

# PES-3000A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



结构参考图

平台包含快速原型控制器 SP1000Plus,单相变流模块 PHM1000D(配套软件),三相变流模块 PHM3000T(配套软件),电机驱动模块 PHM3000M(配套软件),多功能单/三相交流负载箱(含变压器),接线面板箱,电机对拖台架。可调直流电源、四通道示波器、直流可调负载、交流电源、功率计等。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(UT-VIEW1000)。

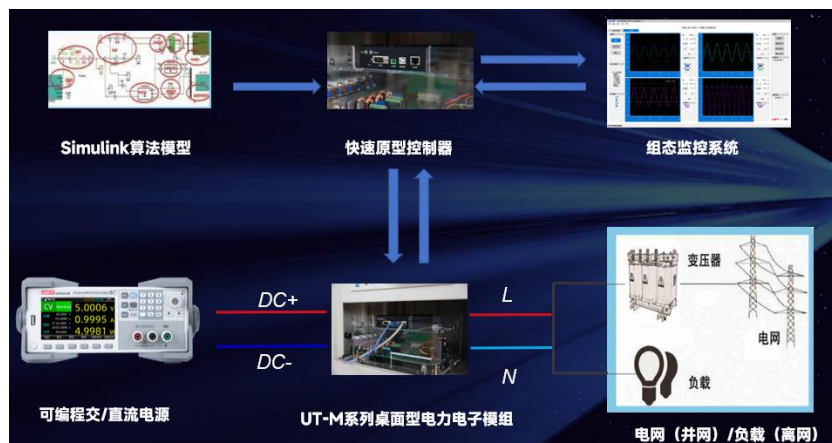


图2 系统组成图

### 系统组成介绍:

- ◆ SP1000Plus 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 UT-VIEW1000 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。
- ◆ 单相变流模块 PHM1000D：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。
- ◆ 三相变流模块 PHM3000T：由三相两电平模块组成，直流电压为 100V，直流电流 3.5A，交流相电压 36V，相电流 3A，额定功率 300W。
- ◆ 电机驱动模块 PHM3000M：由电机驱动模块和电机对拖台架组成，电机驱动模块直流电压为 100V，直流电流 3.5A，额定功率 200W。电机对拖台架有 2 台交流永磁同步电机组成，直流电压 24V，额定功率 200W，转速 3000 转。
- ◆ 多功能单/三相交流负载箱：由交流负载、交流隔离变压器和触控屏组成，交流输入电压 220V，输出电压 36V，负载阻值 10R/20R，负载功率 300W。
- ◆ 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-3000A 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，正面板是拓扑接线图，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	产品型号	主要技术指标
----	------	------	--------

1	数字荧光示波器	UPO2204	1、4 通道; 2、200MHz 带宽; 3、2GS/s 实时采样率; 4、4 通道; 5、200,000wfms/s 波形采样率
2	可编程直流稳压电源	UDP1203A	1、0-120V 输出电压; 2、0-3A 输出电流; 3、300W 输出功率; 4、10mV/1mA 分辨率
3	智能电参数测量仪	UTE9802	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: 1W~12kW; 5、测试精度: 0.4%; 6、测量对象: V, A, W, PF/Hz
4	三相智能电参数测量仪	UTE9833	1、测量电压: 10V-600V 2、测量电流: 20mA-40A 3、频率: 45Hz-65Hz 4、显示方式: 7个窗口, 白光LED显示
4	可编程交流电源	UAP503A	1、输出频率范围: 47-63Hz 2、输出电压范围: 0-175V/0-350V 3、输出电流: 5.72A/2.86A 4、输出相数: 三相
5	可编程直流电子负载	UTL8512	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

### 三、产品核心设备介绍

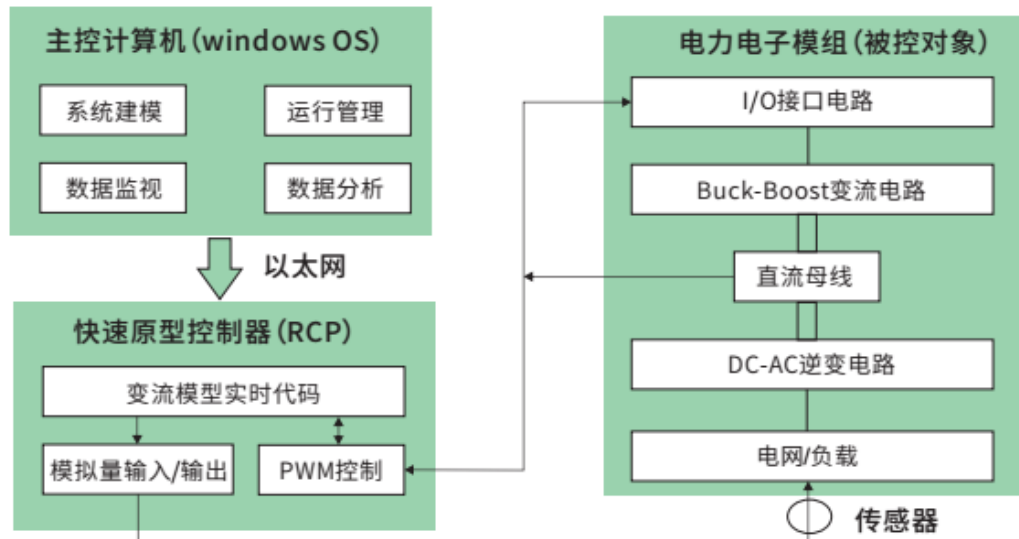
#### 3.1 SP1000Plus 快速原型控制器

##### ➤ 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。

UT-VIEW1000 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。UT-VIEW1000 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。



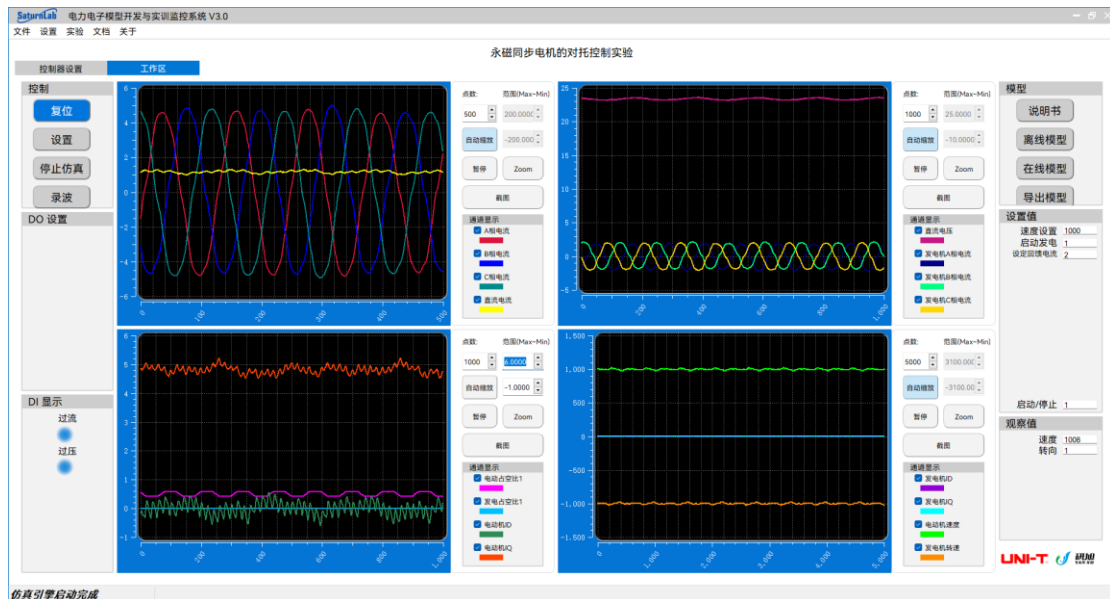
### ➤ 控制器资源

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 UT-VIEW1000 软件

公司专门为 PES-3000A 研发了一套上位机监控软件 UT-VIEW1000 软件。UT-VIEW1000

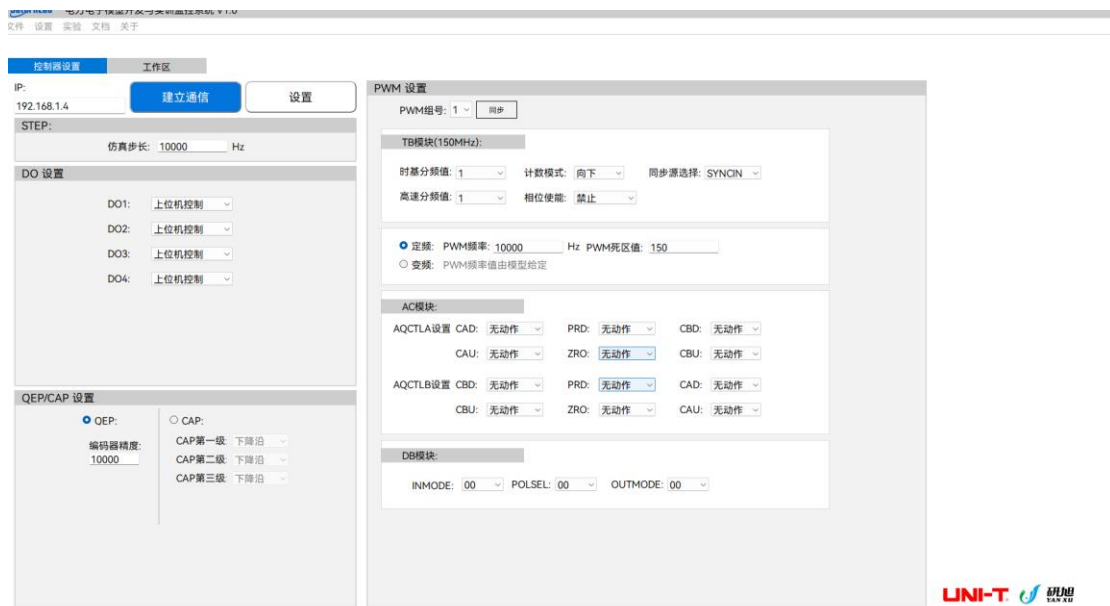
包括了 6 类监控功能，分别为功能按钮、通用 DO 按钮、通用 DI 指示灯、波形显示、设定数值、回显数值等。用户可以借助此监控功能，直观、方便的了解控制器内部运行的详细信息。



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。

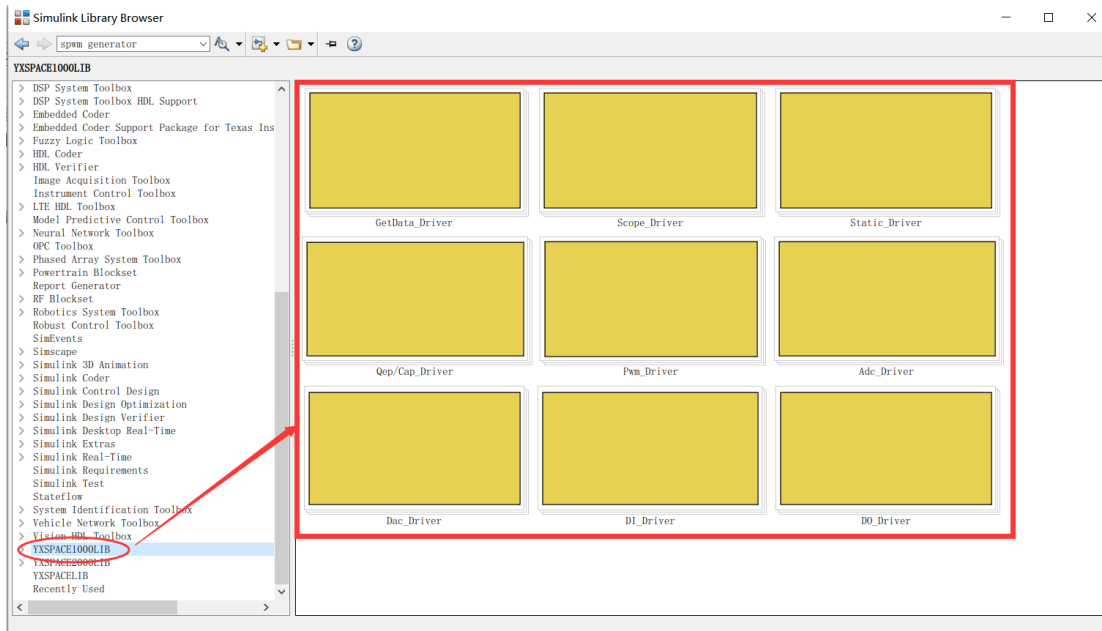
“工作区”包括功能按钮，DO 设置，DI 显示，设置值，以及观测值等监控功能。



- 建立通信：表示控制器与 UT-VIEW1000 建立通信关系；
- 停止通信：表示控制器与 UT-VIEW1000 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 单相变流模块 PHM1000D

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-3000A 控制器接口，包含 DIDO 接口和 AIAO 接口，用于闭环控制
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

### 3.5 三相变流模块 PHM3000T

直流端参数	额定电压：100V；额定电流：3.5A
交流端参数	相电压：36V；相电流：3A
交流端参数	额定功率 300W，最大功率 350W
DB37 接口	PES-3000A 控制器接口，包含 DIDO 接口和 AIAO 接口，用于闭环控制
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

### 3.6 多功能单/三相交流负载箱

交流输入端参数	额定电压：220V；额定电流：0.8A
交流输出端参数	相电压：36V；相电流：3A
负载阻值	10R/20R
负载功率	300W
保护功能	过压过流保护；过压过流故障显示灯

### 3.7 多功能单/三相交流负载箱

直流端参数	额定电压：100V；额定电流：3.5A
交流端参数	相电压：36V；相电流：3A
交流端参数	额定功率 300W，最大功率 350W
DB37 接口	PES-3000A 控制器接口，包含 DIDO 接口和 AIAO 接口，用于闭环控制
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

### 3.8 测试仪器

序号	产品名称	产品型号	主要技术指标
1	数字荧光示波器	UPO2204	1、4通道； 2、200MHz 带宽； 3、2GS/s 实时采样率； 4、4通道； 5、200,000wfms/s 波形采样率
2	可编程直流稳压电源	UDP1203A	1、0-120V 输出电压； 2、0-3A 输出电流； 3、300W 输出功率； 4、10mV/1mA 分辨率
3	智能电参数测量仪	UTE9802	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：1W~12kW； 5、测试精度：0.4%； 6、测量对象：V, A, W, PF/Hz
4	三相智能电参数测量仪	UTE9833	1、测量电压：10V-600V 2、测量电流：20mA-40A 3、频率：45Hz-65Hz 4、显示方式：7个窗口，白光LED显示
5	可编程交流电源	UAP503A	1、输出频率范围：47-63Hz 2、输出电压范围：0-175V/0-350V 3、输出电流：5.72A/2.86A 4、输出相数：三相
6	可编程直流电子负载	UTL8512	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

### 一、平台介绍篇

#### 1.1 系统开发背景



## 1.2 系统组成与功能

### 1.2.1 可编程直流电源

### 1.2.2 数字示波器

### 1.2.3 快速原型控制器

### 1.2.4 桌面型电力电子模组（PEBB）

### 1.2.5 永磁同步机组

## 二、实验基础篇

### 2.1 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

### 2.2 脉宽调制 PWM

#### 2.2.1 PWM 的基本原理和控制算法

#### 2.2.2 PWM 在 Simulink 如何实现

#### 2.2.3 SPWM 的基本原理和实现方法

#### 2.2.4 SPWM 在 Simulink 如何实现

### 2.3 快速原型控制器与 Maltlab

#### 2.3.1 RCP 控制器与 matlab 对接操作

#### 2.3.2 Simulink 离线模型的分割与硬件模型库的调用

#### 2.3.3 RCP 实时仿真监控系统界面的搭建

## 三、DC-DC 直流-直流变换

### 3.1 Boost 升压原理和功率硬件电路分析

### 3.2 Simulink 离线仿真--Boost 升压电路

### 3.3 快速原型控制仿真--Boost 升压电路

### 3.4 BUCK 降压原理与功率硬件电路分析

### 3.5 Simulink 离线仿真--BUCK 降压电路

### 3.6 快速原型控制仿真--BUCK 降压电路

## 四、单相 AC-DC 交流-直流整流

### 4.1 单相全桥 PWM 整流原理和电路分析

### 4.2 Simulink 离线仿真--单相全桥 PWM 整流电路

### 4.3 快速原型控制仿真--单相全桥 PWM 整流电路

## 五、单相 DC-AC 直流-交流逆变

### 5.1 单相全桥独立逆变原理与电路分析

### 5.2 Simulink 离线仿真--单相全桥独立逆变电路

### 5.3 快速原型控制仿真--单相全桥独立逆变电路

### 5.4 单相全桥并网逆变原理与电路分析

### 5.5 Simulink 离线仿真--单相全桥并网逆变电路

### 5.6 快速原型控制仿真--单相全桥并网逆变电路

## 六、光伏变流器 DC-DC-AC 变流

### 6.1 Simulink 离线仿真--光伏离网逆变器 DC-DC+DC-AC 逆变

### 6.2 快速原型控制仿真--光伏离网逆变器 DC-DC+DC-AC 逆变

### 6.3 Simulink 离线仿真--光伏并网逆变器 DC-DC+DC-AC 逆变

### 6.4 快速原型控制仿真--光伏并网逆变器 DC-DC+DC-AC 逆变

## 七、三相电压源逆变器 PWM 技术

### 7.1 三相电量的空间矢量表示

### 7.2 SVPWM 算法的合成原理

### 7.3 SVPWM 算法的实现

### 7.4 SVPWM 算法的建模和仿真

### 7.5 SVPWM 的算法实现

## 八、三相 AC-DC 交流-直流整流

### 7.1 三相全桥 PWM 整流原理和电路分析

### 7.2 Simulink 离线仿真--三相全桥 PWM 整流电路

### 7.3 快速原型控制仿真--三相全桥 PWM 整流电路

## 九、三相 DC-AC 直流-交流逆变

### 8.1 单相全桥独立逆变原理与电路分析

### 8.2 Simulink 离线仿真--三相全桥独立逆变电路

### 8.3 快速原型控制仿真--三相全桥独立逆变电路

### 8.4 单相全桥并网逆变原理与电路分析

### 8.5 Simulink 离线仿真--三相全桥并网逆变电路

### 8.6 快速原型控制仿真--三相全桥并网逆变电路

## 十、三相永磁同步电机的数学建模

### 9.1 三相 PMSM 的基本数学模型

### 9.2 三相 PMSM 的坐标变换

### 9.3 同步旋转坐标系下的数学建模

## 十一、三相永磁同步电机控制

### 10.1 PMSM 的 PI 电流控制

### 10.2 基于 PI 调节器的 PMSM 矢量控制

### 10.3 转子初始位置检测及起动

### 10.4 永磁同步电机之参数在线估测

### 10.5 PMSM 开环 V/F 压频比控制离线模型搭建

### 10.6 PMSM 开环 V/F 压频比控制半实物控制

### 10.7 PMSM 电流环 PI 控制离线模型搭建

### 10.8 PMSM 电流环 PI 控制半实物控制

### 10.9 PMSM 速度环和电流环 PI 控制离线模型搭建

### 10.10 PMSM 速度环和电流环 PI 控制半实物控制

### 10.11 PMSM 无位置传感器双闭环控制离线模型搭建

### 10.12 PMSM 无位置传感器双闭环控制半实物控制