级换热站的3D视景巡视及虚拟仿真试验的全部动态过程。

二、项目建设功能及需求

（一）仿真机培训和应用功能

由于火力发电机组向大容量、高参数、集中控制方向发展，技术日益复杂，对安全、经济运行的要求很高，对运行人员也提出了高要求，沿用旧的培训方法已无法满足大机组运行人员的培训要求。当今国内外已普遍采用实时仿真培训系统来培训新的运行人员和轮训/考核在职人员，取得了很好的效果。

在教练员的指导下，仿真机将能够正确完成对电站技术人员的培训和考核。培训学员熟练正确地掌握机组设备在起动、停机和正常运行等各种工况下的监视、操作技术。

培养和提高学员正确判断、排除各种故障和事故的应急能力，并通过针对各种故障进行判断、分析的反复培训，提高技术人员对机组运行工况的综合分析能力。

（二）仿真范围为整套单元机组、厂内电气网络。

具体仿真范围按炉、机、电、热控等专业分别详细要求（参见电站仿真机设计规范）。总体要求为：

1.机组正常运行工况和实验的仿真：包括机组起/停、冲转、并网、跳闸处理，以及运行人员对设备或系统进行规程规定的各种试验。

2.所有操作响应和动态运行过程能按实际机组自然状态进行反应（包括误操作），不在DCS监视设备的操作由就地操作台来实现。

3.机组故障工况仿真：仿真装置可实时地仿真非正常工况和突发事件（如四管爆破、凝汽器真空下降等），这时机组和自动控制系统都能正确反应真实故障过程。

4.所有性能指标将达到部颁标准，满足用户方要求。

对单元机组进行完全仿真，在机组启/停过程中，按照规程需要进行的设备操作、保护/逻辑试验等均被仿真。例如对高压电气开关、PT、低压开关的操作，仿真的也很详细、准确。

（三）智能的计算机考评和事故记录重演功能

专门编写了机组冷态启动、温态启动过程中，仿真机自动考评软件。对各培训小组的操作过程，根据操作质量、安全性、经济性等综合能力，结合参数匹配程度、报警严重程度、参数异常持续的时间等自动给出评分。对运行人员测评具有较高的客观性。

仿真机对机组启停、主要的事故处理等过程具备自动评判功能。对仿真机运行的任一过程或事故过程都可以进行重演。重演过程可以随时中止，取决于计算机的配置硬件，重演时间最长可以超过48个小时以上。

（四）低低温/脱硝/二级反应塔脱硫/供热等系统的仿真

近年来我国雾霾现象严重，环保要求也越来越高，采用低低温/脱硝/二级反应塔脱硫/供热的火电机组越来越多，采用3D可视视景技术的火电仿真培训系统的开发，将成为电厂实时仿真系统的研究方向。

建立1：1比例的仿真机实训系统，并仿真机组供热系统及热力管网系统，配置一套全过程供热管网系统仿真模块，满足供热机组安全/经济运行，热力供热管网安全/经济调整；可以进行机组安全高效运行模式研究、热力供热管网不同气候及运行模式下培训/研究的目的。

1. 对仿真系统软件的基本要求

1.仿真系统软件应满足电力行业《DL/T 1022-2006 火电机组仿真机技术规范》的要求。

2.有完善的售后服务队伍和制度,能提供至少三年以上的免费维护服务。

3.能模拟汽轮发电机组的启动与停机过程。

机组正常启动过程至少应包括以下内容：

（1）机组电气倒闸、送电过程；

（2）机组启动前相关辅助系统恢复与投运过程；

（3）机组的上水与冲洗过程；

（4）风烟系统的启动与锅炉吹扫过程；

（5）锅炉点火与机组升温升压过程；

（6）汽轮机挂闸冲转过程及摩检；

（7）发电机升压并列过程；

（8）制粉系统启动过程；

（9）给水旁路的切换过程；

（10）机组的厂用电切换过程；

（11）汽动给水泵的冲转与并列过程；

（12）机组的升负荷过程；

（13）机组的运行与调整过程；

（14）机组的停机过程；

（15）机组的热态启动过程。

4.应有如下典型的参考机组仿真初始工况：冷态；热态；极热态；准备吹扫；准备冲转；准备并网；50%负荷；100%负荷。

5.除上述初始工况外，仿真机应提供足够多的备用初始工况存储点，并能根据需要加入、修改或删除初始工况。

6.能模拟汽轮发电机组正常运行条件下的参数调整和日常维护过程。

7.能模拟机组常见事故现象及事故处理过程。

机组的事故处理过程，至少应包括以下类型：

（1）汽包锅炉满水或缺水；

（2）锅炉灭火；

（3）单台或两台汽泵跳闸；

（4）一次风机跳闸；

（5）磨煤机跳闸；

（6）回转式空预器跳闸；

（7）厂用电中断；

（8）机组RUNBACK；

（9）受热面（水冷壁、过热器、再热器、省煤器）爆管；

（10）机组控制系统异常；

（11）仪用气失去；

（12）汽水管道水冲击；

（13）闭冷水中断；

（14）电网周波变化；

（15）高加解列；

（16）汽轮机真空系统工作异常；

（17）汽轮机油系统工作异常；

（18）汽轮机本体故障；

（19）发电机本体故障；

（20）机组发变组故障；

（21）机组厂用电故障。

1. 仿真机的性能指标

1.静态特性指标

仿真机的仿真仪表误差，应不大于参考机组相应的仪表、变送器及有关仪表系统的累计误差；

数学模型静态特性应保证满足质量守恒和能量守恒。数学模型参数的计算值应是稳定的；

关键参数的计算值与参考机组相应的参数值的偏差，应不超过测量仪表量程的2%；非关键参数的计算值与参考机组相应的参数值的偏差，应不超过测量仪表量程的10%。

典型关键参数如下：

（1）主蒸汽流量和主蒸汽压力；

（2）给水流量；

（3）电功率；

（4）高压、中压和低压蒸汽流量；

（5）过热器和再热器的喷水流量；

（6）过热器出口温度和压力；

（7）高压缸入口温度和压力；

（8）高压缸第一级压力；

（9）再热器出口温度和压力；

（10）凝汽器压力；

（11）燃料量；

（12）总风量。

2.动态特性指标

仿真机在启停过程中的正常操作结果，应符合参考机组的运行规程；

各参数的动态变化应符合对有关动态过程的分析结果，不应违反物理规律；

报警和自动装置动作的仿真结果与参考机组相一致。

3.实时性指标

对盘台操作的响应时间不大于0.5秒；

对仿真操作员站和就地操作站的操作在保证仿真机静态和动态特性指标的情况下，响应时间不大于参考机组相应的响应时间。

4.系统可靠性指标

主计算机两次故障间隔平均时间(MTBF)大于4320小时；

输入输出接口系统两次故障间隔平均时间大于2160小时；

仿真机系统连续稳定运行时间不小于72小时。

（七）仿真系统软件附加功能要求

1.最好能进行DCS系统界面和控制策略的学习

仿真机的DCS系统应根据相关电厂机组的实际DCS系统进行全功能仿真，实现虚拟DCS。仿真机的DCS操作站功能及控制逻辑组态与现场完全相同。学员通过在仿真机上的学习，能够了解不同机组的DCS操作界面风格，理解控制系统的控制策略原理。

2.仿真系统软件应能独立应用于42个台式机单元组。各单元组均能独立地模拟单元机组运行过程，其操作情况与其它单元组互不相关，但可接受教练员站（服务器）的指令；并可根据教练员站发出的指令改变各自的运行模式和初始运行条件。

3.操作员站的学员不能随意改变仿真系统软件原有设置。

4.应能提供仿真系统软件的使用手册，并负责指导教师培训。

5.仿真系统教练员站可对各单元组操作情况进行监控，并可设置各单元组的运行模式为主动模式（学员自学）或被动模式（考试）。

主动模式下，各单元组有完全的权限，可以自行选择初始运行状态并进行各种操作练习；

被动模式下，各单元组的权限仅限于对元件的操作，只有服务器可设置初始运行状态或故障现象；

任何情况下，教练员站能强制结束各单元组的运行操作。

6.仿真系统软件应能在独立的笔记本电脑上完整运行，便于教师进行操练和教学准备。

7.仿真系统软件对计算机的配置要求不过高，应能在中档商用计算机（32位以上字长，内在2G以上）运行。目前计算机配置显示器为19寸,显示分辨率为1440×900。

8.仿真系统能在校园局域网内良好运行，能单机位独立运行或根据教学需要配置为不同组的方式进行运行。

9.对基本的操作训练过程(如机组冷态启动、机组正常停止、常见事故处理等过程)最好能提供自动评分软件，对各培训小组的操作过程，根据操作步骤的正确性、操作过程的快速性等综合能力，结合参数匹配程度、报警严重程度、参数异常持续的时间等自动给出评分，从而对运行人员进行客观性评价。

（八）基于三维视景技术的全厂仿真生产系统功能要求

三维视景技术的全厂仿真生产系统能带领学员进行全程漫游参观，场景中展示全厂工质流，并以标准的色标展示工质类别，系统自动讲解整体发电工艺流程，各工艺系统的衔接关系，以便让学生建立直观形象的发电过程认知。学生通过交互设备在虚拟电厂中自由参观，详细了解发电厂物理结构，熟悉各种发电设备和各分子系统构成。