



哈爾濱工業大學(深圳)
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY, SHENZHEN

过程控制系统 实验报告

专业： 自动化

实验名称：

基于 MPC 的双容水箱液位预测控制实验

实验日期： 2023 年 5 月 26 日

实验与创新实践教育中心

Education Center of Experiments and Innovations

一、 实验原理

模型预测控制算法是一类以数学模型为基础的计算机控制算法，采用在线滚动优化策略和反馈自校正方法，能有效地克服被控对象的时变性、非线性、时滞性及耦合性等因素的影响，从而达到预期的控制目标。模型预测控制在实现过程中有 3 个关键步骤，分别是预测模型、滚动优化和反馈校正。

① **预测模型**：预测模型是模型预测控制的基础，其主要功能是根据对象的历史信息和未来输入，预测系统未来的输出，状态方程、传递函数都可以作为预测模型。对于线性时不变系统，阶跃响应、脉冲响应这类非参数模型，可以直接作为预测模型使用。

② **滚动优化**：模型预测控制通过某一性能指标的最优来确定控制作用，但优化不是一次离线进行，而是反复在线进行的。

③ **反馈校正**：为了防止模型失配或者环境干扰引起控制对理想状态的偏离，在新的采样时刻，首先检测对象的实际输出，并利用这一实时信息对基于模型的预测结果进行修正，然后再进行新的优化。

动态矩阵控制 DMC 算法是一种基于被控对象单位阶跃响应的模型预测控制算法。通过反馈校正和滚动优化计算当前和未来时刻的控制量，使输出响应符合预先设定的参考轨迹运行。当 DMC 在线实施时，只涉及模型参数 a_i 、控制参数 d_i 和校正参数 h_i ，除了校正参数 h_i 可由设计者自由选取，模型参数 a_i 取决于对象阶跃响应特性及采样周期的选择，控制参数 d_i 取决于模型参数 a_i 及优化性能指标，它们都是设计的结果而非直接可调参数。所以对于一般的被控对象，DMC 通常使用试凑法结合仿真，对设计参数进行整定。

二、 实验内容

(简述实验内容及操作过程)

- (1) 建立双容水箱液位控制二阶系统，用阶跃响应测试法得到以系统 TANK3 液位高度为受控对象的数学模型，具体方法参见实验一。

$$G(s) = \frac{5e^{-10s}}{300s + 1}$$

- (2) 设计用于该模型控制的模型预测控制器，并在 Simulink 环境下启用该控制器控制水箱设备。

Simulink 模型预测工具箱有 MPC 控制器，直接可以调用。

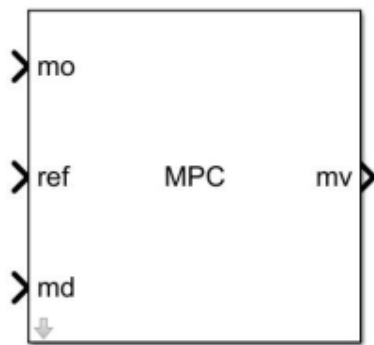


图 5-1 Matlab 工具箱 MPC 控制器

MPC 控制器说明如下：

Mo(measured output): 当前可测量的输出信号，实验中为水箱 3 的液位高度实测值；

Ref(Reference signa): 参考信号，实验中为水箱 3 的液位高度设定值；

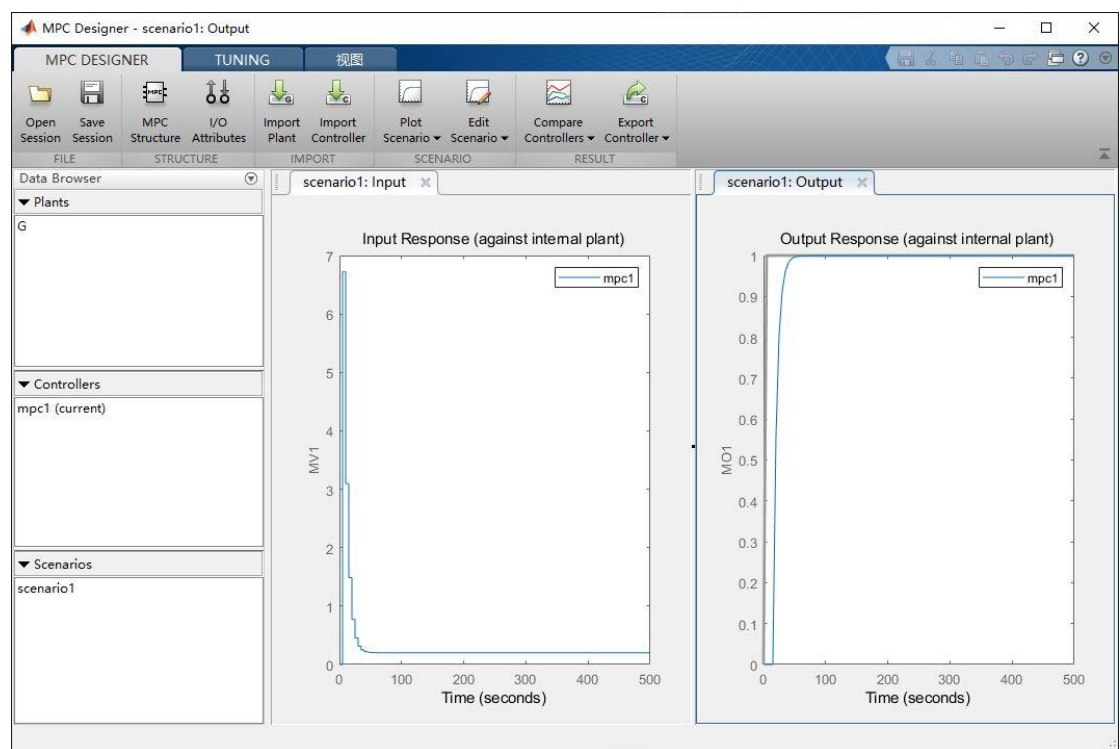
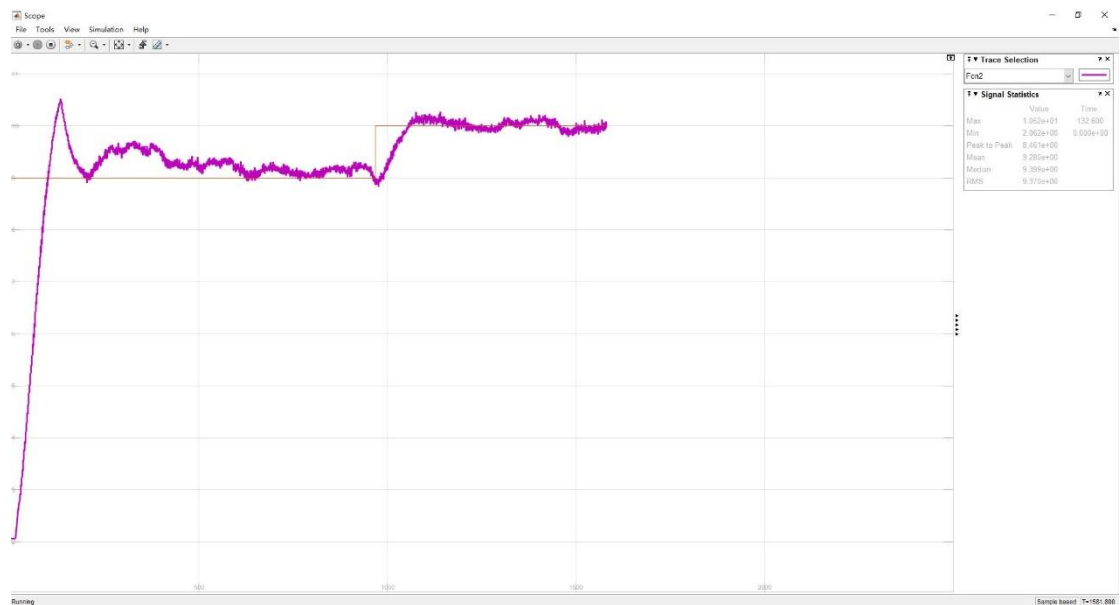
Md(optional measured disturbance signa): 可选的测量干扰信号，本次实验不施加干扰；

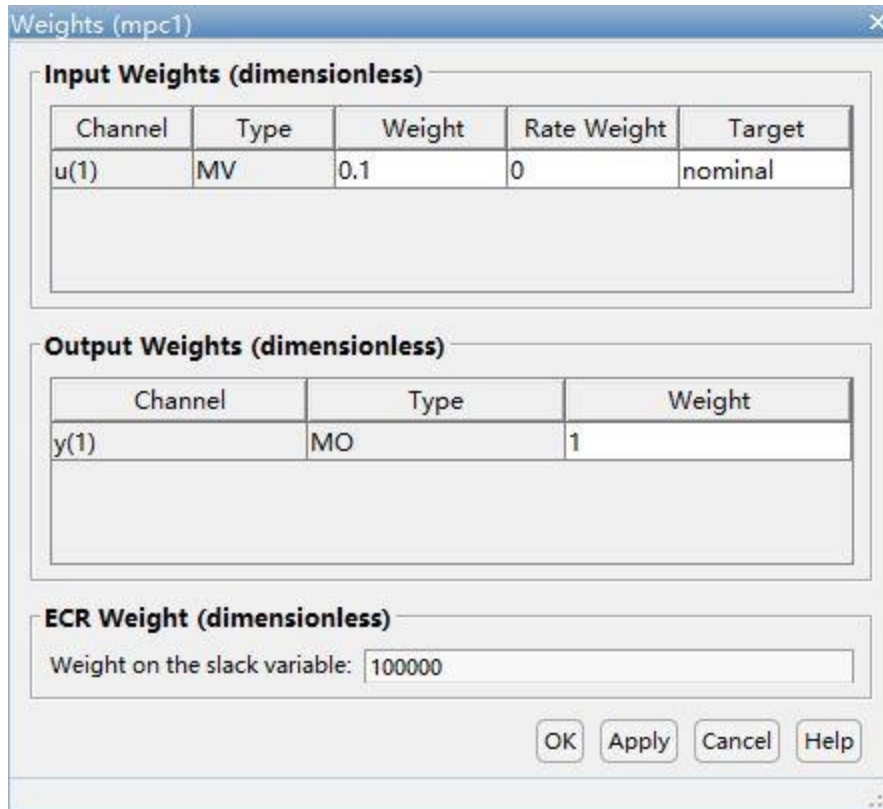
Mv (optimal manipulated variables)：最优操纵变量，实验中为控制器输出给执行机构的控制信号；

三、 实验结果及分析

(实验原始数据、实验曲线及其分析)

(1) 附实验中采集曲线，并记录此时响应曲线对应的 MPC 参数设置，分析实际中使用 MPC 控制器的控制效果受哪些因素影响？ 可查阅资料给出说明。





实际中使用，MPC 控制器容易受到受到模型失准、误差扩散和系统不稳定等影响

(2) 与 PID 控制比较，MPC 控制有什么优缺点？可查阅资料给出说明。

优点：

1. MPC 建模方便，过程的描述可以通过简单的实验获得，不需要深入了解过程的内部机理。
2. 采用非最小化描述的模型，系统鲁棒性、稳定性较好。
3. 采用滚动优化策略，而非全局一次优化，能及时弥补由于模型失配、畸变、干扰等因素引起的不确定性，动态性能较好。
4. 易将算法推广到有约束、大迟延、非最小相位、非线性等实际过程，可以控制非线性、时变系统。尤为重要的是，它能有效地处理多变量、有约束的问题。
5. PID 是基于误差进行控制，无

法做到超前控制；MPC 可以基于过去来预测未来的变化，实现超前控制，提高响应速度，降低延迟。

缺点：

MPC 需要不断地滚动优化，因而需要进行大量的计算；对非线性，时变的不确定性系统的模型预测控制的问题还没有很好的解决。