

PES-1000A产品功能及技术指标

一、系统简介

为了支持高校电力电子和半实物仿真的教学，特推出了基于模型设计的电力电子和运动控制系列产品，该系列产品可以满足电气工程、电力电子、自动化和控制科学等工科学科相关的教学与科研需求。

系统提供给学生从电路原理，电路构建，到 Simulink 模型设计以及仿真，直至最后实际功率电路验证等一整套学习过程。这样学生可以首先了解理论层，然后通过离线仿真对理论层加深理解，进而再对实际硬件进行控制，获得真实的控制数据。让学生更加清晰的了解理论、仿真与实际硬件控制的关系。

针对基础教学方面，系统提供了丰富的实验例程，以培养学生实践能力和创新能力为核心，突出工程实际背景，注重培养学生运用现代技术解决电气工程实际问题的能力；在“开关电源技术”、“电力电子装置与应用技术”等课程开设设计型、综合型、创新型、研究型系列实验，实施开放式、自主学习实验教学模式，构建独具特色电气实验教学体系，创新设计实验项目，需要相关的实验设备。

二、系统组成



平台包含快速原型控制器、双向 DC-DC+单相全桥 DC-AC 变流模块、可调直流电子负载、四通道示波器、可调交流变频电源、可调直流电源、交流电源、功率计、隔离变压器、实验接线箱等。每个模块都有独立的接口，方便拆卸，同时配备独立的实验教程及实例介绍，平台资源丰富，资源齐全，可单独控制，亦可整体工作。

系统需要用到 PC 机，系统软件主要使用 Matlab，组态监控软件。

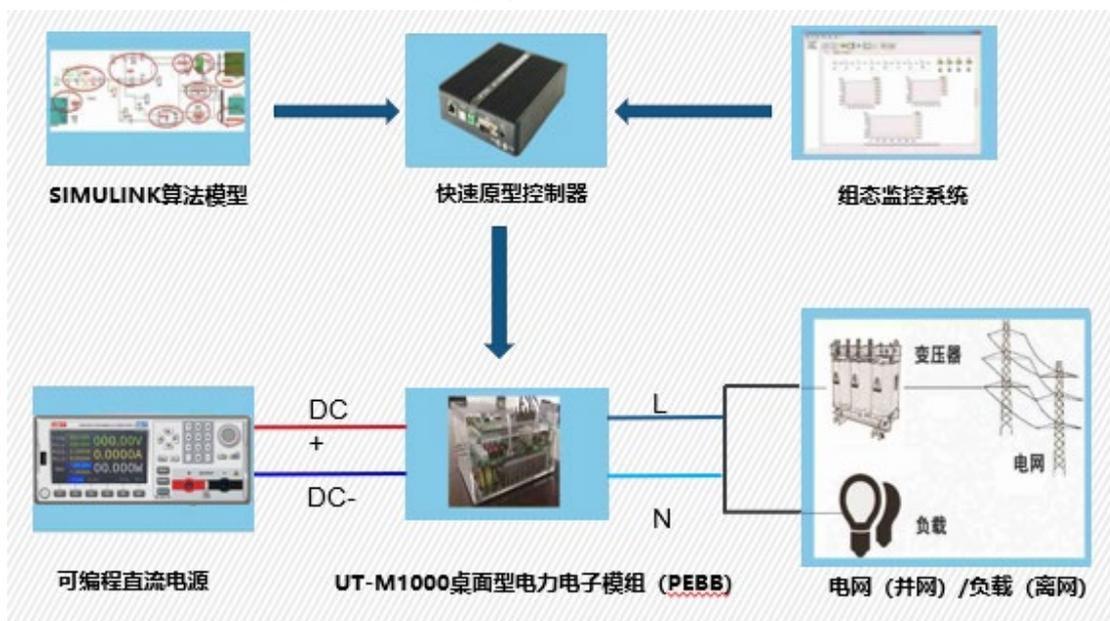


图 2 系统组成图

系统组成介绍:

- ◆ 快速原型控制器：系统核心控制器，DSP+FPGA 双核架构，Simulink 模型一键下载，加载后可与电力电子模型开发与实训监控上位机软件实时交互数据，方便数据跟踪，波形监控或者在线调参。
- ◆ DC-DC+DC-AC 两极变流模块：由两级变流模块组成，分别是 DC-DC 变换模块，DC-AC 变换模块，每个模块即可独立运行，又可联合运行，实验包含了常用的 DC-DC 变换和 DC-AC 变换。直流低压侧为 48V，直流高压侧为 80V，交流侧为 36V。
- ◆ Matlab: Simulink 是 MATLAB 最重要的组件之一，它提供一个动态系统建模、仿真和综合分析的集成环境，在该环境中，无需大量书写程序，而只需要通过简单直观的鼠标操作，就可构造出复杂的系统。在此系统中，模型搭建完成后，可以一键下载到控制器中，省去复杂的设置过程。
- ◆ UT-VIEW1000：上位机软件，采用以太网通讯，用于实现与 PES-1000A 的实时数据交互，方便客户进行数据分析，波形监控及在线调参等功能。
- ◆ 实验接线箱：综合测量仪器、变流模块、变压器、交流负载等设备集成于 5U 机箱内，正面是拓扑接线图，学生通过香蕉头插线来选择实验内容，后面板是各类接口的线缆转接板，所有线缆归总后相连。
- ◆ 电源及测量：

序号	产品名称	主要技术指标
1	数字荧光示波器	1、4 通道 2、带宽：200MHz 3、实时采样率：2GS/s 4、波形捕获率：200,000wfms/s
2	可编程直流稳压电源	1、输出电压：0-120V 2、输出电流 0-3A 3、输出功率 360W 4、分辨率：10mV/1mA
3	智能电参数测量仪	1、测量方式:AC/DC 2、电压测试范围：3V-600V; 3、电流测试范围：0.5mA-20.0A; 4、功率测试范围：0.001W~12kW; 5、测试精度：0.4%; 6、测量对象：V,A,W,PF/Hz
4	智能电参数测量仪	1、测量方式:AC 2、电压测试范围：3V-600V; 3、电流测试范围：5mA-20.0A; 4、功率测试范围：1W~12kW; 5、测试精度：0.4%; 6、测量对象：V,A,W,PF/Hz 7、谐波测试
5	可编程交流变频电源	1、功率最大输出 500VA; 2、标准机箱体积（高度 3U）
6	可编程直流电子负载	1、测试电压：0-150V; 2、测试电流：0-30A; 3、测试功率:0-300W; 4、分辨率：0.1mV/0.1mA

三、产品核心设备介绍

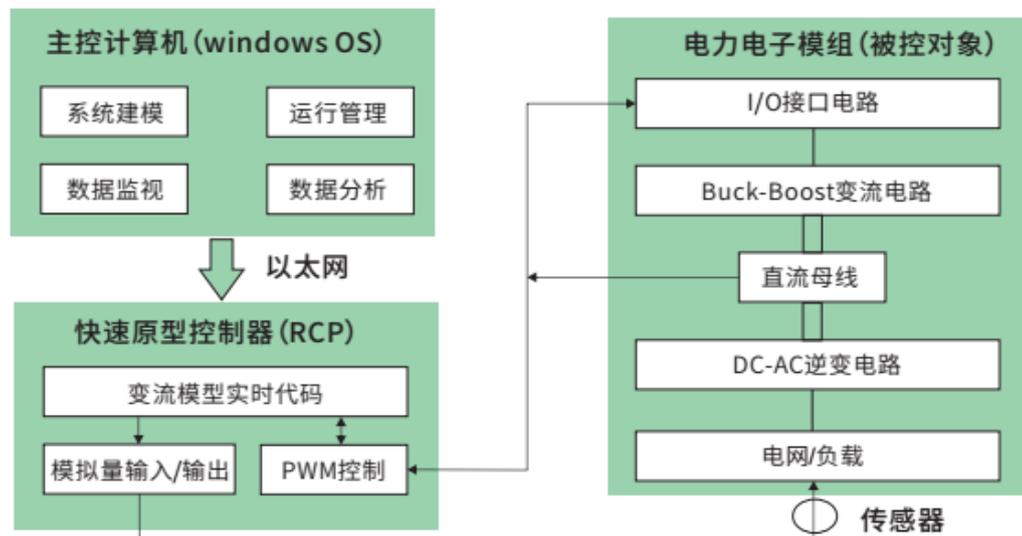
3.1 快速原型控制器

➤ RCP 控制器特点

能够将用户设计的图形化的高级语言编写的控制算法（Simulink）转换成 DIDO、AIAO 量，完成实际硬件控制。

控制算法模型一般采用 Matlab 中的 Simulink 工具搭建，将模型中的接口与硬件驱动接口绑定后，再结合 TI 公司的 CCS 编译工具产生可执行文件，下载至控制器中运行。

监控系统软件主要用于配置控制器工作模式，同时可以实时监测控制过程中的各类运行量，包括采集量、中间控制变量等。监控系统包括了 6 类监控功能，分别为功能按钮、通用 DO 按钮、通用 DI 指示灯、波形显示、设定数值、回显数值等。用户可以借助这些功能，直观、方便的了解控制器内部运行的详细信息。



➤ 控制器资源

序号	描述
CPU	TMS320F28335+FPGA
同步 PWM	外扩 6 组，12 通道，可配置 PWM 多种工作模式
同步 DO	外扩 4 路，TTL 电平
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 200KPS，输入范围+-10V
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
QEP/CAP	外扩一组 QEP 编码器接口/外扩 3 路 CAP 捕获接口
通信接口	一路 USB 口、一路 100M 网口，一路 RS232/RS485

3.2 电力电子模型开发与实训监控系统

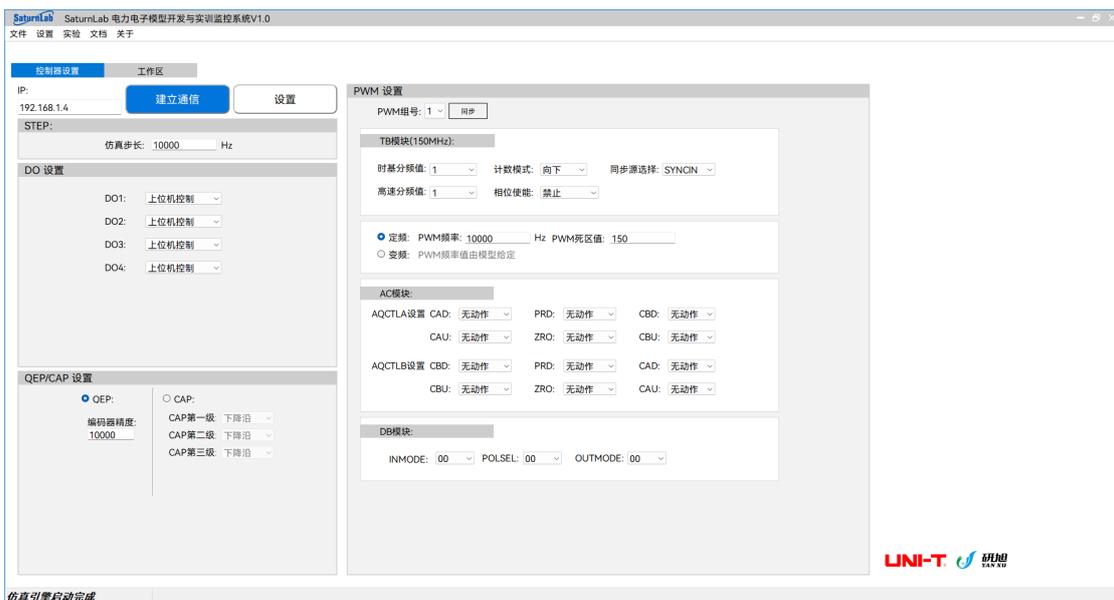
公司专门为 PES-1000A 研发了一套上位机监控系统。其中包括了 6 类监控功能，分别为功能按钮、通用 DO 按钮、通用 DI 指示灯、波形显示、设定数值、回显数值等。用户可以借助此监控功能，直观、方便的了解控制器内部运行的详细信息。



软件中包含“控制器设置”界面以及“工作区”界面。

其中“控制器设置”界面共有 4 类控制器设置，包括仿真步长设置，DO 控制源设置，QEP/CAP 模式设置，PWM 模块设置。

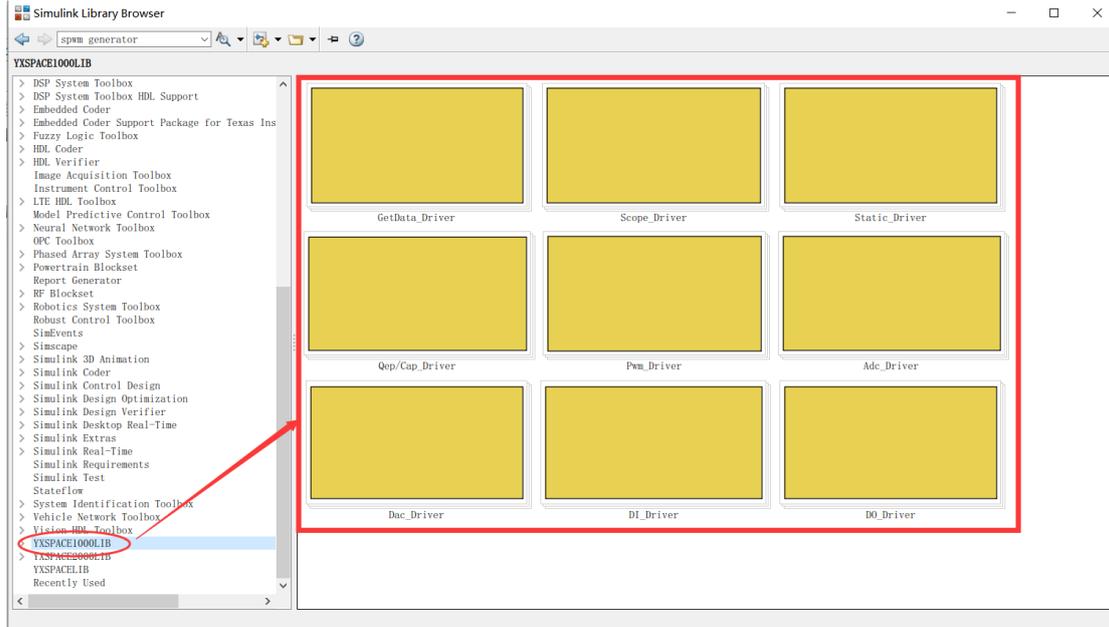
“工作区”包括功能按钮，DO 设置，DI 显示，设置值，以及观测值等监控功能。



- 建立通信：表示控制器与监控系统建立通信关系；
- 停止通信：表示控制器与监控系统断开通信关系；
- 设置：表示将设置参数文件下载至控制器中；
- 复位：表示对控制器整体进行复位操作；
- 启动仿真：通知控制器运行 Simulink 模型；
- 录播：将控制器上传的值保存，以便分析查看。

➤ Simulink 驱动库

自行开发了 Simulink 驱动库，如下图所示：



在 Simulink 的库浏览栏中，添加的驱动库，右侧就可以添加各类驱动支持驱动模块，如 ADC 模块，DAC 模块，DI 模块，PWM 模块，编码器模块以及示波器模块等。用户通过在模型中调用这些驱动模块，就可以将模型与硬件对应起来。

3.3 DC-DC+DC-AC 双级变流模块

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 变换接直流负载
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
辅助供电端口	板卡辅助供电
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

3.4 测试仪器

序号	产品名称	主要技术指标
----	------	--------

1	数字荧光示波器	1、4 通道; 2、带宽: 200MHz 3、实时采样率: 2GS/s 4、波形采样率: 200,000wfms/s
2	可编程直流电源	1、输出电压: 0-120V 2、输出电流: 0-3A 3、输出功率: 360W 4、分辨率: 10mV/1mA
3	智能电参数测量仪	1、测量方式 AC/DC 2、电压测试范围: 3V-600V; 3、电流测试范围: 0.5mA-20.0A; 4、功率测试范围: 0.001W~12kW; 5、测试精度: 0.4%; 6、测量对象: V,A,W,PF/Hz
4	智能电参数测量仪	1、测量方式 AC 2、电压测试范围: 3V-600V; 3、电流测试范围: 5mA-20.0A; 4、功率测试范围: 1W~12kW; 5、测试精度: 0.4%; 6、测量对象: V,A,W,PF/Hz/CF/THD
5	可编程交流变频电源	1、功率最大输出 500VA; 2、标准机箱体积 (高度 3U)
6	可编程直流电子负载	1、测试电压: 0-150V; 2、测试电流: 0-30A; 3、测试功率:0-300W; 4、0.1mV/0.1mA 分辨率

四、实验例程

1、实验基础篇

1.1 电力电子基础

2.1.1 电力电子技术概念

2.1.2 电力电子器件概述

2.1.3 Simulink 介绍

2.1.4 快速原型控制平台介绍

1.2 脉宽调制 PWM

1.2.1 PWM 的基本原理和控制算法

1.2.2 PWM 在 Simulink 如何实现

1.2.3 SPWM 的基本原理和实现方法

1.2.4 SPWM 在 Simulink 如何实现

2、DC-DC 直流-直流变换

- 2.1 Boost 升压原理和功率硬件电路分析
- 2.2 Simulink 离线仿真--Boost 升压电路
- 2.3 快速原型控制仿真--Boost 升压电路
- 2.4 BUCK 降压原理与功率硬件电路分析
- 2.5 Simulink 离线仿真--BUCK 降压电路
- 2.6 快速原型控制仿真--BUCK 降压电路

3、AC-DC 交流-直流整流

- 3.1 单相全桥 PWM 整流原理和电路分析
- 3.2 Simulink 离线仿真--单相全桥 PWM 整流电路
- 3.3 快速原型控制仿真--单相全桥 PWM 整流电路

4、DC-AC 直流-交流逆变

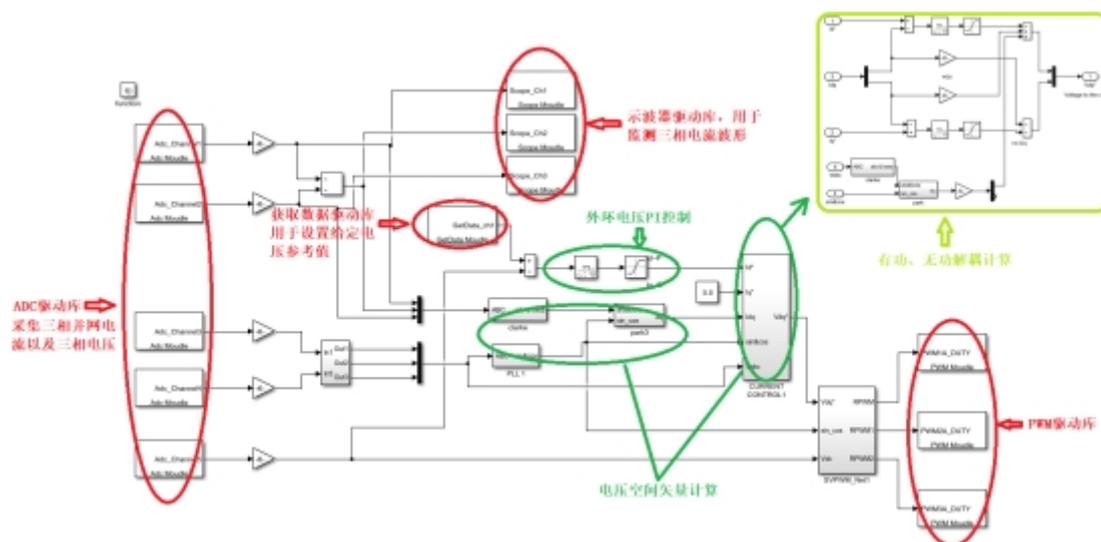
- 4.1 单相全桥独立逆变原理与电路分析
- 4.2 Simulink 离线仿真--单相全桥独立逆变电路
- 4.3 快速原型控制仿真--单相全桥独立逆变电路
- 4.4 单相全桥并网逆变原理与电路分析
- 4.5 Simulink 离线仿真--单相全桥并网逆变电路
- 4.6 快速原型控制仿真--单相全桥并网逆变电路

5、实验进阶篇

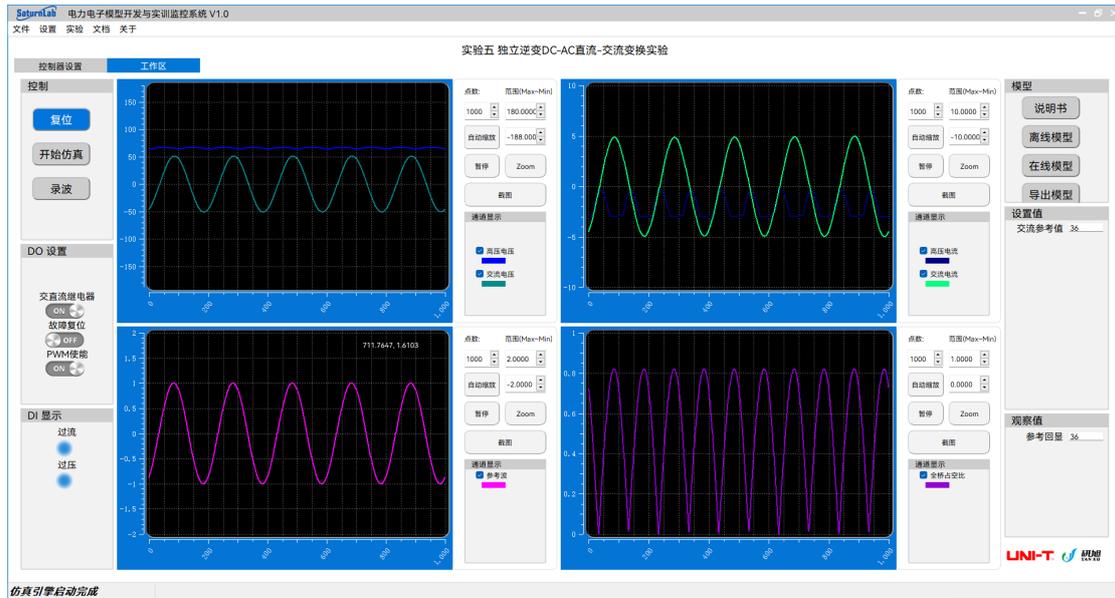
- 5.1 Simulink 离线仿真--DC-DC+DC-AC 两级独立逆变电路
- 5.2 快速原型控制仿真--DC-DC+DC-AC 两级独立逆变电路
- 5.3 Simulink 离线仿真--DC-DC+DC-AC 两级并网逆变电路
- 5.4 快速原型控制仿真--DC-DC+DC-AC 两级并网逆变电路

五、模型控制示例：

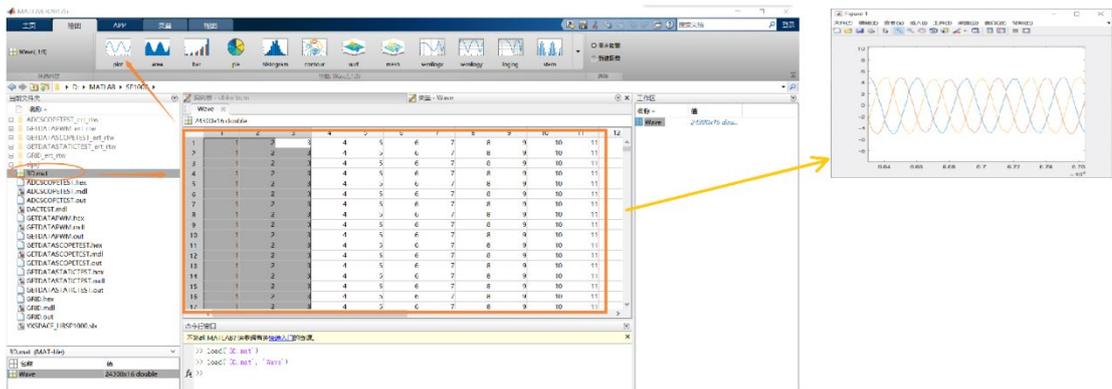
打开示例 Simulink 模型，点击编译仿真按键（也可根据情况自行修改模型或者参数）。



然后在电力电子模型开发与实训监控系统可以监控到电压波形、并网电流波形、直流电压和直流电流波形，同时可以通过静态框告知模型控制外环电压值等，如下界面所示。



通过录波功能，将实验过程的数据可以保存下来，利用 MATLAB 的 plot 描点工具，将原始数据以图形形式展现出来，如下图所示三相并网电流波，然后通过 plot 内部自带的缩放、扩放等工具，可以对数据进行更加深入的分析。



若用户想将模型内部关键节点数据采用模拟量方式输出时，此时只需要调用监控系统软件的 DAC 模块驱动，然后通过实际示波器测量 DAC 接口即可。下面是将占空比与 PWM 信号同时测量的示波器屏幕截图，1 通道为 PWM 实际输出波形，2 通道为模拟量输出的占空比波形。

