

一种动态矩阵控制仿真软件的设计与研究

管 峰

北京民艺非物质文化遗产研究院 中国地质大学（北京），北京，100075

摘 要 动态矩阵控制(Dynamic Matrix Control, DMC)算法是一种基于对象阶跃响应的预测控制算法，它适用于渐进稳定的线性对象。利用叠加原理通过滚动优化确定控制量，并利用被控对象的实时测量信息进行误差校正。本文主要将 DMC 算法和 GUI 界面相结合，开发出动态矩阵预测控制软件，实现 DMC 算法的控制仿真。仿真结果证明，对于单输入输出的对象，基于对象阶跃响应模型的动态矩阵预测控制具有很好的控制效果。DMC 仿真软件可以选择不同的控制参数和被控对象，显示控制仿真曲线，充分展示了 DMC 算法的功能和特点。结果表明：该仿真系统比较稳定，封装性好，鲁棒性好，收敛快，以期对控制领域的工程实例应用有所借鉴意义。

关键词 预测控制；动态矩阵控制；GUI；MATLAB；仿真

Design and Research of a Dynamic Matrix Control Simulation Software

Guan Feng

Beijing Folk Art Intangible Cultural Heritage Research Institute

China University of Geosciences (Beijing), Beijing, 100075

Received: February 13, 2026

Revised: March 11, 2026

Accepted: March 13, 2026

Published: April 20, 2026

Copyright: © 2025 by the authors. Licensee Axon Academic Publishing Institute, Hong Kong, China. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract DMC(Dynamic Matrix Control) is a predictive control algorithm based on the step response, which can apply to asymptotic stable linear object. It determines control variables by rolling optimization, and carries on the error correction using the real-time measured information of controlled variables. This paper studies the DMC algorithm and its GUI interface design. The simulation shows that for the single input and output system DMC predictive control based on the step response has good control performance. The simulation software of DMC can select different control parameter and controlled object and shows control trends, so it fully reveals the function of

DMC. The results show that the simulation system is stable, well-structured interface, robust and convergent quickly, which can be used as a reference for the engineering application in the field of control.

Keywords Predictive Control; DMC; GUI; MATLAB; Simulation

1. 引言

上世纪 60 年代初形成的现代控制理论, 在计算机技术的快速发展下, 为各种控制算法的出现提供了理论基础和技术支持, 在航空航天取得不错的成绩, 但在过程控制领域的应用却受到限制^[1], 主要表现在控制效果不佳, 对被控系统收到干扰引起的响应收敛性不强, 系统的鲁棒性不强。

70 年代后期, 在美、法等国的工业过程领域内出现了一类新型计算机控制算法, 如动态矩阵控制(DMC)、模型算法控制(MAC)。这类算法以对象的阶跃或脉冲响应为模型, 采用滚动推移的方式在线对过程实现优化控制, 在复杂的工业过程中显现出良好的控制性能。1978 年, 理查勒特(Richalet)等在文献中详细的阐述了这类算法产生的动因、机理及其在工业过程中的应用效果。从此, 预测控制(Predictive Control)作为这类新型控制算法的统一名称, 便开始出现在控制领域中^[2]。

DMC 算法是一种基于对象阶跃响应的预测控制算法, 它适用于渐进稳定的线性对象。利用叠加原理通过滚动优化确定控制量, 并利用被控对象的实时测量信息进行误差校正。首先, 用 MATLAB 在单输入单输出系统中编写动态矩阵预测控制算法的程序, 验证了算法的正确性; 然后, 用 GUI 的开发环境 GUIDE 实现界面开发; 最后, 将动态矩阵控制算法和 GUI 界面相结合, 开发出动态矩阵预测控制软件。

本文采用 MATLAB 和 GUI 作为仿真工具, 编程实现动态矩阵控制算法和 GUI 界面, 实现动态矩阵控制算法的控制仿真, 动态矩阵控制仿真软件可以选择不同的控制参数和被控对象, 显示控制仿真曲线, 充分展示了动态矩阵控制算法的功能和特点。结果表明: 该仿真系统比较稳定, 封装性好, 鲁棒性好, 收敛快, 在今后的工程实例应用中将会有较好的效果。

2. 动态矩阵控制算法原理

动态矩阵控制是一种用被控对象的阶跃响应特性来描述系统动态模型的预测控制算法。它有算法简单、计算量小, 鲁棒性较强等特点, 近年来已

在冶金、石油、化工等领域的过程控制中得到成功的应用。动态矩阵控制基于系统的阶跃响应，适用于稳定的系统，系统的动态特性中具有纯滞后或非最小相位特性都不影响该算法的直接应用。因为直接以对象的阶跃响应离散系数为模型，避免了通常的传递函数或状态空间模型参数的辨识问题^[3]。DMC 算法是由预测，控制，校正三部分构成的，其算法结构如图 1 所示。

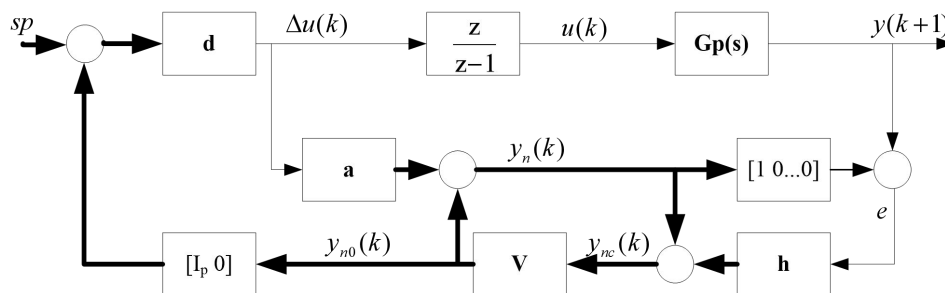


图 1 动态矩阵预测控制示意图

3. 在 MATLAB 中 GUI 简介

GUI 是一种结合计算机科学、美学、心理学、行为学，及各商业领域需求分析的人机系统工程，强调人一机一环境三者作为一个系统进行总体设计^[4]。GUI 对于本文设计的状态反馈控制系统具有一定的封装性，增强了整个系统的可控性和可用性。

MATLAB 图形用户界面开发环境 GUIDE(MATLAB's Graphical User Interface Development Environment)。MATLAB 为用户开发图形界面提供了一个方便高效的集成环境。上述所有工作都能够使用 GUIDE 方便的实现。GUIDE 主要是一个界面设计工具集，MATLAB 将所有 GUI 支持的用户控件都集成在这个环境中并提供界面外观，属性和行为响应方式的设置方法^[5]。GUIDE 将用户保存设计好的 GUI 界面保存在一个 FIG 资源文件中，同时还能够生成包含 GUI 初始化和组件界面布局控制代码的 M 文件。这个 M 文件为实现回调函数（当用户激活 GUI 某一组件时执行的函数）提供了一个参考框架^[7]。虽然使用用户自己编写的，包含 GUI 所有发布命令的 M 文件也能够实现一个 GUI，但是使用 GUIDE 执行效率更高：使用 GUIDE 不但能够交互式的进行组件界面布局，而且能够生成两个用来保存和发布 GUI 的文件^[6]。

4. 状态反馈预测控制仿真软件设计

4.1. 动态矩阵控制的参数设计

动态矩阵控制算法中要设计的参数包括:

- (1) 采样周期 T
- (2) 优化时域长度 P
- (3) 控制时域长度 M
- (4) 误差权矩阵 Q
- (5) 控制权矩阵 R
- (6) 误差校正系数 h

由于它们与控制的快速性、稳定性、鲁棒性、抗干扰性等并没有直接的解析关系可作为设计的定量依据。所以，对于一般的被控对象，DMC 算法通常用凑试结合仿真的方法，对设计参数进行整定^[7]。

4.2. GUI 人机接口界面图

在 MATLAB 图形用户界面开发环境 GUID 中，首先进行构建人机接口界面，包含参数项，图形显示区域，启停按钮区域，干扰输入按钮等，具体界面图如图 2 所示。

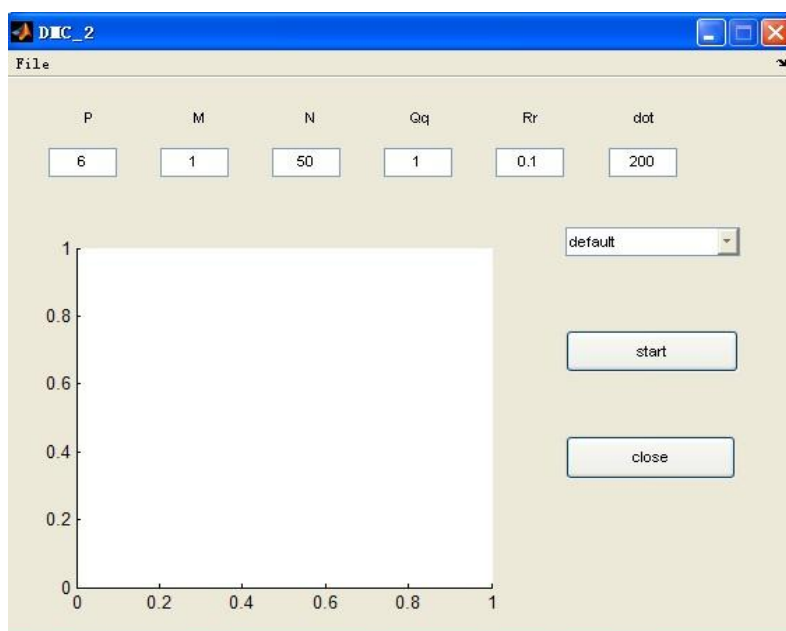


图 2. GUI 图形接口界面

4.3. SISO 系统的动态矩阵控制仿真实现

4.3.1. 一阶系统仿真及功能演示

假定一阶对象传递函数为：

$$G(s) = \frac{1}{s+1}$$

图 3 为这一对象的连续阶跃响应和离散化后阶跃响应。考虑失真误差和计算量，取离散化仿真步长 $T_h = 0.2s$ 。

$$G(z) = \frac{0.1813}{z - 0.8187}$$

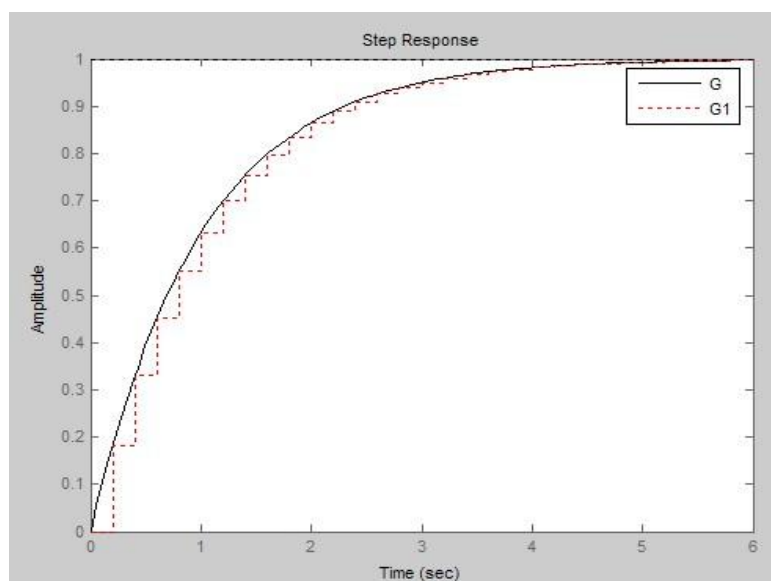


图 3 一阶系统阶跃响应曲线

由图 3 所示，我们可以看出该一阶对象渐进稳定，且为线性对象，可以采用动态矩阵预测控制算法。在仿真软件中进行仿真演示，仿真结果如图 4 所示，收敛快，系统稳定。

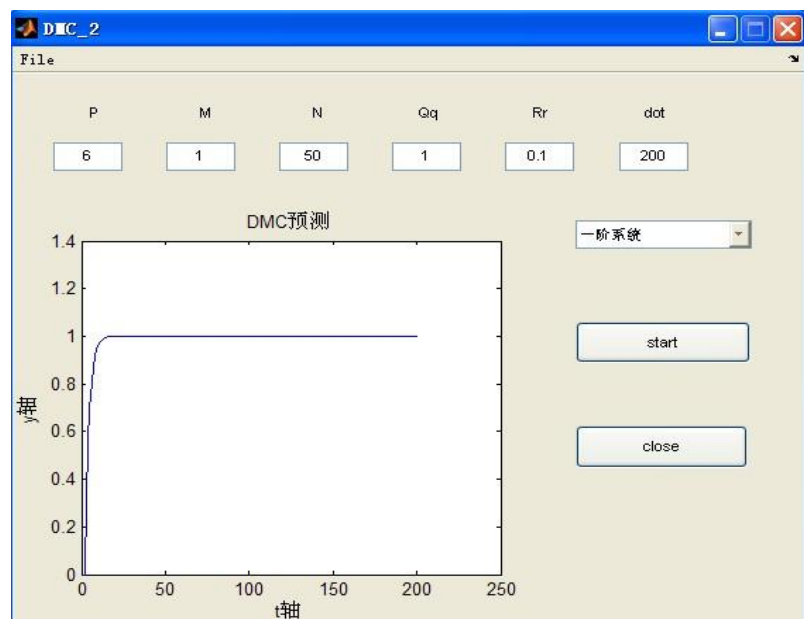


图 4 一阶系统仿真曲线

在该一阶系统中加入干扰，在软件中进行仿真演示，其仿真结果如图 5 所示。

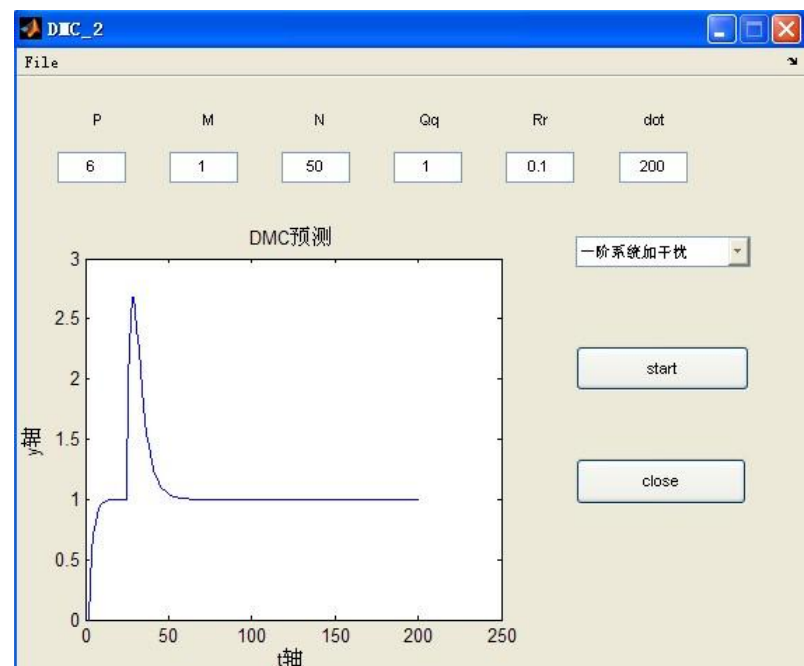


图 5 一阶系统加干扰的仿真曲线

如图 5 所示，在一阶系统里加入干扰后，通过 DMC 预测算法进行反馈调整，系统很快收敛趋于稳定状态，且系统上下波动微小，系统的抗干扰能力较强，鲁棒性较好。

4.3.2. 二阶系统仿真及功能演示

假定二阶系统的模型如下：

$$G(s)=\frac{1}{(s+1)(s+2)}$$

图 6 为这一二阶对象的连续阶跃响应曲线。考虑失真误差和计算量，取离散化仿真步长 $Th=0.2s$ 。

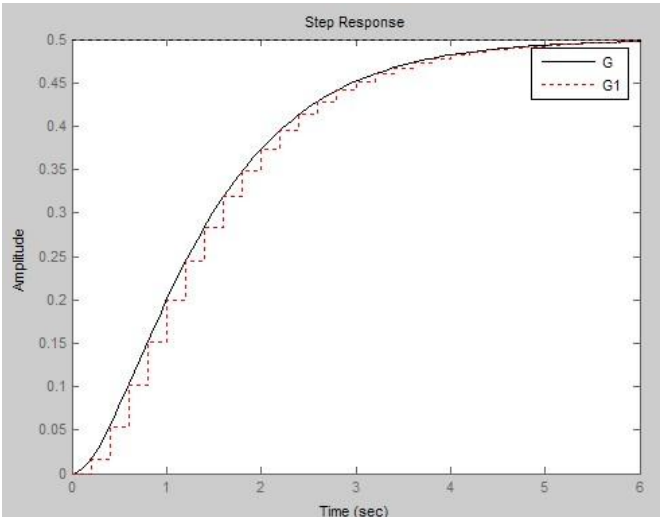


图 6 二阶系统阶跃响应曲线

由图 6 所示，我们可以看出该一阶对象渐进稳定，且为线性对象，可以采用动态矩阵预测控制算法。在仿真软件中进行仿真演示，仿真结果如图 7 所示。

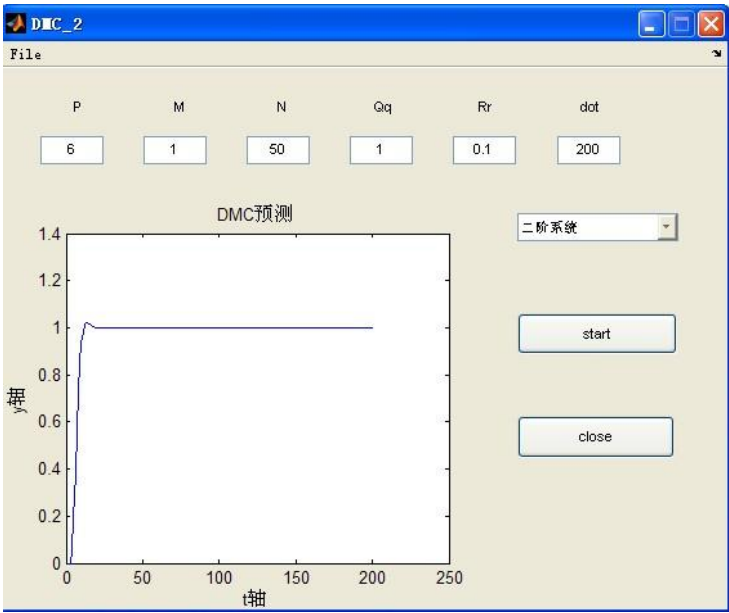


图 7 二阶系统仿真曲线

二阶系统加干扰的仿真结果如图 8 所示。

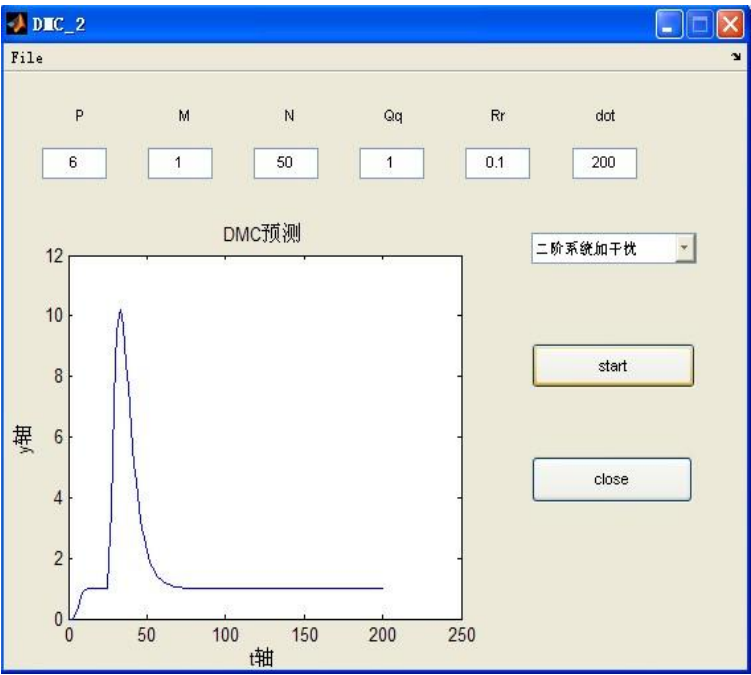


图 8 二阶系统加干扰仿真曲线

如图 8 所示，在二阶系统里加入干扰后，通过 DMC 预测算法进行反馈调整，系统同样很快收敛趋于稳定状态，且系统上下几乎没有波动，说明：系统的抗干扰能力较强，，鲁棒性较好。

4.3.3. 多阶对象仿真及功能演示

假定四阶对象传递函数为：

$$G(s)=\frac{8611.77}{[(s+0.55)^2+6^2][(s+0.25)^2+15.4^2]}$$

图 9 是这一对象的连续阶跃响应响应。考虑失真误差和计算量，取离散化仿真步长 $T_h=0.2s$ 。

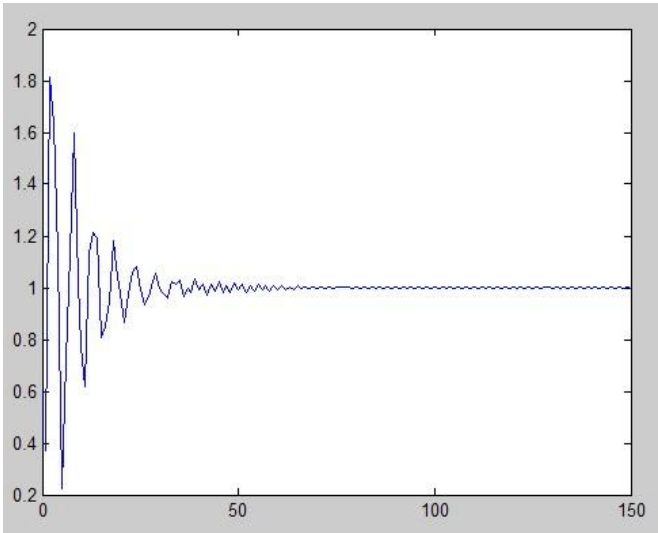


图 9 四阶系统阶跃响应曲线

由图 9 所示，我们可以看出该四阶对象渐进稳定，且为线性对象，可以采用动态矩阵预测控制算法。在仿真软件中进行仿真演示，仿真结果如图 10 所示。

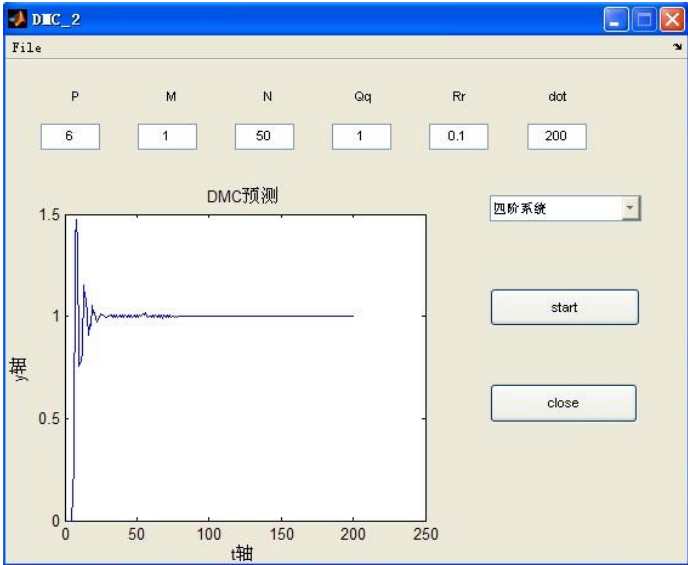


图 10 四阶系统阶跃响应曲线

四阶系统加干扰仿真结果如图 11 所示。

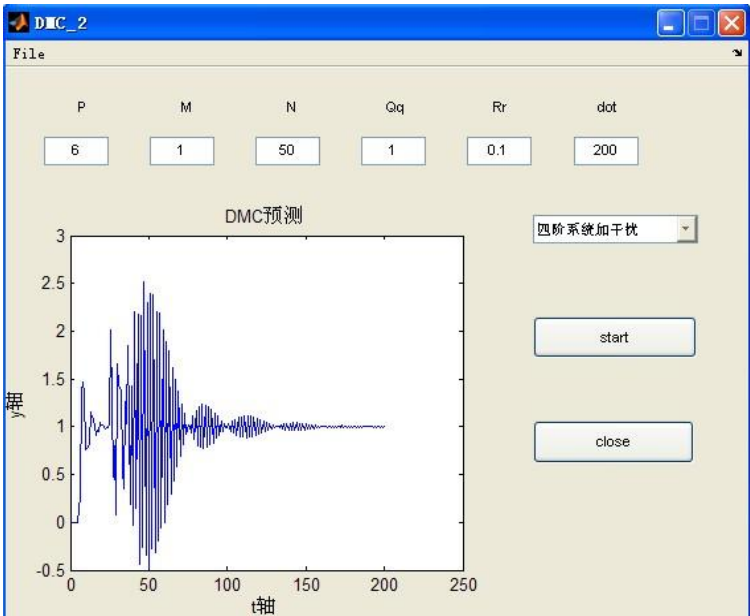


图 11 四阶系统阶加干扰跃响应曲线

如图 11 所示，在四阶系统里加入干扰后，通过 DMC 预测算法进行反馈调整，由于系统较为复杂，进行多次反复反馈调整后渐渐区域稳定，最终系统收敛。说明：该系统采用 DMC 预测算法后提升了系统的抗干扰能力，鲁棒性较好。

5. 结语与展望

综上所述,本文针对动态矩阵预测控制进行理论和仿真研究。在将算法应用于 GUI 之前,首先研究了动态矩阵预测控制算法在单输入单输出线性系统中的应用,并分别举例分析研究了动态矩阵预测控制参数的设计要求,以便于界面的开发^[8]。在仿真研究方面,首先,用 MATLAB 在单输入单输出系统中编写动态矩阵预测控制算法的程序,验证了算法的正确性;然后,用 GUI 的开发环境 GUIDE 实现界面开发;最后,将动态矩阵控制算法和 GUI 界面相结合,开发出动态矩阵预测控制软件。

本文以 MATLAB 和 GUI 作为仿真工具,编程实现动态矩阵控制算法和 GUI 界面,实现动态矩阵控制算法的控制仿真。

仿真结果证明,对于单输入输出及多输入多输出被控对象,即基于对象阶跃响应模型的动态矩阵预测控制具有很好的控制效果。采用 DMC 预测算法使得阶跃系统稳定性提升,收敛速度快,鲁棒性好。在实际仿真过程中,还是存在不足之处,比如对于较为复杂的阶跃系统,该预测算法控制效果不是特别明显,系统的收敛速度相对较慢,稳定性相对较差,在今后的研究中,我们还需要对算法进一步进行优化,以期对自动化控制领域的工程实例应用有所借鉴意义和积极作用。

参考文献

- [1] 马丽娜,苏成利.基于 T-S 模糊模型的直接自适应预测控制[J].辽宁石油化工大学学报.2012(1):14-17.
 - [2] 刘腾腾,王唯一.MIMO 系统预测控制及其 Matlab 与 VC 仿真实现[J].计算机工程与科学.2011,33(11):155-156.
 - [3] 单胜男,王书斌,罗雄麟.基于混沌粒子群优化的约束状态反馈预测控制算法[J].计算机与应用化学.2012,29(1):65-66.
 - [4] 陈皓炜,贾新春,孙小明,等.SCR 脱硝系统的强化学习复合串级控制[J].动力工程学报.2022,42(5):12-13.
 - [5] 李彦君,张兴,赵文广,等.基于拓展移相调制的双有源桥回流功率优化策略[J].太阳能学报.2022,43(3):66-78.
-

- [6] 冯鸿运,林飞,杨中平,等.应用于自动导引小车无线充电系统的导航与供电一体化线圈研究[J].电工技术学报.2024,39(14):89-90.
- [7] 刘宇鑫,高飞,刘鑫,等.深海无人航行器双向无线充电系统的涡流损耗分析与效率优化[J].电工技术学报.2024,39(18):34-36.
- [8] 黄金龙,秦小元,沈博渊,等.基于神经网络和智能优化算法的水电机组自适应 PID 控制[J].中国农村水利水电.2022,(9):56-57.
-