

双闭环直流调速系统仿真软件开发

史成城, 谢丽蓉

(新疆大学 电气工程学院, 新疆 乌鲁木齐 830047)

摘 要:为了满足教学实验的要求和完成在实践中对调节器的辅助仿真设计,借助 MATLAB 及其 GUI 设计开发了一款双闭环直流调速系统的设计软件。该软件平台包括了对调节器、电流环以及转速环参数的设计,能绘制出相应参数的响应曲线及伯德图,给出计算结果。用户通过观察曲线来对所选参数进行分析。该软件通过在可视化的界面填写已知的调节器参数,根据仿真结果,帮助用户对产品性能做基本的评价及完成复杂的数学运算,使得复杂抽象的理论变得简单直观。

关键词:双闭环直流调速系统;MATLAB;图形用户界面

中图分类号:TP39

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2012)12-0245-04

Simulation Software Development of Double Closed Loop DC Speed Control System

SHI Cheng-cheng, XIE Li-rong

(School of Electric Engineering, Xinjiang University, Urumqi 830047, China)

Abstract: To meet the requirements of the teaching experiment and completing the auxiliary simulation design about the regulator in practice, with the help of MATLAB and its GUI, design and develop a software for double closed-loop DC speed control system. The software includes the design of the parameters of adjuster, current loop and speed loop. It can draw the response curve of the corresponding parameters and Bode diagram, provide the calculated results, by observing the curves you can analyze the parameters. Through the visual interface you can fill a known adjuster parameters, according to the simulation results help users to do a basic evaluation of product performance and completion of complex mathematical operations, make complex and abstract theory becomes easy.

Key words: double closed-loop DC speed control system; MATLAB; GUI

0 引言

Matlab 是 Mathworks 公司 80 年代推出的科学计算软件,经过多年的完善和发展,现已成为国际公认的最优秀的工程应用开发环境,涉及多科学、多领域的软件平台,其主要功能包括数学计算及符号计算、数学分析与可视化等。如今已成为广大科研人员和高校大学生必须掌握的分析和计算工具。

Matlab/GUI 是一种新型的图形用户界面开发方式。通过此界面可以很方便的达到一些特定控制的操作,它简单易学而又功能强大,特别适合能够熟练运用 Matlab 语言进行仿真的人员^[1]。

在做仿真软件时,若不想编写大量的 VC 代码或者完成仿真软件与其它图形用户界面开发软件(如

VB 等)的交互操作,那么 Matlab/GUI 无疑是最佳选择,它既能嵌入已有的仿真程序,又能把仿真的图形化结果以人机交互的动态方式呈现给用户,使用者不需要知道代码的具体内容,只要了解具体操作步骤即可方便地操作界面。

1 设计内容

文中利用 Matlab 的 GUI 工具箱设计出能够对直流通双闭环调速系统的双环及调节器参数进行测试的软件,能够直观形象地反映出结果,省去了大量繁琐的计算步骤。该软件可以作为辅助教学的工具以提高教学效率,帮助学生更好地理解 and 掌握用工程设计方法来设计调节器。

1.1 软件的总体设计

调节器设计软件基于 Matlab 提供的用户界面(GUIDE)进行设计,该图形化窗口提供了创建各种图形句柄的对象,用户可以利用它方便地实现仿真平台的搭建。同时,GUIDE 可以在界面的设计过程中自动生成 M 文件框架,通过这个框架,用户可以直接在其

收稿日期:2012-04-17;修回日期:2012-07-19

基金项目:教育部高等理工教育改革与实践项目(教高司函[2005]246);校级高等理工教育改革与实践项目子项目(新大教字[2007]98);新疆维吾尔自治区本科精品课程建设项目(新教高[2005]33)
作者简介:史成城(1987-),男,陕西人,硕士研究生,主要研究方向为虚拟仪器;谢丽蓉,副教授,研究方向为智能控制。

中编写自己的回调函数^[2]。

本软件的系统结构组成如图 1 所示,界面布局为一个主界面和六个子界面。界面的设计按照工程设计的方法,即先电流环再转速环的设计顺序,通过对调节器框图化简及调节器结构的选择,对调解器的参数进行计算。界面中包含了调节器设计的主要内容,并且通过相应的后台代码,用户在界面中填写已知的调节器参数或加载实例,可得到可视化的仿真结果。

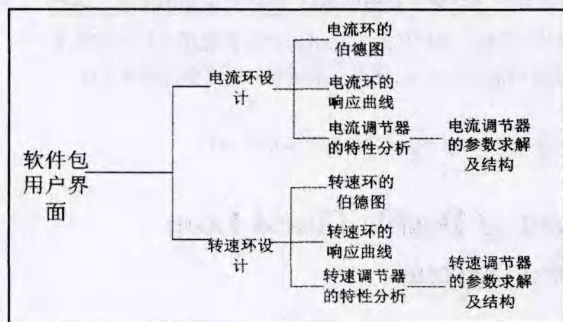


图 1 软件系统结构

1.2 设计实例

双闭环直流调速系统的电路原理图如图 2 所示:

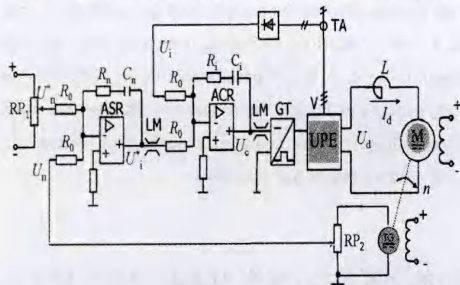


图 2 双闭环直流调速系统原理图

电流环与转速环的计算类似,这里以电流环为例。首先,对电流环的动态结构图进行化简,如图 3 所示:

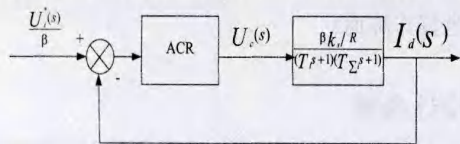


图 3 化简后的电流环结构图

化简后,对框图分析可知,电流环的控制对象为双惯性,从稳态和动态要求方面来选择典型系统,发现采用典型 I 型系统完全可以满足要求^[3]。因此,校正成典型 I 型系统,其传递函数为:

$$W_{ACR}(S) = \frac{k_i(\tau_i s + 1)}{\tau_i s}$$

式中 k_i —电流调节器的比例系数;

τ_i —电流调节器的超前时间常数。

对电流环的动态结构化简,令调节器零点与控制对象的大时间常数极点对消,选择 $\tau_i = T_i$,则电流环的开环传递函数为

$$G(S) = \frac{K_i}{S(T_{\Sigma i} S + 1)}$$

其中

$$k_i = \frac{k_i k_s \beta}{\tau_i R}$$

最后需要对电流调节器的参数进行相关计算。

2 软件包的 GUI 界面设计

2.1 软件主界面

主界面是软件开始运行时的第一个界面,用户通过主界面来进入各个子界面。该软件主要分为电流环和转速环的设计两部分内容^[4]。界面如图 4 所示。以电流环设计为例,点击即可在另一个 ListBox 中出现对应的子菜单,双击任意一项即可跳到相应的子界面中^[5],其 ListBox1 的 Callback 函数为:

```
function listbox1_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
global m;
```

```
n1 = get(hObject, 'value');
```

```
switch n1
```

```
case 1;
```

```
set(handles.listbox3, 'string', '请选择类型');
```

```
case 2
```

```
set(handles.listbox3, 'string', '电流环的响应曲线|电流环的伯德图');
```

```
...
```

因为 ListBox1 与 ListBox2 相关联,通过在 ListBox1 中设置一个全局变量 m ,并令 $m = n$,这样就可以通过点击 ListBox1 的项,在 ListBox2 中显示其所对应的子项^[6]。

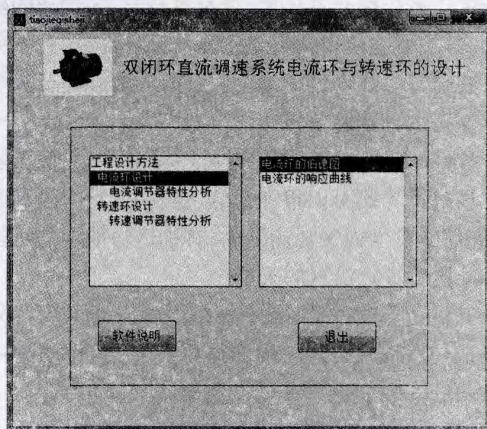


图 4 软件主界面

2.2 软件子界面

电流环与转速环在设计过程中的设计思想基本类似,下面以电流环的响应曲线,电流环的伯德图为例进行介绍。电流环的响应曲线界面包括五部分(如图 5

所示界面)。

一是菜单栏(包括参数说明);

二是需要用户填写已知的电机参数(即输入参数);

三是根据已知参数得出相应的电流环参数及近似条件的校验;

四是绘出电流环的响应曲线,相应的波形会在可视的图形窗口画出;

五是一些功能按钮,用户在填好参数后,单击确定按钮就可方便的得到仿真结果,同时也可以通过加载事例按钮来得到加载事例的结果和波形^[7]。因为在加载事例中程序反应稍显慢,通过一个进度条来过渡。清除按钮用于清除 text 中的参数和图形显示窗口中所显示的图形^[8]。用户通过点击电流环的动态结构框图按钮,可得到电流环的结构框图,使用户对电流环的总体设计有更深刻的理解。

以说明,方便用户的查询。同时在界面的底部,给出每个参数的单位,为了生动和界面的布局,通过编程使其上下滚动显示^[9]。

图 5 所示界面中,主要是对电流环开环增益和电流环截止频率的求解,并根据电流环的开环传递函数(典 I 系统)(显示在图形窗口中,点击确定按钮或者加载事例后被响应曲线所覆盖,方便用户查看),得出电流环的单位闭环传递函数,绘制其相应参数的阶跃响应曲线^[10]。通过波形观察阶跃响应跟随性能指标(上升时间、超调量和调节时间)。

采用同样的方法,绘制电流环的伯德图,可以观察电流环的稳态性能,如图 6 所示。

3 实现中的关键点

3.1 edit 控件的加载数值、清空及输入处理

(1)在演示所需的事例时,如果通过依次填入数据,因为所填写的参数框多,会影响时间。所以需要在后台编写一定的程序,直接令某些参数为特定的值^[11]。以电流环的响应曲线界面中的加载事例为例。程序部分代码如下:

```
UN = 220; IN = 136; n = 1460;
Ce = 0.132; Ks = 40; R = 0.5; ... set
(handles.edit1,'string',UN);
set(handles.edit2,'string',IN);
...
```

(2)数值及显示图形窗口的清空,填入新数值或产生新波形前需要对一些控件做清空处理,以免产生混淆^[12]。

清除所有按钮的 Callback 部分程序为:

```
set(handles.edit1,'string','');
set(handles.edit2,'string','');
...
```

clearset

(3)输入处理,当用户输入参数时,后台程序需要获取用户所填写的这些参数,以便进行相应的运算^[13]。

以确定按钮的 Callback 部分程序为例:

```
UN = str2num(get(handles.edit1,'string'));
IN = str2num(get(handles.edit2,'string'));
```

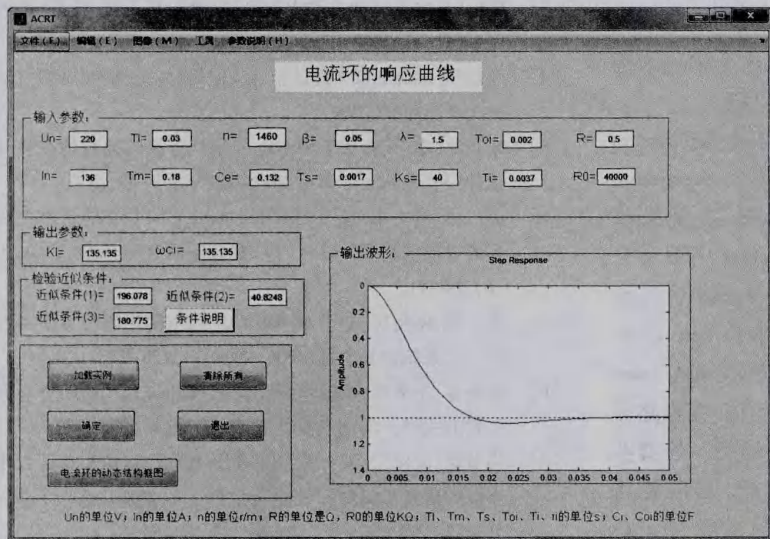


图 5 仿真结果

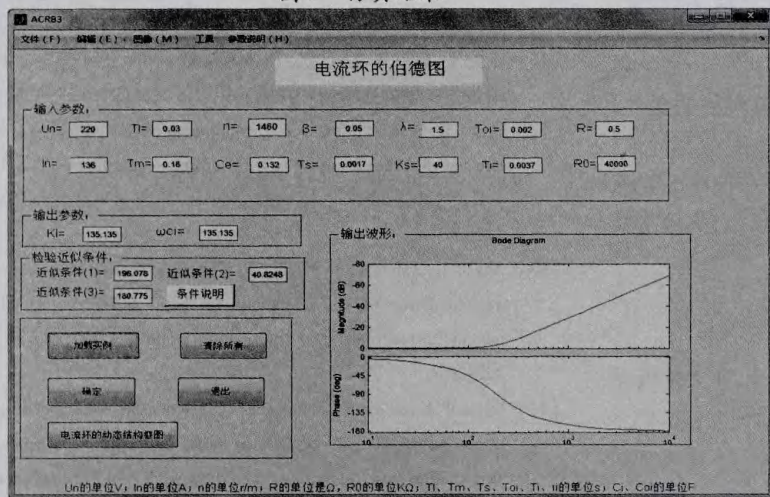


图 6 电流环的伯德图

在菜单栏中的参数说明中,对每个参数符号都加

...

3.2 图形的显示

在程序运行前,需要在界面中显示一副图片,运行后生成的图形(譬如为响应曲线)将该图片覆盖,若只有一个 axes 控件,则默认新生成的图形将第一张图片覆盖,若多个 axes 控件时,需要对其指定^[14],如(axes(handles.axes1))。其中图片显示代码如下:

```
himage=findobj('tag','axes1');
axes(himage)
logo=imread('dianji1.jpg');
image(logo)
```

3.3 打包和程序发布

在界面制作完成后,为了脱离 Matlab 环境而独立运行,要建成 exe 文件,可以借助 Matlab 的 deployment project 工具来实现。首先要配置好 Matlab Compiler,在 Matlab 命令窗口输入:

```
>>mbuild - setup
```

然后根据提示执行相应的操作,以这个软件为例说明;这里选的是 Matlab 自带的编译器 LCC。

将文件封装打包并生成 exe 用的是 deployment project。首先在 File 中点击新建,新建一个 deployment project。在左侧框中选中 Matlab Compiler,右侧选择 Standalone Application。在 Name 和 Location 中填写名称与更改存储路径。点击 OK 就可在 Matlab 中出现 Deployment Tool。添加主界面的 m 文件于 Main function 中,将其余的图片或子界面的程序添加到 other files 中。添加完成后点击编译,若编译无误,在原路径下会产生相应的 exe 文件,点击可直接运行。若要实现在没有安装 Matlab 的计算机中运行,则需要将 MCRinstaller 安装到该计算机上,此时只需将 MCRinstaller 与 * * *.Prj 或者自己想要打包的文件添加到文件中,点击 package project。生成完成后,会出现 * * *_pck.exe,双击它,它就会首先提示你安装 MCRinstaller,安装成功后,它解压为你打包前的文件,点击 * * *.exe,所生成的软件就可以独立运行了。若运行生成后的 exe 程序,首先会弹出一个 DOS 界面窗口,如果不需要通过其输出数据和错误信息,可将其除去。在 MATLAB 的命令窗口输入:

```
>>cd(prefdir)
>>edit compopts.bat
```

输入完毕后,compopts 文件自动打开,在文件最后需要添加链接参数的设置命令,命令如下:

```
Set LINKFLAGS=% LINKFLAGS% - subsystem
windows
```

添加完成后,保存并关闭文件。但是这种方法仅适用于编译器为 LCC。

4 结束语

本软件借助 Matlab 的编程功能,可以对双闭环直流调速系统调节器工程设计的参数进行快速求解,运用 GUIDE 直观显示及界面辅助用户查询的功能,使得界面形象、操作简单,可以脱离 Matlab 环境,独立运行。用户只需在提示框中,输入实际系统的已知参数,就可以得到调节器的参数及电流环、速度环的仿真结果,便于分析,实现人机交互式图形用户界面及其参数的可控性。

参考文献:

- [1] 李显宏. Matlab7. x 界面设计与编译技巧[M]. 北京:电子工业出版社,2006.
- [2] 李国勇. 计算机仿真技术与 CAD-基于 Matlab 的控制系统[M]. 第 2 版. 北京:电子工业出版社,2008.
- [3] 陈伯时. 电力拖动自动控制系统[M]. 第 3 版. 北京:机械工业出版社,2003.
- [4] 罗华飞. Matlab GUI 设计学习手记[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2009.
- [5] 蔡晓津,李 晗. 基于 Matlab 的信号分析与处理仿真软件设计[J]. 温州大学学报,2009,30(2):38-43.
- [6] 尚 丽,淮文军. 基于 Matlab/Simulink 和 GUI 的运动控制系统虚拟实验平台设计[J]. 实验室研究与探索,2010,29(6):66-71.
- [7] 秦 辉,席裕庚. 基于 Matlab GUI 的预测控制仿真平台设计[J]. 系统仿真学报,2006,18(10):2778-2781.
- [8] 邱金惠,王裔辉,李振全,等. 基于 Matlab/GUI 的新型界面开发方式[J]. 河北工业科技,2008,25(4):233-235.
- [9] 宗节保,段柳云,王 莹,等. 基于 MATLAB GUI 软件制作方法的研究与实现[J]. 电子设计工程,2010,18(7):54-56.
- [10] 韩庆庆,肖乾虎,袁 琦,等. 基于 GUI 功能设计的电机仿真试验系统[J]. 水电能源科学,2011,29(1):129-131.
- [11] 王秀平,赵君有,闫双双,等. MATLAB-GUI 在笼型异步电动机仿真中的应用[J]. 技术应用,2011,25(2):125-126.
- [12] Gupta R, Bera J N, Mitra M. Development of an embedded system and MATLAB-based GUI for online acquisition and analysis of ECG signal[J]. Measurement, 2010, 43(9):1119-1126.
- [13] Savas K, Zafer A. A MATLAB/GUI Based Fault Simulation Tool for Power System Education[J]. National Teaching Seminar on Cryptography and Information Security, 2009, 14(3):207-217.
- [14] Gozel T, Eminoglu U, Hocaoglu M H. A tool for voltage stability and optimization (VS&OP) in radial distribution systems using matlab graphical user interface (GUI)[J]. Simulation Modelling Practice and Theory, 2008, 16(5):505-518.