

高职《自动控制原理》课程 交互式仿真实验平台设计与实现

崔永青

(宝鸡职业技术学院, 陕西 宝鸡 721013)

摘要: 利用 Matlab 下图形用户界面 (GUI) 的可视化功能, 结合自动控制原理的教学内容, 设计一个自动控制原理课程交互式仿真实验平台。该平台覆盖了高职自动控制原理课程的三个基本实验, 实现在 GUI 界面中调用 Simulink 仿真模型, 并且在界面中实时调整模型参数, 最终实现控制系统性能仿真的可视化。该平台数据的获取及图形的显示实时、直观, 取得了良好的实验效果, 有助于培养学生的探索能力和实践能力。

关键词: 交互式、实验平台、Matlab、GUI、Simulink

本课程涵盖的概念抽象、范围广, 理论计算多, 同时要求学生具有高等数学中相关的微分方程、拉普拉斯变换等知识, 这就要求具有高等数学中相关的微分方程、拉普拉斯变换等方面的知识, 并且大多数高职学生认为该课程难度大, 既降低了教学效率, 又影响了学生学习的自信心, 对此, 许多学生表示不解。因此, 在教学中必须辅以实验, 使学生充分了解和掌握自控系统的基本理论, 并在实践中锻炼实际运用能力。

这门课的实验条件有限, 目前的实验教学主要是进行传统的模拟实验。试验箱是一种综合密封装置, 通过外部导线将不同的实验模块连接在一起, 构成一个典型的电路或系统, 通过示波器或计算机观测系统发出信号。这种测试方法有明显的缺点。实验箱高度集成化, 学生只需要连接导线和实验, 不知道如何实现内部模块的功能, 从而增加了实验的盲目性。

二是理论学习与实践操作脱节, 导致实验不能应用于理论知识的整合和指导实践。它的不足主要表现在两个方面: 教学效果不理想和难以激发学生的学习兴趣。随着计算机技术的飞速发展, 越来越多的教学软件给课堂教学和实验带来了极大的便利。

为了解决上述问题, 本文采用在 Simulink 上建立系统仿真模型和 GUIDE (图形用户界面开发环境) 的方法, 引入 Matlab 仿真软件, 建立了 GUI 对象的交互实验平台。该平台可以在线修改系统参数, 方便分析比较, 图形更加灵活。通过对比, 学生对相关内容有了更深的理解。这样既解决了传统板书教学中绘图步骤繁琐、精度差的问题, 又解决了多媒体教学中可视化和实时性差的问题。

一、交互式实验平台总体设计

结合自身教学实践, 笔者对《自动控制原理》课程教材进行

分析, 再加以对学生学习实际分析, 确定了实验平台的主要模块。本实验平台包括三个主要模块, 分别为典型环节的单位阶跃响应、二阶系统的时域分析、PID 控制器的动态校正, 并给出了实验结果。图 1 显示了这个平台的主要模块。以各模块为子系统, 进行各子系统模型化、界面化设计, 确定统一界面。接着对整个系统进行了试验分析、调试。

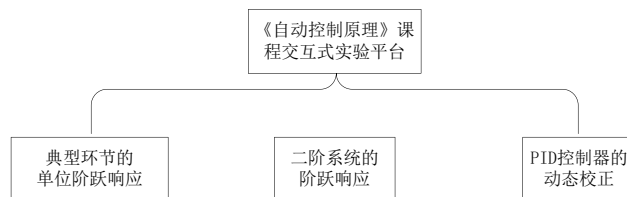


图 1 交互式实验平台总体设计

二、GUI 界面及仿真模型设计

GUI 对象界面由 Matlab (GUI 用户界面开发环境) 构建的。是 Matlab 的图形用户界面开发环境。这是指由计算机操作的图形用户界面, 以及一种供 Matlab 用户进行视觉互连的工具。通过 GUI 提供的操作界面, 用户无需浏览冗长而复杂的代码即可完成操作。使用该工具大大降低了学生学习知识的门槛, 大大提高了教学效率, 使学生能够更直观地理解教学内容, 并能在独立分析和思考的过程中不断成长和进步。它为 GUI 开发提供了一组 GUI 开发工具, 大大简化了 GUI 设计过程中的界面布局操作。该指南提供了许多强大的 GUI 对象, 用户可以根据他们的需要来选择和调用它们。完成界面布局后, 写入 M 个文件以支持 GUI 对象操作。每个 GUI 界面都被设计为一个 GUI 界面布局文件。图后缀和函数文件。M 个后缀在 GUI 界面中添加相应的控件, 将控件学到的实现代码写入控件的回调功能中, 实现接口功能。

(一) 主界面设计

主页上包含了实验台的名称和三个按钮, 将每一个按钮的标签属性改为对应实验项目的名称, 用户可以分别点击三个按钮进入三个实验界面。主界面如图 2 所示。

在 GUI 中设计主界面, 具体步骤如下:

1. 创建新的 GUI

在它的 GUI 上拖放静态文本控件和三个按钮控件。用实验平台的名字来代替静态文本的 Tag 属性，每个按钮的 Tag 属性被对应的实验项目命名。在运行后生成相应的 M 文件。

2. 将代码 `run('chiidSystemName')` 写入 M 文件中每个按钮的回调函数

代码中的 `chiidSystemName` 是每个按钮对应的各个子 GUI 界面的文件名。通过点击按钮，运行后进入各个实验对应的子 GUI 界面。



图 2 主界面

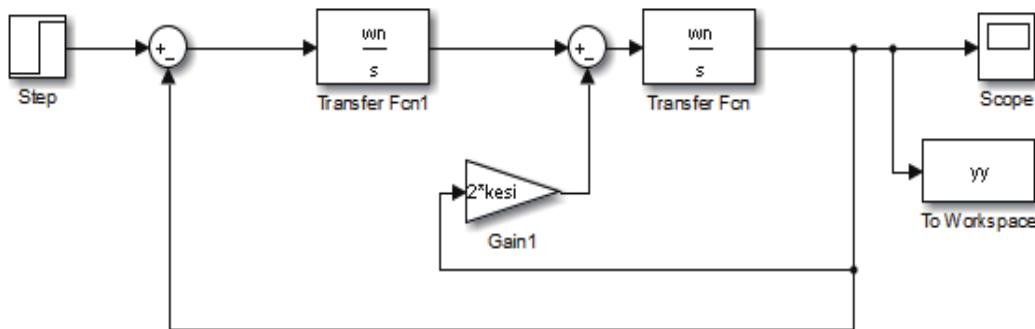


图 3 二阶系统的时域分析 Simulink 模型

2. GUI 界面设计

图 4 为二阶系统时域分析实验模块的界面。以二阶系统无阻尼自然振频率和阻尼比作为界面第一行输入的两个参数，点击“开始模拟”打开模拟二阶系统时域分析模型，第二行三个静态文本自动显示在。点击“绘制”按钮，在界面坐标系控制项上可以显示二阶系统的阶跃响应曲线。在此界面上，学生可以灵活地修改系统的固有振荡频率、阻尼比等参数，并观察系统性能参数和阶跃响应曲线的变化。因此，需要进一步了解这两个参数对系统性能的影响。

在 GUI 中设计界面，具体步骤如下：

(二) “二阶系统的时域分析”子界面及仿真模型设计

通过一个“二阶系统时域分析”的实例，说明了子界面的设计和 Simulink 仿真模型的设计。先对二阶系统建立时域分析 Simulink 模型，再建立 GUI 界面。GUI 界面和 Simulink 模型通过代码相互调用和数据交互。

1. Simulink 仿真模型设计

MATLAB 中的 Simulink 是一种可视化仿真工具，它以 MATLAB 为框架，以动态系统建模、仿真、分析为目标，广泛应用于线性、非线性、数字控制和数字信号处理等领域。Simulink 提供了一个用于动态系统建模、仿真和综合分析的集成环境。在此环境下，无需大量编写程序，只需用一次简单而直观的鼠标操作，即可构造出复杂的系统仿真模型。

Simulink 中的输入信号是单位阶跃信号的二阶系统的仿真模型，它使阻尼比成为一个参数 `kesi`，而不包含阻尼自然振荡频率作为参数 `wn`，这要求从 GUI 接口传入的 Simulink 模型，如图 3 所示。将“ToWorkspace”控件添加到模型的输出前面，将输出信号输出到工作区，用于向 GUI 界面上对应的 M 文件传递输出数据。以“twooderModel”命名设计良好的 Simulink 模型。

(1) 创建一个 GUI，拖动 GUI 内的六个静态文本控件、五个可编辑文本控件、两个按钮控件，以及一个坐标系控件。

(2) 在回调函数中写入代码，模拟“开始”按钮上的 M 文件 GUI 界面，实现双模型模型中的描述，然后使用编辑 1 中的输入值，编辑 2 GUI 界面 `kesiwn` 仿真软件模型，然后运行双模型仿真。系统的二阶性能指标为超调时间、峰值时间和调整时间。然后，计算结果将显示在界面的编辑 3、编辑 4 和编辑 5 个控件中。这些代码如下：

```
open('twooderModel');
str1 = get(handles.edit1, 'String');
```

```

str2 = get(handles.edit2, 'String');
kesi = str2double(str1);
wn = str2double(str2);
options = simset('SrcWorkspace', 'current');
sim('twooderModel', [], options);
delta = exp((-kesi*pi)/sqrt(1-kesi*kesi));
tp = pi/(wn*sqrt(1-kesi*kesi));
ts = 3/(kesi*wn);
set(handles.edit3, 'string', delta);
set(handles.edit4, 'string', tp);
set(handles.edit5, 'string', ts);
    
```

(3) GUI界面上对应于M文件“绘图”按钮的回调函数编写代码实现了在坐标系下绘制二阶系统的阶跃响应曲线。这些代码如下:

```

[t]=sim('twooderSystem', [], options);
axes(handles.axes1);
plot(t, yy);
xlabel('时间 t (s)');
ylabel('输出 c(t)');
    
```

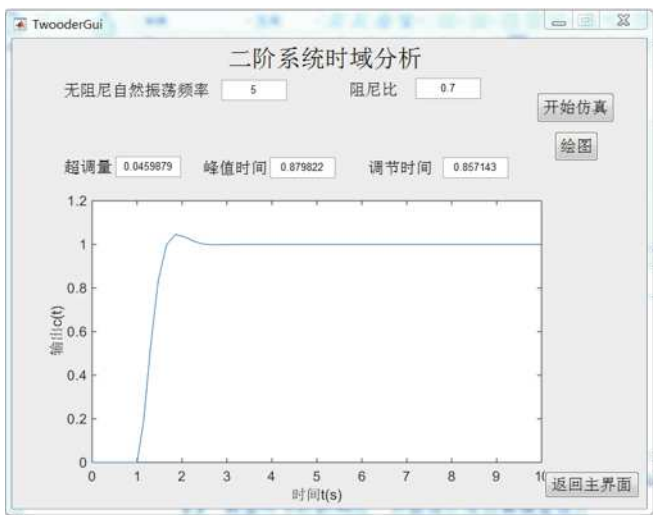


图4 二阶系统的时域分析 GUI 界面

(三) “典型环节阶跃响应”界面设计及仿真模型设计

利用上面的方法设计了“典型环节阶跃响应”的模块子界面，并建立了相应的仿真模型。本模块包括比例环节阶跃响应、积分环节阶跃响应、惯性环节阶跃响应三个子菜单。用相应实验的名

称来替换每个子菜单的 Tag 属性。在模拟实验的过程中，学生只需要通过点击三个子菜单即可进入相应的实验模块，然后编辑每一个子菜单的回调函数，就可以实现以上的功能。这在一定程度上极大的简化了学习难度，也降低了学习成本。

图5显示了比例链接的模拟模型，该模块的界面如图6所示。

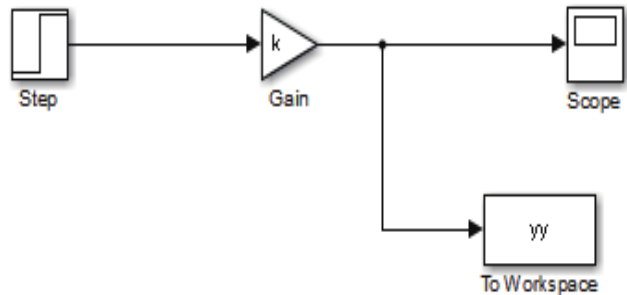


图5 比例环节的单位阶跃响应 Simulink 模型

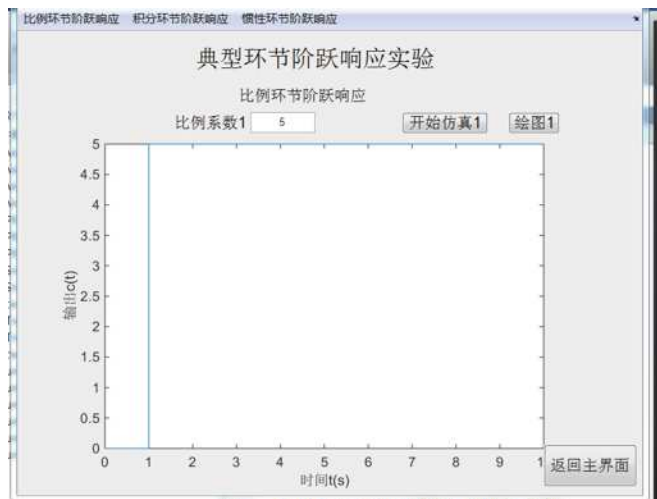


图6 典型环节阶跃响应实验 GUI 界面

(四) “PID控制器的动态校正”界面设计及仿真模型设计

采用上面的方法设计了“PID控制器动态校正”模块，建立了相应的仿真模型。对原模拟墨水二阶系统进行了模拟，并用PID调节器对原模拟墨水二阶系统进行了校正。以GUI界面上的9为例，输入参数 K_P 、 K_I 、 K_D 作为PID调节器的比例系数、积分系数和差分系数，并通过模拟曲线在界面上显示。对比例系数 k_P 、积分系数 k_I 和差分系数 k_D 进行了调整，分析了系统的性能指标和仿真曲线。为了了解比例系数 k_P 、积分系数 k_I 和差分系数 k_D 对系统校正的影响，需要对PID调节器进行深入研究。

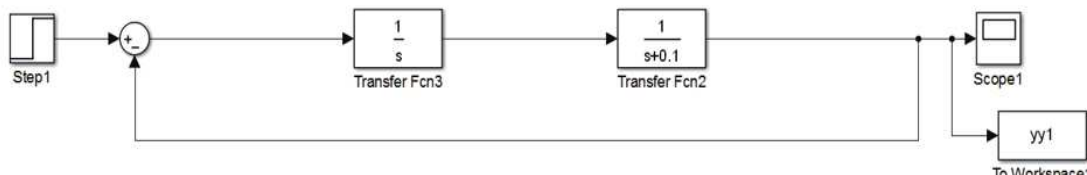


图7 原二阶系统 Simulink 模型

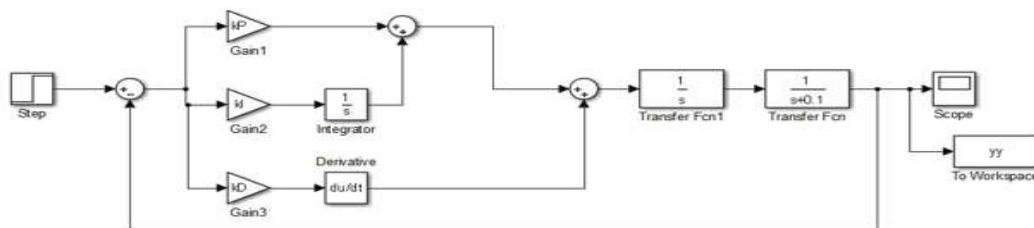


图8 经 PID 控制器校正后的系统 Simulink 模型

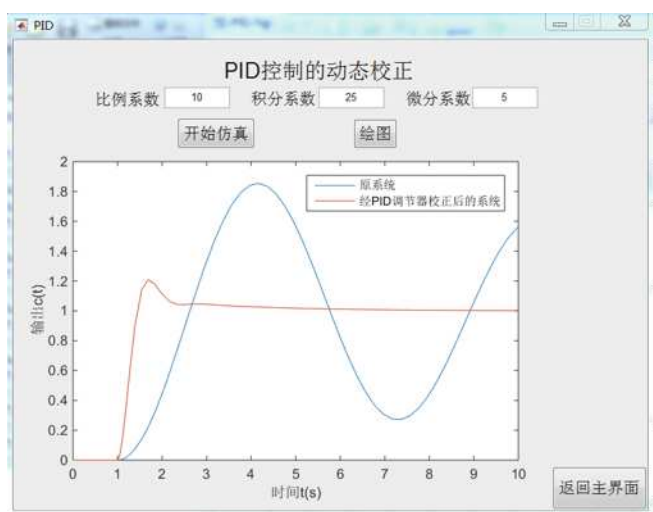


图9 PID 控制的动态校正实验 GUI 界面

三、结语

利用 Matlab 开发的模拟链接模块和 GUI 对象, 通过设置系统参数, 可以灵活、动态地显示系统性能参数和系统响应曲线, 实现了系统原理课程的自动实验。为了减少学生对困难的恐惧, 从机械操作开始, 一步一步地遵循引导界面, 从容易到困难, 一步一步地, 逐步完成整个实验, 简化数学推导, 降低数学阈值。该平台操作简单, 可以直观地显示系统的性能指标, 帮助学生更好地理解控制系统的工作原理和参数对系统动态性能的影响, 使实验更加有效。培养学生的探究性和实践能力, 激发学生的学习兴趣,

增强学生的自信心。

参考文献:

- [1] 王晨丰. 基于 MATLAB 的高职《自动控制原理》课程教学[J]. 科技资讯, 2015 (15): 157-158.
 - [2] 燕涛, 朱莉, 翁智. “自动控制原理”实验教学改革探索与实践[J]. 实验室研究与探索, 2013, 32 (11): 389-392.
 - [3] 苗宇, 蒋大明, 刘泽. “自动控制原理”混合式教学实践[J]. 电气电子教学学报, 2020, 42 (1): 82-86, 90
 - [4] 齐玉娟, 王延江. 基于 Matlab GUI 的图像和视频处理仿真系统设计[J]. 实验技术与管理, 2019, 36 (03): 146-149.
 - [5] 孙少华, 吴宝贵, 邹宇鹏, 王新庆, 赵学进. 基于 Matlab/GUI 的混合动力汽车教学仿真平台设计[J]. 实验室研究与探索, 2019, 38 (03): 106-111.
 - [6] 王文成, 李健, 王瑞兰, 吴小进, 孙学岩. 基于 Matlab GUI 的数字图像处理仿真平台设计与开发[J]. 实验技术与管理, 2019, 36 (02): 141-144.
 - [7] 韦春荣. 基于 MATLAB_GUI 的自动控制原理课堂辅助教学系统[J]. 广西物理, 2013, 34 (04): 55-57.
 - [8] 张贤明. MATLAB 语言及应用案例[M]. 南京: 东南大学出版社, 2010.
 - [9] 陈梅, 王健. 基于 MATLAB GUI 的 PID 控制仿真系统设计[J]. 实验技术与管理, 2020, 37 (02): 140-143.
- 作者简介: 崔永青 (1989-), 女, 工程师, 宝鸡职业技术学院。