

实验六 对角阵解耦控制仿真

一、实验目的

- 1、理解解耦控制的特点，掌握耦合系统解耦的方法。
- 2、掌握利用 Simulink 工具箱对采用解耦控制对系统的 PID 参数进行整定的方法。

二、实验设备

PC 计算机一台，安装 Matlab 6.0（以上版本）。

三、实验内容

纯原料量与含水量是影响混凝土快干性和强度的两个因素。系统输入控制量为纯原料量 (U_1) 和含水量 (U_2)，系统输出量为混凝土的快干性 (Y_1) 和强度 (Y_2)，采用对角阵解耦方法对该系统进行控制仿真。系统输入、输出之间的传递函数为：

$$\begin{pmatrix} Y_1(s) \\ Y_2(s) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{11}{7s+1} & \frac{0.5}{3s+1} \\ \frac{-3}{11s+1} & \frac{0.3}{5s+1} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} U_1(s) \\ U_2(s) \end{pmatrix}$$

(1) 求系统相对增益以及系统耦合分析

由系统的传递函数矩阵得系统静态放大系数矩阵为：

$$\begin{pmatrix} k_{11} & k_{12} \\ k_{21} & k_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 11 & 0.5 \\ -3 & 0.3 \end{pmatrix}$$

即系统的第一放大系数矩阵为：

$$P = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} \\ p_{21} & p_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k_{11} & k_{12} \\ k_{21} & k_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 11 & 0.5 \\ -3 & 0.3 \end{pmatrix}$$

系统的相对增益矩阵为： $\Lambda = P \cdot (P^{-1})^T = \begin{pmatrix} 0.69 & 0.31 \\ 0.31 & 0.69 \end{pmatrix}$ 。

由相对增益矩阵可以看出，控制系统输入、输出的配对选择是正确的；通道间存在较强的相互耦合，应对系统进行解耦分析。

系统的输入、输出结构图如图 1 所示。

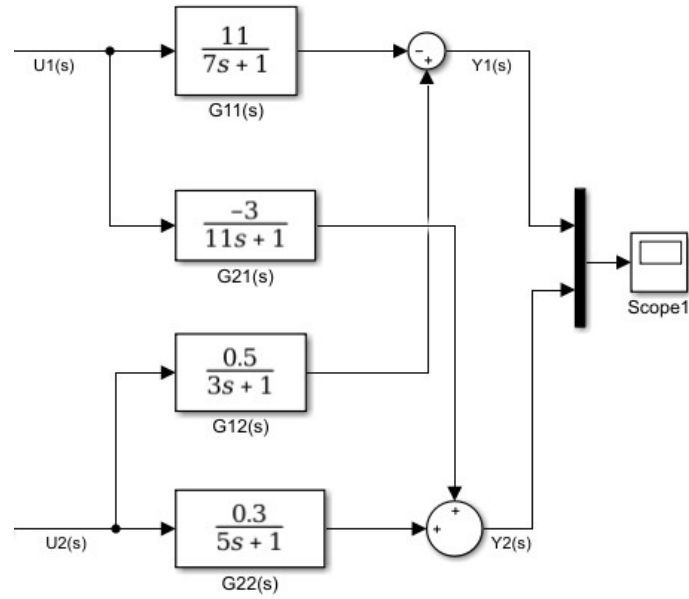


图 1 系统结构框图

(2) 采用对角阵解耦法确定解耦调节器。

根据解耦数学公式求解对角矩阵，即

$$\begin{pmatrix} G_{p11}(s) & G_{p12}(s) \\ G_{p21}(s) & G_{p22}(s) \end{pmatrix} = \frac{1}{G_{11}(s)G_{22}(s) - G_{12}(s)G_{21}(s)} \begin{pmatrix} G_{11}(s)G_{22}(s) & -G_{12}(s)G_{22}(s) \\ -G_{11}(s)G_{21}(s) & G_{11}(s)G_{22}(s) \end{pmatrix}$$

$$= \frac{1}{161.4s^2 + 64.2s + 4.8} \begin{pmatrix} 108.9s^2 + 46.2s + 3.3 & -11.55s^2 - 2.7s - 0.15 \\ 459s^2 + 264s + 33 & 108.9s^2 + 46.2s + 3.3 \end{pmatrix}$$

采用对角矩阵解耦后，系统的结构如图 2 所示。

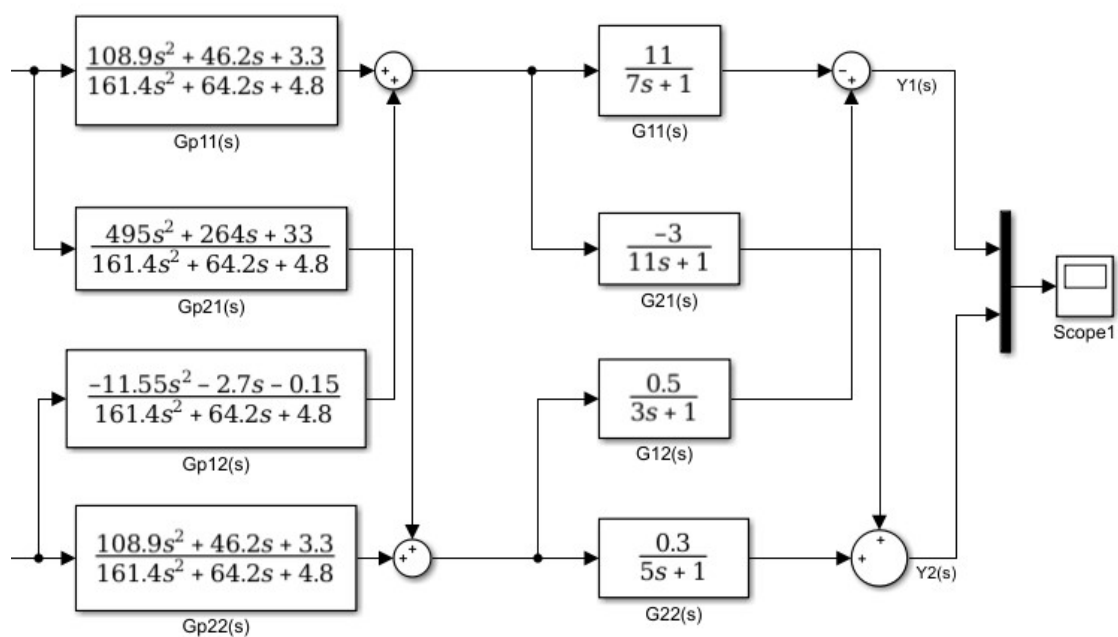
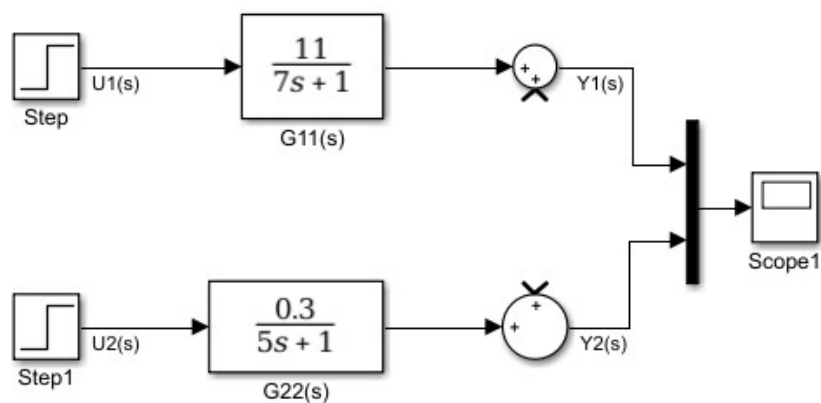


图 2 解耦后的系统结构图

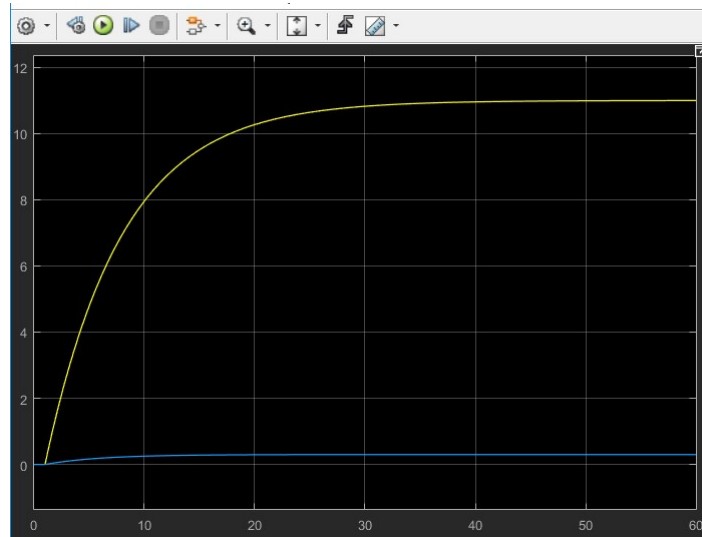
(3) 解耦前后系统的 Simulink 阶跃仿真框图及结果。

1) 不存在耦合时的仿真框图和结果

系统不存在耦合情况下的仿真框图和仿真结果曲线图如图 3 所示。



(a)

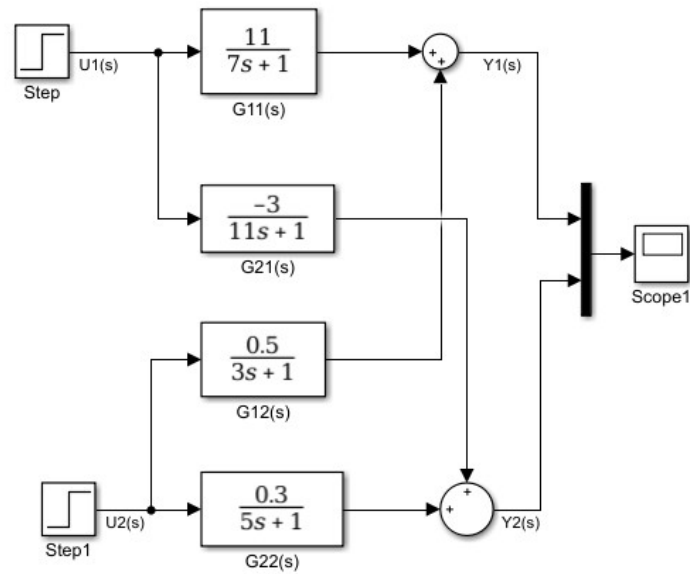


(b)

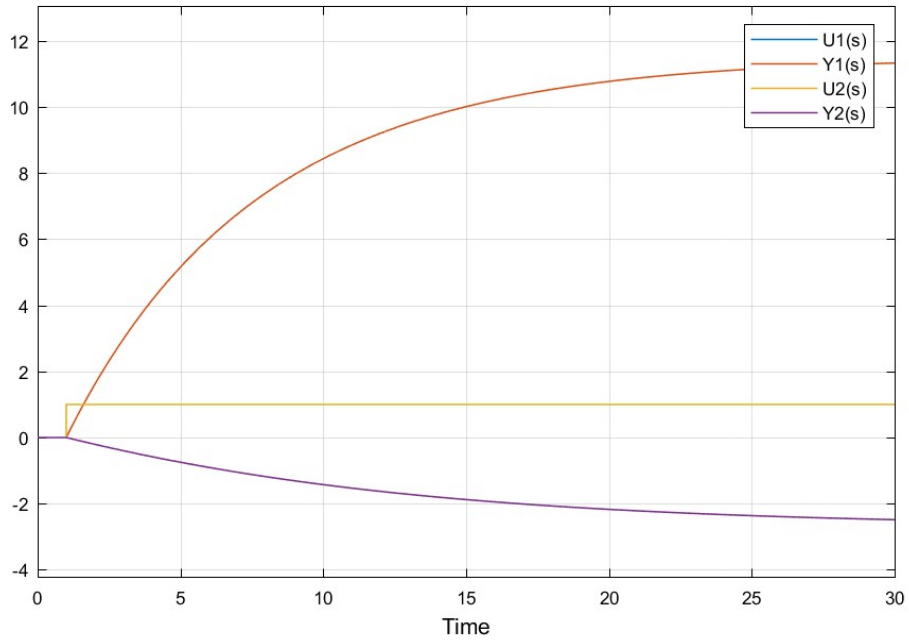
图 3 不存在耦合时的仿真框图 (a) 和仿真结果图 (b)

2) 系统耦合 Simulink 仿真框图和结果

系统存在耦合情况下的仿真框图和仿真结果曲线图如图 4 所示。



(a)

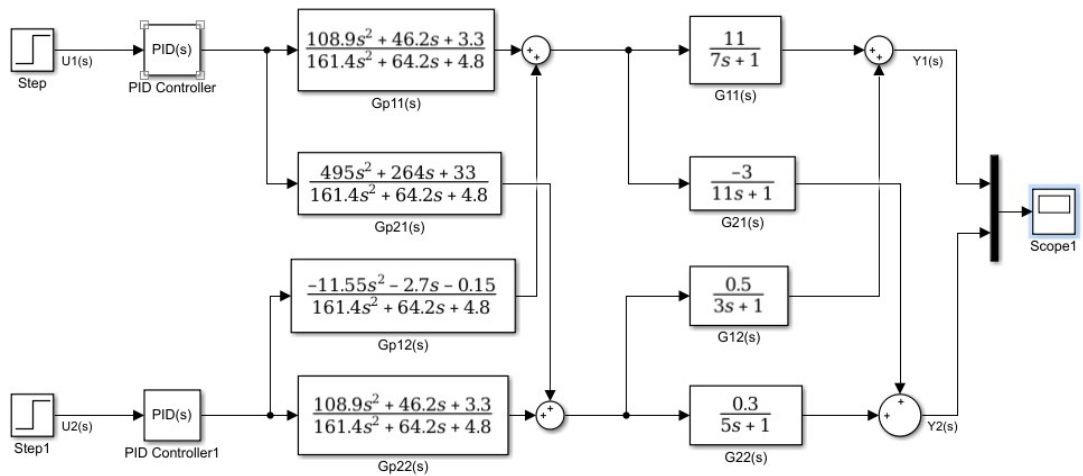


(b)

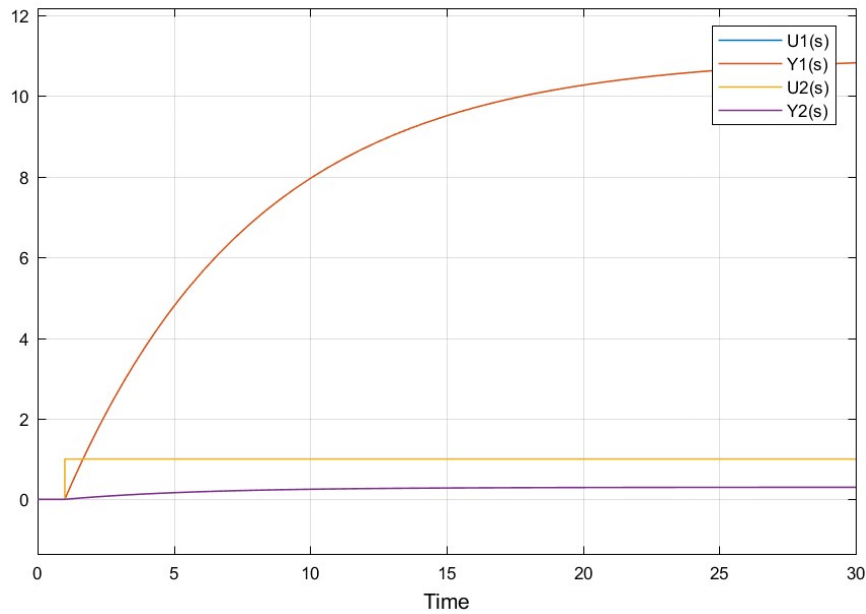
图4 系统耦合 Simulink 仿真框图 (a) 和仿真结果图 (b)

3) 对角矩阵解耦后的仿真框图和结果

应用对角矩阵解耦后的仿真框图和结果曲线图如图 5 所示，图中 PID 重 $K_p=1, K_i=0, K_d=0$ 。



(a)



(b)

图 5 对角矩阵解耦后的仿真框图 (a) 和仿真结果图 (b)

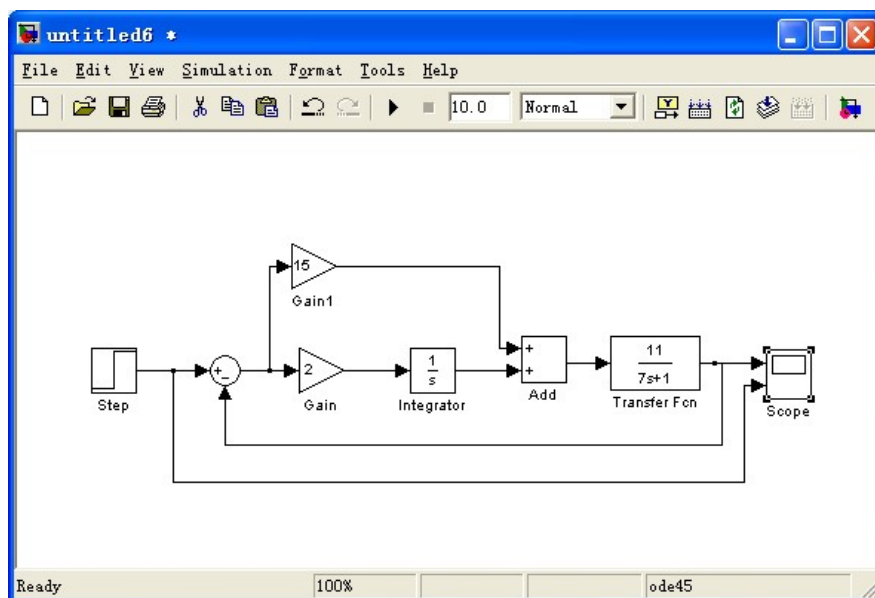
对比图 3 和图 4 可知,本系统的耦合影响主要体现在幅值变化和响应速度上,但影响不显著。其实不进行解耦通过闭环控制仍有可能获得要求品质。

对比图 3 和图 5 可知,采用前馈解耦器后系统的响应和不存在耦合结果一样,采用前馈实现了系统解耦。解耦后系统可按两个独立的系统进行分析和控制。

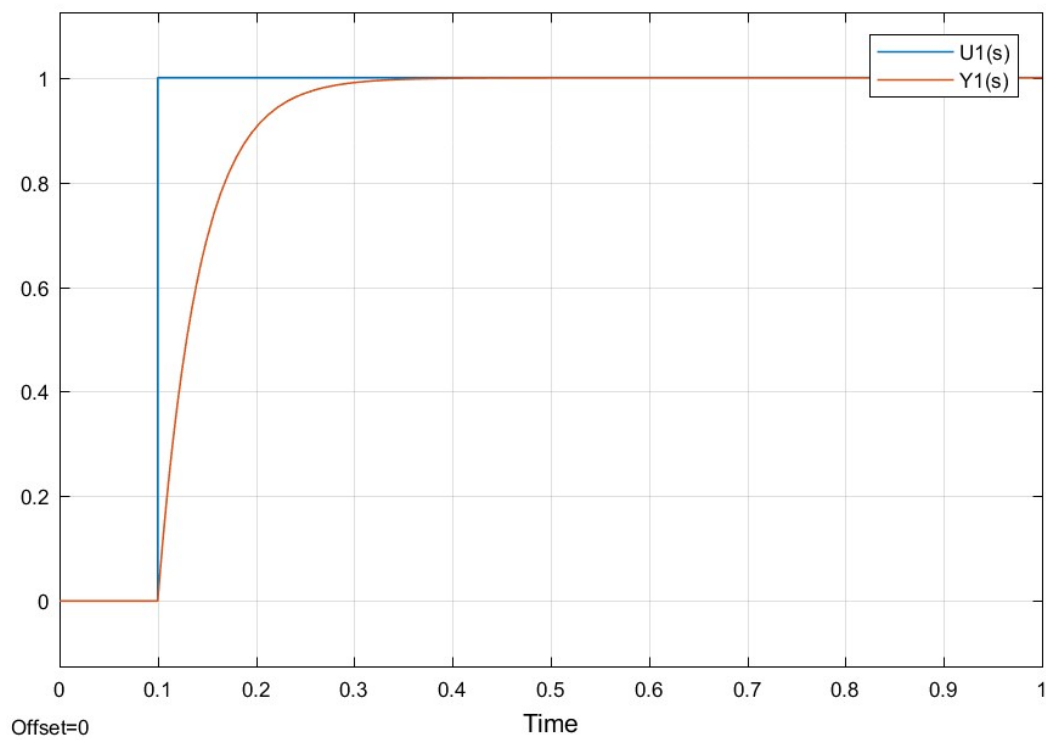
(4) 控制器形式选择与参数整定过程控制系统

通过解耦,原系统已可看成两个独立的单输入输出系统。考虑到 PI 应用的广泛性和系统无静差要求,控制器形式采用 PI 形式。

PI 参数整定通过解耦的两个单输入输出系统进行,整定采取试误法进行系数整定,当 $U1Y1$ 通道 $K_p=15$, $K_i=2$ 时系统的阶跃响应如图 6 所示。



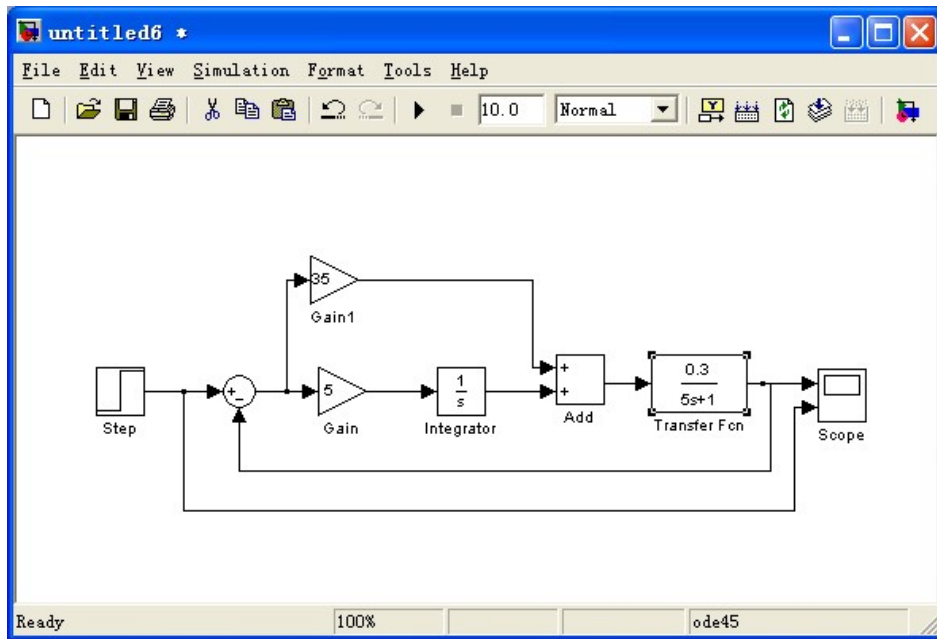
(a)



(b)

图 6 PI 控制 U1Y1 单回路系统结构图(a)和仿真结果图(b)

当 U2Y2 通道 $K_p=45$, $K_i=9$ 时系统阶跃响应如图 7 所示。



(a)

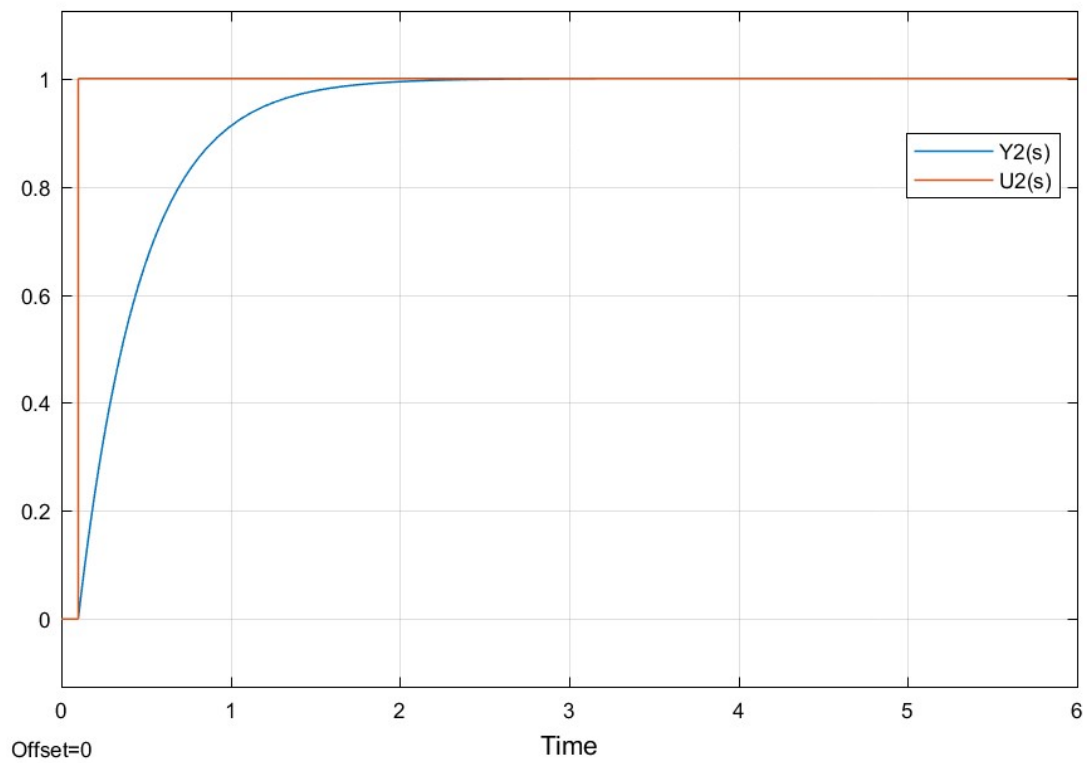


图 7 PI 控制 U2Y2 单回路系统结构图(a)和仿真结果图(b)

系统采用对角矩阵解耦，并进行 PI 控制，控制系统结构图如图 8 所示。

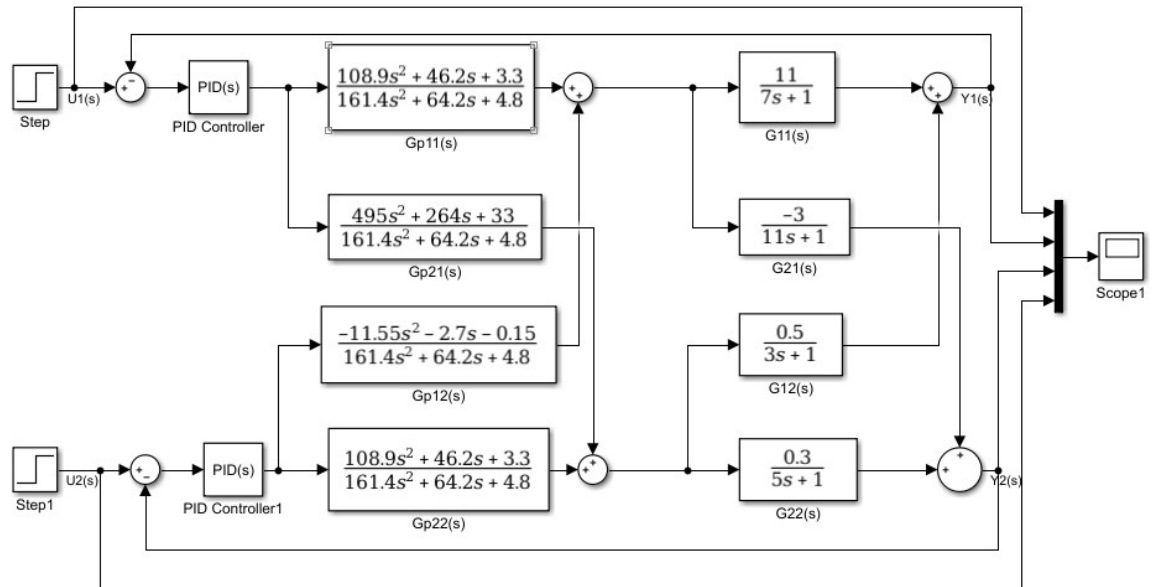


图 8 PI 控制双回路系统结构图

讨论：

对原系统的输入端施加随机扰动信号，在系统解耦和不解耦情况下，应用 simulink 仿真分析扰动信号对系统输出的影响。