**东北石油大学货物采购计划申报表附表（2022版）**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 商品名称 | 规格及详细的技术参数 | 数量 | 单位 |
| 1 | 电气控制综合实训平台 | 一、设备功能要求  1.要求采用开放性设计，包含了PLC控制技术、电气控制等考核内容。  2.配套安全保护、接地保护，当发生安全隐患时，自动断开设备电源，发生声光报警提示。具有漏电、过压、欠压、过流等保护功能。  二、基本配置要求  1.实训平台整体结构由工业铝型材搭建而成，下方安装有加强支杆。采用独立可拆卸机构，平台尺寸不大于1800mm×1000mm×800mm（高×宽×深），底部设有四个万向轮调节机构。  2.电源屏：自带三相五线线电压380V和相电压AC220V电源，引出到面板L1、L2、L3、N、PE，电源先经过面板4P漏电保护器和3P熔断器。电源输入和电源输出由黄、绿、红指示灯指示；面板提供五孔插座一只。电源带有漏电、短路等安全保护。自带一体化工业标准直流信号0-10V和4-20ma，集成4位数显表显示，精度不低于0.01级，0.1mv的跳动变化，数字编码器粗微调双模式调节。自带直流电源DC24V。电源带有仪表指示。  3.网孔板为挂件式，尺寸不小于938mm×668mm，厚度不小于2mm，安装四个卡扣装置，卡扣装置采用塑料模具一次性成型，可快速安装及取出；配套有金属框架及线槽等。  4.终端支架平台：主体框架采用铝合金型材、冷轧钢板成型件组装结构，外形尺寸：（L×W×H）：不大于605×600×1005mm。平台面板采用15mmMDF，靠人侧采用斜面30°圆弧边设计，呈几字形，四边角倒圆R30，符合人体坐姿型态，立柱采用3060双面封铝型材，左、右采用L型冷轧钢板一次性成型加固件支撑。平台面设有冲压成型的围板，配有冷轧钢板一次成型的键盘托，键盘托凹槽可收纳笔或小型工具，下方设有可360°旋转收纳的鼠标托板，两侧采用静音导轨，可承重10kg。底盘采用冷冲压成型工艺，靠人侧采用圆弧边设计，设有定位夹可根据主机宽度大小自由调节定位，底部装四只2寸静音带刹车聚氨酯胶边脚轮。  5.PLC主机：要求内置数字量I/O（14路数字量输入/10路数字量输出）可编程控制器，模拟量2路模拟量输入/2路模拟量输出；集成2个以太网口，提供16输入24V DC/16输出继电器模块，配套PLC编程线缆、编程软件，要求配套博途V16正版授权软件，保证稳定可靠的编程环境。电气接口采用多功能端子引出，具有插孔式实验验证和接线式工程训练两种方式，可由学生自主搭建相关电气控制线路，系统非易失存取器不小于16G；固态存储器不小于256G，数据存储器不小于1T。  6.要求提供PLC教学软件，**软件功能及运行环境要和硬件PLC相匹配，并能在提供的PLC硬件上完成相应的教学及实验任务，**教学资源软件配有语音讲解功能，提供不少于40个学习项目（包含但不限于以下内容：CPU家族及模块；CPU面板介绍；数据块的使用；位逻辑指令；整数运算指令；逻辑运算指令；移位和循环移位运算指令；定时器指令；计数器指令；时钟指令；符号的使用；交叉引用的使用；系统块的组态；状态图表的使用；设备组态和通信组态；输入和程序编辑；比较指令；移动指令；转换指令；Modbus RTU通信；PID回路控制；带参数子程序编写举例；USS通信(1)参数设置；USS通信(2)程序编写；USS通信(3)下载测试；编译下载运行调试项目；中断及中断指令概述；中断指令应用举例；自由口通信；PC Access配置；数据日志；以太网通信之组态；以太网通信之编写程序并下载；以太网通信之运行测试；运动控制概述；运动控制之组态运动轴；运动控制之编写程序；运动控制之运行测试；运动控制之使用运动控制面板；PLC远程访问控制。）  7.变频器模块：输入电压AC220V 0.37KW工业变频器，集成4路数字量输入，2路模拟量输入,支持RS485通讯，集成操作面板。电气接口采用多功能端子引出，具有插孔式实验验证和接线式工程训练两种方式，可由学生自主搭建相关电气控制线路。  8.变频器学习软件，**软件教学内容与设备配套变频器要求相匹配，并能完成相应的教学和实验任务**，提供不少于35个学习项目（包含但不限于以下内容：功能与特点；选型介绍；安装说明；系统配置；基本操作面板(BOP)使用；开机调试；通过设置菜单快速调试；通过参数菜单快速调试；连接宏Part1；应用宏；设置制动功能；设置电压提升功能；设置斜坡时间；设置Imax控制器；设置Vdc控制器；设置负载转矩监视功能；设置停车方式；单脉冲高转矩启动模式；多脉冲高转矩启动模式；防堵模式下启动电机；设置捕捉再启动功能；设置自动再启动功能；设置摆频发生器；霜冻保护模式；冷凝保护模式；睡眠模式；多泵控制模式；节能模式；气穴保护模式；设置双斜坡功能；设置自由功能块(FFB)；参数克隆；Modbus通信概述；Modbus通信：参数设置；USS通信；）  9.触摸屏模块：采用7寸彩色触摸屏，超高性能嵌入式一体化触摸屏，7英寸高亮度TFT液晶显示屏（分辨率不低于800×480），四线电阻式触摸屏，以及具有良好的电磁屏蔽性，预装了MCGS Linux嵌入式组态软件(运行版)，具备强大的图像显示和数据处理功能，支持以太网通讯。电源接口、以太网接口、485接口引到正面。  10.步进电机模块：配置进驱动器和步进电机，电机装有刻度盘、指针，将信号接口通过多功能端子排引出。  11.基本指令练习模块提供5路输入，5路输出等接口，输入、输出端电压可自由切换0V和24V，输出端由指示灯的亮灭来指示PLC输出口的状态。通过基本指令练习，让学生彻底掌握PLC输入、输出的外围接线和工作原理。  12.低压电气器件  提供有单相电度表、螺口灯座、灯泡、单联开关、双控开关、声（光）控延时开关、开关盒、日光灯管套件（镇流器）、电流互感器、空气开关、保险丝座、熔断器、交流接触器、辅助触头、中间继电器、热继电器、热继电器座、通电延时时间继电器、时间继电器座、开关按钮盒、电阻、二极管、塑料安装卡子、自攻螺丝、接线端子排、G形导轨等。  13.实训电机模块：提供AC380V△三相电动机、光码盘测速系统配有1024光电编码器、固定电机底座等。可用于三相交流电机的闭环调速实验，方便更换安装，电机与编码盘之间连接的同心度良好，接口提供多功能端子排转接，可提供多种连接方式，能较好的满足实验要求。  14.PLC控制终端模块：主控器10700，具备USB3.0接口，具备同时双卡显示的人机交互功能。  15.实训工具：至少包含数字万用表1个、电烙铁1把、小十字螺丝刀1把、小一字螺丝刀1把、中十字螺丝刀1把、中一字螺丝刀1把、剥线钳1把、斜口钳1把、工具箱等常用工具。  16.专用实训连接线：配有高可靠护套结构手枪插连接线，强弱电导线分开，不可互插。  17.配件：提供有实训指导书、样例程序、编程软件等。  18.服务与支持要求：为保障实训教学稳定，设备融入互联网+设备运维系统，提供高效的报修服务和需求响应。具有功能要求如下：  （1）服务端分为PC机和手机APP两个版本，使用更加多元化、灵活化，管理人员使用PC版，更加高效快速。  （2）设备信息包括产品型号、名称、出厂日期、过保日期、出厂报告、厂商联系方式、设备装箱单、实训指导书等。  （3）手机扫描后就可以快速提交服务需求，能够通过文字、现场照片和视频精准描述设备故障，并且能自动显示设备所在位置。  （4）客户端发送服务情况后，服务端收到提醒信息，并且生成服务工单；系统自动发送的服务短信内容包括服务人员姓名、联系方式、工单进度链接，客户可以通过链接了解服务进度；服务端具有服务确认、评价留言、服务报告等功能。  （5）设备信息和客户每次的服务需求都应永久存储，只需要用手机扫描就可以快速查看。  三、配套资源要求（整个实验室配一套）  1、数字化立体教材软件平台  （1）软件平台基于云端的开放性平台，采用HTML 5网页技术开发，支持离线在线访问，可与学校数字化校园网互联互通，可无缝进行数据互传，可开放连接校园网网络接口，通过账号及密码可访问该资源，后台资源实时更新，支持手机端扫码访问。  （2）平台发布资源具有3D效果，支持文档搜索、复制、放大、缩小、打印、文档处理等功能；资源至少集成文档、视频、动画仿真、教学资源等四项文件。  （3）平台集成设备服务系统，可完成查看设备信息包含技术配置、使用说明，质检报告等，可完成设备远程保修及技术支持，通过文字描述、图片等寻求厂家技术服务；支持查看服务进度，支持评价及投诉。  （4）资源集成与设备配套的实验指导书，包含有实验原理与目的、步骤、实验报告与分析等。  （5）资源可访问调用GXWorks2教程、S7-200-SMART-PLC-PPT电子课件、S7-200 SMART PLC训练教程、S7-1200视频教程、SINAMICS V20视频教程、博图SCL高级视频教程。  （6）集成万用表应用训练仿真软件、安全教育仿真软件、电工技能训练仿真软件。  （7）可由一个统一的目录链接访问，方便管理。  2、互联网+实验报告管理系统  （1）系统采用主软辅硬结合方式，包含数据采集系统和AI智能云平台管理软件。  （2）数据采集系统进行实验报告的图像采集。通过高清拍照摄像、图像识别及处理、后台数据库、WEB等技术进行融合，实现文档扫描、传送功能、保存等功能，实现将学生数字化实验实训报告。  （3）AI智能云平台管理软件处理部分通过人工智能深度学习算法进行图像的处理，识别出提交报告信息数据。  （4）客户端能够自动填入学生姓名、学号、班级、科目等信息。  （5）服务器系统可提供局域网或广域网（外网）布设，用户界面采用统一WEB界面，电脑、平板、手机等智能设备都可访问，在线查看阅览学生上传报告信息内容、批注等，实现多设备跨平台应用。  （6）报告管理具有报告标题、姓名、编号、状态、评语及上传时间等功能。  （7）学生信息根据班级、学号、年级等信息排列显示，也可单独通过搜索关键字阅览，可增加优秀报告标记或分享他人等功能。  四、能够完成的实训项目  电力拖动实训：三相异步电动机直接启动控制、三相异步电动机接触器点动控制线路、三相异步电动机接触器自锁控制线路、Y-Δ启动手动/自动控制电路、接触器联锁的三相异步电动机正反转控制线路、按钮联锁的三相异步电动机正反转控制线路、双重联锁的三相异步电动机正反转控制线路、倒顺开关控制的三相异步电动机正反转控制线路、三相异步电动机能耗制动电路、三相异步电动机串电阻降压启动控制线路、三相异步电动机的多地控制、工作台自动往返控制线路、电工常用工具的使用、白炽灯照明电路的安装、两个开关控制一盏灯、两地控制一盏灯、声控开关控制照明电路、日光灯电路、电度表原理与接线、单相电度表的直接接线、单相电度表经电流互感器接线、住宅照明线路实训。  PLC控制电路实训：PLC认知、PLC控制电动机点动和自锁控制、PLC控制电动机手动正反转控制、PLC控制电动机带延时正反转控制、PLC控制电动机带限位自动往返控制、PLC控制电动机两地启动停止控制、步进系统的定位、脉冲、转速和方向的控制。  PLC、变频器、触摸屏应用技能实训：变频器功能参数设置与操作、外部端子点动控制、4-20ma模拟量控制变频调速实训、0-10V模拟量控制变频调速实训、变频器控制电机正反转、多段速度选择变频调速、基于PLC的变频器外部端子的电机正反转控制、基于PLC数字量方式多段速控制、基于PLC模拟量方式的变频闭环调速控制、基于触摸屏控制方式的基本指令编程练习、PLC、触摸屏及变频器通信控制。  七、互联网+教学资源管理平台  （1）教学资源管理平台具有多种类型的课程，包含视频、图文、音频、直播等，图文内容有设备相关实训指导书、技术手册以及相关应用软件资源。  （2）产品系列应包含PLC系列、变频器系列、人机界面系列、伺服与驱动系列、步进与驱动系列、机电一体化系列、电工电子系列、德国双元制系列等，能满足不同学习群体、不同类型PLC、不同层次技能人员的学习。  （3）应支持个人账户管理功能，能对头像和名称修改、意见反馈、关注的讲师等。  （4）用户注册方式支持微信、QQ和手机号注册，首页设有轮播幻灯片和新闻资讯，视频课程、直播课程、图文课程、音频课程。  （5）直播课堂由管理员进行分配讲师，讲师登录后，首页设有我的班课以及帮助中心，教师在我的班课中查看和处理直播任务，在帮助中心里可查看官方课程资料。  （6）可编程控制器类： PLC视频教程课程内容不少于58讲，伺服步进驱动视频教程不少于37讲；  （7）平台功能不限于以下内容：  7.1学生注册，可通过QQ或手机号不同方式注册；  7.2普通管理员登录进行角色权限分配，可分配讲师、拉黑等操作。  7.3管理员可添加直播课程，设置讲师和助教老师，内容权限可进行分组设置；  7.4超级管理员可登录进行普通管理员角色权限分配，分配后普通管理员可见对应模块。  7.5讲师直播可进行摄像头直播、课件直播以及共享屏幕三种方式，互动形式设有讨论区、问答区以及讲解区；  7.6平台支持计算机端和微信小程序端访问，机器人资源：不少于三种品牌类型，每种类型课时不少于15节；  7.7平台应设有考核系统，后台题库数量：不小于850，可创建个性化考核；  7.7.1组卷方式应支持选题组卷、抽屉组卷、随机组卷、综合组卷；  7.7.2试卷内容可添加单选题、多选题、填空题、判断题、问答题、组合题、录音题七种大题，大题内的小题可以自定义分值。  7.7.3答题时长可设置为整卷限时和单题限时两种模式；  7.4.5创建的试卷支持在线预览和word下载操作；学生考核次数可指定次数和无限次数、指定考试日期和及格线；登录考核方式可支持微信登录和账号密码。 | 20 | 套 |
| 2 | 小车运动模型 | 模型要求由运动小车（直流电机驱动）、同步带轮传动机构、直流电机、光电传感器、电感式传感器、电容式传感器、行程开关等组成，通过传感检测、PLC编程，实现运动距离测量、传动控制、键值优化比较行走控制、定向控制、定位控制、报警运行控制、点动控制、位置显示控制等，能实现小车的精确定位。 | 10 | 套 |
| 3 | 伺服运动控制模型 | 1.模型要求采用工业交流伺服，工作电压AC220V，输出功率200W。  2.采用数字信号处理器（DSP）作为控制核心，智能功率模块（IPM）内部集成了驱动电路，同时具有过电压、过电流、过热、欠压等故障检测保护电路，具有较强的温度、湿度、振动等环境适应能力和很强的抗干扰的能力。  3.运动控制机构包含滚珠丝杆（有效行程不小于200mm，丝杆直径16mm。丝杆导程5mm。单根模组的精度0.05mm）、联轴器、刻度尺（0-270mm）1个、限位开关（滚动式）2个、接近开关（光电）3个、安装底板、控制接口等。  4.可完成伺服系统参数的设置、电机正反转控制、定位控制等。将信号集成转接至多功能端子排上，设有快速插接端口，便于学生实训接线，也可使用压线端子接口，用于训练实操布线工艺。  5.机电创新设计软件：  (1)系统可以对机械部件、传感器、驱动器和运动的设计与分析，可快速构建仿真分析可行性，直接导出工程图进行加工，编写程序可进行虚拟调试，调试完成可直接与实物同步，还可进行设备的优化与改进。将多个学科知识融入一个开发环境，可由多个人同时协作一个项目。  (2)通过软件建立三维模型，将建立的三维模型进行运动仿真，可进行抓拍、录制，仿真刷新时间可更改，且仿真支持前进一步、后退一步操作，可通过仿真分析改进结构的缺陷，节约生产成本，缩短生产周期；改正以后可直接出工程图，方便加工。至少支持文件格式有DXF、DWG、NODEL、CATPART、TXT、SLDPRT、SLDASM、SAT、MDEF、PRT、SIM、ASM、PWD、IGS、STP、JT、XPK等，且能够满足对文件的打开、另存为、导入、导出、编辑、保存等操作。  (3)通过软件选择并定位传感器、驱动器、气缸、电磁阀、气源等元器件的选型以及布线；软件内置距离传感器、碰撞传感器、位置传感器、测斜仪、速度传感器、加速计、限位开关、通用传感器等；提供位置控制、速度控制、力矩控制、扭矩控制、液压缸、液压阀、气缸、气动阀、传输面、电机等。  (4)根据操作顺序和机械机构的基本动作能以标准格式导出，用于可编程逻辑控制器开发环境中，进一步提高编程效率，在通过本软件可进行虚拟调试，调试改写程序的不足，避免在实物上调试造成不必要的损失。  (5)可将整个项目模块化存资源入库中，在以后的项目中如果有用到相关模块可直接调用模块，从而节约设计时间避免不必要的错误，随着资源库的不断丰富可将不标产品做成标准化。  (6)支持二次开发，运行动作支持VB脚本运行，外部通讯支持OPCDA、OPCUD、MATLAB、PLSIM、TCP、UDP、PROFINET等操作，可进行虚拟编程调试，也可进行与实物通讯调试，以及与软件之间通讯。  (7)样例工程至少有上料模块、按钮模块、传输模块、分拣模块和整体智能分拣系统的虚拟工程以及虚实结合的工程和PLC程序，可根TIA Portal V15、GX Works3等仿真软件进行纯虚拟调试，也可对PLC进行TCP通讯，进行虚实结合调试，以及虚实联动调试。  (8)模型的运行情况，提供VR接口，可支持与HTC VIVE完美兼容，实现虚拟现实环境中的仿真运行。  (9)标准虚拟控制场景至少包含立体仓库、双轴运动控制、单轴运动控制、物料分拣生产线等。  6.配备模型数字孪生实训功能，与实物1：1同步运行。 | 10 | 套 |
| 4 | 电机及电力电子半实物实时仿真系统 | 1.双核ARM Cortex-A9，主频800MHz；2.配置2G DDR3 SDRAM；系统非易失存取器不小于16G；固态存储器不小于256G，数据存储器不小于1T；3.包含1个FPGA芯片，单个FPGA芯片上具有逻辑单元275K、内存资源17.6Mb、900个DSP Slice；4.IO配置：10路高速同步模拟输出，更新率1MS/s，分辨率16bit，输出电压范围±10V。8路高速同步模拟输入，采样率1MS/s，分辨率16bit，输入电压范围±10V。16路高速数字量输入DI，16路高速数字量输出DO，输入输出为0-3.3V LVTTL。5.配置有DSP控制器，配置12路PWM输出，模拟量输入AD共16路；配套拓扑的DSP控制程序，控制程序开机运行，可选择不同控制算法运行，可修改不同控制算法的控制参数。6.控制终端模块：主控器10700，具备USB3.0接口，双卡显示交互界面。7.配置实验室课程包可完成基础电力电子技术、电机控制等相关实验课程，课程内容包括：1).晶闸管单相桥式全控整流电路实验;2).晶闸管单相桥式半控整流电路实验;3).晶闸管三相半波可控整流电路实验;4).晶闸管三相桥式全控整流电路实验;5).晶闸管三相桥式全控有源逆变实验;6).升压斩波（Boost）电路实验;7).降压斩波（Buck）电路实验;8).H桥双极性PWM控制实验; 9).三相两电平桥逆变器SPWM控制实验;10).直流电机单闭环速度控制实验; 11).直流电机双闭环速度控制实验;12).直流无刷电机速度控制实验;13).永磁同步电机矢量控制实验;14).交流电机恒压频比控制实验。 | 4 | 套 |
| 5 | 电机及电力电子半实物实时控制系统 | 1.提供电力电子与电力系统实时仿真上位机软件, 含PC授权;  2.软件支持IO测试功能，能测试IO通道的模拟量和数字量通道输入输出是否正确，支持IO通道与控制算法或拓扑模型直接在HIL软件中Mapping。  3.在FPGA上运行的拓扑模型导入仿真器后能读取模型关键元件数，计算出所需最小仿真步长，能设置仿真步长参数,能设置FPGA模型中开关的Gs值、开关的关断电压初始值。FPGA模型支持Simulink和StarSim文件格式的模型读取；下载无需编译。  4.支持FPGA内部生成PWM波，开关频率可以设置。  5.拥有可配置界面，控件可灵活配置，有模拟量、数字量输入控件，模拟量、数字量显示控件，示波器控件，XY-Graph控件，界面可调整数据上传速率。  6. 对带有电机的拓扑，可以设置电机编码器的参数。  7.CPU模型最高运行速率为10kHz;  8.支持电力电子拓扑与电机模型在FPGA上实时运行，含1个下位FPGA模型运行授权；  9.最大支持33个关键元器件（开关、L、C、电源），支持不超过仿真规模的模型任意搭建，模型运行无需编译。  10.提供新能源发电系统实验  1）.并网型逆变器控制实验;2）.三电平变流桥控制实验;3）.两电平桥静止无功发生器（SVG）实验;4）.光伏发电并网系统MPPT实验;5）.永磁同步风机系统控制实验;6）.蓄电池Boost/Buck充放电实验。 | 4 | 套 |
| 6 | 新能源开发设计与实训系统 | 新能源开发设计与实训系统目的在于提供电力电子方向（含电气工程，电力系统，电工制造，电机拖动，新能源科学等）的电力转换器数字控制学习平台，学生通过该平台，采用仿真方式学习电力转换器的原理、分析及设计外，也可透过相关仿真工具将控制电路转换为数字控制程序，仿真验证过的控制程序下载到电力电子模块中，通过多种测量仪器来验证学习模块的电气特性，还可以通过DSP作控制及通讯，以验证所设计的电路及控制器的正确性。  （一）实训系统具有如下功能  1.提供电力电子理论分析、设计、仿真到实做验证完整的教学设计模式；2.在相关仿真工具下以建立硬件电路的方式完成程序编写并烧录程序；3.通过嵌入的仿真软件，用于监控实验数据，模拟电池特性，模拟光伏板特性输出等；4.DSP数字控制技术（透过SimCoder辅助学习软件编写）；5.硬件与软件的规划及整合能力；6.按步完成电路制作与验证能力；7.提供完整的实验教材，包括SimCoder使用，以建立硬件方式撰写程序的方法、详细说明教具各部份电路，详尽的实验电路原理与设计，PSIM电路仿真文件，DSP硬件规划及设定，程序刻录方法等。8.提供完整实验教学指导书（依据教学模组）；9.提供教学模组各部分电路图档；10.提供详细的教学模组实验电路原理与设计方案；11.提供DSP硬件规划，设定以及程序烧录方法实训系统硬件部分：（1）4轮式标准机柜，高度不小于25U；（2）提供安全锁抽屉。  包含如下硬件设备：  I.控制及仿真器及数字存储显示器：1.带宽不小于200M，4通道，实时采样率不小于1GSa/s；2.每通道提供不小于10M点记录长度；屏幕采用不小于6.8英寸、显示分辨率不小于800x480、显示比例不小于16:9的高分辨率TFT LCD屏幕显示；3.屏幕背光可调，使各种光源下都能保持舒适度；4.垂直档位：1mV~10V/div；5.水平时基：1ns/div~100s/div(1-2-5步进) ; ROLL : 100ms/div~100s/div；6.信号获取方式：采样、平均、峰值侦测；7.不小于29,000组分段内存可提高波形捕获效率，可根据触发条件分段存储和搜索；8.波形更新率高达600,000wfms/s；9.先进的APP功能，如GO/NOGO功能，数字电压表，滤波器等；10.水平准位，垂直准位，触发准位提供一键归零功能；11.数据记录器（Data logging）功能，最多可录100小时波形图像或数据；12.低于1mV的底噪，可选择的滤波器（低通或高通，通道独立选择）；13.FFT超高分辨率，1M点可精确进行频域分析，可进行频谱峰值搜索。14.数学运算：加、减、乘、除、FFT、FFTrms、微分、积分、开方、对数、指数、正弦、余弦、正切、反三角函数运算，以及用户自定义函数；15.模拟通道即可进行串行总线的触发、解码功能，支持I2C、SPI，CAN/LIN和UART；16.可和电脑连接通讯，有相关软件FREEWAVE下载并支持电脑连接操作；17.触发功能，边沿、视频、脉宽、矮波、上升时间和下降时间(定义时间长度)、交替、时间延迟、事件延迟、超时、总线（I2C、SPI，CAN，LIN，UART）；18.双显示视窗放大功能，同时显示主要波形和放大波形两部分内容。可波形播放暂停，细致观测波形细节；19.不小于36项自动测量，总体分为三种重要的参数类别：幅度、时间/频率和延迟。可测两路波形的相位差。设置存储不小于20组，波形存储不小于24组，都可存于U盘；20.X-Y模式，可以在屏幕上同时显示所输入的时域信号以及X-Y波形。游标可以测试时域波形或任意定义在X-Y信号的相关测试位置；21.存储波形图片提供预览功能，可放大至全屏预览。  III．可编程开关直流电源（2台）  1.可编程直流开关电源：输出电压：0~160V可调节；输出电流：0~7.2A可调节；额定输出功率不小于360W；2.输出纹波&噪声，CV电压不小于12mVrms，CC电流不小于15mArms；3.提供软件控制，模拟光伏板输出特性；4.电压/电流上升时间和下降时间可以自主设定；5.编程&测量精度：电压 0.1%+100mV; 电流0.1%+5mA；6.提供可设置过电压/过电流保护，以及过温度保护功能：过电压(OVP)保护设置范围 10%~110%额定输出电压；过电流(OCP)保护设置范围 10%~110%额定输出电流；过温度(OTP)保护；7.具有多种外部模拟量控制：外部电压控制输出电压；外部电压控制输出电流；外部电阻控制输出电压；外部电阻控制输出电流。8.提供Excel快速序列编程功能，提供999步电压/电流输出控制；9.标配接口：LAN，USB，模拟控制接口；10.提供LabVIEW软件编程驱动。  IV．交/直流功率计：1.提供19种测量功能：电压3种(Vrms/ V+pk / V-pk)、电流3种(Irms/ I+pk / I-pk)、频率2种(VHz/ IHz)、功率3种(P/ P+pk / P-pk)、波峰因素2种(CFV/ CFI)、视在功率(VA)、无效功率(VAR)、功率因子(PF)、相位角(DEG) 、总谐波失真率2种(THDV/ THDI)；2.4”TFT LCD显示，提供8种测量参数显示；3.电压/电流测试带宽DC~6kHz，频率测量最高9.9999kHz；4.功率测量分辨率不小于1uW，电流分辨率不小于0.1uA；5.提供积分测量功能，积分时间最大9999时59分；6.标配USB，RS-232，LAN接口  V．可编程三相交流电源：1.可提供单相两线（600VA），单相三线（400VA），三相四线（600VA） 三种输出模式；2.输出电压0~60.0Vrms，设定分辨率0.01V；3..输出频率45.00~500.00Hz；4.总谐波失真（THD），<=0.5%在40~70Hz(电阻性负载）；5.输出起始相位角可调（0~359.9°）；6.提供电压斜率可调，频率扫描控制功能；7.可显示测量功能：电压、电流、功率(W)、功率因数；8.具有OCP / OPP / OHP保护；9.提供面板锁功能；10.可以模拟电网环境，提供并网功能；  VI．可编程直流电子负载：1.功率300W，最高拉载电流60A，最高拉载电压150V；2.提供CV/CC/CR/CP/CC+CV/CR+CV/CP+CV 7种工作模式，提供静态功能，动态功能，序列功能；3.最快电流拉载速度2.5A/us；4.提供过电流保护(OCP)，过电压保护(OVP)，过功率保护（OPP），反向电压保护（RVP），低电压保护（UVP）；5.提供序列编程功能，不小于1000个序列步骤，运行速率最高25us每步；6.提供电池放电测试功能，可设置放电时间，放电电流上升/下降转换速率；7.提供USB，模拟控制接口  VII．多功能被动负载：1.同时提供单相二线及三相四线输入能力；2.具纯电阻模式及整流性负载模式；3.单相二线可提供电感-电容负载；4.散热具风扇控速能力；5.提供多段负载切换能力  VIII三相电感-电容性负载：1.提供三相四线输入能力；2.提供三相四线电感-电容负载，提供孤岛测试；3.提供5段电容负载切换能力（20uF/10uF/10uF/5uF/5uF）；4.提供LCS开关切换（70mH~90mH）(60uF) | 1 | 套 |
| 7 | 光伏直流逆变处理仿真器 | 1.升压式转换器实验学习PWM切换升压式转换器原理和工作模式  2.升压式转换器实验之输入电压控制，学习升压转换器小讯号模型推导和电源控制方法  3.升压式转换器实验之最大功率追踪控制，学习了解PV模组特性和各式MPPT方法  4.独立单相逆变器 主要学习单相逆变器之建模并学习电压回路和电流回路控制器之设计  5.单相并网逆变器实验 学习单相市电并网逆变器基本原理和结构  6.光伏并网逆变器 学习光伏并网逆变器基本原理和结构  7.逆变器的孤岛保护实验 了解孤岛保护的目的和测试验证方法  8.光伏并网逆变器P-Q控制法实验 | 1 | 套 |
| 8 | 永磁同步发电机型风电逆变处理器 | 1.三相逆变器实验：将数字仿真文件通过烧录器下载至DSP模块中，使用直流源输入并网逆变器内，通过并网逆变器电路完成逆变过程，模块输出至三相交流负载，观看回传至PC与示波器上的波形。  2.三相并网逆变器实验：将数字仿真文件通过烧录器下载至DSP模块中，使用直流源输入并网逆变器内、使用电网模拟器(交流源)输入并网逆变器内，通过并网逆变器电路完成逆变过程，模块输出至三相交流负载，无法完全消耗的电能回授至电网模拟器（交流源）达到并网效果，观看回传至PC与示波器上的波形。  3.PMSM(永磁同步电动机)转速与转矩控制实验：将数字仿真文件通过烧录器下载至DSP模块中，使用直流源输入风力机逆变器内，通过风力机逆变器电路完成电机控制信号处理，模块输出至永磁同步电机组，控制永磁同步电机组完成转速与转矩控制。  4.PMSG(永磁同步发电机)转速控制实验:将数字仿真文件通过烧录器下载至DSP模块中，使用直流源输入风力机逆变器内，通过风力机逆变器电路完成电机控制信号处理，模块输出至永磁同步电机组，控制永磁同步电机组完成转速与转矩控制，风力发电机驱动器使用转矩控制做负载。  5.风力机仿真系统:将数字仿真文件通过烧录器下载至DSP模块中，使用直流源输入风力机逆变器内，通过风力机逆变器电路完成电机控制信号处理，模块输出至永磁同步电机组，控制永磁同步电机组完成风力机仿真系统。  6：最佳风能捕获实验：将数字仿真文件通过烧录器分别下载至DSP模块中，风力机逆变器做风力机仿真系统实验，风力发电机驱动器做最佳风能捕获实验，最佳风能捕获实验使用风力发电机驱动器将电机组发出来的电能，通过风力机逆变器电路完成整流及最大功率点追踪功能，模块输出至直流负载实现MPPT实验。  7.PMSG风力发电系统实验：完成整合MPPT发电机驱动器、并网逆变器与风力机仿真器等三次系统。将数字仿真文件通过烧录器分别下载至DSP模块中，风力机逆变器做风力机仿真系统实验，风力发电机驱动器做最佳风能捕获实验，并网逆变器做三相并网逆变器实验，使用直流源输入风力机逆变器内，通过风力机逆变器电路完成电机控制信号处理，模块输出至永磁同步电机组，风力发电机驱动器将电机组发出来的电能，通过风力机逆变器电路完成整流及最大功率点追踪功能，模块输出至并网逆变器内，通过并网逆变器电路完成逆变过程，输出至电网模拟器（交流源）达到并网效果。  8.PMSG低电压穿越实验：完成整合MPPT发电机驱动器、并网逆变器与风力机仿真器等三次系统，再加入LVRT控制电路。将数字仿真文件通过烧录器分别下载至DSP模块中，风力机逆变器做风力机仿真系统实验，风力发电机驱动器做最佳风能捕获实验，并网逆变器做三相并网逆变器实验，使用直流源输入风力机逆变器内，通过风力机逆变器电路完成电机控制信号处理，模块输出至永磁同步电机组，风力发电机驱动器将电机组发出来的电能，通过风力机逆变器电路完成整流及最大功率点追踪功能，模块输出至并网逆变器内，通过并网逆变器电路完成逆变过程，输出至电网模拟器（交流源）达到并网效果。加入LVRT控制电路，在电网出现异常做出正确的反应。 | 1 | 套 |
| 9 | 新能源微网仿真器 | 1、双闭环电压控制实验：  电路包含：微网逆变器、DSP 控制电路、辅助电源、驱动电路。  仿真范例文件：模拟仿真文件、数字仿真文件。  实验流程：将数字仿真文件通过烧录器下载至DSP模块中，使用直流源输入微网逆变器内，通过微网逆变器电路完成逆变过程，模块输出至三相交流负载，观看回传至PC与示波器上的波形。仿真文件内控制电路使用双闭环电压控制。  2、P-ω及Q-V下垂法  电路包含：微网逆变器、DSP 控制电路、辅助电源、驱动电路。  仿真范例文件：模拟仿真文件、数字仿真文件。  实验流程：将数字仿真文件通过烧录器下载至DSP模块中，使用直流源输入微网逆变器内，通过微网逆变器电路完成逆变过程，模块输出至三相交流负载，观看回传至PC与示波器上的波形。仿真文件内控制电路使用P-ω及Q-V下垂法控制。  3、三相输出虚拟阻抗法  电路包含：微网逆变器、DSP 控制电路、辅助电源、驱动电路。  仿真范例文件：模拟仿真文件、数字仿真文件。  实验流程：将数字仿真文件通过烧录器下载至DSP模块中，使用直流源输入微网逆变器内，通过微网逆变器电路完成逆变过程，模块输出至三相交流负载，观看回传至PC与示波器上的波形。仿真文件内控制电路使用结合P-ω及Q-V下垂法与虚拟阻抗法控制。  4、锁相回路控制  电路包含：微网逆变器、DSP 控制电路、辅助电源、驱动电路。  仿真范例文件：模拟仿真文件、数字仿真文件。  实验流程：将数字仿真文件通过烧录器下载至DSP模块中，使用直流源输入微网逆变器内，通过微网逆变器电路完成逆变过程，模块输出至三相交流负载，观看回传至PC与示波器上的波形。仿真文件内控制电路使用结合PLL、虚拟阻抗法与P-ω及Q-V下垂法之控制。  5、两组电压源逆变器并联  电路包含：两组微网逆变器、DSP 控制电路、辅助电源、驱动电路。  仿真范例文件：模拟仿真文件、数字仿真文件。  实验流程：将数字仿真文件通过烧录器分别下载至DSP模块中，DSP程序与前一实验相同，且两组逆变器均相同以验证不须主从模式；使用直流源输入微网逆变器内，通过微网逆变器电路完成逆变过程，模块输出至三相交流负载，观看回传至PC与示波器上的波形。验证结合PLL、虚拟阻抗法与P-ω及Q-V下垂法确实可达即插即用之逆变器并联功能。 | 1 | 套 |
| 10 | 光伏控制系统 | 1、多相交错直流变换器：控制多相交错直流变换器完成变换过程，模块输出至负载，通过监控系统观看回传至上位机与示波器上的波形，判断变流器是否完成多相交错式降压/升压功能。  2、电池充电及放电控制：可编程直流电源工作在电池模拟功能，输入多相交错直流变换器，通过监控系统观看回传至上位机与示波器上的波形，判断多相交错直流变换器是否完成电池充电及放电控制。  3、有功、无功与谐波电流检测算法：PCS三相变流器输出至交流负载，通过监控系统观看回传至上位机与示波器上的波形，判断PCS三相变流器检测到的有功、无功与谐波电流是否正确。  4、PCS独立运行实验：使用上位机控制PCS三相变流器处于独立逆变模式，输出至三相交流负载，通过监控系统观看回传至上位机与示波器上的波形，判断变流器输出电压是否等于指令值。  5、PCS并网运行实验：使用上位机控制PCS三相变流器，输出至三相交流负载，无法完全消耗的电能回馈至电网模拟器实现并网，通过监控系统观看回传至上位机与示波器上的波形，判断变流器是否正确并网。  6、PCS独立和并网无扰动切换实验：使用上位机控制PCS三相变流器，输出至三相交流负载，无法完全消耗的电能回馈至电网模拟器实现并网，控制PCS三相变流器在独立和并网中切换通过监控系统观看回传至上位机与示波器上的波形，判断PCS三相变流器是否可以实现无扰动切换。  7、有源滤波与负载不平衡补偿：使用上位机控制PCS三相变流器，输出至三相交流负载，无法完全消耗的电能回馈至电网模拟器实现并网，三相交流负载为不平衡谐波负载，通过监控系统观看回传至上位机与示波器上的波形，判断PCS三相变流器是否实现有源滤波与负载不平衡补偿。  8、PCS能量管理实验：整合前面完成的多相交错直流变换器与具有独立和并网无扰动切换的PCS三相变流器成为一混合式系统，通过监控系统观看回传至上位机与示波器上的波形，判断PCS系统是否可以实现系统能量的管理。  9、PCS低电压穿越：在上述实验的基础上，再加入LVRT控制算法。在电网出现异常扰动和跌落时，通过监控软件完成在线实验数据监测，判断PCS系统是否正确完成低电压穿越。  PCS系统实验：整合前面完成的多相交错直流变换器与具有独立和并网无扰动切换的逆变器成为一混合式系统，设定不同的电池SOC、日照、负载、电网等条件，进行各工作模式下的能量管理实验，通过监控软件完成在线实验数据监测，判断PCS系统在各式条件下是否可以进行能量管理。 | 1 | 套 |
| 11 | 新能源三相交流光伏并网逆变器 | 1、三相逆变器基础  电路包含：三相逆变器、DSP控制电路、辅助电源、驱动电路。  仿真范例文件：模拟仿真文件、数字仿真文件。  实验流程：将数字仿真文件通过烧录器下载至DSP模块中，使用直流源输入微网逆变器内，通过微网逆变器电路完成逆变过程，模块输出至三相交流负载，观看回传至PC与示波器上的波形。仿真文件内控制电路使用开环控制。  2、双闭环逆变器电压控制  电路包含：三相逆变器、DSP 控制电路、辅助电源、驱动电路。  仿真范例文件：模拟仿真文件、数字仿真文件。  实验流程：将数字仿真文件通过烧录器下载至DSP模块中，使用直流源输入微网逆变器内，通过微网逆变器电路完成逆变过程，模块输出至三相交流负载，观看回传至PC与示波器上的波形。仿真文件内控制电路使用双闭环电压控制。  3、双闭环并网逆变器控制(含锁相回路控制)  电路包含：三相逆变器、DSP 控制电路、辅助电源、驱动电路。  仿真范例文件：模拟仿真文件、数字仿真文件。  实验流程：将数字仿真文件通过烧录器下载至DSP模块中，使用直流源输入三相光伏并网逆变器内、使用电网模拟器(交流源)输入并网逆变器内，通过并网逆变器电路完成逆变过程，模块输出至三相交流负载，无法完全消耗的电能回授至电网模拟器（交流源）达到并网效果，观看回传至PC与示波器上的波形。  4、光伏数组最大功率点跟踪控制  电路包含：升压转换器、DSP 控制电路、辅助电源、驱动电路。  仿真范例文件：模拟仿真文件、数字仿真文件。  实验流程：将数字仿真文件通过烧录器下载至DSP模块中，使用光伏仿真器(直流源)输入至三相光伏并网逆变器内，通过升压转换器将电压输出至电子式负载，用来完成MPPT(最大功率点跟踪控制)之实验。  5、光伏并网逆变器保护(含电压与频率保护、孤岛效应保护)  电路包含：三相光伏并网逆变器、DSP 控制电路、辅助电源、驱动电路。  仿真范例文件：模拟仿真文件、数字仿真文件。  实验流程：将数字仿真文件通过烧录器下载至DSP模块中，使用直流源输入三相光伏并网逆变器内、使用电网模拟器(交流源)输入并网逆变器内，通过并网逆变器电路完成逆变过程，模块输出至三相交流负载，无法完全消耗的电能回授至电网模拟器（交流源）达到并网效果，并具有孤岛效应侦测与保护功能，观看回传至PC与示波器上的波形。  6、双级式光伏并网逆变器系统控制  电路包含：三相光伏并网逆变器、DSP 控制电路、辅助电源、驱动电路。  仿真范例文件：模拟仿真文件、数字仿真文件。  实验流程：将数字仿真文件通过烧录器下载至DSP模块中，使用光伏仿真器(直流源)输入至三相光伏并网逆变器内，通过升压转换器完成MPPT(最大功率点跟踪控制)之实验，再通过并网逆变器电路完成逆变过程，模块输出至三相交流负载，无法完全消耗的电能回授至电网模拟器（交流源）达到并网效果，并具有孤岛效应侦测与保护功能，观看回传至PC与示波器上的波形。 | 1 | 套 |
| 12 | PSIM仿真软件 | 正版软件，数字控制平台及监控软件，具有关机还原功能，可打开提供的多种单相、三相电力电子系统等项目的电路原理仿真设计图，提供数字控制的学习平台来完成电力变换器的设计；完成电路的模拟设计与数字转换；可自动生成C代码；可在线监控实验模块内的波形参数等。 | 1 | 套 |
| 13 | 控制电机综合实验装置 | **一、产品功能要求**  1、装置能满足高等院校“电机学”、“控制电机”、“微特电机”等课程实验教学。  2、装置采用积木式结构，更换便捷，如需要扩展功能或开发新实验，只需添加部件即可。  3、设有智能电源电保护装置，确保操作者的安全；各电源输出均有监示及短路保护等功能，使用方便；各测量仪表均有保护功能。  4、平台配套测量仪表精度高，采用数字化、智能化及人机对话模式，各种仪表均有可靠的保护功能。  5、配备教学演示系统（参数：3LCD显示技术、不低于2700lm的远距离的光学显示，并具备WIFI和蓝牙连接，可以实现远程无线连接，采用不低于150英寸玻纤材质、显示比率在16:10左右的显示系统，具备遥控功能）。  **二、技术性能要求**  1.输入电源：三相四线(或三相五线 380V±10% 50Hz)  2.装置容量：不大于1.0kVA  3.外形尺寸：不小于1550mm×790mm×1470mm  4.服务与支持要求：为保障实训教学稳定，设备融入互联网+设备运维系统，提供高效的报修服务和需求响应，具有功能要求如下：  （1）服务端分为PC机和手机APP两个版本，使用更加多元化、灵活化，管理人员使用PC版，更加高效快速；  （2）设备信息包括产品型号、名称、出厂日期、过保日期、出厂报告、厂商联系方式、设备装箱单、实训指导书等，并且根据老师需求来添加需要显示的项目。  （3）手机扫描后就可以快速提交服务需求，能够通过文字、现场照片和视频精准描述设备故障，并且能自动显示设备所在位置，让保修更加精准。  （4）客户端发送服务情况后，服务端收自动生成服务工单，系统自动发送的服务短信内容包括服务人员姓名、联系方式、工单进度链接；设备信息和客户每次的服务需求都应永久存储，只需要用手机扫描就可以快速查看。  **三、基本配置及功能要求**  1、控制屏：采用铁质双层亚光密纹喷塑结构，铝质面板。正面大凹槽内设有两根不锈钢钢管，凹槽底部设有多个蓝色单相三芯220V电源插座以及四芯航空插座，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220V、40W的日光灯一盏。  2、实训平台：采用铁质双层亚光密纹喷塑结构，平台面为防火、防水、耐磨高密度板,结构坚固，形状似长方体封闭式结构，造型美观大方；设有两个大抽屉，底部设有连体储物柜。平台表面用于安装电源控制屏并提供一个宽敞舒适的工作台面。实训平台底部装有四个万向轮。  3、提供三相0～450V可调交流电源，配有一台三相同轴联动自耦调压器（规格1.5KVA，0～450V），严禁采用三只单相调压器链条结构或齿轮结构组成。可调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。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。  4、直流励磁电源：输出220V/0.5A，具有输出短路保护。  5、数字化电机电源  （1）数字化电机电源采用DSP28335控制芯片来实现，采用PWM斩波技术，实现AC-DC或DC-DC转换。输入电压AC220A±10%，DC300V±10%；输出直流电压范围连续可调，输出电压0-250V；输出负载电流范围0-3.4A；最大极限电压265V，最大极限电流4A。保护电路有过压、过流、过热保护，保护检测电路均采用中断+实时数据监测方式，双重监测响应快，进入保护后自动切断输入输出电源，并有声音告警。采用双重保护，输入、输出电源都可切断。控制方式支持模拟量控制方式、触摸屏控制方式、上位机控制等多种控制方式，可根据时间段设定电压输出。  （2）数字化电机电源软件  软件采用C#开发环境基于Framework框架结构，采用.NET类库编写，通讯口可设，并可以通过软件打开关闭；具有虚拟按钮设定电压、可编程程控定时输出电压控制方式；可以实时显示输出的电压、电流值、PWM波控制值；可选择显示实时电压、电流、PWM波的曲线的功能。  ①通讯口：端口号可选，波特率可设，通过虚拟按钮可以打开或关闭通讯口；  ②虚拟按钮设定电压值：电压在范围内可任意设定，虚拟按钮一键输出；  ③可编程程控定时输出电压控制方式：初始电压可设定，定时时间可编程，电压增幅在范围内可任意值设定，步进次数亦可设定，虚拟按钮一键启动输出编程电压；  ④实时数据显示：通过固定窗口实时输出电压值、输出电流值、PWM波控制值；  ⑤实时显示曲线：可以同时显示输出电压值、输出电流值、PWM波实时曲线，也可以任意几个实时曲线，窗口可缩放。  6、仪表配置要求  （1）智能交流电压表1只：  1)测量范围0～500V，测量精度0.5级；  2)5位LED（不小于0.56"）显示，设有6个LED工作状态指示灯；  3)具有“自动”和“手动”换挡测量两种工作模式，“手动”模式时分2V、20V、200V、500V四档，“自动”模式时程序会自动判断并进入相应量程档位；  4)每档均有超量程告警、指示及切断总电源功能；  5)工作环境温度 -20℃～70℃；湿度 30～85%RH（无结露）；  6)采用高端MCU，内部集成12位AD，且各通道间通过外部辅助IC和滤波器实现相互隔离。具备测量精准、稳定性高、抗干扰强的优越性能；  7)采用AC220V/50Hz（±10％）电源供电；  8)采用柜装仪表，尺寸不大于91mm×44mm×96mm；  9)可扩展RS-485通信接口，支持Modbus-RTU通信协议和数字化仪表采集处理软件。  （2）智能交流电流表1只：  1)测量范围0～5A，测量精度0.5级；  2)5位LED（不小于0.56"）显示，设有6个LED工作状态指示灯；  3)具有“自动”和“手动”换挡测量两种工作模式，“手动”模式时分20mA、200mA、2A、5A四档，“自动”模式时程序会自动判断并进入相应量程档位；  4)每档均有超量程告警、指示及切断总电源功能；  5)工作环境温度 -20℃～70℃；湿度 30～85%RH（无结露）；  6)采用高端MCU，内部集成12位AD，且各通道间通过外部辅助IC和滤波器实现相互隔离。具备测量精准、稳定性高、抗干扰强的优越性能；  7)采用AC220V/50Hz（±10％）电源供电；  8)采用柜装仪表，尺寸不大于91mm×44mm×96mm；  9)可扩展RS-485通信接口，支持Modbus-RTU通信协议和数字化仪表采集处理软件。  （3）智能直流电压表1只：  1)测量范围0～1000V，测量精度0.5级；  2)5位LED（不小于0.56"）显示，设有6个LED工作状态指示灯；  3)具有“自动”和“手动”换挡测量两种工作模式，“手动”模式时分2V、20V、200V、1000V四档，“自动”模式时程序会自动判断并进入相应量程档位；  4)每档均有超量程告警、指示及切断总电源功能；  5)工作环境温度 -20℃～70℃；湿度 30～85%RH（无结露）；  6)采用高端MCU，内部集成12位AD，且各通道间通过外部辅助IC和滤波器实现相互隔离。具备测量精准、稳定性高、抗干扰强的优越性能；  7)采用AC220V/50Hz（±10％）电源供电；  8)采用柜装仪表，尺寸不大于91mm×44mm×96mm；  9)可扩展RS-485通信接口，支持Modbus-RTU通信协议和数字化仪表采集处理软件。  （4）智能直流电流表1只：  1)测量范围0～2A，测量精度0.5级；  2)5位LED（不小于0.56"）显示，设有6个LED工作状态指示灯；  3)具有“自动”和“手动”换挡测量两种工作模式，“手动”模式时分2mA、20mA、200mA、2A四档，“自动”模式时程序会自动判断并进入相应量程档位；  4)每档均有超量程告警、指示及切断总电源功能；  5)工作环境温度 -20℃～70℃；湿度 30～85%RH（无结露）；  6)采用高端MCU，内部集成12位AD，且各通道间通过外部辅助IC和滤波器实现相互隔离。具备测量精准、稳定性高、抗干扰强的优越性能；  7)采用AC220V/50Hz（±10％）电源供电；  8)采用柜装仪表，尺寸不大于91mm×44mm×96mm；  9)可扩展RS-485通信接口，支持Modbus-RTU通信协议和数字化仪表采集处理软件。  （5）智能直流电流表1只：  1)测量范围0～5A，测量精度0.5级；  2)5位LED（不小于0.56"）显示，设有6个LED工作状态指示灯；  3)具有“自动”和“手动”换挡测量两种工作模式，“手动”模式时分20mA、200mA、2A、5A四档，“自动”模式时程序会自动判断并进入相应量程档位；  4)每档均有超量程告警、指示及切断总电源功能；  5)工作环境温度 -20℃～70℃；湿度 30～85%RH（无结露）；  6)采用高端MCU，内部集成12位AD，且各通道间通过外部辅助IC和滤波器实现相互隔离。具备测量精准、稳定性高、抗干扰强的优越性能；  7)采用AC220V/50Hz（±10％）电源供电；  8)采用柜装仪表，尺寸不大于91mm×44mm×96mm；  9)可扩展RS-485通信接口，支持Modbus-RTU通信协议和数字化仪表采集处理软件。  7、智能交流数显功率表：采用柜装仪表，一体化设计，尺寸不大于91mm×44mm×96mm；测量范围0～450V、0～5A，5位LED（不小于0.56"）显示，测量精度0.5级，能测量负载的有功功率、无功功率、功率因数、电压、电流及负载的性质等，通过键控、数显窗口实现人机对话功能，可存储和查询实验数据。采用高端MCU，内部集成12位AD，且各通道间通过外部辅助IC和滤波器实现相互隔离。具备测量精准、稳定性高、抗干扰强的优越性能。  8、三相可调电阻（90Ω×2/1.3A一个、900Ω×2/0.41A一个）及10kΩ/2W固定电阻一个。  9、开关及器件板：提供三刀双掷转换开关两只、5Ω/8W、1.2kΩ/8W、20kΩ/2W功率电阻各两只。  10、涡流测功系统：涡流测功机、旋转偏码器及不锈钢导轨采用光码盘测速系统（1024光电编码器），不锈钢导轨平整度好，无应力变形，电机与电机、电机与测功机之间连接的同心度不超过±5丝，电机运行噪声小，实验参数典型，能较好满足实验要求。涡流测功机控制系统具有转速控制和转矩控制两种控制模式，可以快速测量电机的转矩，转速以及输出功率，包括旋转编码器测试孔。  11、自整角机:包括一只接收机、一只发送机及砝码一盒。  12、永磁式直流测速发电机:外接阻抗不小于10kΩ，2400r/min。  13、交流测速发电机：激磁电压AC110V。  14、旋转编码器实验:配有等精度频率计数器，完成旋转编码器实验。  15、步进电机控制挂箱及步进电机：控制步进电机的各种运行方式，它的控制功能是由单片机来实现的，通过键盘的操作和不同的显示方式来确定步进电机的运行状况。适用于三相、四相、五相步进电动机各种运行方式的控制。  16、旋转变压器、中频电源：提供400Hz，0～70V中频电源一组及旋转变压器一只。  17、交流伺服电机实验挂箱及交流伺服电机：采用SL系列鼠笼转子两相伺服电动机，其特点是体积小、重量轻、快速性能好、自制动能力强、力能指标高；交流伺服电机控制箱由一只真有效值交流电压表、一只真有效值交流电流表、变压器（380V/220V/110V）及可调电容器（0～6.5µF）组成。  18、直流伺服电机：DC220V，0.5A，80W，1500r/min。  19、实验导线：根据不同实验项目的特点，配备不同规格的实验连接线；强电和弱电导线均采用高可靠护套结构手枪插连接线（不存在任何触电的可能）；两种导线都只能配合相应内孔的插座，不能混插。  20、实验配件：提供与实验设备相匹配的实验指导书、配件、电工电子技能与实验教学软件等。  **四、能够完成的实验项目**  1、永磁直流测速发电机实验：永磁直流测速发电机空载输出特性、永磁直流测速发电机负载输出特性；  2、交流测速发电机：测定交流测速发电机的剩余电压、测定交流测速发电机带纯电阻负载时的输出特性n=f（U2）、测定交流测速发电机带纯电容负载时的输出特性n=f（U2）；  3、旋转编码器实验：波形观察及方向的判断、测量转速与频率的关系、转角位置的检测；  4、力矩式自整角机实验：测定力矩式自整角发送机的零位误差、测定力矩式自整角机静态整步转矩与失调角的关系曲线、测定力矩式自整角比整步转矩（又称比力矩）及阻尼时间、测定力矩式自整角机的静态误差；  5、控制式自整角机实验：测自整角变压器输出电压与失调角的关系U2=f（θ）、测定比电压Uθ和零位电压U0  6、正、余弦旋转变压器实验：测定正余弦旋转变压器的空载时的输出特性、测定负载对输出特性的影响、二次侧补偿后负载的输出特性、一次侧补偿后负载的输出特性、正余弦旋转变压器作线性应用时的接线图；  7、步进电动机实验：单步运行状态、角位移和脉冲数的关系、空载突跳频率的测定、空载最高连续工作频率的测定、转子振荡状态的观察、定子绕组中电流和频率的关系、平均转速和脉冲频率的关系、矩频特性的测定及最大静力矩特性的测定；  8、交流伺服电机实验：用实验方法测堵转圆形磁场、测交流伺服电动机幅值控制时的机械特性和调节特性、测交流伺服电动机幅值——相位控制时的机械特性、观察自转现象；  9、直流伺服电机实验：测直流伺服电动机的电枢电阻、测直流伺服电动机的机械特性T=f（n）、测直流伺服电动机的调节特性n=f（Ua）、测定空载始动电压和检查空载转速的不稳定性、测量直流伺服电动机的机电时间常数。  五、互联网+在线服务平台（整个实验室配一套）  （1）基于第三方开发平台开发，平台部署在DDOS/CC防护、CDN防护、应用层防护等高防云服务器上，支持PC、Android、IOS、HarmonyOS多平台互动，构建信息化教学生态圈，后台集成数据看板，图形话展示平台的运行数据，数据包含平台人数、平台活跃度、活跃人员明细、直播间人数、人均观看直播时长等。  （2）平台有教授、博士、行业高级技师、在校教师、企业高级工程师、一线技术员等长期驻扎，涉及多学科多层次人员，能够全方位服务不同人群。  （3）平台提供专业建设板块、课程设计板块、教学资源板块、师资培训板块、技术交流板块、技能竞赛板块、售后服务板块等，每个板块下分为液压与气动专业、机电一体化专业、工业机器人专业、机械设计专业、数控维修专业、制冷与热工专业、智能楼宇专业、电工电子专业等多个专业服务区。  （4）每个板块均可进行即时交流、即时语音、即时专题直播等在线讨论，即时交流管理员可设置频次，平台可搜索历史提问查找答案，也可提出新问题，问题内容支持文档排版、表情包、图片、视屏、超链接以及@专员解答等功能。 | 4 | 套 |
| 14 | 示波器 | 1.不小于100MHz带宽，不小于4通道。2. VPO信号处理技术，快速观察真实波形，能同时显示幅度、时间和波形强度。3.不小于1GSa/s的实时采样率。4. 每通道不小于10M点记录长度。5. 不小于7英寸WVGA（800x480）的高分辨率TFT LCD屏幕显示。6. 具备不小于256色阶显示功能，强化波形表现。  7.垂直档位：不小于1mV～10V/div。8.水平时基：不小于5ns/div～100s/div(1-2-5步进)，ROLL：100ms/ div～100s/div。  9. 信号获取方式：采样、平均、峰值侦测、单次。  10. 要求波形更新率不小于200,000wfms/s。  11.峰值侦测：2ns (典型值)。  12. 具有一键规零功能（垂直电压调整，水平时基调整，触发准位）。  13. FFT超高分辨率，1M点可精确进行频域分析。  14. 数学运算：+, -, ×, ÷, FFT, FFTrms , 用户自定义 FFT: 1MPTS点分辨率.FFT垂直刻度提供Linear RMS 或 dBV RMS.FFT窗函数提供 Rectangular, Hamming, Hanning, 以及 Blackman-Harris。  15. 有交替触发功能，能同时显示2路以上的信号。  16. 具有LAN口，可和电脑连接通讯，支持电脑连接操作。  17. 触发功能，除了边沿触发外，还包括视频、脉冲宽度、矮波、上升时间和下降时间(定义时间长度)、交替、时间延迟、事件延迟以及Hold-Off功能。  18. 双显示视窗放大功能，同时显示主要波形和放大波形两部分内容。  19.先进的APP功能，如数字电压表功能,数字滤波器功能,数据记录器功能、GO/NOGO功能。  20. 满足分段记忆体功能升级、满足波形搜索功能升级。  21. 控制面板功能：内部可设置存储不小于20组，波形存储不小于24组，可另存到U盘。  22.后期可升级智能实验室管理软件: WebLab-ware，可实现 四件套（电源、信号源、示波器、万用表）与学生端通过USB相连，可实现对实验台上的设备进行数据、波形的采集和控制，学生端通过有线或无线的方式与教师机相连，实现数据传输与通信，能够获得实验台上的设备的数据和波形，并能够实现对实验台上设备的远程控制。  23. 具有在线帮助功能，可及时查看帮助信息。  24. 最高输入电压：不小于300V (DC+AC峰值)，CAT I ；配备安全锁扣。  25. 提供Labview Driver，电脑软件，USB driver相关的软件和驱动。  26. 配备示波器配套教学模板套装：共1块  （1）配合示波器可以构成示波器教学系统，可以快速自动演示功能，也可自主操作演示功能；（2）提供9种基本和17种高级示波器教学信号；（3）提供至少4通道模拟信号输出，至少4通道数字信号输出，1通道FM信号输出，1通视频信号输出，1通道可选信号源功能输出；（4）信号输出：1）链接和观察一个波形2）补偿探头（1KHZ）方波3）调整波形档位和位置（方波），4）手动测量波形（方波、计频器、光标测量），5）自动测量6）VPO信号、彩色，灰阶模式7）自动设置（适应屏幕，AC优先），8）自动范围9）使用硬拷贝功能保存数据；（5）示波器教学实验：1）自动测量2)使用峰值侦测模式3）低速信号测量4）噪声信号测量5）使用zoom时基功能6）瞬间信号的测量7）李萨如波形以及相位测量功能8）Runt触发，9）上升/下降触发，10）脉冲宽度触发，11）视频触发功能教12）触发释抑功能13）UART信号14）I2C信号15）SPI串行信号16)分割视窗1 17）分割视窗2；（6）提供USB接口供电以及示波器直接控制操作；（7）提供SD卡扩展升级功能。 | 20 | 套 |
| 15 | 电力系统继电保护实训装置 | 一、装置基本要求：  1.实验装置综合了目前高等院校“继电保护”、“电气设备”、“自动装置”、“工厂供电”等多门专业课程中的教学内容，结合工业现场实际应用和发展，设计开发的综合型实验装置。  2.装置能够开设发电厂、电力网、变电所及工厂中常用的继电保护、电气二次控制回路及自动装置等方面的实验内容，能以真实直观的实验教学形式对学生进行专业技能训练。  3.实验装置装设漏电保护开关，交直流电源均具有双重短路过流保护，并且可靠接地。  4.装置配置的电力继电器、测量仪表等主要元器件全部采用工业级器件，提高设备可靠性和实验效率。  5.继电器模块要求凸出式安装，使学生不仅可以清晰观察各种继电器完整结构，且非常便于对继电器进行整定操作。  二、装置需完成的实验项目：  1. 继电器特性实验  （1）电磁型电流继电器实验；（2）电磁型电压继电器实验；（3）电磁型时间继电器实验；（4）信号继电器实验  （5）中间继电器实验；（6）BFY-12A晶体管负序电压继电器实验；（7）冲击继电器特性实验；（8）差动继电器特性实验  2.继电保护实验及综合实验  （1）6-10kV线路过电流保护实验；（2）低电压起动过电流保护及过负荷保护实验；（3）复合电压起动过电流保护实验；（4）电流闭锁电压速断保护实验；（5）发电机过电压保护实验；（6）单侧电源辐射式输电线路三段式电流保护实验  3.电气二次控制回路实验  （1）重复动作手动复归中央音响信号装置实验；（2）重复动作自动复归中央音响信号装置实验；（3）具有灯光监视的断路器控制回路实验；（4）具有灯光和音响监视的断路器控制回路实验；（5）闪光继电器构成的闪光装置实验；（6）装设跳跃闭锁继电器的断路器控制回路实验  4.自动装置实验  （1）DH-3型三相一次重合闸装置实验；（2）自动重合闸前加速保护实验；（3）自动重合闸后加速保护实验  5.继电保护与自动装置综合实验及考核实验  （1）过流保护与三相自动重合闸综合实验与考核———由学生根据实验题目自行设计线路﹑自拟步骤自行接线，完成对学生的实验考核；（2）低电压启动过电流保护与自动重合闸(后加速)综合实验与考核；（3）复合电压启动过电流保护与自动重合闸装置(后加速)综合实验与考核；（4）电流闭锁电压速断保护与自动重合闸(后加速)综合实验与考核；（5）过电压保护与自动重合闸(后加速)综合实验与考核；（6）三段式电流保护与自动重合闸(后加速)综合实验与考核；（7）过电流保护与自动重合闸(前加速)综合实验与考核；（8）低电压启动过电流保护与自动重合闸(前加速)综合实验与考核；（9）复合电压启动过电流保护与自动重合闸(前加速)综合实验与考核；（10）电流闭锁电压速断保护与自动重合闸(前加速)综合实验与考核；（11）过电压保护与自动重合闸(前加速)综合实验与考核  （12）三段式电流保护与自动重合闸(前加速)综合实验与考核  6.继电器特性仿真实验  （1）电流继电器；（2）电压继电器；（3）反时限过电流继电器（三种反时限特性）；（4）差动继电器；（5）功率方向继电器；（6）阻抗继电器；（7）中间继电器；（8）时间继电器；（9）信号继电器；（10）重合闸继电器  7.继电保护matlab仿真实验  （1）电力系统故障仿真；（2）电流速断保护仿真；（3）三段式过流保护仿真；（4）过电流保护及自动重合闸仿真  三、装置主要配置及技术参数：  1.基本参数  （1）输入电源：三相五线380V±10%，50Hz。  （2）装置容量：不大于2kVA。  （3）设备结构，材质：设备为实验台式结构，实验屏为镀锌板，表面喷塑处理，实验设备台面为钢型材骨架，镀锌板做门板，表面喷塑处理，实验台实验接线铝面板采用蚀刻喷塑工艺。  2.实验系统电源要求  (1)为确保实验人员安全，实验台全部采用金属材质并可靠接地。  (2)装置总电源装设高灵敏度漏电保护器、带断相指示快速熔断器、交流接触器三重控制。控制屏内、外或强电输出若有漏电现象，即告警并切断总电源，确保实验安全。  (3)为方便用户控制电源通断，漏电保护器和交流接触器控制按钮均装设在电源控制屏，当出现异常情况时，用户可以快速切断电源。  (4)为保证设备可靠性，提高实验效率和设备利用率、设备配置的交、直流仪表，电秒表均采用工业级仪表，均配置可编程超量程保护。单、三相调压器均装设熔断器作为短路和过流保护。  (5)三相自耦调压器：输入三相AC380V，输出：AC0-430V，1.5kVA。  (6)单相自耦调压器：输入三相AC220V，输出：AC0-250V,500VA。  (7)直流电源：DC220/2A直流控制母线电源1路；直流DC0-230V可调电源1路。  3.电力继电器配置要求  设备配置了电力系统常用的各类继电器，包括电流、电压、中间、时间、信号、负序、冲击、闪光、差动自动重合闸等，采用模块组件形式，具体配置要求如下：  电磁型电流继电器4只:DL-24C/6型1只，DL-24C/2型2只，DL-24C/0.6型1只；  DY-28C/160型电压继电器1只；  电磁型时间继电器2只：DS-22型、DS-23型各1只；  电磁型中间继电器5只：DZ-31B型2只，DZB-12B型1只，DZB-14B型1只，DZS-12B型1只；  信号继电器5只：JX-21A/T电流起动型4只，DXM-2A电压起动型1只；  BFY-12A型负序电压继电器1只；  ZC-23A型冲击继电器1只；  DH-3重合闸装置1只；  DX-9型闪光继电器1只；  BCH-2差动继电器1只。  4.仪表配置要求  仪表结构：采用模块化仪表。电流表2只，电压表2只，均采用真有效值仪表；具备量程自动切换功能；仪表精度：直流0.2%F.S±2个字，交流0.3%F.S±3个字，仪表配置及参数要求如下：  （1）真有效值数字电压表2只（交直流通用）：  1）工作电源：AC/DC 85-250V；  2）PIC单片机芯片、集成化设计；  3）量程：AC/DC 0-500V，量程自动切换；  4）测量精度：直流0.2%F.S±2个字，交流0.3%F.S±3个字。  （2）真有效值数字电流表2只（交直流通用）：  1）工作电源：AC/DC 85-250V；  2）PIC单片机芯片、集成化设计；  3）量程：AC/DC 0-5A，量程自动切换；  4）测量精度：直流0.2%F.S±2个字，交流0.3%F.S±3个字。  （3）数字电秒表（2只）  测量范围：0.001S-99.999S，功能：单路、双路；适应信号：空触点闭合或断开，空触点可带电位≤220V；复零方式：手动复零。  5.各类可调大功率阻抗要求  设备配置各种规格可调瓷盘电阻，方便用户灵活设计输电线路阻抗，短路阻抗和负荷阻抗，各种规格电阻根据功率大小分布装设实验屏或功能组件内，具体配置如下：  20Ω/2.8A 3×2只  72Ω/1.45A 3×2只  800Ω/0.44A 3×2 只  16Ω/3.1A 1×2只  37.2Ω/2.2A 1×2 只  1kΩ/0.4A 1×2 只  12.6Ω/5A 1×2 只  220Ω/1.2A 3×2只  6.模拟断路器要求  实验装置配置两台模拟断路器实验组件，断路器配置手动/电动分、合闸回路。断路器数量4台。  7.转换开关要求  设备配置电力系统常用的断路器控制用万能转换开关，具体配置如下：  LW2-Z-la.4.6a.40.20/F8型封闭式万能转换开关 1只  LW2-W-2/F6封闭式万能转换开关 1只  8.电流互感器要求  低压电流互感器，LQJ-0.66, 20A/5A, 0.5级，1只  9.光字牌组件要求：光字牌数量不少于8个。  10.电力继电保护配套教学资源  10.1继电器基础实验仿真系统软件  （1）虚拟电源：虚拟的三相电压源、电流源输出，且幅值相位完全独立调整。电压电流幅值的步长0.01，幅值或相位的改变可以通过按钮、输入值两种方式实现；  （2）实现的信号呈现方式：电源的电压电流以相量的方式呈现。继电器的电压电流以波形的方式呈现；  （3）真实的数字继电器：继电器整定值根据计算结果可调整，步长精度1%。  （4）有效实验结果：虚拟接线将电源与继电器关联。继电器的动作结果取决于接线方式、电源的输出值与继电器的整定值；  （5）多种形式的辅助功能：如记录继电器的动作值、返回值等；  （6）动作值与返回值实验：在电流电压继电器实验模块中，进行动作、返回实验，记录返回系数；  （7）动作区实验：在功率方向继电器，阻抗继电器实验中，进行动作区大小，最灵敏角、最小动作电流实验；  （8）时间实验：在重合闸继电器中，进行重合闸继电器充电条件，充电时间、重合闸整定时间实验；  （9）仿真继电器种类包括：电流、电压、时间、中间、信号（三种）、反时限（三种）、功率方向继电器、阻抗继电器等；  （10）软件采用软授权模式。要求提供正版软件。  10.2电力继电保护仿真程序  提供典型电力继电保护实验项目的matlab/simulink仿真程序，仿真项目不少于4个项目，配套系统继电保护实验项目使用。  11.实验配件  包括实验导线，实验工具、指导书等，完全满足实验及平时维护所需，并留有余量。 | 2 | 套 |