

文章编号: 1005-0523(2000) 04-0059-04

基于 Matlab Simulink 的仿真方法研究

杨高波, 简清华

(华东交通大学 电气信息工程学院, 江西 南昌 330013)

摘要: 介绍了运用 Matlab Simulink 进行仿真的方法, 并结合一个异步电动机的实例, 对一些热点问题如何提高仿真速度、仿真结果分析等进行了深入的阐述, 同时对 Simulink 与 GUI 的接口也作了介绍¹⁹。

关键词: Matlab; simulink; 异步电动机

中图分类号: TP391.9 **文献标识码:** A

Matlab 是 Mathworks 公司推出的当今国际上最为流行的软件之一¹⁹。由于它提供了功能强大的矩阵运算、数据处理能力, 人们首先称之为演算纸式语言¹⁹。Matlab 提供了众多的工具箱, Simulink 是 Matlab 的主要工具箱之一, 其主要的功能是预先对动态系统进行仿真和分析, 从而在形成实际系统之前, 能进行适时的修正, 以减少系统反复修改的时间, 实现高效开发系统的目的¹⁹。

1 Matlab Simulink 仿真简介

Simulink 可以仿真线性或非线性系统, 并能够建构连续时间或离散时间或是二者混合的系统, 甚至支持多采样频率 (multirate) 系统, 也就是不同的系统以不同的采样频率进行组合, 可以仿真较大较复杂的系统¹⁹。

Simulink 提供了丰富的模型库供构建完整的系统使用¹⁹。它具有模块化、可重载、可封装、面向结构图编程及其可视化等特点, 可以大大提高仿真的效率和可靠性¹⁹。更为可贵的是它的开放性, 用户可以根据自己的需要开发自己的模型, 并通过封装后添加到模型库中, 以后就象调用 simulink 自身提供的模型库一样只需简单调用就可以了¹⁹。

运用 Matlab Simulink 进行动态系统仿真步骤如图 1 所示, 仿真首先应依据待仿真对象相关理论知识建立其数学模型, (一般首先在纸上进行, 然后在计算机上进行)¹⁹。根据仿真结果显示来判断模型的正确与否和仿真方法恰当与否¹⁹。一般来讲, 建立的数学模型不一定第一次就正确, 尤其是将数学模型用闭环系统在计算机

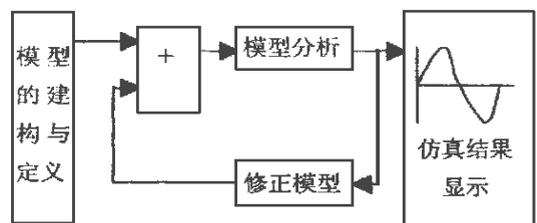


图 1 Matlab Simulink 仿真步骤

收稿日期: 2000-06-28; 修订日期: 2000-09-06

作者简介: 杨高波 (1974-), 男, 湖南岳阳人, 华东交通大学在读硕士研究生¹⁹。

上表示不一定正确,故需要一个模型分析和模型修正的过程¹⁹.

2 仿真的方法及实例

随着电力电子变流技术和交流电机理论的发展,出现了许多新型交流装置和交流电机调速控制方法¹⁹. Matlab Simulink 是一种有效的仿真工具, 用来分析研究交流电机及其调速系统¹⁹. 这里以一个异步电动机的仿真模型为例¹⁹.

2.1 建模及用 Simulink 模块表示模型

采用计算机仿真方法研究控制系统时, 最关键的问题是建立控制对象的仿真模型¹⁹. 本文不具体讨论建模的方法, 这里参考一个现存的静止两相坐标系下的鼠笼异步电动机模型^[3]¹⁹. 模型建立后, 所需的工作就是将数学模型(数学方程式或方程组, 可含积分、微分等环节) 用 Simulink 正确而简洁地表示¹⁹. 一般要先采用线性变换的方法如矩阵消元法等对方程或方程组进行化简, 再将化简后的方程用闭环系统表示出来¹⁹. 最后从 Simulink 的模型库中选用合适的模块表示闭环系统¹⁹.

随着系统规模和复杂性的增加, 模型也在不断增大¹⁹. 为了减少模型窗口中的模块的个数, 可以对功能相同的模块进行分组, 然后采用把分组分别封装为一个子系统 Subsystem 的办法使复杂问题简单化¹⁹.

经过分组和封装后与实际系统相同的模型图如图 2 所示¹⁹. 输入为电机的三相交流电压, 输出为电机的转速和三相交流电流¹⁹. 通过先对异步电动机建模, 并通过 Simulink 将仿真模型封装起来, 使用时只需调用该模型并置入相应的参数即可¹⁹. 从而为异步电机调速及控制方法的仿真研究提供了一种性能可靠、使用方便的异步电机模型¹⁹.

2.2 仿真参数设置

仿真参数设置是仿真过程中重要的一环, 它直接影响仿真所用的时间和仿真的结果¹⁹. 参数设置包括如下几个典型参数: 开始时间、结束时间、最小步长、最大积分步长、容许误差、仿真方法等¹⁹.

Start time 定义了仿真开始的时间, Stop time 定义了仿真时间¹⁹. 需注意仿真时间 = 仿真结束时间 - 仿真开始时间, 它与仿真所用时间是不同的概念¹⁹. 仿真所用时间是指运行这样一个仿真实际所需的时间¹⁹.

Minimum Step Size 是指仿真开始时所使用的步长, 一般采用系统默认值 auto 或较小的值如 $1e-6$, 不过当系统不连续时, 如果其设得过小, 将有可能在不连续处产生许多点, 超过系统的内存和可用资源的要求¹⁹. Maximum Step Size 是指仿真过程中允许的最大步长, 一般也可采用默认值 auto, 当其设得过小时, 直接影响仿真所用的时间, 当其设得过大时, 则可能使模型变得不稳定¹⁹.

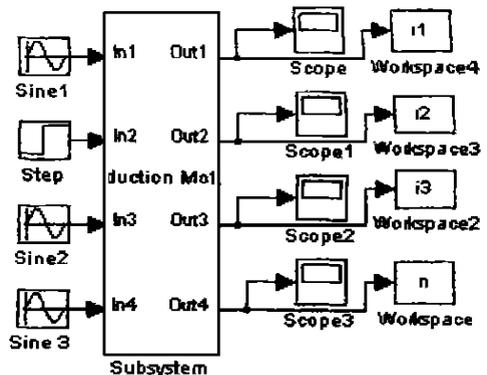


图 2 经过多层封装的异步电动机仿真模型

的精度和结束仿真的条件¹⁹。

由于仿真要涉及到一组常微分方程的数值积分, Simulink 为这些方程的仿真提供了许多积分方法¹⁹。由于动态系统特性的多样性,没有一种方法能够精确而有效地适用于各种模型的仿真¹⁹。其中 Linsim 是一种用来提取线性系统特性的方法,被仿真的系统越接近线性时,这种方法的性能就越好¹⁹。此外对刚性系统(线性系统既有快时变又有慢时变),Linsim 比其它积分方法要优越得多¹⁹。Ode45 是一种优秀的通用积分方法¹⁹。当系统中没有连续的状态时,可采用称为 Discrete 的变步长的积分方法¹⁹。

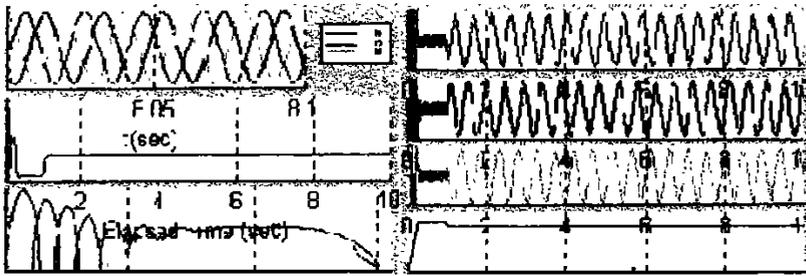


图 3 仿真结果曲线

在本例中我们采用的是默认的仿真时间,变步长的积分方法 ode45,仿真结果如图 3 所示¹⁹。右为输出的电机转速和三相电流,左为输入电压和电机机械特性¹⁹。本例仿真结果稳定、可靠,可用于各种异步电动机及其控制系统仿真中¹⁹。

2.3 仿真结果分析

Matlab 提供了示波器 Scope、XY graph、Display、To workspace 等模块供显示仿真结果,既可以用图形直接观察,也可将结果放入到 Matlab 工作区中将仿真所得数据进一步处理¹⁹。

在图 4 右侧的输出的转速直接示波器观察,而三相电流由于其频率为 50Hz,在 10s 的仿真时间里,有 500 个周期,如果直接用示波器观察,其波形非常密集,看不到其按正弦规律变化¹⁹。为此可采用按 20 点取一点的方法得到数据¹⁹。按 20 取 1 的方法是: $h = \text{size}(i1)$; $g = h(:, 1)$; $k = 1:20$; g ; 所得波表如图示¹⁹。左侧为其特性、比较曲线¹⁹。

对于常见的仿真所用时间过长问题,可能有以下几种原因:仿真步长和容许误差过小,直接影响仿真所用时间;当模型中含有 Matlab Fcn 模块时,仿真每进行一步就要 Matlab 解释程序,会大大降低仿真速度,因此最好使用固有的 Fcn 模块;当由两个或两个以上的对它们各自输入直接进行前馈的模块组成反馈环时,就出现代数环¹⁹。当出现代数环,仿真每步都要完成迭代,这样严重降低仿真速度¹⁹。这时最好通过添加具有积分延迟的 Memory 模块切断代数环^[1]¹⁹。

如果仿真结果与预期不一致可能有多种原因¹⁹。首先看仿真参数是否恰当¹⁹。在本例仿真过程中最初转速波形 0~1 s 范围内不可见,我们通过改变仿真参数设置输出选项里,将优化输出系数 refine output 由 2 改为 3 得到了完整的转速波形¹⁹。影响仿真的因素很多,如前所述,一般的原则是:尝试多种积分方法,先将步长和容许误差定得稍大些,当结果基本满意时,才将步长和容许误差修正为合适的值,得到精确的仿真结果¹⁹。如果通过修改仿真参数仍不能得到令人满意的仿真结果,则要考虑仿真模型是否正确,可修改模型后再仿真直至结果令人满意为止¹⁹。

3 Simulink 与 GUI 的接口

为了方便电机参数的输入,我们设计了一个图形用户界面¹⁹。实现参数的一次性输入,可以避免打开子系统中各个模块的对话框,然后逐个输入参数¹⁹。有三种方法可以实现一次输入所有参数:其一通过 Simulink 的 Mask 封装功能¹⁹;其二是设计简单的 GUI¹⁹;第三种方法是利用第三方的可视化编程工具如 Visual C++、BCB 等设计界面,实现其与 Matlab 及 Simulink 的交互¹⁹。第三种方法较为复杂¹⁹。这里采用的是第二种方法¹⁹。Matlab 为实现 GUI,共定义了十个图形对象,通过改变其属性可以比较容易地实现 GUI¹⁹。关键是 GUI 与 Simulink 的参数传递问题¹⁹。GUI 与 Simulink 之间的参数传递以 Matlab 的工作区 workspace 为中介,将 GUI 的 Edit 对象的 Text 属性值赋给自定义的 Matlab 变量,再通过 Matlab 变量将其值传送到 Simulink¹⁹。同样 Simulink 仿真的结果将放入 Matlab 变量或数据文件(.mat)中,GUI 直接使用 matlab 变量或文件,也可先对其进行所需要的变换再使用¹⁹。

总之,Matlab Simulink 是一个非常优秀的交互式建模、仿真与动态系统分析工具¹⁹。运行它可以比较轻松地实现控制系统设计、DSP 设计及通信系统设计等应用动态系统的仿真¹⁹。

[参 考 文 献]

- [1] 施 阳等. Matlab 精要及动态仿真工具 Simulink [M]. 西安:西北工业大学出版社,1998.
- [2] 周 明等. Matlab 图形技术绘图及图形用户接口[M]. 西安:西北工业大学出版社,1998.

Research on Simulation Method Based on MATLAB Simulink

YANG Gao-bo, JIAN Qing-hua

(School of Electrical and Information, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: A simulation method based on Matlab Simulink is introduced and some hotspots such as how to improve simulation speed and the analysis of simulation results are expounded and illustrated by a example of asynchronous motor. The interface of simulink and GUI is also discussed.

Key words: Matlab; simulink; asynchronous motor