

一、硬件设备

序号	货物名称	技术规格参数要求	功能要求	单位	数量
1	仿真系统运行控制器	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 具备<math>\geq 27</math>英寸显示窗口，分辨率<math>\geq 1920 \times 1080</math>，系统全中文提示；</li> <li>2. <math>\geq 12</math>核心 20 线程，单核睿频<math>\geq 5\text{GHz}</math>，运行内存<math>\geq 16\text{G}</math>以上；</li> <li>3. 具备三维场景漫游功能，用户以第一人称视角在虚拟场景中漫游，嵌入式安装<math>\geq 4</math>上独显处理，支持 HDMI 高清接口；</li> <li>4. 系统具备存储功能，存储空间<math>\geq 1\text{TB}</math> SATA 和 256G SSD；</li> <li>5. 具备 RJ45 网络插口，支持千兆网络，各台配备网线；</li> <li>6. 每台设备具备 wifi 模块，便于实现上网功能；</li> <li>7. 系统能够嵌入式运行电力电子虚拟仿真实训系统，进行相关仿真实训任务练习；</li> </ol>	仿真运行平台	台	45
2	仿真操作桌椅	<p>桌子放置仿真系统运行控制器，椅子用于围桌讨论，材料符合国家环保标准，安装调试到位。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 每套桌子配 3 张工位椅，可三个工位同时使用，围桌讨论；</li> <li>2. <math>\geq 25\text{mm}</math> 厚度面板；</li> <li>3. 长宽高约 <math>1918\text{mm} \times 2203\text{mm} \times 750\text{mm}</math>；</li> <li>4. 采用优质钢制脚架；边缘倒圆，防火防水防静电、耐腐蚀；</li> <li>5. 配键盘抽屉，键盘抽屉底部配可旋转收缩的鼠标托盘，键盘抽屉上面有放置笔的凹槽，功能齐全，采用静音导轨，坚固可靠，推拉顺畅。</li> <li>6. 配四只 1.5 寸带刹车万向脚轮。</li> <li>7. 桌面板后面和底板后面带防护板防止显示器和主机掉落。</li> </ol>	教学使用	套	8
3	讲桌	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 讲台尺寸：<math>1400 \times 800 \times 1000\text{mm}</math>；</li> <li>2. 采用优质冷轧钢板表面处理，酸洗、磷化、静电喷涂工艺；</li> <li>3. 盖门采取翻转方式设计；</li> <li>4. 钢木结合材料一体成型；实木扶手；桌面木质耐划台面；全封闭式结构，保障了多媒体设备的安全性；</li> <li>5. 整个讲台使用一副滑轨；</li> <li>6. 液晶显示器采用反转设计，显示器角度随意调节，可使视线和显示器接近垂直，可安装 17-24 寸</li> </ol>	授课使用	个	1

		<p>显示器，关闭后所有设备都隐藏在讲台内；</p> <p>7. 整体采用分体式结构，上下两部分采用分体组装；</p> <p>8. 桌面板下方配置两个桌斗，方便储物，配套椅子1把；</p>			
4	多媒体控制台	<p>2. 材料：外壳采用<math>\geq 1.0\text{mm}</math>厚优质钢材，线路板采用<math>\geq 1.6\text{mm}</math>厚双面玻纤板；</p> <p>2. 控制按键：按键采用高级PVC长寿命导电薄膜材料，共有14个控制按键，分别有系统开关控制，信号切换控制，投影机控制，电动屏幕控制，音量控制，独立电脑开关按键控制；</p> <p>3. VGA信号：内置<math>3 \times 2\text{VGA}</math>切换分配器，带<math>400\text{MHZ}</math>长线驱动器，支持台式电脑、手提电脑、数字展台输入，显示器与投影机信号同步切换；</p> <p>4. HDMI信号：内置<math>1 \times 1\text{HDMI}</math>高清信号接口；</p> <p>5. 视频信号：内置<math>1 \times 1</math>视频切换，视频频宽<math>100\text{MHZ}</math>；</p> <p>6. 音频信号：内置<math>4 \times 1</math>音频切换；<math>3.5\text{mm}</math>立体声接口3路；</p> <p>7. 话筒信号：1路话筒信号输入，1路话筒输出；</p> <p>8. RS232接口：1路RS232接口，可用232方式控制投影机；</p> <p>9. ID拨码开关：6位ID拨码开关，用拨码方式控制投影机；</p> <p>10. 红外信号：1路投影机专用红外信号控制口，可通过中控主机学习投影机红外控制码；</p> <p>11. 内置32级电子音量控制（带静音功能）；</p> <p>12. 投影机开关机：可通过中控设置投影机开机延时，关机延时。可确保投影机在散热完成后断开电源；</p> <p>13. 面板接口：话筒接口1路，USB接口2路，网络接口1路，笔记本电脑VGA接口1路，笔记本电脑音频接口1路。视频接口1路，HDMI接口1路；笔记本电脑220V电源输出1路；具有1个双频物联麦克风；讲台处引出1个接口线，讲台面不少于两个USB接口，便于笔记本电脑使用；</p> <p>14. 中控软件支持系统：本中控软件支持WindowsXP, Windows7, Windows8   10等系统软件；</p> <p>15. 电源：中控系统采用强电与主机分离技术，12V供电，使用安全，维护方便；</p> <p>16 其它：具有话筒，音响，电脑投影切换功能，切电脑主机和投影电路集成到控制台中。同时配备一根可以甩出方便教师连接笔记本电脑。采用一键式</p>	授课使用	套	1

		<p>联动控制管理功能；指示灯指示工作状态；蜂鸣器按键提示；</p> <p>3. 配套服务器 1 台。 2U 机架式，3204 6C 1.9G，16GB DDR4，1*4T SATA 板载阵列卡 支持 RD 0 1 10 5 ， 2*1GbE， 1x550W 电源 导轨，提供 3 年原厂保修。</p>			
5	<p>电力电子及电机拖动实验装置及电力电子虚拟仿真实验教学系统</p>	<p><b>一、硬件设备需完成实验内容：</b></p> <p><b>（1）电机部分—支撑《电机基础》课程</b> <b>说明：实验包含空载和加载实验。</b></p> <p>1) 电机基础实验(至少包含 8 个以上)</p> <p>实验 1: 他励直流电动机的启动、制动实验；</p> <p>实验 2: 他励直流电动机的调速实验；</p> <p>实验 3: 他励直流电动机的改变转向实验</p> <p>实验 4: 直流并励电动机的启动、制动实验；</p> <p>实验 5: 直流并励电动机的调速特性；</p> <p>实验 6: 直流并励电动机的工作特性和机械特性实验；</p> <p>实验 7: 直流发电机实验；</p> <p>实验 8: 直流他励电动机在各种运转状态下的机械特性；</p> <p>2) 变压器实验(至少包含 5 个以上)</p> <p>实验 1: 单相变压器特性测试；</p> <p>实验 2: 单相变压器开路、短路实验；</p> <p>实验 3: 三相变压器开路、短路实验；</p> <p>实验 4: 三相变压器的联接组和不称短路；</p> <p>实验 5: 三相三绕组变压器空载、短路实验及负载；</p> <p>3) 异步电机实验(至少包含 6 个以上)</p> <p>实验 1: 三相鼠笼异步电动机的工作特性；</p> <p>实验 2: 三相鼠笼异步电动机的启动与制动；</p> <p>实验 3: 三相异步电动机的调速；</p> <p>实验 4: 三相鼠笼异步电动机的不对称运行；</p> <p>实验 5: 三相异步电动机在各种运行状态下的机械特性；</p> <p>实验 6: 三相异步电机 M-S 曲线的测绘；</p> <p><b>（2）电力电子技术部分—支撑《电力电子技术》《现代电机控制技术》课程</b></p> <p>1) 基础实验(至少包含 19 个以上)</p> <p>实验 1: 晶闸管的导通与关断实验；</p> <p>实验 2: 可关断晶闸管特性实验</p> <p>实验 3: 功率场效应管特性实验</p> <p>实验 4: 单结晶体管触发电路；</p> <p>实验 5: 单相可控整流电路调光灯实验；</p> <p>实验 6: 锯齿波同步移相触发电路实验；</p> <p>实验 7: 正弦波同步移相触发电路实验；</p>	实验使用	套	22

实验 8: 西门子 TCA785 集成触发电路调试;

实验 9: 单相半波可控整流电路实验 (电阻、电感负载);

实验 10: 单相桥式半控整流电路实验;

实验 11: 单相桥式全控整流电路实验;

实验 12: 单相桥式有源逆变电路实验;

实验 13: 三相半波可控整流电路的研究;

实验 14: 三相桥式半控整流电路实验;

实验 15: 三相桥式全控整流及有源逆变电路实验;

实验 16: 单相交流调压电路实验;

实验 17: 三相交流调压电路实验;

实验 18: KC04、KC41 三相集成触发器实验;

实验 19: KC05 集成触发器实验;

**2) 新型电力电子器件及驱动实验 (至少包含 9 个以上)**

实验 1: 新型电力电子器件认识实验;

实验 2: 单向晶闸管特性实验;

实验 3: 可关断晶闸管 (GTO) 特性实验;

实验 4: 功率场效应管 (MOSFET) 特性实验;

实验 5: 电力晶体管 (GTR) 特性实验;

实验 6: 绝缘双极型晶体管 (IGBT) 特性实验;

实验 7: 可关断晶闸管 (GTO) 驱动与保护电路实验;

实验 8: 功率场效应晶体管的驱动电路及保护电路实验;

实验 9: 绝缘栅双极型晶体管特性及驱动保护电路实验;

**3) 典型直流变换实验 (至少包含 6 个以上)**

实验 1: Buck 变换电路实验;

实验 2: Boost 变换电路实验;

实验 3: Buck-Boost 变换电路实验;

实验 4: CUK 变换电路基本实验;

实验 5: Sepic 斩波电路实验;

实验 6: Zeta 斩波电路实验;

**4) 航空电源实验**

(1) 270V 直流电源: DC30-300V/3A 可调输出;

(2) 28V 直流电源: DC3-30V/3A 可调输出;

(3) 单相 115V 中频交流电源: 400Hz 中频 AC 10-130V/4A 可调输出;

(3) 电力拖动系统—《交直流调速系统》《电机与拖动》《毕业设计》《电气综合创新技术》课程

**1) 交直流电机调速实验 (至少包含 8 个以上)**

实验 1: 晶闸管直流调速系统参数和环节特性的测定;

实验 2: 晶闸管直流调速系统主要单元的调试

(SCR);

实验 3: 单闭环(转速单闭环、电流单闭环)不可逆直流调速系统实验;

实验 4: 双闭环不可逆直流调速系统实验;

实验 5: 逻辑无环流可逆直流调速系统实验(SCR);

实验 6: 双闭环三相异步电机调压调速系统实验(SCR);

实验 7: 双闭环三相异步电机串级调速系统实验(SCR);

实验 8: 交流电机的变频调速实验;

**2) 全数字电力电子新器件线路实验(至少包含 12 个)**

实验 1: 单相七电平阶梯波控制实验;

实验 2: 单相七电平特定谐波消除 PWM 调制实验;

实验 3: 单相七电平载波移相 PWM 调制实验;

实验 4: 单相七电平载波层叠 PWM 调制实验;

实验 5: 多电平 PWM 逆变器与两电平逆变器比较实验;

实验 6: 三相三电平特定谐波消除 PWM 调制实验;

实验 7: 三相三电平载波移相 PWM 调制实验;

实验 8: 三相三电平载波层叠 PWM 调制实验;

实验 9: 三相三电平空间矢量 PWM 调制实验;

实验 10: 搭建无线电能传输实验系统;

实验 11: 传输效率与相对位置的关系实验;

实验 12: 传输效率与频率的关系实验;

**3) 数字电力电子工业控制电机调速实验(至少包含 8 个以上)**

实验 1: 直流有刷电机 PWM 控制调速实验 (C 语言版);

(a) 开环 PWM 可逆直流调速实验;

(b) 转速单闭环 PWM 可逆直流调速实验;

(c) 速度、电流双闭环 PWM 可逆直流调速实验;

实验 2: 直流无刷电机 PWM 控制调速实验 (C 语言版)

(a) 直流无刷电机控制原理实验;

(b) 速度、电流双闭环调速实验;

(c) 定位控制实验;

实验 3: 三相异步电动机开环变频调速实验 (C 语言版)

(a) DSP 控制的 SPWM 变频调速实验;

(b) DSP 控制的马鞍波变频调速实验;

(c) DSP 控制的 SVPWM 变频调速实验;

实验 4: 三相异步电动机开环变频调速实验 (Matlab/Simulink 版)

- (a) DSP 控制的 SPWM 变频调速实验;
- (b) DSP 控制的马鞍波变频调速实验;
- (c) DSP 控制的 SVPWM 变频调速实验;

实验 5: 三相交流异步电机 FOC 控制实验 (C 语言版)

- (a) 功率单元模块测试实验;
- (b) 电流、速度功能模块测试实验;
- (c) 电流闭环调节器功能测试实验;
- (d) 电流模型功能模块测试实验;
- (e) 电流、速度双闭环控制功能实验;

实验 6: 三相永磁同步电机 FOC 控制实验 (C 语言版)

- (a) 功率单元模块测试实验;
- (b) 电流、速度功能模块测试实验;
- (c) 电流闭环调节器功能测试实验;
- (d) 相位初始化测试实验;
- (e) 电流、速度双闭环控制功能实验;

实验 7: 磁场定向控制 (FOC) 的高性能变频调速实验 (Matlab/Simulink 版);

实验 8: 直接转矩控制 (DTC) 的高性能变频调速实验 (Matlab/Simulink 版);

## 二、电力电子及电机拖动实验装置

电力电子及电机拖动实验装置购置 22 套硬件设备, 44 个工位数。

### (一) 设备规格需求

- (1) 输入电源: 三相四线 (或五线制)  $\sim 380V \pm 10\%$  50Hz
- (2) 工作环境: 温度  $-10^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$  相对湿度  $\leq 85\%$  (25 $^{\circ}\text{C}$ ) 海拔  $\leq 4000\text{m}$
- (3) 装置容量:  $\leq 1.5\text{kVA}$
- (4) 参考外形尺寸: 约  $187\text{cm} \times 73\text{cm} \times 160\text{cm}$
- (5) 安全保护: 设有电流型漏电保护器和电压型漏电保护器, 当线路有漏电现象, 即能实施保护并切断输出电源, 电压型漏电保护器需提供相关证明文件。

(6) 为了保证本产品实验教学效果及确保产品质量稳定可靠, 提供“电力电子及电机拖动实验装置”相关证明文件, 包括但不限于检测报告等。

(7) 为了防止出现“三无产品”, 交货时提供设备制造厂商名称、商标及出厂合格证等(提供承诺)

#### 1. 电源控制屏(铁质喷塑结构, 铝质面板)

##### 1. 交流电源

提供三相  $0 \sim 450\text{V}$  可调交流电源, 同时可得到单相  $0 \sim 250\text{V}$  可调的交流电源(配有一台三相同轴

联动自耦调压器（规格 1.5kVA、0~450V），克服了三只单相调压器采用链条结构或齿轮结构组成的许多缺点。交流电源输出处设有过流保护装置，当相间、线间过电流及直接短路均能自动保护，克服了调换保险丝带来的麻烦。配有三只指针式交流电压表，通过切换开关，可指示三相电网电压和三相调压电压。

## 2. 高压直流电源两路

提供 220V(0.5A)励磁电源及 40~230V(3A)连续可调稳压电枢电源(具有过压、过流、过热及短路软截止自动恢复保护功能)各一组，并设有直流数显电压表及切换开关。

### 1. 人身安全保护五大体系

- 设有三相隔离变压器一组(三相电源经钥匙开关和接触器后，到隔离变压器，再经三相调压器输出)，使输出与电网隔离，对人身安全起到一定的保护作用。
- 电压型漏电保护器 1，对隔离变压器前的线路出现的漏电现象进行保护，使控制屏内的接触器跳闸，切断电源。
- 电压型漏电保护器 2，对隔离变压器后的线路及实验过程中的接线等出现的漏电现象进行保护，发出声光报警信号并切断电源，确保人身安全。
- 设有电流型漏电保护器，控制屏若有漏电现象，当漏电流超过一定值时，即切断电源。
- 强电连接线及插座，采用全封闭结构，安全、可靠、防触电。

### 1. 仪表保护体系

设有多个信号插座，与仪表相连。当仪表超量程时，即能告警并切断输出电源。

3. 定时器兼报警记录仪（服务管理器）：具有设定时间、到时报警、切断电源及记录各种告警次数等功能。

4. 控制屏正面大凹槽内，设有两根不锈钢钢管，可挂仪表及实验部件。凹槽底部设有多个 12 芯、10 芯、4 芯（33V）等插座，以及蓝色单相三芯 220V 电源插座，给仪表等部件供电用。控制屏两侧设有单相三极 220V 电源插座及三相四极 380V 电源插座。实验台照明用日光灯一盏。

## 2. 实验桌

实验桌为铁质双层亚光密纹喷塑结构，桌面为防火、防水、耐磨高密度板，结构坚固，形状似长方体封闭式结构；设有两个大抽屉、柜门，用于放置工具、存放挂件及资料等。桌面用于安装电源控

制屏并提供一个宽敞舒适的工作台面。实验桌底部装有四个万向轮和四个固定调节机构，便于移动和固定。

3. 不锈钢电机导轨、光码盘测速系统（1024 增量式光电编码器）及数显转速表。不锈钢导轨平整度好，无应力变形，加工精细，同心度与互换性好，能保证电机与电机、电机与测功机之间连接的同心度不超过±5 丝。电机运行时噪声小，实验参数典型，能较好满足实验的要求。

4. 三相组式变压器(三只相同的单相变压器组成，原边 220V/0.35A，副边 55V/1.4A)

5. 直流复励发电机：200V、0.5A、100W、1600r/min

6. 直流并励电动机：220V、1.1A、185W、1600r/min

7. 三相鼠笼式异步电动机：220V/△、0.5A、100W、1420r/min

8. 三相线绕式异步电动机：220V/Y、0.6A、120W、1380r/min

9. 线绕式异步电机起动与调速电阻箱

10. 校正直流测功机：220V、2.0A、350W、1500r/min，即可作电动机又可作测功机，做电动机使用时，可作为发电机的原动机，也可用于拖动电动机完成四象限测试；作测功机使用时，由于电机经特殊设计，容量是被测电机的 2~3 倍，并经精密仪器校正，能很好的完成被测电机的加载输出转矩的测试

11. 直流数字电压、毫安、安培表(三只) (2 件/套)

12. 直流数显电压表一只，测量范围 0~1000V，分 2V、20V、200V、1000V 四档，直键开关切换，三位半数显，输入阻抗为 10MΩ，精度为 0.5 级，具有超量程报警、指示及切断总电源等功能。

13. 直流数显毫安表一只，测量范围 0~2000mA，分 20mA、200mA、2000mA 三档，直键开关切换，三位半数显，精度为 0.5 级，具有超量程报警、指示及切断总电源等功能。

14. 直流数显电流表一只，测量范围 0~5A，三位半数显，精度为 0.5 级，具有超量程报警、指示及切断总电源等功能。

15. 数/模交流电流表（三只）

16. 提供真有效值交流数字电流表一只，测量范围 0~5A，量程自动判断、自动切换，精度 0.5 级，三位半数显，具有超量程告警、指示及切断总电源功能。

17. 提供指针式精密交流电流表两只，采用带镜面、双刻度线（红、黑）表头（不同的量程读取相应的

刻度线)，测量范围 0~5A，分 0.3A、1A、3A、5A 四档，精度 1.0 级，直键开关切换，设有超量程告警、指示及切断总电源功能。

18. 数/模交流电压表（三只）

19. 提供真有效值交流数字电压表一只，测量范围 0~500V，量程自动判断、自动切换，精度 0.5 级，三位半数显。

20. 提供指针式精密交流电压表两只，采用带镜面、双刻度线（红、黑）表头（不同的量程读取相应的刻度线），测量范围 0~500V，分 10V、30V、100V、300V、500V 五档，输入阻抗  $1M\Omega$ ，精度 1.0 级，直键开关切换，每档均有超量程告警、指示及切断总电源功能。

21. 单相智能功率、功率因数表（三只表）

由两套微电脑，高速、高精度 A/D 转换芯片和全数显电路构成。通过键控、数显窗口实现人机对话的智能控制模式。为了提高测量范围和测试精度，将被测电压、电流瞬时值的取样信号经 A/D 变换，采用专用的 DSP 计算有功功率、无功功率。单相功率及三相功率  $P_1$ 、 $P_2$  的测量，其精度为 0.5 级；电压、电流量程分别为 450V、5A，可测量负载的有功功率、无功功率、功率因数及负载的性质等；此外还可以贮存、记录 15 组功率和功率因数的测试结果数据，并可逐组查询。通过两表法即可测量三相总功率，直接显示总功率 P（即  $P_1$ 、 $P_2$  之和）。

22. 三相可调电阻器（三组  $90\Omega \times 2/1.3A$  瓷盘电阻）

23. 三相可调电阻器（三组  $900\Omega \times 2/0.41A$  瓷盘电阻）

24. 可调电阻器、电容器

提供  $90\Omega \times 2/1.3A$  及  $900\Omega \times 2/0.41A$  瓷盘电阻各一组， $1\mu F/450V$ 、 $2\mu F/450V$ 、 $35\mu F/450V$ 、 $4\mu F/450V$  电力电容各 1 只， $10k\Omega/8W$ 、 $20k\Omega/8W$  功率电阻各 1 只。

25. 波形测试及开关板

由变压器的波形测试部分和两个三刀三位开关、一个双刀双掷开关组成。

26. 晶闸管主电路

提供 12 只 5A/1000V 的晶闸管，分成正、反桥两组，每只晶闸管均设有过流、过压保护装置，正、反桥晶闸管可通过外加信号进行触发（留有触发脉冲输入接口），可更好的完成设计性实验；设有带镜面精密指针式直流电压表  $\pm 300V$ ，精度 1.0 级带镜面直流电流表  $\pm 2A$ ，精度 1.0 级各一只和平波电

抗器一组。

27. 三相晶闸管触发电路

提供三相触发电路、功放电路等，与晶闸管主电路配套使用。

28. 晶闸管触发电路实验

提供单结晶体管触发电路、正弦波同步移相触发电路、锯齿波同步移相触发电路、单相交流调压触发电路、KC04、KC41、KC05 集成触发电路、TCA785 集成触发电路不少于六个触发电路实验。

29. 电机调速控制实验(I)

提供以下模块：电流反馈与过流保护(FBC+FA)、给定器(G)、转速变换器(FBS)、反号器(AR)、电压隔离器(TVD)、调节器 I 和调节器 II。其中调节器 I 和调节器 II 的反馈电阻、电容均外接，实验时可以灵活改变系统的参数，观测不同的参数对系统稳定性及相应时间等影响；更可以让学生从调速系统的各种参数(如电机的机电时间常数等)出发对调节器的放大倍数及积分时间的参数分别设计，同时进行实际结果的验证，从而完成设计性实验。

30. 电机调速控制实验(II)

提供以下模块：转矩极性鉴别(DPT)、零电平检测(DPZ)及逻辑控制器(DLC)，与“电机调速控制实验(I)”配合使用完成逻辑无环流可逆直流调速系统实验项目。

31. 给定及实验器件

提供给定( $\pm 15V$  可调电压输出)、压敏电阻(作为过压保护元件，内部已连成三角形接法)、二极管。

32. 新器件特性实验

提供 SCR、MOSFET、IGBT、GTO、GTR、新型碳化硅(SIC MOSFET)等新型电力电子器件。与给定及实验器件等配套使用，可测定其特性曲线；与功率器件驱动电路实验箱配套使用，可完成电力电子新器件的认识实验及驱动特性实验。

33. 可调电阻、电容箱

提供耐压 AC63V 的可调电容三组，调节范围为  $0.1 \sim 11.37\mu F$ ， $0 \sim 999k \Omega$  十进制可调电阻两组；供电流调节器，速度调节器反馈回路使用，可灵活改变调节器的放大倍数及积分时间。

34. 单相调压与可调负载

提供了一只  $0 \sim 250V/0.5kVA$  单相交流自耦调压器，为相应的实验提供可调电源；一个整流滤波电路以及  $0 \sim 180 \Omega/1.3A$ (串联)或  $0 \sim 45 \Omega$

/2. 6A(并联)瓷盘可调电阻，为相应的实验提供一个可调的阻性负载。

### 35. 变压器实验

提供三相芯式变压器一个(该变压器有 2 套副边绕组，原、副边绕组的电压为 127V/63.6V/31.8V)，用于异步电机串级调速实验和三相桥式、单相桥式有源逆变电路实验；还设有三相不可控整流电路用来产生直流电源。

### 36. 功率器件驱动电路实验箱

主要为完成新器件特性实验提供驱动和保护电路，使学生了解电力电子新器件的驱动特性。主要包括电源、驱动电路、PWM 波形发生器。

(1) 电源：为驱动电路提供电源，包括  $\pm 5V$ 、 $+20V$ 、 $\pm 15V$  直流电源。

(2) 驱动电路：包括 MOSFET、IGBT、GTR 和 GTO 的驱动电路。其中 IGBT 的驱动电路采用了专用芯片 EXB841。

(3) PWM 波形发生器：由 SG3525 为核心的 PWM 波形发生器主要为新器件驱动电路提供 PWM 驱动波形；可以通过频率调节旋钮进行频率调节；通过占空比电位器来调节 PWM 波的占空比；频率范围分为 2 档，通过钮子开关切换，高频档是为 MOSFET 和 IGBT 驱动电路提供 PWM 波形，频率调节范围  $4kHz \sim 10kHz$ ；低频档是为 GTR 和 GTO 驱动电路提供 PWM 波形，频率调节范围  $400Hz \sim 1kHz$ ；占空比在各频率点上均能从 0% 调至 100%。

### 37. 直流斩波实验

提供组成直流斩波电路所需的元器件和采用专用的 PWM 控制集成电路 SG3525。可完成教材中降压斩波电路(Buck Chopper)、升压斩波电路(Boost Chopper)、升降压斩波电路(Boost-Buck Chopper)、Cuk 斩波电路、Sepic 斩波电路、Zeta 斩波电路六种典型实验。

### 38. 单/三相级联多电平逆变器(研究型实验，整个实验室配 1 套)

基本技术要求：

由三个电压型两电平逆变器级联组成，采用特定谐波消除 PWM (SHEPWM) 调制和载波移相 PWM (PSPWM) 调制等多种控制策略，其中控制芯片采用 TMS320F28335，独立直流电源由 AC220V/AC80V 的隔离变压器输出经桥式整流滤波得到。

### 39. 面板要求雕刻有级联多电平逆变器原理框图，可通过面板上的接线端子自由组成单相七电平或单相五电平或三相三电平逆变器。

40. 留有128\*64的液晶屏与4\*4的键盘组成的人机接口，12路PWM波形、3路电流波形、2路电压波形等观测孔，以及JTAG接口，配有DSP（USB2.0）专业仿真器。

41. 25MHz/1300V示波器有源差分探头，具有1/50和1/500两档衰减可供选择和超量程报警功能，用于对逆变器输出电压进行安全的浮地测量，防止使用示波器不当造成损坏逆变器或损坏示波器或给人身带来潜在伤害，保证了实验过程的安全性。

配置与技术参数要求：

42. 处理器：TMS320F28335，最高主频150MHz。

43. DSP实时在线仿真器（专业仿真器），用于DSP程序的仿真、开发及应用程序的烧录。

44. 基本功率单元：采用IPM模块，数量3个。

45. 电平输出方式：级联输出。

46. 调制方式：载波PWM调制，阶梯波调制及空间矢量调制。

47. 输出电平：单相级联七电平（ $\pm 3E$ ， $\pm 2E$ ， $\pm 1E$ ，0），单相级联五电平（ $\pm 2E$ ， $\pm 1E$ ，0），三相三电平（ $\pm 1E$ ，0）。

48. 显示方式：液晶屏显示， $\geq 128*64$ 。

49. 需要提供产品的实物图；

50. 提供样机和教学视频演示。（腾讯视频会议在线演示，演示内容详见评分标准）

51. 提供相关证明文件，包括但不限于检测报告等。至少完成以下实验项目：

实验1：单相七电平阶梯波控制实验

实验2：单相七电平特定谐波消除PWM调制实验

实验3：单相七电平载波移相PWM调制实验

实验4：单相七电平载波层叠PWM调制实验

实验5：多电平PWM逆变器与两电平逆变器比较实验

实验6：三相三电平特定谐波消除PWM调制实验

实验7：三相三电平载波移相PWM调制实验

实验8：三相三电平载波层叠PWM调制实验

实验9：三相三电平空间矢量PWM调制实验

52. 无线电能传输实验组件（研究型实验，整个实验室配1套）

**基本技术要求：**

本实验组件主要分为发射端、接收端、智能人机交互界面和上位机监控软件。发射端主要包括发射线圈，控制器，高频逆变器，电流电压反馈电路，电压表与电流表等；接收端主要包含接收线圈，电压调节电路，控制器以及负载等。

配置与技术参数要求：

53. 最大功率 120W；额定功率 100W；
54. 发射、接收线圈均固定在铝型材燕尾槽结构的导轨上，有效外径 305mm，有效内径 105mm，有效行程 0~200mm。
55. 接收端主要包含接收线圈，电压调节电路，控制器以及负载等组成。
56. 控制器采用 TMS320F2812 芯片；
57. 高频逆变器采用 IPM 模块 PM25RLA120；
58. 智能人机交互界面采用 7 寸触摸屏，可以设定频率、启停等，显示当前日期、时间。
59. 监控软件采用 LABVIEW 编写，实时显示输入、输出电压电流波形，实时显示电能传输效率。
60. 投标时需提供无线电能传输系统结构图并进行描述；
61. 投标时需提供线圈及线圈调节装置实物图；
62. 投标时需提供满足技术指标中要求的智能人机交互界面图。

至少完成以下实验项目：

实验 1：搭建无线电能传输实验系统

实验 2：传输效率与相对位置的关系实验

实验 3：传输效率与频率的关系实验。

63. 多电机控制实验系统（研究型实验，整个实验室配 1 套）

DSP 程序采用 C 语言模块化编写，也可以直接使用 Matlab 语言编写算法或者用 Simulink 库搭建电机控制算法，编译整个模块就能自动生成 DSP 代码，在控制电路上运行后就能生成相应的控制信号，从而方便地实现对四种电机的控制，配有 DSP(USB2.0)专业仿真器，用于程序的下载和烧录。

上位机监控软件采用 Labview 软件编写，实现电机启动、停止、加减速、正反转切换、PI 参数设定等控制；同时可实时的观测到系统实际运行时的多种波形。

基本配置与技术要求：

64. 处理器：TMS320F2812，最高主频 150MHz。
65. 功率模块：IGBT 需采用 IPM 模块 PM25RLA120，最大输出功率 3.7kW。
66. 保护功能：具有欠压保护、过压保护、过流保护和温度保护，当上述任意一种情况发生时立刻封锁 PWM 脉冲输出。
67. 配套电机(四种电机)：
  - 1) 直流有刷电机：额定电压 220V，额定电流 1.2A，额定功率 185W，额定转速 1600r/min；

- 2) 直流无刷电机：电流有效值 0.94A，额定功率 100W，最高转速 1500r/min；
- 3) 三相鼠笼式异步电机：额定电压 380V，额定电流 1.12A，额定功率 370W，额定转速 1400r/min；
- 4) 三相永磁同步电机：额定电压 380V，额定电流 0.35A，额定功率 180W，额定转速 1500r/min。
68. 提供以上实验项目一致的实验指导书，实验指导书需要包含实验波形。
69. 提供有效产品彩页(原制造厂家的印刷品,能够反映所投产品的基本技术参数和功能等)。
70. 人机交互界面采用 5 寸触摸屏,用于显示电机类型、电机转速及电机运行状态,并可以控制电机启停等。需要提供触摸屏截面图片。
71. 要提供以下所有实验项目完全一致的实验指导书,包含实验波形。
72. 提供样机和教学视频演示。(腾讯视频会议在线演示,演示内容详见评分标准)
- 至少完成以下实验项目:
- (1) 直流有刷电机 PWM 控制调速实验 (C 语言版)
    - (a) 开环 PWM 可逆直流调速实验
    - (b) 转速单闭环 PWM 可逆直流调速实验
    - (c) 速度、电流双闭环 PWM 可逆直流调速实验
  - (2) 直流无刷电机 PWM 控制调速实验 (C 语言版)
    - (a) 直流无刷电机控制原理实验
    - (b) 速度、电流双闭环调速实验
    - (c) 定位控制实验
  - (3) 三相异步电动机开环变频调速实验(C 语言版)
    - (a) DSP 控制的 SPWM 变频调速实验
    - (b) DSP 控制的马鞍波变频调速实验
    - (c) DSP 控制的 SVPWM 变频调速实验
  - (4) 三相异步电动机开环变频调速实验 (Matlab/Simulink 版)
    - (a) DSP 控制的 SPWM 变频调速实验
    - (b) DSP 控制的马鞍波变频调速实验
    - (c) DSP 控制的 SVPWM 变频调速实验
  - (5) 三相交流异步电机 FOC 控制实验 (C 语言版)
    - (a) 功率单元模块测试实验
    - (b) 电流、速度功能模块测试实验
    - (c) 电流闭环调节器功能测试实验
    - (d) 电流模型功能模块测试实验
    - (e) 电流、速度双闭环控制功能实验
  - (6) 三相永磁同步电机 FOC 控制实验 (C 语言版)
    - (a) 功率单元模块测试实验
    - (b) 电流、速度功能模块测试实验

- (c) 电流闭环调节器功能测试实验
- (d) 相位初始化测试实验
- (e) 电流、速度双闭环控制功能实验
- (7) 磁场定向控制 (FOC) 的高性能变频调速实验 (Matlab/Simulink 版)
- (8) 直接转矩控制 (DTC) 的高性能变频调速实验 (Matlab/Simulink 版)

73. 逻辑训练器套件 (研究型实验, 整个实验室配 1 套)

采用工程塑料保护外壳、有机玻璃盖板和电路板组成。配有电源开关和锂电池充放电状态指示灯; 1 个系统复位按键、4 位拨码开关和 4 位指示灯, 用于设置/指示工作模式; 操作面含有 36 个按键和 36 个指示灯 (按键和指示灯一体化设计), 指示灯颜色分别为红、绿、蓝、橙, 尺寸  $\geq 150\text{mm} \times 120\text{mm} \times 36\text{mm}$ 。要求有 3 种工作模式 (3 阶、4 阶、6 阶), 可通过拨码开关选择, 并由指示灯指示。当选择 3 阶时, 有 1 种初态 (复位时), 512 种终态 (操作 9 个按键), 通过操作 9 个任意按键可以使对应按键上的指示灯指示到任意 512 种状态, 可实现  $512 \times 512$  种状态组合。当选择 4 阶时, 有 1 种初态 (复位时), 65536 种终态 (操作 16 个按键), 通过操作 16 个任意按键可以使对应按键上的指示灯指示到任意 65536 种状态, 可实现  $65536 \times 65536$  种状态组合。采用锂电池供电, 使用 microUSB 接口充电。锂电池技术参数: 标称电压 3.7V; 充电截止电压 4.2V; 放电截止电压 3.0V; 典型容量  $\geq 750\text{mAh} @ 0.2\text{C}$ 。提供从 4 种初态通过操作按键到 9 个指示灯全亮的操作视频。(提供功能原理图、源程序、模块图片)

74. 实验连接线及配件

根据不同实验项目的特点, 配备两种不同的实验连接线, 强电部分采用高可靠护套结构手枪插连接线 (防触电), 里面采用无氧铜抽丝而成头发丝般细的多股线, 达到超软目的, 外包丁晴聚氯乙烯绝缘层, 具有柔软、耐压高、强度大、防硬化、韧性好等优点, 插头采用实芯铜质件外套铍轻铜弹片, 接触安全可靠; 弱电部分采用弹性铍轻铜裸露结构连接线, 两种导线都只能配合相应内孔的插座, 这样大大提高了实验的安全及合理性。

75. 欧式导线架

装置配有欧式导线架, 用于悬挂和放置实验专用连接导线, 外形尺寸约为  $530\text{mm} \times 430\text{mm} \times 1200\text{mm}$ , 设有五个万向轮。

#### 76. 铝型材电脑桌

外形尺寸：长×宽×高约为 625mm×600mm×1045mm。

立柱采用 3060 铝型材、底盘框架采用 3030 铝型材设计。

立柱前面用一体成型的 L 型冷轧钢支撑架加固，保证整体强度安全可靠。

桌面采用≥12mm 厚的实心抗贝特复合板材，边缘倒圆，防火防水防静电、耐腐蚀。

为了确保质量及环保要求，提供检测(验)报告，检测内容包括但不限于金属喷漆(塑)涂层冲击强度（冲击高度 400mm），木制件表面贴面层耐污染性能（丙酮试验时间 16h）≥3 级，人造板件封边条表面胶合强度≥0.4MPa 等。

配键盘抽屉，键盘抽屉底部配可旋转收缩的鼠标托盘，键盘抽屉上面有放置笔的凹槽，功能齐全，采用静音导轨，坚固可靠，推拉顺畅。

配四只 1.5 寸带刹车万向脚轮，移动方便。

桌面板后面和底板后面带防护板，防止电脑显示器和主机掉落。

### 二、电力电子虚拟仿真实验教学系统

1. 电力拖动仿真实训软件：针对电力拖动技术控制线路的连接、调试、测量等过程进行模拟仿真。

软件功能：

77. 本软件采用模块化设计思想，由电气器件展示、电气安装与连接、线路检查、故障检测与维修等模块组成，操作流程接近实际工业场景，操作结果实时显示。为了增强实训效果及确保软件产品的性能可靠性，提供软件测评报告及软件产品评估证书。

78. 电气器件展示模块有自耦变压器、控制按钮、电磁启动器、多圈电位器、珐琅电阻等 10 余种常用器件模型，以 3D 的形式展现并附以文字说明介绍。各模型均可任意放大、缩小和旋转，具有直观立体、真实互动的效果。

79. 电气安装与连接模块包括元器件组装和电气线路连接。操作者按照界面提示或者原理图先将元器件库中的元件拖到电气柜上进行组装，器件组装完成后进入电气线路连接界面。在接线界面学员可以“示教接线”自己动手接线，也可以通过“一键接线”由计算机完成接线。接完线后学员通过操作相应的器件，根据原理图以及器件的动作情况，判断连接线路是否正确。

80. 通电检查模块主要用于在设备通电前进行电压检查，检查电源电路是否短路。

81. 故障诊断与维修模块具有故障设置功能，故障点设置典型、全面，操作者根据故障现象，利用所学知识进行排故练习。

82. 电气安装与连接、线路检查、故障检测与维修三个模块均有三相鼠笼式电动机点动控制线路、三相鼠笼式电动机自耦减压启动线路、风电闭锁电气控制线路、磁力启动器控制的启动线路等 12 个常见线路。

## 2. 多种电机在环实时仿真软件实验平台

软件功能：软件实验的电机类型包含最常见的几类电机：直流电机、异步电机、同步电机和变压器，对于电机运用等效电路的方式给出了工作特性曲线和机械特性曲线。对每一种电机均给出了电气和机械参数，便于学生理解和参考。学生可以通过选择对应的电机与运行方式获得电机的转速、转矩、电流等信息，十分便捷。暂停/停止后会自动显示游标，挪动游标可以在右侧获取当前点的值，有助于后续的计算与分析。为了增强实训效果及确保软件产品的性能可靠性，提供软件著作权证书。

### 1) 工作特性和机械特性实验

直流电机：根据励磁绕组的连接方式不同，可选择串励、并励和他励这三种电机。通过改变绕组两端电压、电枢回路串入电阻、励磁回路串入电阻这三种方式，选择电磁转矩、转速、效率、电流和电磁功率等参数，可以画出固有机机械特性和人为机械特性，其中电磁转矩改为输出功率可画出电机的工作特性曲线。

异步电机：从异步电机的调速入手，有改变定子绕组电压调速、转子回路串电阻调速和变频调速，其参数可以人为设置，可以方便的看到不同调速方式及输入参数情况下电机的调速机械特性。

### 2) 起动、调速、制动实验

进入后在上方可以看到电机的一些关键铭牌参数，有助于学生有大致判断。从电机的电路上，可以看到电机主要参数，很好地模拟了实验，让学生能够明白输入的参数会影响哪些参数变化。可以选择查看哪些变量，例如：定子绕组电压、电机转速、转矩等，不需要像实际实验中单独测量转速和电流等参数也可以清楚的看到需要的变量。

转矩：负载转矩有四种类型，分别为位能型负载、摩擦型负载、平方转矩负载（模拟风机、水泵）和恒功率负载，与额定转矩下的比值作为输入，能让学生更好地了解轻载、中载和重载情况下电机的运行。

起动: 根据不同的电机, 起动方式会略微有所不同, 例如:  $\Delta$  形连接的异步电机就有 Y- $\Delta$  起动, 可以根据显示的起动方式 (如: 定子绕组降电压起动) 及输入所需的参数来模拟实际中不同的起动方式。

调速: 调速过程根据电机的特点, 包含了各类电机主要的一些调速方式, 仿真实验接近实际, 工作特性展示的是稳态特性, 而运行实验的调速很好的向学生展现了电机调速的暂态特性。

制动: 实际运行中可能需要使电机快速停下, 这就需要采取合理的制动方式。学生可以选择制动方式看到实际电机的运行情况, 将起动、调速与制动放在同一人机界面中, 可以很好地模拟出完整的实验流程。

性能指标:

- (1) 直流电机不少于 23 组数据模型;
- (2) 异步电机不少于 20 组数据模型;
- (3) 同步电机不少于 6 组数据模型;
- (4) 变压器不少于 6 组数据模型;
- (5) 直流电机数据模型覆盖串励、并励、他励三种电机类型;
- (6) 异步电机数据模型覆盖星型、三角两种接法;

### 3. 电力电子线路仿真实训软件

能够进行电力电子线路的结构原理动态演示和装调过程仿真。

软件功能: 本软件包含多种典型电力电子线路的仿真实训, 每个仿真实训电路分为实训器材的认识及功能介绍、原理仿真、实训操作、结果显示等部分, 学生可以利用软件虚拟连接导线、信号源、示波器等。可以根据学生学习进度选择相应的实训线路进行训练, 使学生更快更好地学习相关知识和技能。为了增强实训效果及确保软件产品的性能可靠性, 提供软件测评报告及软件产品评估证书。

电力电子仿真线路主要包含以下内容:

83. 触发 (驱动) 单元电路;
84. 单相不控整流电路;
85. 三相不控整流电路;
86. 晶闸管单相可控整流电路;
87. 晶闸管三相可控整流电路;
88. 单相有源逆变电路;
89. 三相有源逆变电路;
90. 晶闸管单相调压电路;
91. 晶闸管三相调压电路;
- (10) GTR 单相并联逆变电路;
- (11) 直流 (IGBT) 斩波电路 (包括降压斩波电路、

升压斩波电路、升降压斩波电路、Cu k 斩波电路、Sepic 斩波电路、Zeta 斩波电路六种典型线路)；  
(12) 单相 SPWM 控制 (IGBT)H 型交直交变频电路；  
(13) PWM 控制 (MOSFET) 开关型稳压电源电路；  
(14) 专用 PWM 集成电路控制的直流 PWM 可逆供电电路；  
(15) 晶闸管直流调速系统电路；  
(16) 晶闸管交流调压调速系统电路；  
(17) 晶闸管交流串级调速系统电路；  
(18) 直流 PWM 可逆调速系统电路；  
(19) 电力电子典型应用线路的装调实验不少于 4 个。

#### 92. 停电应急处置模拟演练系统

本软件采用 Unity 3D 技术仿真技术，界面生动美观、易学易用，可以提高教师教学和学生学习的兴趣。

软件要求具备的功能：

93. 直观显示操作前后设备的状态；
94. 模拟操作完毕后，图形还原到操作前状态；
95. 可以设置故障，用户选择需要操练的科目（不同的故障）；
96. 可以模拟应急操作，用户在图形界面上进行故障处理（模拟操作），如果操作错误，系统自动提示正误；
97. 系统自动生成预案，预设一些故障类型和应急处理操作步骤，在演练结束后输出正确的应急处置操作步骤（操作票）根据用户选择的故障类型，系统自动生成应急处置操作步骤（操作票）；
98. 智能开票，给正常运行时的操作任务自动开票；
99. 人工开票，用户可以手动开票；
100. 操作票维护，操作票预览及保存及打印。

为增强实训效果及确保软件产品的性能可靠性，提供包括但不限于软件测评报告、软件产品评估证书等相关证明资料。

#### 101. 共享型虚拟仿真综合教学云平台

功能一：

##### 102. 注册、登录

用户可以选择注册申请学校老师或学生账号，待管理员审核通过后登录系统，使用指定账户权限；支持管理员通过管理后台，批量导入账号；用户输入正确的账号和密码登录系统，登录成功后开始使用。

##### 103. 课程资源库

未登录用户可浏览系统的课程，查看课程的基本信

息及大纲，了解课程的具体情况，需登录后可对相关课程添加学习；已登录的账号可选择开放的课程添加学习。

#### 104. 教学资源库

未登录用户可浏览各个教学资源的基本信息及评价，需登录后才可观看内容。

#### 105. 仿真实训库

未登录用户可浏览各个仿真资源的基本信息及评价，需登录后才可添加学习。

#### 106. 个人中心

1) 我的课程：查看已加入的所有课程并进入学习，支持查看学习进度，课程分为全部课程、在修课程、已修课程，可按专业查看课程；

2) 我的作业：查看加入课程的所有作业，作业分为未开始、待提交、已提交、已批改等状态；

3) 我的仿真实训库：查看加入的所有仿真实训并进入学习；

4) 我的考试：查看加入课程的所有考试，考试分为未开始、已提交、已批改等状态；

5) 我的教学资源库：查看加入的所有教学资源，可按专业、类型、格式等查看教学资源；

6) 我的答疑：查看自己所有提出的问题以及回复；

7) 个人信息：查看自己的个人信息，并且可以修改个人信息；

#### 功能二：

#### 107. 基础建档

学校建档：系统管理员可以添加使用本系统的学校（名称，地址，编号等信息）。

#### 108. 学校管理

1) 院系建档：学校管理员可以添加本校的院系（院系名称等信息），添加后可以修改或者删除。

2) 专业建档：学校管理员可以添加本校的专业（专业名称等信息），添加后可以修改或者删除，可以添加专业的子项。

3) 学期建档：学校管理员可以添加本校的学期（学期名称等信息）名称信息，添加后可以修改或者删除。

4) 权限分配：学校管理员可以设置本校的院系老师的系统使用权限。

5) 老师管理：学校管理员可以选择院系，然后创建该院系的老师（姓名，手机号，身份证号等信息），也可以批量 excel 导入老师，添加后可以修改或者删除老师。

6) 班级管理：学校管理员可以选择院系，创建该

院系下的班级（班级名称等信息）。

7) 学生管理：学校管理员可以选择院系，班级，添加该院系班级的学生（姓名，身份证，手机号等信息），支持批量 excel 导入学生，添加后修改或者删除学生。

8) 学生追踪统计：学校管理员可以通过课程、学习类型、学习内容、时间范围等内容进行筛选，并查看学生或老师的学习记录信息。点击导出数据可以导出学生的学习情况数据表格。点击设置时长可以限制学生每日可学习课程时长。

9) 课程审核：学校管理员可以对用户创建的课程进行审核，可以查看待审核课程的课程名称、课程讲师、课程时长等信息，点击审核按钮通过审核，点击取消可以取消审核。注：未通过审核的课程无法被编辑。

10) 资源审核：学校管理员可以对用户上传的教学资源进行审核，可以查看待审核资源的资源名称、资源类别、所属专业、文件格式等信息，点击审核按钮通过审核，点击取消可以取消审核。注：未通过审核的资源无法在前台显示。

#### 109. 用户权限管理

1) 用户管理：学校管理员可以添加用户，选择想要添加的用户类型（院系管理员、老师或学生），选择所属院校和角色，填入基本信息后即可添加。点击导入可以导入用户。学校管理员也可以自定义设置系统的登录人数限制信息。

2) 角色权限设置：学校管理员可以自由添加本校的角色，并设置相应权限，添加后可以修改删除。

#### 110. 课程管理

1) 基本信息：添加创建课程的基本信息（课程名称、学时、简介等信息），管理员可引用仿真课程（由超级管理员上传的仿真课程）、公开课程资源（由学校老师创建的公开课程的导学、课程设计、题库、作业、考试内容）。

2) 班级：在课程下增加班级，填写班级名称，所属学期（由学校管理员建档），所属院系（由学校管理员建档），默认授课教师为自己，还可以添加其他授课教师（由学校管理员录入老师信息）。添加班级后会自动生成一个班级二维码，及班级邀请码，选择是否限制人数，学生加入方式，然后添加班级下的学生，学生可以单个新增，也可以从学生库导入，excel 导入。

3) 导学：添加导学，上传资源，可以从我的资源或本地上传导入。

4) 课程设计：可添加模块，添加章节，可以往章节里面上传资源，上传方式：本地上传，我的资源库，教学资源库，仿真实训库。

资源可以上传的类型为：视频格式支持：flv, avi, mp4；文档格式支持：doc, docx, ppt, pptx, PDF, txt 文本；图片格式支持：jpg, png, bmp, gif。可以设置允许下载资源，设置后学生在前台可以下载被允许的资源。

5) 课程题库：可以上传该课程的题库，可以单个新增题目，类型有：单选题，多选题，判断题，问答题，论述题、识图题、填空题，添加题目需要选择难度，知识点，知识点可以自己编辑管理，题目也可以导入（Exec1 导入，公开题库导入），可以导出题目。

6) 作业：可以为该课程布置作业，可以从题库中选择题目，选择知识点，设置分数，点击添加作业，添加完成可设置作业时间，学生提交作业之后，客观题自动算分，主观题需要老师手动批改，最后得出成绩。

7) 考试：可以布置一场考试，从题库选择题目完毕后，点击添加后可以设置考试时间，学生交卷之后，客观题自动算分，主观题需要老师手动批改，最后得出成绩。

8) 成绩：学生完成作业或者考试，老师可以通过成绩这一栏查看每个学生的成绩。

9) 统计分析：老师通过统计分析这一栏查看学习成绩，学习进度，资源统计分析。

10) 自动生成课程分数：老师对课程学习、作业、考试自定义设置考核比例，再为课程中的每一个章节、每一份作业、每一份试卷设置权重占比，最后通过系统一键生成课程最终分，有利于体现一个客观公正的标准化课程分数计算体系。课通过课程学习成绩、作业成绩、考试成绩多方面的评分机制让课程最终分更具公平性。

#### **111. 待改作业**

查询所有课程的学生提交的作业，主观题待老师查看及批改。

#### **112. 待改考试**

查询所有课程的学生提交的考试，主观题待老师查看及批改。

#### **113. 题库**

题库管理：管理员可创建本校的题库，可单个新增题目，类型有：单选题，多选题，判断题，问答题，论述题、识图题、填空题，添加题目需要选择难度，

知识点，知识点可以自定义编辑管理，支持批量题目导入（Excel 格式导入），可将题目分享到公共题库，可导出题目。

#### 114. 资源库

1) 课程资源库管理：查看学校或院系的全部课程信息，支持课程的创建（课程说明，课程简介的信息），创建的课程可添加导学，课程设计，题库，作业，考试等内容。

2) 教学资源库管理：管理员、老师可上传本校的教学资源，分为私有，公有。

#### 115. 仿真实训库

仿真实训管理：系统管理员可以上传仿真实训资源，上传后支持修改或删除（选配）。

##### （10）仿真教学案例库

仿真教学案例管理：系统管理员调用仿真资源及教学资源组建仿真教学案例（选配）。

##### （11）网上答疑

课程答疑：学生在学习课程的过程中，遇到了课程中不懂的问题可以通过课程答疑，提出自己的问题发送给老师，老师通过查阅学生的问题做具体的解答。

##### （12）系统管理

1) 数据备份：为了维护系统的数据安全，管理员可对系统的数据进行备份操作；防止网络恶意病毒攻击系统的数据。

2) 数据还原：可使用备份数据，对系统进行还原操作，避免系统崩溃后数据的丢失的问题。

3) App 管理：管理和上传 APP 安装包文件，可上传 APP 安装包，上传完成后系统自动生成 APP 下载二维码，并在首页 App 下载选项中显示。

##### （13）大数据分析

系统数据分析：

1) 系统分析：统计整个系统的课程教学资源数量以及上传的文件资源数量，各院校使用情况，课程的平均时长、进度、分数数据。

2) 学生数据分析：账号学习过程记录（老师可以通过查询浏览），课程的学习（进度、时长）、练习成绩、考试成绩、使用足迹。

#### 116. 资源要求

（1）活页式电力电子及电力拖动技术实训指导书纸质 45 本、WORD 电子版指导书 1 份；

（2）活页式软件实训操作指导书纸质 45 本、WORD 电子版指导书 1 份、所有软件实验模型源程序 1 套；

（3）所有硬件和软件实验全程接线、操作及调试

		<p>过程视频一套，归学校所有；</p> <p>(4) 相关的培训资源及 PPT 归学校所有；</p> <p>(5) 协助教师完成电力电子技术与实践视频教学资源 1 套、PPT1 套、WIRD 电子文本 1 套，典型电力电子技术企业典型案例 1 套（四大变换电路共计不少于 12 个案例）、电机拖动课程教学资源开发 1 套。</p>			
6	测量仪器仪表	<p><b>1. 数字示波器：</b>（4 通道，带宽<math>\geq 200\text{MHz}</math>，存储深度<math>\geq 14\text{Mpts}</math>，采样率 <math>1\text{GSa/s}</math>）数字示波器，带高压探头。</p> <p><b>2. 数字万用表：</b>（精度<math>\geq</math>三位半，具有防烧功能，通断检测蜂鸣，分直流电压档 <math>200\text{mV}/2\text{V}/20\text{V}/220\text{V} \pm (0.05\%+10\text{d})</math>，<math>1000\text{V} \pm (0.1\%+10\text{d})</math>。交流电压档位 <math>200\text{mV} \pm (1.0\%+25\text{d})</math>；<math>2\text{V}/20\text{V}/220\text{V} \pm (0.8\%+25\text{d})</math>；<math>750\text{V} \pm (1.0\%+25\text{d})</math>。直流电流档位 <math>200\mu\text{A}/2000\mu\text{A}/20\text{mA} \pm (0.5\%+10\text{d})</math>；<math>200\text{mA} \pm (0.8\%+10\text{d})</math>；<math>20\text{A} \pm (2\%+25\text{d})</math>；交流电流档位：<math>200\mu\text{A}/2000\mu\text{A}/20\text{mA} \pm (1.2\%+25\text{d})</math>；<math>200\text{mA} \pm (1.5\%+25\text{d})</math>；<math>20\text{A} \pm (2.5\%+35\text{d})</math>。电阻档位 <math>200\Omega \pm (0.5\%+30\text{d})</math>；<math>2\text{k}\Omega/20\text{k}\Omega/200\text{k}\Omega/2\text{M}\Omega \pm (0.4\%+5\text{d})</math>；<math>20\text{M}\Omega \pm (0.5\%+25\text{d})</math>；<math>200\text{M}\Omega \pm (5\%+10\text{d})</math>；电容档位 <math>20\text{nF}/200\text{nF}/2\mu\text{F}/20\mu\text{F}/200\mu\text{F} \pm (2.5\%+15\text{d})</math>；<math>2\text{mF} \pm (4.5\%+10\text{d})</math>；<math>20\text{mF}/200\text{mF}</math>。二极管、三极管测试档位、频率档位、占空比档位、NPN/PNP 档位。</p> <p><b>3. 波形发生器：</b>正弦波输出频率 <math>1\text{Hz} \sim 30\text{MHz}</math>；采样率 <math>150\text{MSa/S}</math>；垂直分辨率 14-bit；方波频率<math>\geq 30\text{MHz}</math>；高斯白噪声<math>\geq 60\text{MHz}</math>；能够输出低抖动的方波/脉冲波形，同时脉冲波可以做到脉宽、上升/下降沿精细可调</p>	测量仪表	个	各 22
7	铁皮柜	<p>实验仪器铁皮柜：底部有滚轮，外形尺寸长<math>\times</math>宽<math>\times</math>高<math>\geq 910\text{mm} \times 410\text{mm} \times 1850\text{mm}</math>。采用<math>\geq 1.1\text{mm}</math>厚的优质冷轧钢板焊接组装而成。表面全自动脱脂、双面静电喷塑处理。双开门设计，配镀铬跳锁。内置三块隔板分五层，使用专用金属卡口放置，可任意调节隔层间距。采用优质铝合金内挖拉手。</p>	实验仪器存放	个	2

8	投影仪	<p>激光投影仪:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 显示技术: 采用 0.6 系列 3LCDx0.59 液晶面板;</li> <li>2. 亮度: 4500 流明, 分辨率: WXGA (1280x800), 对比度: 1500000:1;</li> <li>3. 画面均匀度 <math>\geq 90\%</math>; 光源: 激光光源。</li> <li>4. 光源寿命正常模式: 20,000 小时, 经济模式: 25000 小时;</li> <li>5. 镜头投射比: 1.48~1.78:1;</li> <li>6. 输入接口: HDMI in : HDMI 19pin x2, VGA in : D-sub 15pin x1; Video in : RCA x1; Audio in : mini jack x 1(3.5mm); 幕布: 激光幕布激光投影机 150 寸电动遥控专业幕布。投影仪转换器。</li> <li>7. 配 2 套 <math>\geq 75</math> 寸的课件播放装置, 用于日常教学使用, 采用吊装样式。</li> <li>8. 以太网交换模块端口: 48 口, 散热方式: 风扇散热, 端口速率: 千兆。</li> </ol>	教学使用	台	1
9	导线架	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 用途: 用于悬挂和放置实训专用连接导线;</li> <li>2. 外形尺寸: <math>\geq 530\text{mm} \times 430\text{mm} \times 1200\text{mm}</math>;</li> <li>3. 设有五个万向轮;</li> </ol>	实验用	个	5
10	插线板	插线板: (8 位总控, 全长 $\geq 3$ 米, 额定电压 $\geq 250\text{V}$ , 电流 $\geq 10\text{A}$ , 功率 $\geq 2500\text{W}$ ; )	实验用	个	45

11	实验内涵建设	<p>1. 墙基面基层处理：基层墙面处理； 墙面批刮腻子两遍并打磨； 墙面面漆；</p> <p>2. 吊顶：卡齿型轻钢龙骨做主骨，轻钢龙骨做副骨；顶部采用 600×600mm 吸音板；</p> <p>3. 制作窗帘盒：制作安装 8mm 防火阻燃窗帘盒；</p> <p>4. 面板包围墙面：墙基层处理；防火阻燃板基础。</p> <p>3. 5mm 木饰面板安装，金属条装饰收口。</p> <p>5. 定做暖气罩：采用 E0 级 1.8mm 厚多层实木，高 0.9m；安装白色铝合金百叶 4 个。</p> <p>6. 窗台包围板：制作安装窗台包围板；</p> <p>7. 塑胶地板：地面清理（含瓷砖）；水泥自流平 1 遍；铺贴 2mm 塑胶地板。</p> <p>8. 布艺窗帘：安装窗帘及窗帘轨道，棉麻布料遮光率 60%以上。</p> <p>9. 照明线路改造：拆除原有线路；新做照明线路 BV2.5mm<sup>2</sup>*2；安装开关 2 个；线路沿吊顶内暗装，墙面开槽。</p> <p>10. 插座线路改造：拆除原线路；由电箱线路引出，线路 BV4mm<sup>2</sup>*3，分别安装到个工位、插座、电视旁边；BV6mm<sup>2</sup>*3 电线引至制冷设备插座处；地插 30 个；所有线路暗装，采用地面、墙面开槽进行铺设线路，所有插座保证都有接地，采用不锈钢盖板饰面。</p> <p>11. 600*600 平板灯:LED 平板灯，600*600，冷白光源、48W。</p> <p>12. 吊装样式悬挂 2 个≥75 寸的液晶显示屏，播放装置。</p> <p>文化墙 1（北墙）尺寸 7m*1.9m；采用 PVC 加 UV 材质，覆膜；需进行二次设计。</p> <p>文化墙 2（南墙）尺寸 1.8m*1.5m；采用 PVC 加 UV 材质，覆膜；需进行二次设计。</p> <p>文化墙 3（制度牌）尺寸（0.6m*1.2m*6 个）；采用 PVC 加 UV 材质，覆膜；需进行二次设计。</p> <p>配套平面黑板、尺寸为 1.2m*4m。</p> <p>注意：场地设备、地面进行 6S 模式设计布局。（地面处理以后要求设备碾压无痕迹）。</p>	教学使用	项	1
12	空调	5 匹；冷暖 380V；落地立柜式变频空调 2 个，1 个吊顶遥控器操控。	制冷	个	3
<p>注：“空调”为政府强制采购节能产品，提供所投产品有效的节能产品认证证书（复印件加盖供应商公章）为实质性要求，不满足的将作为无效投标处理。</p>					

## 二、配套装修改造

序号	项目名称	计量单位	工程量
----	------	------	-----

1	<b>墙面粉刷</b> 1. 铲除原有墙面，滚涂界面剂； 2. 批刮腻子两遍； 3. 砂纸打磨 2 遍(粗砂 1 遍,细砂 1 遍)； 4. 清理面层，滚涂乳胶漆两遍；	m <sup>2</sup>	132.7
2	<b>硅酸钙板吸引吊顶</b> 1. 全丝吊杆，膨胀丝固定、38 系列卡齿型钢龙骨做主骨，32 系列 T 型轻钢龙骨做副骨； 2. 安装硅酸钙板（尺寸为 600mmX600mm）并清理。	m <sup>2</sup>	180.08
3	<b>制作窗帘盒</b> 1. 制作安装木制窗帘盒，面层石膏板刷乳胶漆；	m <sup>2</sup>	21.6
4	<b>布艺窗帘（3.6*2.6*6）</b> 2. 安装窗帘及窗帘轨道，双层窗帘，窗帘遮光率 60%以上。	m	21.6
5	<b>定做暖气罩</b> 1. 采用 E0 级 1.8mm 厚多层实木，高度为 900mm； 2. 安装白色铝合金百叶 4 个。 3. 铺贴石材台面；	m <sup>2</sup>	24.32
6	<b>塑胶地板</b> 1. 清理地面； 2. 水泥自流平 1 遍； 3. 铺贴 >2mm 厚塑胶地板(要求设备碾压无痕迹)； 4. 场地设备、地面进行 6S 模式设计布局(地面处理以后要求设备碾压无痕迹)。	m <sup>2</sup>	180.08
7	<b>照明线路改造</b> 1. 拆除原有线路，新做照明线路 BV2.5mm <sup>2</sup> *2，安装开关 2 个，线路沿吊顶内安装，墙面开槽。	m <sup>2</sup>	180.08

8	<b>插座线路改造</b> 1. 拆除原线路； 2. 由电箱线路引出，线路 BV4mm <sup>2</sup> *3，分别安装到个工位、插座、电视旁边等； 3. BV6mm <sup>2</sup> *3 电线引至空调插座处； 4. 地插 30 个； 5. 所有线路暗装，采用地面、墙面开槽进行铺设线路，不锈钢盖板饰面；	m <sup>2</sup>	180.08
9	<b>600×600mm 平板灯</b> 1. LED 平板灯，600×600mm，冷白光源、48W；	个	40
10	<b>文化墙 1（北墙）</b> 1. 尺寸 7m×1.9m； 2. 作法：采用 PVC 加 UV 材质，覆膜； 3. 需进行二次设计。	m <sup>2</sup>	13.3
11	<b>文化墙 2（南墙）</b> 1. 尺寸 1.8m×1.5m； 2. 作法：采用 PVC 加 UV 材质，覆膜； 3. 需进行二次设计。	m <sup>2</sup>	2.7
12	<b>文化墙 3（制度牌）</b> 1. 尺寸（0.6m×1.2m×6 个）； 2. 作法：采用 PVC 加 UV 材质，覆膜； 3. 需进行二次设计。	m <sup>2</sup>	4.32