

系统简介



学科实验平台化



沉浸式教学



MBD半实物仿真系统

目前电力电子专业人员不仅要具备扎实的理论分析能力，还要掌握熟练的设计和调试能力。因此本系统面向电力电子学科提供模块集成化的实验平台。

本系统配套的课程软件可将实验过程和实验结果以图像化呈现，让课程学习和实验得到沉浸式过程体验。

本系统可提供硬件平台和仿真平台的互通互联，为电力电子和驱动技术实验教学和科研提供了一种新方式。

系统开发

- 高等教育需求

本系统可支持电力电子和电机控制半实物仿真教学，满足了电气工程、自动化和控制科学等学科的教学与科研需求。
- 基础教学需求

本系统提供了贴近教学课本的实验例程，涵盖了《电力电子技术基础》、《自动控制原理》等课程的相关基础实验。
- 实验室建设需求

本系统为全模块化自建，占地空间少可快速完成实验室的搭建，减少重复建设或者实验改造的时间和成本。
- 科研产出需求

本系统可以完成电力电子变换器、新能源发电技术、电机驱动、自动控制等领域的相关科研实验内容。

系统特点

-  硬件单元模块化

1.采用亚克力封装，美观大方；

2.单元架构模块化使设计更合理，数字化更突出

 完善的保护机制

具备硬件和软件保护双重保护，可靠性高，软件保护可大大减少器件的损坏，可避免出现经常换器件的麻烦，同时强力保障了学生&老师的人身安全

 全面的实验指导教程

创新的交互式实验课程软件，可提供进行实验所需的各种支持，不仅有过程指导而且还提供相关理论介绍，记录测量结果，支持各类数据提取

 灵活，开放，可靠

1.可根据实验内容搭配不同的硬件平台；

2.可提供各类算法模型，同时支持组合调用，大大缩短了上手时间；

3.采用高可靠性的功率模块和完善的测试接口，故障率低；

4.具备数字仿真和物理电路的双重验证，设计更灵活，实验数据更具说服力。

系统构成

系统架构

```
graph LR; A[SIMULINK算法模型] --> B[快速原型控制器]; B --> C[组态监控系统]; B --> D[可编程直流电源]; B --> E[UT-M1000桌面型电力电子模组]; D -- DC+ / DC- --> E; E -- L / N --> F[电网并网 / 负载离网];
```

硬件部分

快速原型控制平台

优势：相对于一般离线仿真流程而言，快速原型控制平台具备控制器与主电路，而且都是成熟稳定的，设计者只需建立离线仿真模型，实验成功后，将算法部分分离出来下载到控制器中，再进行实际调试，最终获得控制结果。

```
graph LR; A((设计控制系统)) --> B((离线仿真模型)); B --> C((提取算法自动下载)); C --> D((控制硬件平台)); D --> E((获取控制结果));
```

快速原型控制器资源

| 序号    | 描述                       | 序号      | 描述                                       |
|-------|--------------------------|---------|------------------------------------------|
| CPU   | TMS320F28335+FPGA        | 同步DAC   | 外扩4路,16位精度,最快建立时间10us,输出范围0-2.5V         |
| 同步PWM | 外扩6组, 12通道, 可配置PWM多种工作模式 | QEP/CAP | 外扩一组QEP编码器接口/外扩3路CAP捕获接口                 |
| 同步DO  | 外扩4路, TTL电平              | 通信接口    | 一路USB口、一路100M网口，一路RS232/RS485            |
| 同步DI  | 外扩4路, TTL电平              | 同步ADC   | 最多外扩16路, 16位精度，最高采样率配置200KPSp, 输入范围+-10V |

DC-DC&DC-AC双级变流模块

| 序号      | 描述                                    |
|---------|---------------------------------------|
| 低压直流端参数 | 额定电压：48V；额定电流：5.5A                    |
| 高压直流端参数 | 额定电压：80V；额定电流：3A                      |
| 交流端参数   | 36V/200VA                             |
| DB25接口  | PES-1000A控制器接口，包含DIDO接口和AIAO接口，用于闭环控制 |
| 直流负载端口  | DC变换接直接负载                             |
| 交流负载端口  | AC变换接交流负载                             |
| 变压器端口   | AC逆变接变压器升压并网                          |
| 电压电流信号  | 电压信号经过电阻分压后采集；电流采用霍尔电流传感器芯片采集         |
| 保护功能    | 过压过流保护；过压过流故障显示灯                      |

测试仪器

| 产品名称      | 图片                                                                                    | 主要特点                                                                                                                                                                                |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 数字荧光示波器   |    | <ul style="list-style-type: none"><li>4通道，200MHz 带宽</li><li>实时采样率：2GS/s</li><li>波形捕获率：200,000wfms/s</li></ul>                                                                       |
| 可编程直流电源   |    | <ul style="list-style-type: none"><li>输出电压:0-120V</li><li>输出功率: 360W</li><li>输出电流: 0-3A</li><li>分辨率: 10mV/1mA</li></ul>                                                             |
| 智能电参数测量仪  |    | <ul style="list-style-type: none"><li>测量方式:AC</li><li>电压测试范围：3V-600V</li><li>功率测试范围：1W~12kW</li><li>测试精度：0.4%</li><li>电流测试范围：5mA-20.0A</li><li>测量对象：V/A/W/PF/Hz/THD/CF</li></ul>    |
| 智能电参数测量仪  |   | <ul style="list-style-type: none"><li>测量方式: AC/DC</li><li>电压测试范围：3V-600V</li><li>功率测试范围：0.001W~12kW</li><li>测试精度：0.4%</li><li>电流测试范围：0.5mA-20.0A</li><li>测量对象：V,A,W,PF/Hz</li></ul> |
| 可编程交流变频电源 |  | <ul style="list-style-type: none"><li>功率最大输出：500VA</li><li>标准机箱体积：高度3U</li></ul>                                                                                                    |
| 可编程直流电子负载 |  | <ul style="list-style-type: none"><li>测试电压：0-150V</li><li>测试功率：0-300W</li><li>测试电流：0-30A</li><li>分辨率：0.1mV/0.1mA</li></ul>                                                          |

软件部分

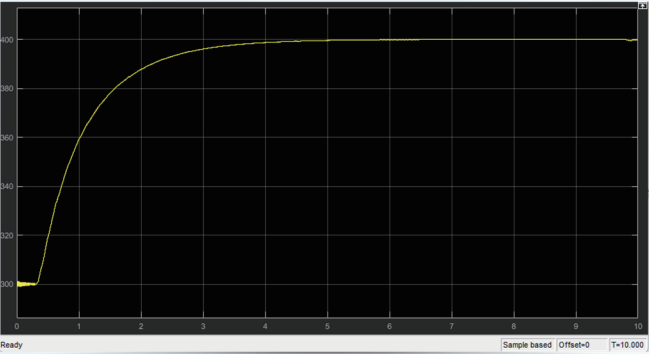
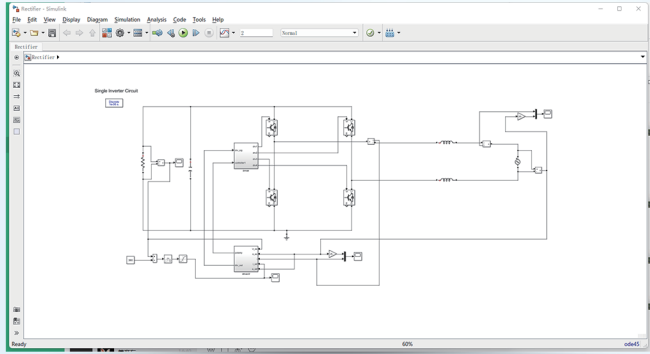
组态监控软件特点

创新的交互式实验课程软件，提供进行实验所需的各种支持。它不仅提供实验过程指导，还提供相关理论知识讲解介绍，记录测量结果，并可导出各类数据。

可自动保存实验过程中的各种数据，具备庞大的数支持自主导入控制模型，进行快速原型控制器的程序一键生成与烧写。

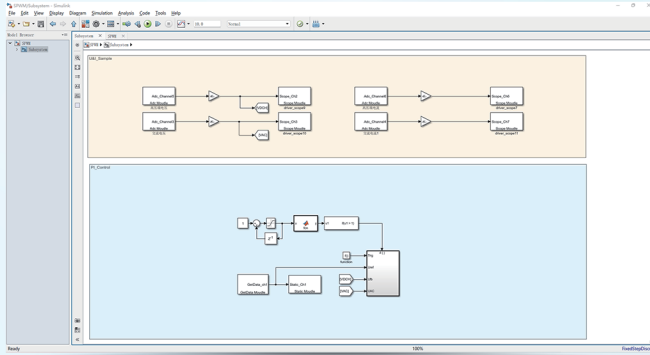
● 离线模型

通过对电路实验原理进行仿真验证，加深学生对理论知识的理解，得到实验初步结果。

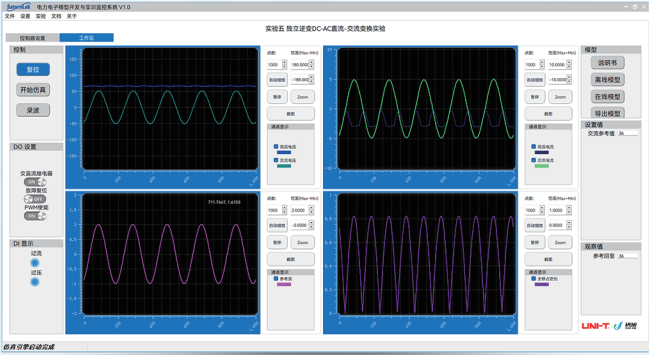


● 在线模型

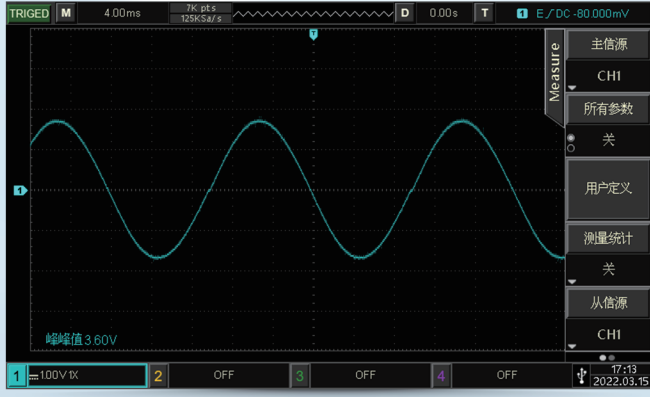
① 实验仿真完成后，将电路Simulink实验仿真模型下发至快速原型控制器中，进行半实物仿真验证。



② 程序下发至快速原型控制器中即可开始仿真，仿真结果可在组态监控系统中进行查看和验证。

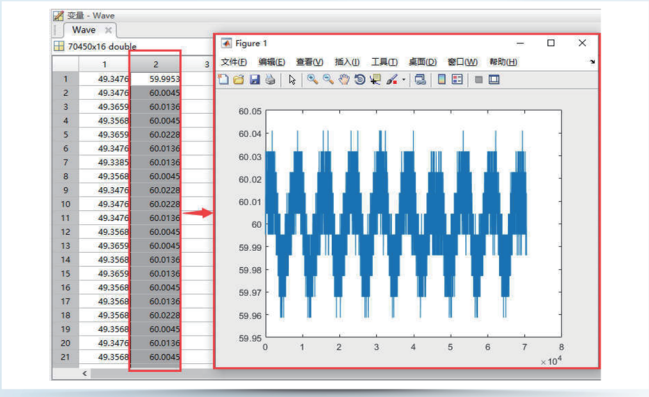


③ 在进行仿真的同时可通过示波器对实际输出结果进行对比验证。



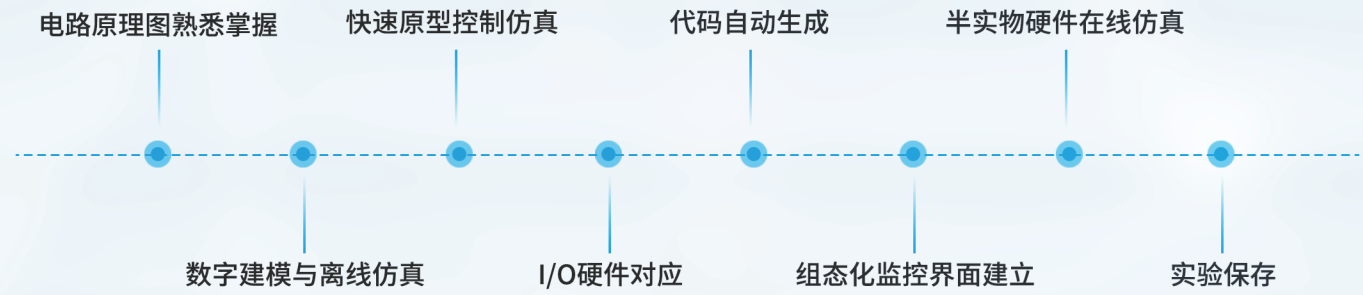
● 导出模型

可通过“导出模型”功能将simulink离线仿真模型导出进行验证、拓展等，通过“录播”可将波形数据导出查看、分析。



开发学习

学习流程



实验课程

实验基础

课程介绍

- 1. 电力电子基础
- 2. 电力电子技术概念
- 3. 电力电子器件概述
- 4. Simulink介绍
- 5. 快速原型控制平台介绍

脉宽调制PWM

- 1. PWM的基本原理和控制算法
- 2. PWM在Simulink如何实现
- 3. SPWM的基本原理和实现方法
- 4. SPWM在Simulink如何实现

DC-DC直流-直流变换

- 1. Boost升压原理和功率硬件电路分析
- 2. Simulink离线仿真-Boost升压电路
- 3. 快速原型控制仿真-Boost升压电路
- 4. BUCK降压原理与功率硬件电路分析
- 5. Simulink离线仿真- BUCK降压电路
- 6. 快速原型控制仿真-BUCK降压电路

AC-DC交流-直流整流

- 1. 单相全桥PWM整流原理和电路分析
- 2. Simulink离线仿真--单相全桥PWM整流电路
- 3. 快速原型控制仿真--单相全桥PWM整流电路

DC-AC直流-交流逆变

- 1. 单相全桥独立逆变原理与电路分析
- 2. Simulink离线仿真-单相全桥独立逆变电路
- 3. 快速原型控制仿真-单相全桥独立逆变电路
- 4. 单相全桥并网逆变原理与电路分析
- 5. Simulink离线仿真-单相全桥并网逆变电路
- 6. 快速原型控制仿真-单相全桥并网逆变电路

实验进阶

- 1. Simulink离线仿真--DC-DC+DC-AC两级独立逆变电路
- 2. 快速原型控制仿真--DC-DC+DC-AC两级独立逆变电路

- 2. 1. Simulink离线仿真--DC-DC+DC-AC两级并网逆变电路
- 2. 快速原型控制仿真--DC-DC+DC-AC两级并网逆变电路

# SaturnLab PES-1000A 电力电子模型开发与实训系统



更多实验，持续更新.....