第二批国家级一流本科课程申报书
（虚拟仿真实验教学课程）

课程名称：《电力系统综合自动化仿真实验》

专业类代码：080601

负责人：栾国森

联系电话：13972604788

申报学校：三峡大学科技学院

填表日期：2021 年 4 月 15 日

推荐单位：三峡大学科技学院

中华人民共和国教育部制

二〇二一年四月

填报说明

1.专业类代码指《普通高等学校本科专业目录（2020）》中的专业类代码（四位数字）。

2.文中〇为单选；□可多选。

3.团队主要成员一般为近5年内讲授该课程教师。

4.文本中的中外文名词第一次出现时，要写清全称和缩写，再次出现时可以使用缩写。

5.具有防伪标识的申报书及申报材料由推荐单位打印留存备查，国家级评审以网络提交的电子版为准。

6.涉密课程或不能公开个人信息的涉密人员不得参与申报。

1. 基本情况

实验名称	电力系统综合自动化仿真实验	是否曾被推荐	○是◉否
实验所属课程(可填多个)	《电力系统综合自动化》、《电力系统分析》		
性质	◉独立实验课 ○课程实验		
实验对应专业	电气工程及其自动化		
实验类型	◉基础练习型 ○综合设计型 ○研究探索型 ○其他		
虚拟仿真必要性	☑高危或极端环境 ☐高成本、高消耗 ☐不可逆操作 ☑大型综合训练		
实验语言	◉中文 ○中文+外文字幕（语种） ○外文（语种）		
实验已开设期次	共 3 次： 1. 时间：2018 年 12 月、人数：55 2. 时间：2019 年 12 月、人数：430 3. 时间：2020 年 9 月、人数：450		
有效链接网址	（要求填写标准 URL 格式的实验入口网页，不允许仅为文件下载链接）210.42.35.170:443		

2. 教学服务团队情况

2-1 团队主要成员（含负责人，总人数限 5 人以内）								
序号	姓名	出生年	单位	职务	职称	手机号码	电子邮箱	承担任务
1	栾国森	1962.0	三峡大技学院	学部主	教授	139726047	luanguose gu.edu.cn	项目规划
2	朱建国	1973.0	三峡大气与新学院	专任教	副教授	132272699	zhujg@ctg u.cn	项目开发
3	万书振	1976.0	三峡大算机学	专任教	副教授	136186845	4871895 @qq.com	项目维护
4	蒋小辉	1983.5	三峡大技学院	学部副	副教授	139720272	524671806 com	项目教学（
5	陈江艳	1984.7	三峡大技学院	专任教	副教授	186086009	51065593 com	项目教学

2-2 团队其他成员						
序号	姓名	出生年月	单位	职务	职称	承担任务
1	朱新春	1989.3	三峡大学科技学院	教师	讲师	项目教学
2	牛祖蘅	1984.7	三峡大学科技学院	教师	副教授	项目教学
3	陈波	1988.2	三峡大学科技学院	教务主任	讲师	项目协调
4	杨太己	1977.7	三峡大学科技学院	机房负责	副教授	项目运行环护
5	宋建萍	1976.11	三峡大学科技学院	教师	副教授	项目教学
6	郑晓东	1984.10	三峡大学科技学院	教师	讲师	项目教学
7	龙明刚	1985.2	宙谷(上海)数字科技公司	副经理	高级工	市场推广
团队总人数：12 人 其中高校人员数量：11 人 企业人员数量：1 人						

2-3 团队主要成员教学情况（限 500 字以内）

（近 5 年来承担该实验教学任务情况，以及负责人开展教学研究、学术研究、获得教学奖励的情况）

实验教学任务情况:陈江艳老师、朱建国老师等应用本教学项目，承担了本学院近 3 年的《电力系统综合自动化实验》课程，共计 18 个班级，1000 实验人次。

教学研究情况：

1、独立学院力学类课程混合式教学模式的研究（2018516），主持，湖北省高等学校省级教学研究项目（鄂教高〔2019〕2 号）

2、基于复合型理念的特色新设专业“网络与新媒体”的人才培养模式研究与实践，参与，湖北省高等学校省级教学研究项目（鄂教高〔2016〕1 号）

3、独立学院理工类专业创新人才培养模式的研究（20120003），主持，三峡大学科技学院重点研究项目，201201-201612

4、 独立学院电气类学科竞赛体系的建立与研究（20140003），主持，三峡大学科技学院重点研究项目，201401-201512

5、信息技术的应用与普及对高等教育的影响研究（06AIL0100066），主持，国家教育部高教学会“十一五”教育科学研究规划课题（高教会[2006]11 号）

6、栾国森，注重“计算机系统结构”课程理论与实践教学的研究，高等教育理论实践研究，2011.09

7、栾国森，试析本科毕业设计全过程，高等教育理论实践研究，2012.09

学术研究情况：

1、东软-三峡大学计算机科学与技术专业理论与新技术关联的研究（201702043043），主持，国家教育部高等教育司产学合作协同育人项目

2、独立学院网络教学平台建设及应用研究（201801129085），主持，国家教育部

高等教育司产学合作协同育人项目 3、信息服务实体管理及身份鉴别体系研究（2017YFB0802403），参与，国家重点研发计划 4、湖北浅水塘库甲烷产生机制与资源化研究利用(2014CFB672) ，湖北省自然科学基金，参与，201501-201612 5、三峡水库碳排放机制研究(41273110) 201301-201612，国家自然科学基金，参与，201301-201612 6、计算机技术在煤矿污水处理技术中的应用研究，煤炭技术,201312,栾国森第一

注：必要的技术支持人员可作为团队主要成员；“承担任务”中除填写任务分工内容外，请说明属于在线教学服务人员还是技术支持人员。

3. 实验描述

3-1 实验简介（实验的必要性及实用性，教学设计的合理性，实验系统的先进性）

电力系统的特殊性决定了本科综合实验一般只能采用仿真的方式进行，例如以 WDT-IIIC 为代表的物理实验台按定义属于物理的仿真机，以 RTDS 为代表的实时仿真属于在专用硬件上运行的数字仿真机。物理实验台上的电力系统综合实验的局限性，例如场地、安全、可维护性等因素以及电力系统及其监控装置操作的复杂性决定了一般学生仅靠课堂实验难以取得实验效果。针对这个问题，我们以 WDT-III以及 PS-5G 所示的电力系统为对象开发的全数字实时仿真机不仅采用精细的模型模拟了电力系统一次部分，而且精细地模拟了监控装置（例如保护装置、并列装置、励磁装置、调速装置等，包括了各监控装置面板的按钮、显示及内部的控制逻辑、控制算法等）。该仿真机可方便地下载并安装到个人电脑上使用，完全可以实现原物理的实验装置上的实验项目。其额外的优点是：1、通过 internet 终端的 PC 机就可以进行电力系统综合自动化实验；2、丰富的实验数据及其显示（例如曲线图、向量图、仪表等）；3、自动生成实验报告和实验成绩，大大提高了教学效率；4、辅助电力系统相关理论课的教学，讲授理论课时将活的电力系统案例搬到课堂；5、能够很方便地为学生乃至大众提供专业的电力系统实验机会。

3-2 实验教学目标（实验后应该达到的知识、能力水平）

本实验项目是与电气工程专业的《电力系统自动化》、《电力系统分析》等课程相配套的，旨在培养学生的实际操作能力，分析问题和解决问题的能力，综合运用所学基础知识和专业知识的能力。

同步发电机准同期并列实验，实验目的：

1．加深理解同步发电机准同期并列原理，掌握准同期并列条件；

2．掌握微机准同期控制器及模拟式综合整步表的使用方法；

3．掌握同步发电机准同期并列过程；

同步发电机励磁控制实验，实验目的：

1．加深理解同步发电机励磁调节原理和励磁控制系统的基本任务；

2．加深理解同步发电机自动励磁系统的无功电压外特性；

3．掌握微机励磁调节器的基本控制方式；

电力系统功率特性和功率极限实验，实验目的：

1．理解功率极限的概念；

2．理解不同励磁方式及出线方式时功率特性的特点

单机带负荷实验，实验目的：

1.理解和掌握单机带负荷运行方式的特点。

2.加深理解在单机-负荷运行方式下频率特性电压特性与单机-系统运行方式下有什么不同。

3.通过独立电力网与大电力系统的分析比较实验进一步理解系统稳定概念。

3-3 实验课时

（1）实验所属课程课时：48 学时

（2）该实验所占课时：16 学时

3-4 实验原理

1、同步发电机准同期并列实验

（1）实验原理

同步发电机并入电力系统时要求发电机出口断路器两侧电压的频差、压差和相角差满足要求后发电机出口断路器才能够合闸。基于这 3 个并网的条件，同步发电机自动并列装置涉及了调压过程、调频过程及越前时间控制等技术，同学们可以观察自动装置并网的过程中的频率、有功、无功、电压曲线或电压向量观察频差调节、压差调节、相角重合时并网过程，并网时的冲击功率以及并网时电力系统将机组拉入同步的过程，印证所学的知识点。

知识点：共 4 个

①频差对并网的影响

②压差对并网的影响

③相角差对并网的影响

④越前时间的原理

（2）核心要素仿真设计（对系统或对象的仿真模型体现的客观结构、功能及其运动规律的实验场景进行如实描述，限 500 字以内）

我们以 WDT-IIIC 等所示的电力系统为对象开发的全数字实时仿真机不仅采用精细的模型模拟了电力系统一次部分，而且精细地模拟了监控装置（例如保护装置、并列装置、励磁装置、调速装置等，包括了各监控装置面板的按钮、显示及内部的控制逻辑、控制算法等）。该仿真机可方便地下载并安装到个人电脑上使用，操作与控制的方式和流程与物理仿真机一样，完全可以实现原物理仿真机上的实验项目。整个物理系统中的相关变量，包括发电机组、变压器、线路、负荷等元件中的相关变量，可以以曲线图形式、向量图形式实时显示，供学生对物理系统动态特性进行分析和学习。

2、同步发电机励磁控制实验

（1）实验原理

同步发电机的励磁系统由励磁功率单元和励磁调节器两部分组成，它们和同步发电机一起构成一个闭环反馈控制系统，称为励磁控制系统。励磁控制系统的三大基本任务是：控制机端电压，控制发电机无功出力及其合理分配，提高电力系统稳定性等。

知识点：共 3 个

①励磁控制机端电压的原理

②励磁控制对并联在同一母线上发电机无功分配的原理

③励磁控制对提高电力系统稳定运行的原理

（2）核心要素仿真设计

我们以 WDT-IIIC 等所示的电力系统为对象开发的全数字实时仿真机不仅采用精细的模型模拟了电力系统一次部分，而且精细地模拟了监控装置（例如保护装置、并列装置、励磁装置、调速装置等，包括了各监控装置面板的按钮、显示及内部的控制逻辑、控制算法等）。该仿真机可方便地下载并安装到个人电脑上使用，操作与控制的方式和流程与物理仿真机一样，完全可以实现原物理仿真机上的实验项目。整个物理系统中的相关变量，包括发电机组、变压器、线路、负荷等元件中的相关变量，可以以曲线图形式、向量图形式实时显示，供学生对物理系统动态特性进行分析和学习。

3、电力系统电磁功率特性和功率极限实验，实验原理：

（1）实验原理

对于简单系统，如发电机至系统 d 轴和 q 轴总电抗分别为 XdΣ和 XqΣ，则发电机的功率特性为：

$$P_{Eq}=\frac{E_qU}{X_{d\Sigma}}\sin\delta+\frac{U^2}{2}\times\frac{X_{d\Sigma}-X_{q\Sigma}}{X_{d\Sigma}\cdot X_{q\Sigma}}\sin 2\delta$$

当发电机装有励磁调节器时，发电机电势 Eq 随运行情况而变化。根据一般励磁调节器的性能，可认为保持发电机 E′q（或 E′）恒定。这时发电机的功率特性可表示成：

$$P'_{Eq}=\frac{E'_qU}{X'_{d\Sigma}}\sin\delta+\frac{U^2}{2}\times\frac{X'_{d\Sigma}-X_{q\Sigma}}{X'_{d\Sigma}\cdot X_{q\Sigma}}\sin 2\delta$$

或 $$P'_E=\frac{E'_qU}{X'_{d\Sigma}}\sin\delta'$$

这时功率极限为

$$P'_{Em}=\frac{E'U}{X_{d\Sigma}}$$

知识点：共 1 个

①发电机组的功角特性曲线的验证。

（2）核心要素仿真设计

我们以 WDT-IIIC 等所示的电力系统为对象开发的全数字实时仿真机不仅采用精细的模型模拟了电力系统一次部分，而且精细地模拟了监控装置（例如保护装置、并列装置、励磁装置、调速装置等，包括了各监控装置面板的按钮、显示及内部的控制逻辑、控制算法等）。该仿真机可方便地下载并安装到个人电脑上使用，操作与控制的方式和流程与物理仿真机一样，完全可以实现原物理仿真机上的实验项目。整个物理系统中的相关变量，包括发电机组、变压器、线路、负荷等元件中的相关变量，可以以曲线图形式、向量图形式实时显示，供学生对物理系统动态特性进行分析和学习。

5、单机带负荷实验

（1）实验原理

单机带负荷模式是一个独立电力网。发电机是唯一电源，任何负荷的投切都会引起发电机的频率和电压变化（原动机的调速器，发电机的励磁调节器均为有差调节）此时，也可以通过二次调节将发电机的频率和电压调至额定值。学生可以通过理论计算和实验分析比较独立电力网与大电力系统的稳定问题。

知识点：共 3 个

①发电机出力 Pm、发电机电磁功率 Pe、负荷功率 PL 的区别和关系；

②电力系统有功功率平衡和无功功率平衡的含义；

③电力系统无功和电压的关系，有功和频率的关系；

（2）核心要素仿真设计

我们以 WDT-IIIC 等所示的电力系统为对象开发的全数字实时仿真机不仅采用精细的模型模拟了电力系统一次部分，而且精细地模拟了监控装置（例如保护装置、并列装置、励磁装置、调速装置等，包括了各监控装置面板的按钮、显示及内部的控制逻辑、控制算法等）。该仿真机可方便地下载并安装到个人电脑上使用，操作与控制的方式和流程与物理仿真机一样，完全可以实现原物理仿真机上的实验项目。整个物理系统中的相关变量，包括发电机组、变压器、线路、负荷等元件中的相关变量，可以以曲线图形式、向量图形式实时显示，供学生对物理系统动态特性进行分析和学习。

3-5 实验教学过程与实验方法

实验教学过程：

1、进入 www.pssimu.com 教师后台管理界面，录入教学班级，录入学生信息及账号。建立班级 qq 群，用于在群中进行实验课的线上答疑和讨论。

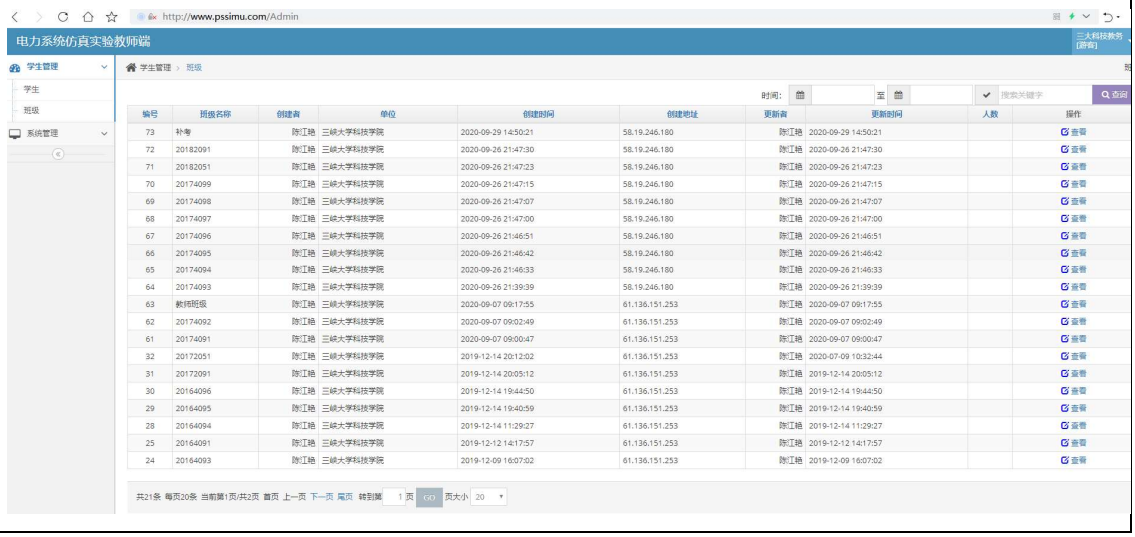
2、第 1 节课为同学们介绍实验平台，同学们根据自己的账号进入仿真平台。讲解

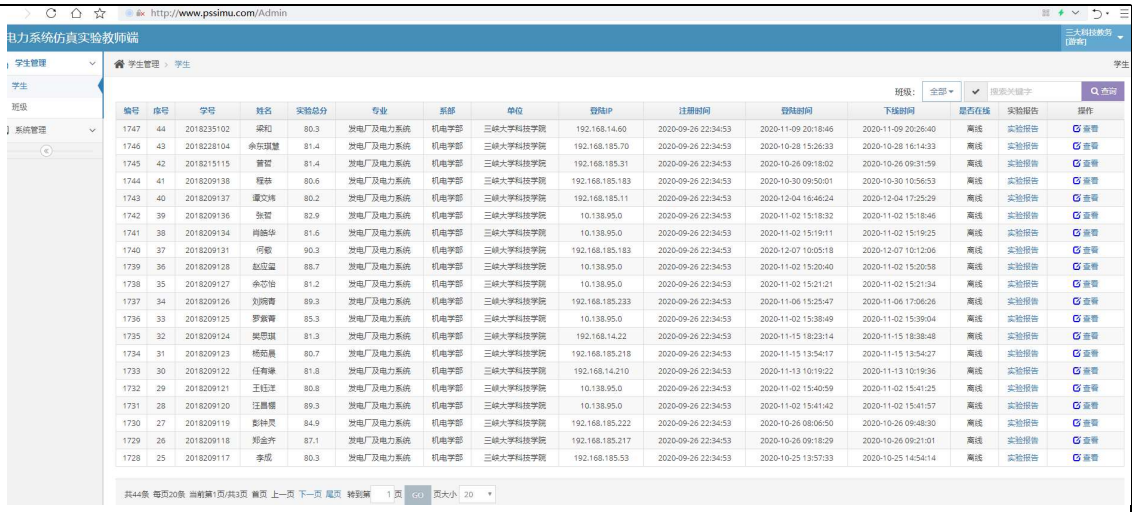
第 1 章实验内容的原理，为同学们演示第 1 个实验的实验过程。让同学们熟悉通过本实验平台进行实验的基本步骤。

3、第 2~16 节课，同学们根据实验提示自己开展实验，通过各种形式观察实验数据，观察实验现象，完成实验数据的记录，将实验数据录入数据库，生成实验报告，查看目前的实验成绩。期间老师进行答疑，穿插对各章实验内容原理的讲解。期间进入 www.pssimu.com 教师后台管理界面，从宏观上观察全班实验的总体进度情况，对进度靠前的进行表扬，对进度拖后的进行提醒。

4、实验课结束，进入 www.pssimu.com 教师后台管理界面，按班级导出实验报告，导出实验成绩录入教务系统。

5、向教务部门提交班级实验成果（可以全部为电子版）。





实验方法：

学生按照装置使用说明书或仿真系统中实验步骤的提示，按照实验步骤完成某项实验，期间通过对实验数据的记录，实验过程的观察，实验数据的分析比较达到对某项实验所包含的理论或知识点进行验证的目的，并观察实验现象，记录实验数据，对实验数据进行分析。

通过这样的实验，学生一方面学会了装置的具体操作及使用方法，另一方面也对电力系统具体的运行和操作进行了学习和锻炼，而且还通过观察操作过程中各种表计的变化以及各种变量的曲线，使得学生更深刻地认识电力系统运行的原理，从而加深学生对知识点的理解，提高运用所学理论知识分析问题的能力。为今后所从事的电力行业的技术工作打下坚实的基础。

3-6 步骤要求（不少于 10 步的学生交互性操作步骤。操作步骤应反映实质性实验交互，系统加载之类的步骤不计入在内）

以并列实验的整定开关时间为例：

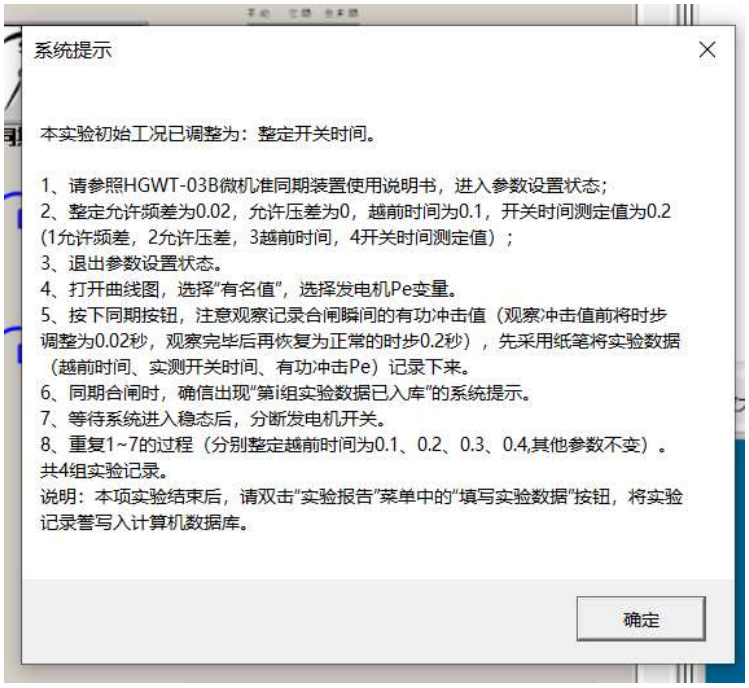
（1）学生交互性操作步骤，共 21 步：

步骤序号	步骤目标要求	步骤合理用时	目标达成度赋分模型	步骤满分	成绩类型

1	进入参数设置状态	3s			
2	整定参数	20s			
3	退出参数设置状态	3s			
4	选择待监视的变量	30s			
5	按下同期按钮，观察同期过程和冲击功率	60s			
6	记录实验数据	60s			
7	分断开关	5s			
8	整定参数	20s			
9	退出参数设置状态	3s			
10	按下同期按钮，观察同期过程和冲击功率	60s			□操作成绩 √实验报告 □预习成绩 □教师评价报告
11	记录实验数据	60s			
12	分断开关	3s			
13	整定参数	20s			
14	退出参数设置状态	3s			
15	按下同期按钮，观察同期过程和冲击功率	60s			
16	记录实验数据	60s			
17	分断开关	3s			
18	整定参数	20s			
19	退出参数设置状态	3s			
20	按下同期按钮，观察同期过程和冲击功率	60s			
21	记录实验数据	60s			

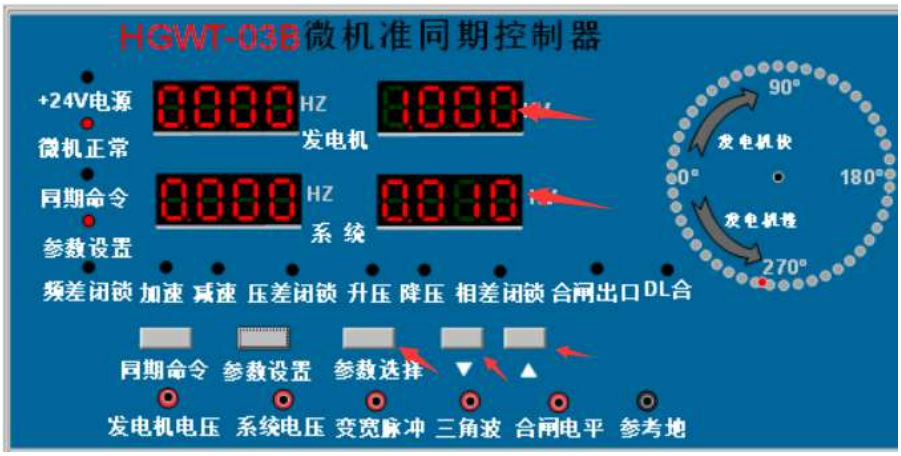
（2）交互性步骤详细说明：

仿真画面的步骤提示截图：



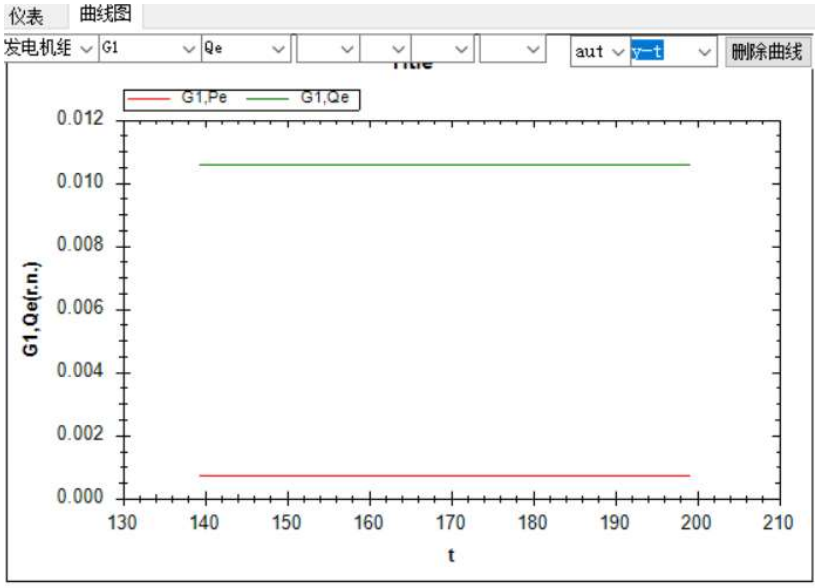
1、请参照 HGWT-03B 微机准同期装置使用说明书，点击参数设置按钮，参数设置灯亮（进入参数设置状态）；

2、整定允许频差为 0.02，允许压差为 0.0，越前时间为 0.1，开关时间测定值为 0.2（1 允许频差，2 允许压差，3 越前时间，4 开关时间测定值）；点击参数选择按钮可以选择参数，点击上下箭头按钮可以修改参数值。

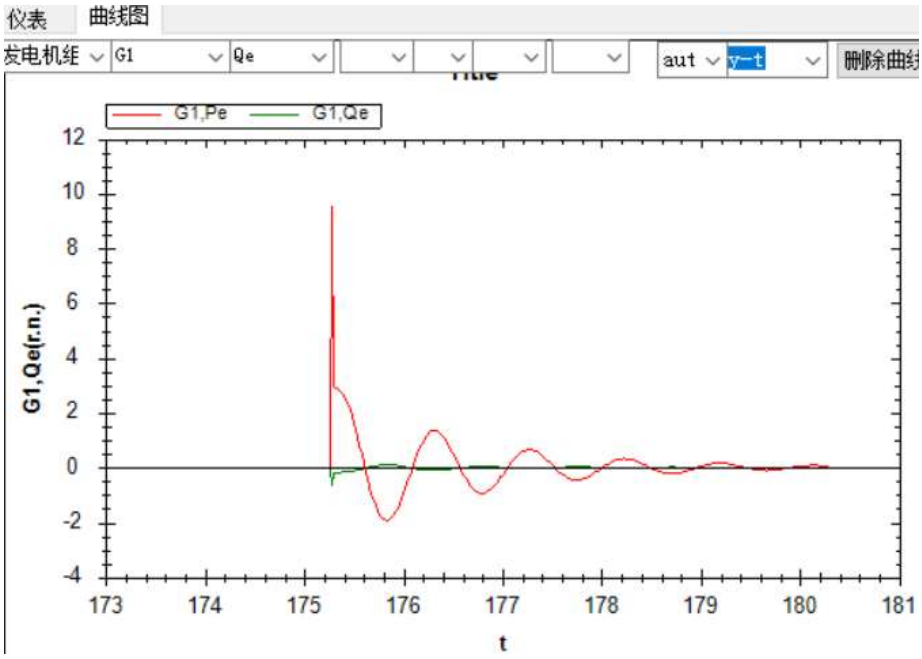


3、再次点击参数设置按钮，参数设置灯熄灭，退出参数设置状态

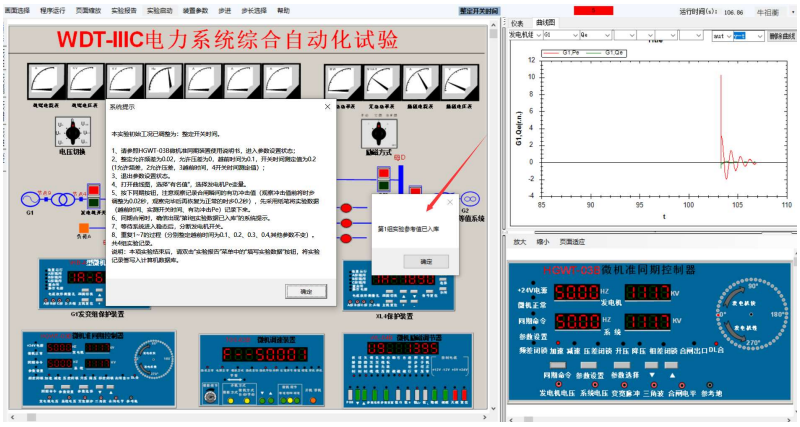
4、打开曲线图，选择“有名值”，选择发电机有功 Pe（也可打开无功 Qe 便于对比）。



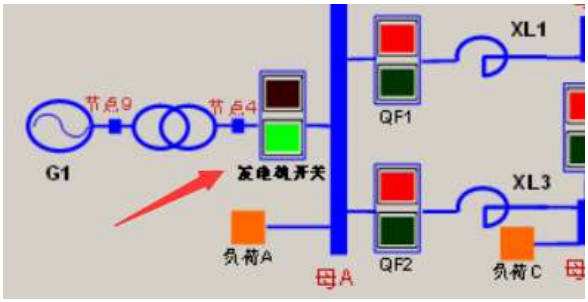
6、 按下同期按钮，注意观察记录合闸瞬间的有功冲击值（观察冲击值前将时步调整为 0.02 秒，观察完毕后再恢复为正常的时步 0.2 秒），先采用纸笔将实验数据（越前时间、实测开关时间、有功冲击 Pe）记录下来。



7、 同期合闸时，确信出现“第 i 组实验数据已入库”的系统提示。”

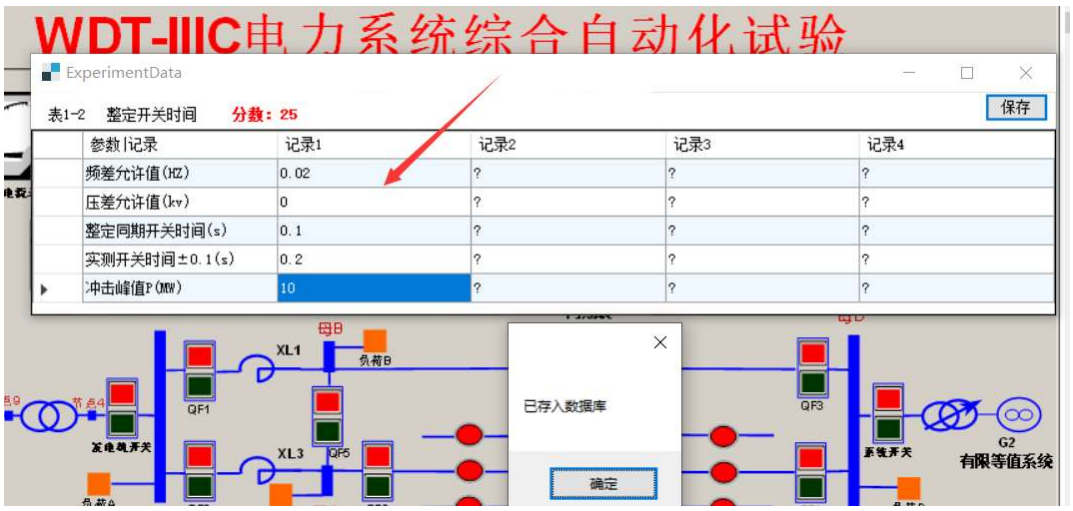


8、 等待系统进入稳态后，分断发电机开关。



重复 1~7 的过程（分别整定越前时间为 0.1、0.2、0.3、0.4,其他参数不变）。共 4 组实验记录

说明：本项实验结束后，请双击“实验报告”菜单中的“填写实验数据”按钮，将实验记录誊写入计算机数据库



电力系统综合自动化实时仿真实验指导书

数整定参见《WDT-III电力系统综合自动化实验台说明书》)。

1．整定频差允许值△f=0.02Hz。压差允许值△U=0V 整定同期开关时间 t_{yq}=0.1s，通过改变实际开关动作时间，即整定“同期开关时间”的时间继电器。重复进行全自动同期实验，观察在不同开关时间 t_{yq} 下并列过程有何差异，并记录冲击有功 P_e，填入表 1-2。

表 1-2 **分数：**25 **时间：**2021/4/18 10:35:58

频差允许值△f（Hz）	0.02	?	?	?
压差允许值△V（V）	0	?	?	?
整定同期开关时间（s）	0.1	?	?	?
实测开关时间±0.1（s）	0.2	?	?	?
冲击有功 P_e（MW）	10	?	?	?

3-7 实验结果与结论（说明在不同的实验条件和操作下可能产生的实验结果与结论）

同步发电机的并列实验之整定开关时间实验，共 4 组实验记录。

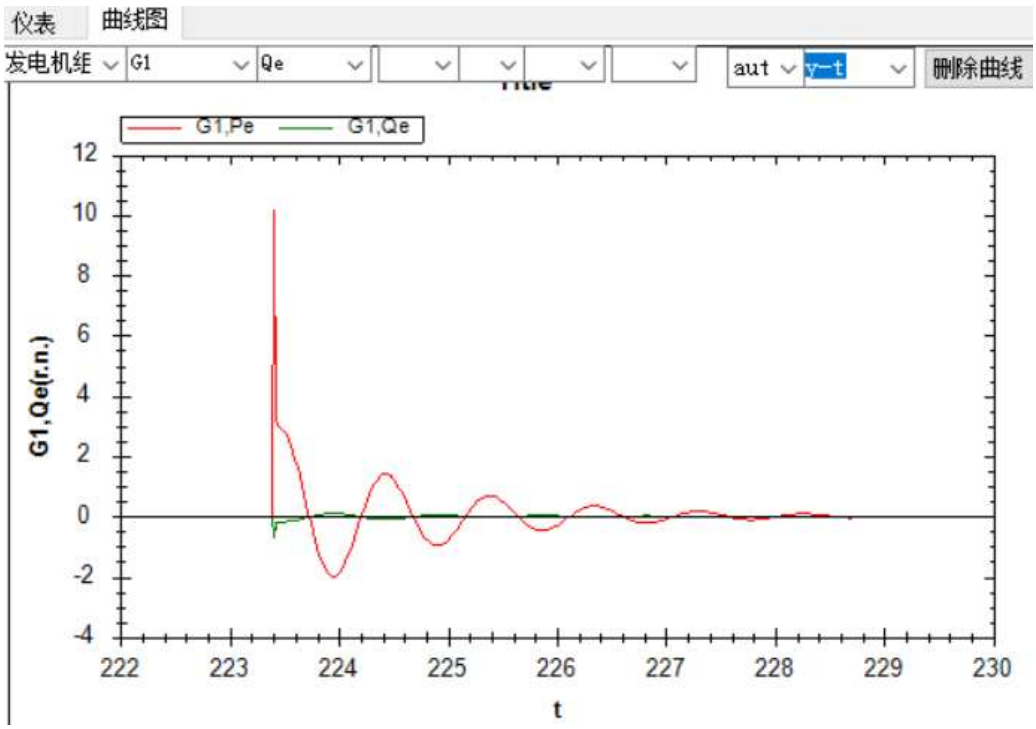


图 1 整定允许频差为 0.02，允许压差为 0，越前时间为 0.1，开关时间测定值为 0.2

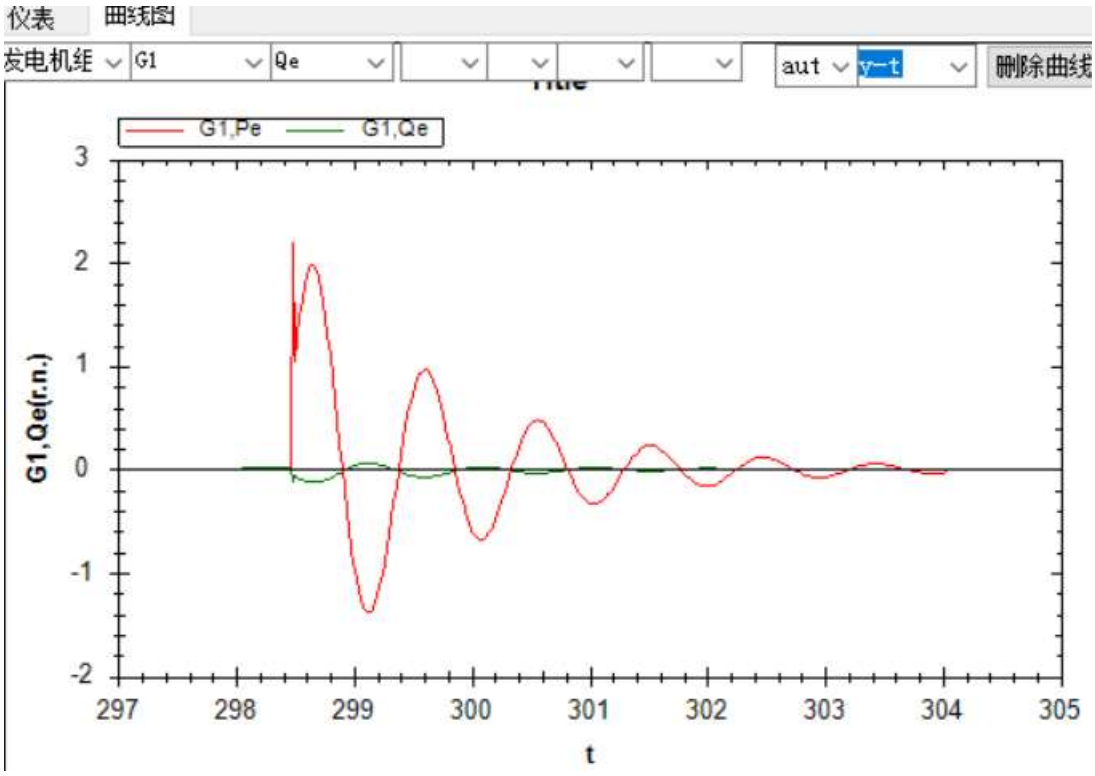


图 2 越前时间为 0.2，其他参数不变

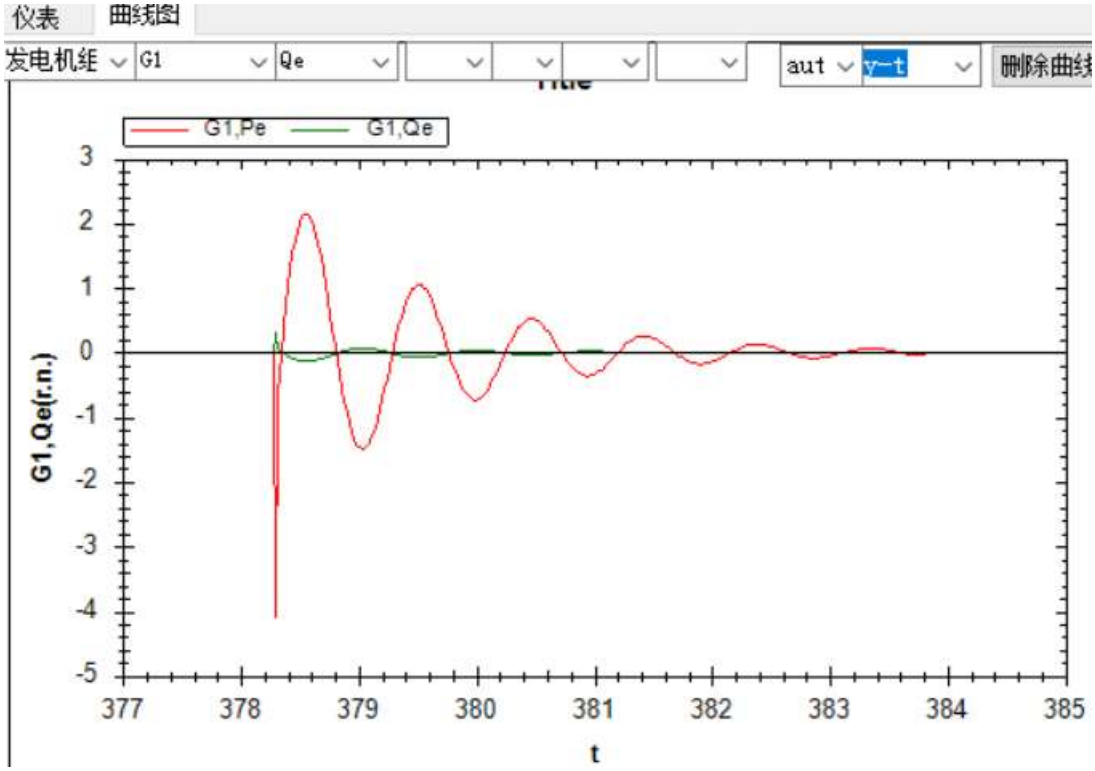


图 3 越前时间为 0.3，其他参数不变

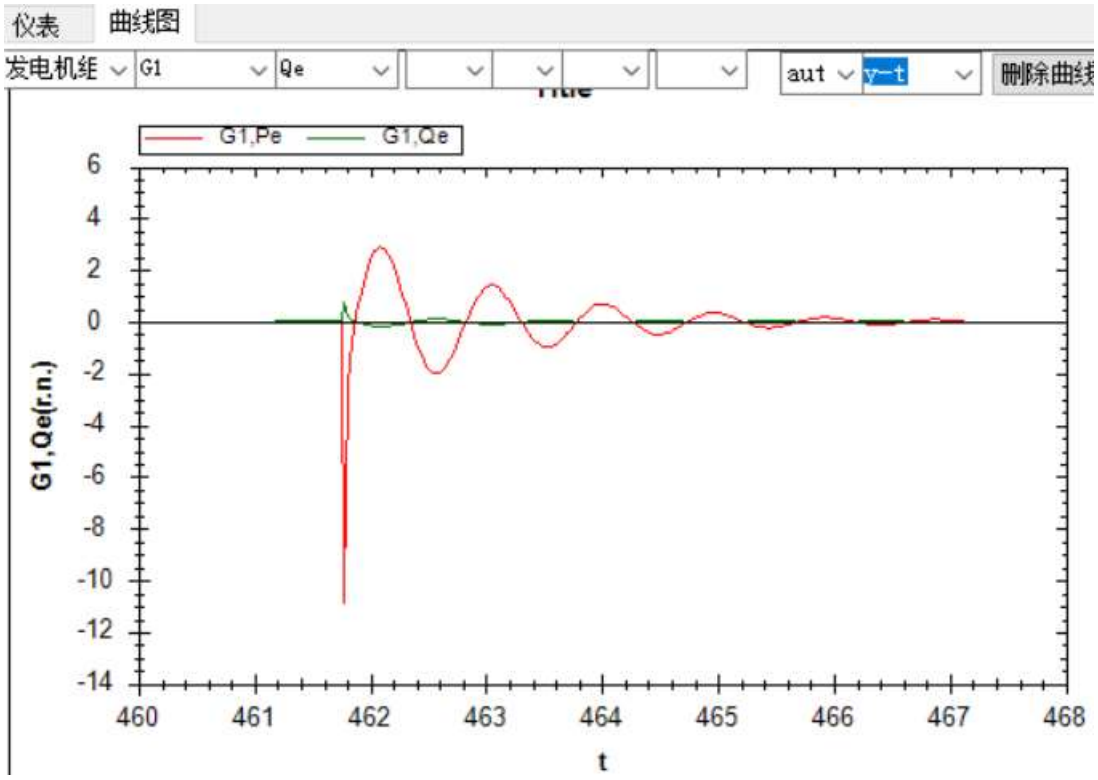


图 4 越前时间为 0.4，其他参数不变

结论：

由图 1、图 2、图 3、图 4 可见，上述 4 组实验记录通过改变越前时间，其他参数不变，给出了合闸相角不同时电力系统有功冲击、无功冲击以及摇摆振荡的变化情况。

1、由上面的 4 组实验可见，4 幅图的摇摆振荡幅度基本相同，这是因为摇摆振荡主要和频差有关（可以通过整定频差允许值实验专门说明）。

2、由上面的 4 组实验可见，4 幅图的无功冲击幅度基本不变，这是因为无功冲击主要和压差有关（可以通过整定压差允许值实验专门说明）。

3、由上面的 4 组实验可见，越前时间与开关时间设定值（断路器固有动作时间）相差越大（合闸相角差越大），有功冲击越大，而且当差值为正时，有功冲击为负，差值为负时有功冲击为正。

同学们可以进一步观察出口断路器两端的电压向量的情况，结合教材中的理论知识来帮助自己理解其中的原理，升华对理论知识的认识。

3-8 面向学生要求

（1）专业与年级要求

电气工程相关专业大三、大四的学生。

（2）基本知识和能力要求

学习了《电力系统分析》、《电力系统自动化》等课程；了解了《WDT-III电力系统综合自动化试验台使用说明书》中相关内容。

3-9 实验应用及共享情况

（1）本校上线时间 ： 2018 年 6 月 1 日 （上传系统日志）

（2）已服务过的学生人数：本校 1000 人，外校 100 人

（3）附所属课程教学计划或授课提纲并填写：

纳入教学计划的专业数：1，具体专业：电气工程及其自动化

教学周期： 每年秋季学期，学习人数： 450 人

（4）是否面向社会提供服务：☑是 ○否

（5）社会开放时间： 2019 年 8 月 1 日

（6）已服务过的社会学习者人数：20 人

4. 实验教学特色

（该虚拟仿真实验教学课程的实验设计、教学方法、评价体系等方面的特色，限 800 字以内）

实验设计特色：

1、没有改变传统实验的实验步骤和实验方法，但实现了对学生实验过程的自动监控和管理，例如实验过程中的实验提示、自动完成实验过程的评分、自动生成实验报告等。

2、没有改变传统实验通过表计观察实验数据的途径，以及通过装置的触控键或按钮等等调节参数、控制电力系统等形式，但不仅实现了丰富的数据显示，而且实现了各种形式（例如曲线、向量等）的数据显示，便于学生对实验数据进行对比和分析。

教学方法特色：

1、学生做实验可以不局限于时间和空间的限制，学生在课堂上没做完实验也可在课余利用机房或自己的电脑完成。

2、学习讨论和交流以及答疑除了课堂上进行，也可以在网上进行，例如在班级 qq 群就可以完成实验学习的讨论、交流和答疑，高效而且方便。

3、通过教师管理端，老师可以选择班级，对学生的实验情况进行监控。观看

学生的实验进度情况、得分情况、登录情况，根据所了解的情况可以针对性地对某些学生进行提醒。实验完毕即可导出学生的实验成绩，并录入教务系统。

评价体系特色：

仿真平台客户端可方便地下载并安装到个人电脑上使用，完全可以实现原物理的实验装置上的实验项目。而且仿真平台能自动生成实验报告和实验成绩，解决了传统方法的实验报告的批改成绩不客观的问题。成绩评价的客观性，大大提高了教学效率，也大大提高了学生学习的积极性，学生完成实验的动力完全由被动变成了主动，教师不再需要将精力花费在劝学、监督学生，而能够将精力完全投入于教学质量。

5. 实验教学在线支持与服务

（1）教学指导资源：☐教学指导书 ☑教学视频 ☐电子教材 ☐课程教案

（申报系统上传）☐课件（演示文稿）☐其他

（2）实验指导资源：☑实验指导书 ☑操作视频 ☐知识点课件库 ☐习题库

（申报系统上传）☐测试卷 ☐考试系统 ☐其他

（3）在线教学支持方式：☐热线电话 ☐实验系统即时通讯工具 ☐论坛

☑支持与服务群 ☐其他

（4） 3 名提供在线教学服务的团队成员；2 名提供在线技术支持的技术人员；教学团队保证工作日期间提供 6 小时/日的在线服务

6. 实验教学相关网络及安全要求描述

6-1 网络条件要求

（1）说明客户端到服务器的带宽要求（需提供测试带宽服务）

客户端到服务器的带宽要求：10M。

（2）说明能够支持的同时在线人数（需提供在线排队提示服务）

能够支持的同时在线人数：1000 人。

6-2 用户操作系统要求（如 Windows、Unix、IOS、Android 等） （1） 计算机操作系统和版本要求 Windows 操作系统，win7 以上版本。 （2） 其他计算终端操作系统和版本要求 Windows 操作系统，win7 以上版本。 （3） 支持移动端：◉是 ○否
6-3 用户非操作系统软件配置要求（兼容至少 2 种及以上主流浏览器） （1）非操作系统软件要求（支持 2 种及以上主流浏览器） ☑谷歌浏览器 ☑IE 浏览器 ☑360 浏览器 ☑火狐浏览器 ☐其他 （2）需要特定插件 ○是 ◉否 如勾选“是”，请填写： 插件名称：（插件全称） 插件容量：M 下载链接： （3）其他计算终端非操作系统软件配置要求（需说明是否可提供相关软件下载服务） 需正确安装 office2007 以上版本并激活（仅和生成实验报告有关）。
6-4 用户硬件配置要求（如主频、内存、显存、存储容量等） （1）计算机硬件配置要求 无特殊要求 （2）其他计算终端硬件配置要求 无特殊要求
6-5 用户特殊外置硬件要求（如可穿戴设备等） （1）计算机特殊外置硬件要求 无特殊要求 （2）其他计算终端特殊外置硬件要求：◉无 ○有 如勾选“有”，请填写其他计算终端特殊外置硬件要求：

6-6 网络安全（实验系统要求完成国家信息安全等级二级认证） （1） 证书编号： （2） 请附信息系统安全等级保护备案证明

7. 实验教学技术架构及主要研发技术

指标		内容
系统架构图及简要说明		
实验教学	开发技术	☑VR ☐AR ☐MR ☐3D 仿真 ☐二维动画 ☐HTML5 ☐其他
	开发工具	☐Unity3D ☐3D Studio Max ☐Maya ☐ZBrush ☐SketchUp ☐Adobe Flash ☐Unreal Development Kit ☐Animate CC ☐Blender ☑Visual Studio ☐其他
	运行环境	**服务器** CPU 2 核、内存 8 GB、磁盘 40 GB、显存 GB、GPU 型号 **操作系统** ☑Windows Server ☐Linux ☐其他 具体版本： **数据库** ☑Mysql ☐SQL Server ☐Oracle ☐其他 **备注说明**（需要其他硬件设备或服务器数量多于 1 台时请说明） **是否支持云渲染：**○是 ○否

	实验品质（如：单场景模型总面数、贴图分辨率、每帧渲染次数、动作反馈时间、显示刷新率、分辨率等）	仿真数据达到机电暂态级别

8. 实验教学课程持续建设服务计划

（本实验教学课程今后 5 年继续向高校和社会开放服务计划及预计服务人数）

（1）课程持续建设

日期	描述
第一年	在本校《电力系统自动化综合实验》课程中全面进行教学应用，并鼓励相关专业老师将仿真平台应用于辅助理论课的教学。
第二年	进一步完善仿真平台的后台管理系统，完善客户端功能，使得仿真平台在应用中走向成熟。
第三年	组织相关专业老师紧密联系教科书章节知识点，进一步改进实验内容，使得学生实验更具启发性、更具升华所学理论知识的作用。
第四年	开发其他语言版本的仿真平台，对本平台应用于双语教学进行探索。
第五年	建设成成熟的《电力系统自动化综合仿真实验》课程及相应的师资力量。

其他描述：

三峡大学科技学院电力系统虚拟仿真实验教学团队将充分应用本团队在完全自主开发该仿真系统方面的技术优势和教学实践方面的优势，依托学院机电学部的师资力量，着力建设一支高水平的电力系统虚拟仿真实验教学队伍，在搞好本学院教学的同时，与兄弟院校积极开展合作与共享，并提供电力系统虚拟仿真实验教学服务。为高校相关专业的实验室建设、为行业员工的技术培训，贡献自己的力量。

（2）面向高校、社会的教学推广应用计划

日期	推广高校数	应用人数	推广行业数	应用人数
第一年	1	50	1	30

第二年	3	200	1	50
第三年	10	1000	1	200
第四年	30	10000	1	500
第五年	100	30000	1	1000

其他描述：

为了更好地促进本项目在其他高校的应用，本实验项目正在积极扩展云服务器后台的建设，扩大后台服务器规模和质量，以期为广大学生提供更好的产品和服务。计划为所有高校开通免费试用服务及教学支持服务，加快建设教学服务团队，建立教学服务网络。计划初期提供以 WDT-III所示的电力系统为对象开发的云端电力系统机电暂态全数字实时仿真机为各高校服务，1 年内将陆续开放以 PS-5G 所示的电力系统为对象开发的云端电力系统机电暂态全数字实时仿真机以及以某水电厂为例开发的水电厂水机电一体化仿真分析平台等更多产品

9. 知识产权

软件著作权登记情况	
以下填写内容须与软件著作权登记一致	
软件名称	
是否与课程名称一致	○是　　○否
每栏只填写一个著作权人，并勾选该著作权人类型。如勾选“其他”需填写具体内容；如存在多个著作权人，可自行增加著作人填写栏进行填报。	
著作权人	著作权人类型
	○课程所属学校　○企业 ○课程负责人　○学校团队成员 ○企业人员　○其他
权利范围	
软件著作登记号	
如软件著作权正在申请过程中，尚未获得证书，请填写受理流水号。	
受理流水号	

10. 诚信承诺

本团队承诺：申报课程的实验教学设计具有一定的原创性，课程所属学校对本实验课程内容（包括但不限于实验软件、操作系统、教学视频、教学课件、辅助参考资料、实验操作手册、实验案例、测验试题、实验报告、答疑、网页宣传图片文字等组成本实验课程的一切资源）享有著作权，保证所申报的课程或其任何一部分均不会侵犯任何第三方的合法权益。

实验教学课程负责人（签字）：

年　　月　　日

11. 附件材料清单

1. 课程团队成员和课程内容政治审查意见（必须提供）

（申报课程高校党委负责对本校课程团队成员以及申报课程的内容进行政审，出具政审意见并加盖党委印章；团队成员涉及多校时，各校党委分别对本校人员出具意见；非高校成员由其所在单位党组织出具意见。团队成员政审意见内容包括政治表现、是否存在违法违纪记录、师德师风、学术不端、五年内是否出现过重大教学事故等问题；课程内容审查包括价值取向是否正确，对于我国政治制度以及党的理论、路线、方针、政策等理解和表述是否准确无误，对于国家主权、领土表述及标注是否准确，等等。）

2. 课程内容学术性评价意见（必须提供）

[由学校学术性组织（校教指委或学术委员会等），或相关部门组织的相应学科专业领域专家（不少于 3 名）组成的学术审查小组，经一定程序评价后出具。须由学术性组织盖章或学术审查小组全部专家签字。无统一格式要求。]

3. 校外评价意见（可选提供）

（评价意见作为课程有关学术水平、课程质量、应用效果等某一方面的佐证性材料或补充材料，可由课程应用高校或社会应用机构等出具。评价意见须经相关单位盖章，以 1 份为宜，不得超过 2 份。无统一格式要求。）