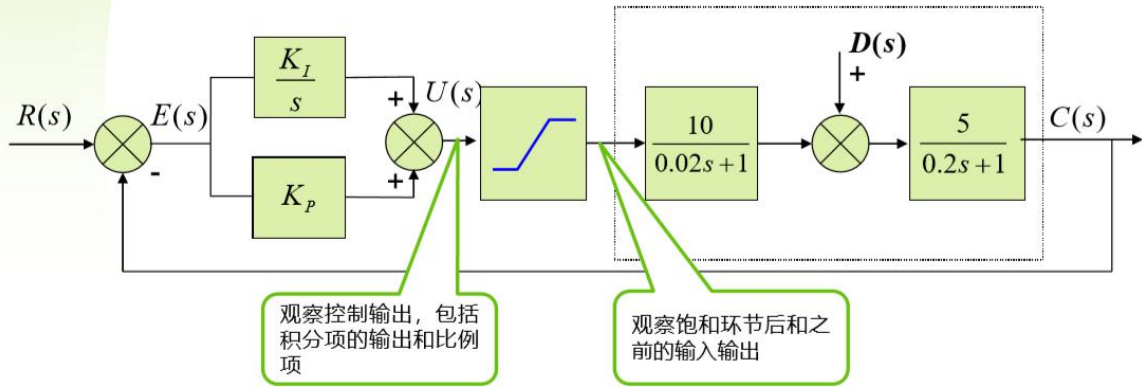


**1 仿真题：**对给定系统（饱和环节幅值上下限都为10），首先采用PI控制器，调出保证系统稳定的参数，然后给定不同幅值的阶跃信号，（1）观察控制器积分项和比例项的输出，复现本节课所讲积分饱和现象；（2）采用课上给出的两种避免积分饱和的方法之一进行抗饱和设计，验证方法的有效性（可以采用S函数的方法实现）；

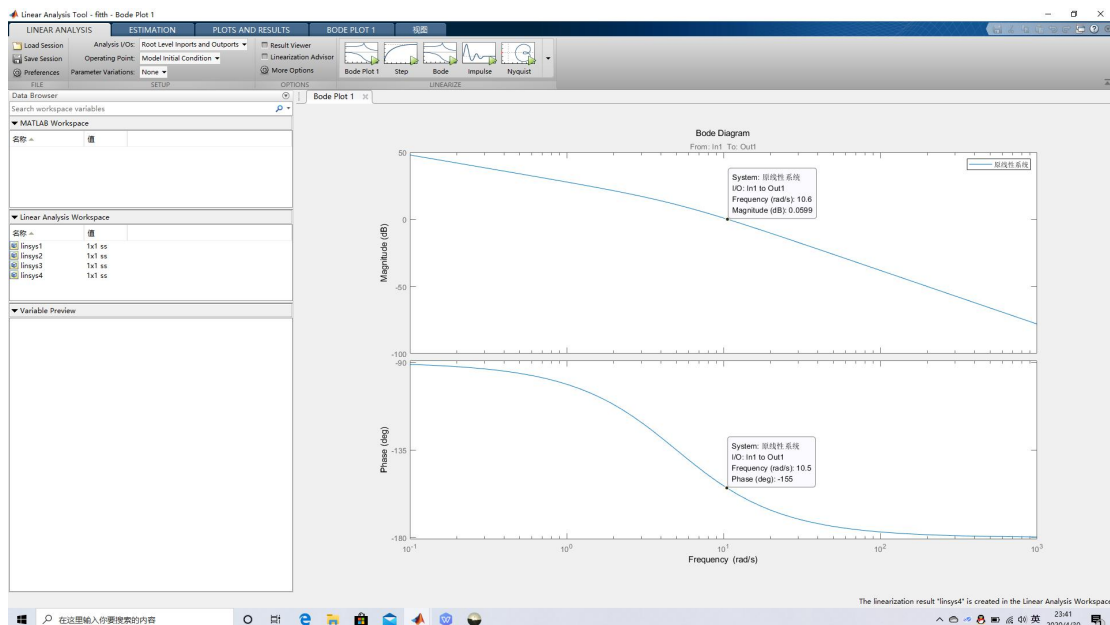


1. 确定  $K_p$ 、 $K_I$  的参数：

$$G(s) = \left( \frac{K_p s + K_I}{s} \right) \left( \frac{10}{0.02s + 1} \right) \left( \frac{5}{0.2s + 1} \right) = \frac{50K_I \left( \frac{K_p}{K_I} s + 1 \right)}{s(0.02s + 1)(0.2s + 1)}$$

故设计  $\left( \frac{K_p}{K_I} s + 1 \right) = (0.02s + 1)$ ，消去一个高频极点，然后再设计  $K_I$  的值

取  $K_I = 0.5, K_p = 0.01$

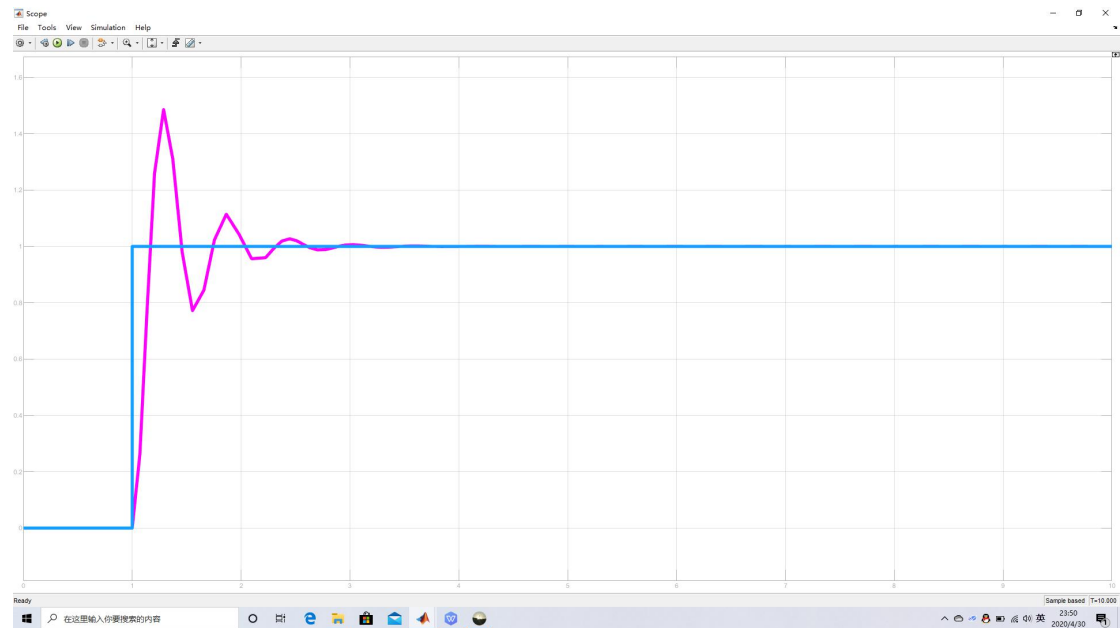


相角裕度为  $25^\circ$  剪切频率为  $10\text{rad/s}$ ;

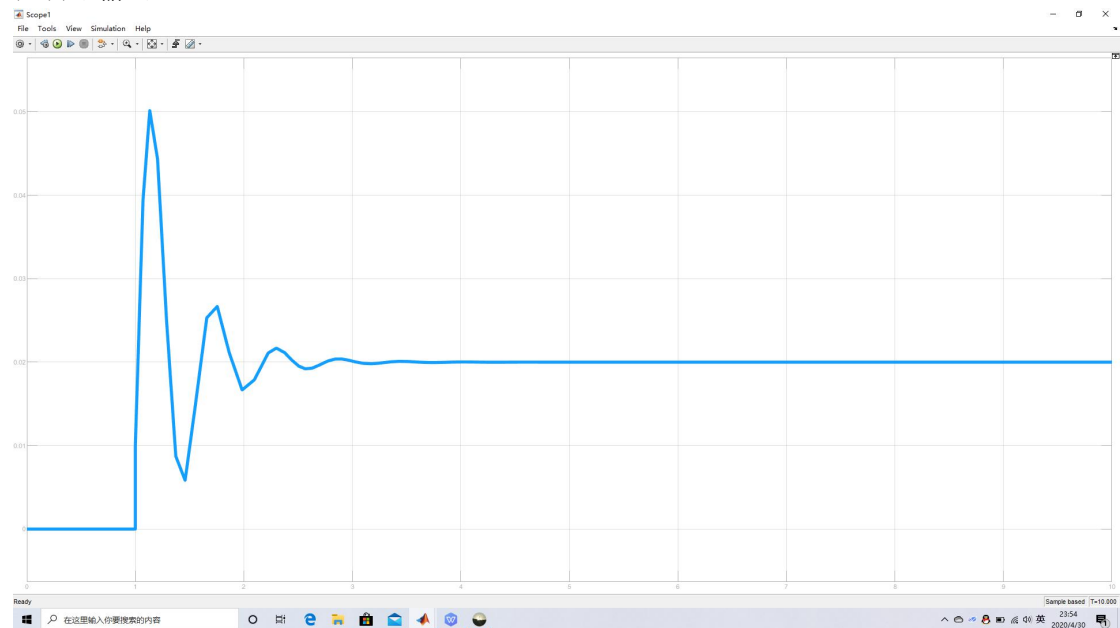
## 2. 加入饱和环节分析

阶跃幅值较小时，未达到执行器的幅值限制时的控制器输出和系统的输出：

系统输出：



控制器输出：

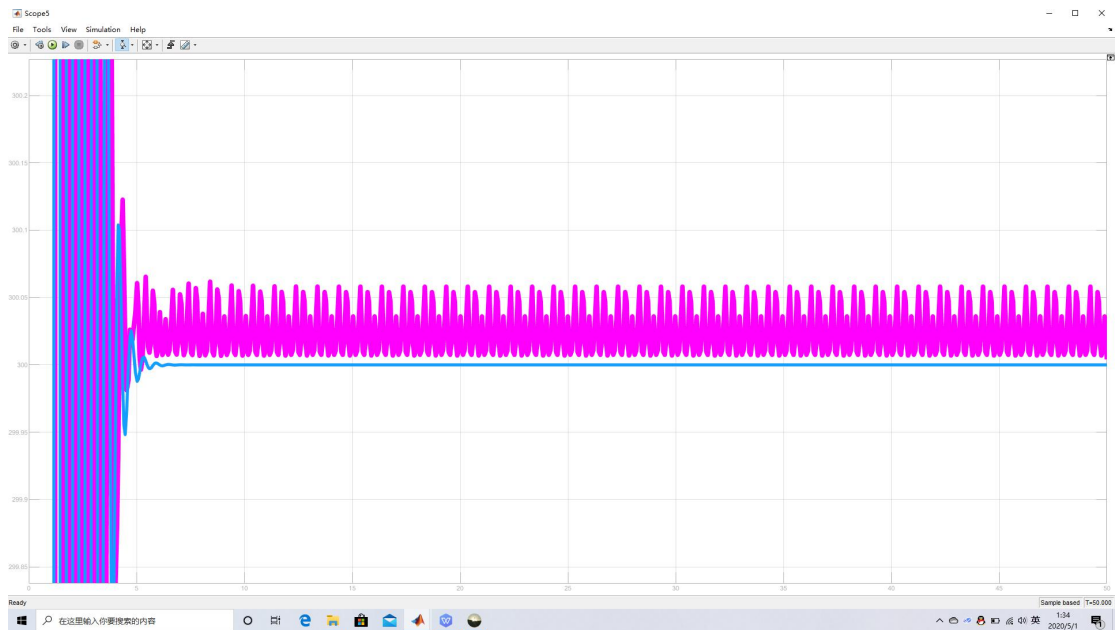


阶跃幅值取 300

再次观察

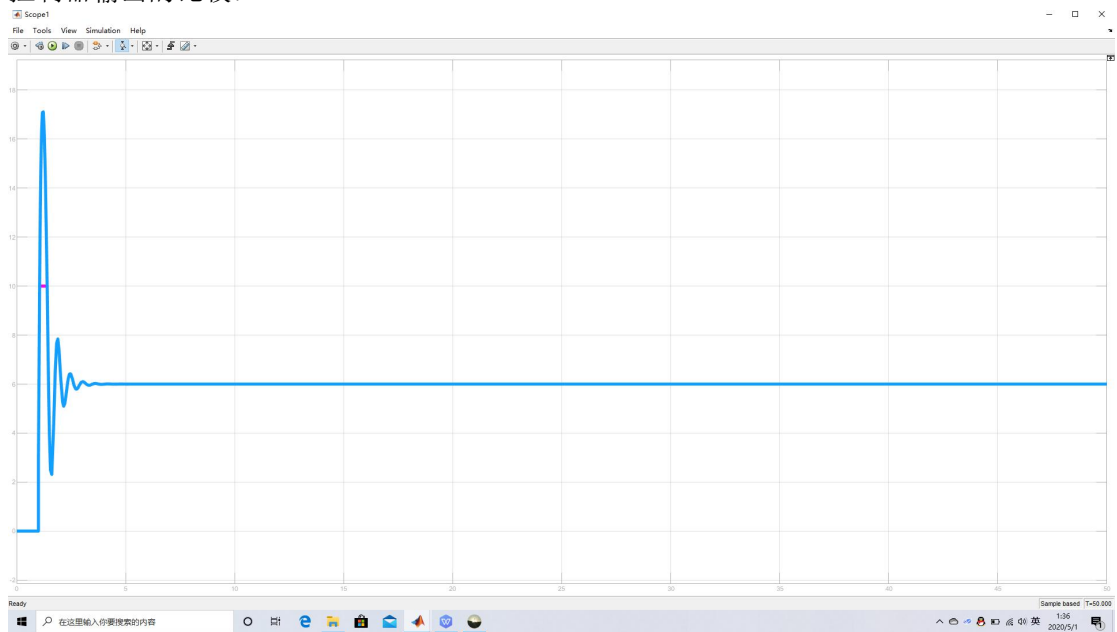
系统输出：

其中蓝线为没有饱和环节的输出；粉线为有饱和环节的输出；



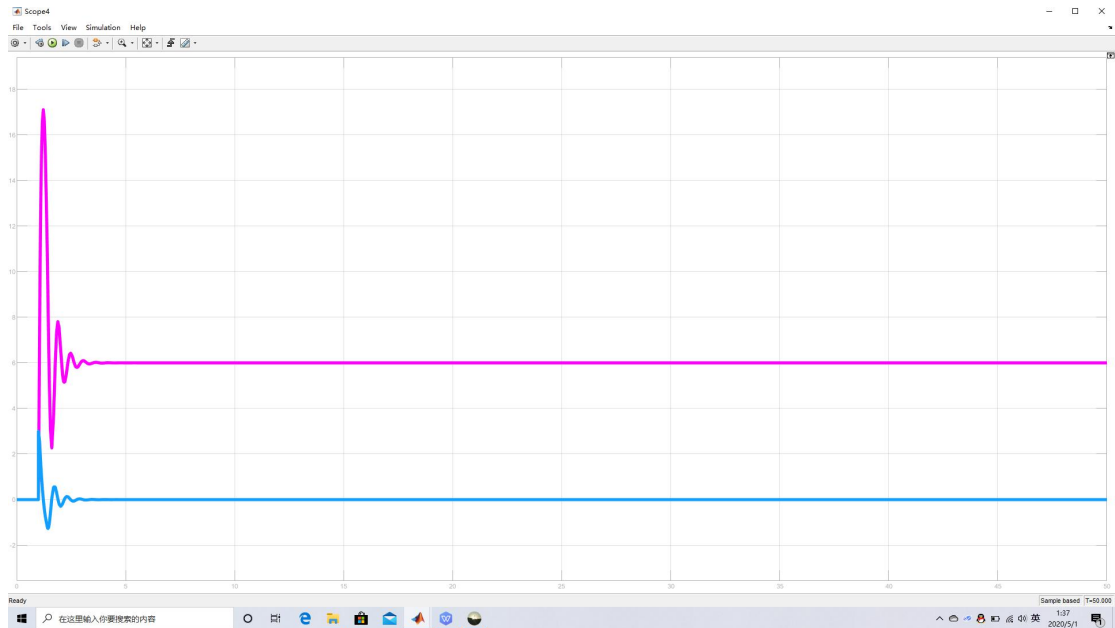
发现系统的响应性能变差；

控制器输出的比较：



比例项的输出和积分器的输出：

粉线为积分器输出，蓝线为比例项输出；



分析：

当执行器有限幅的时候，由于初始时刻与偏差  $E$  较大，经过积分器的不断累积，控制器的输出会达到很大的值，进入深度饱和状态，这样导致很大的暂态响应；另一方面，执行器始终以最大能力输出，系统相当于工作于开环状态，严重影响系统的性能，甚至使系统失稳；

### 3. 修改措施

#### 1. 减小 $K_I$ 的值。（保留意见）

分析减小  $K_I$  的值为什么可以：

第一种角度：因为  $K_I$  是积分器的系数，减小它的值，积分器累计的积分误差一定程度上自然会减小；而  $K_p$  与积分器无关，因此不能通过减小它来避免深度饱和；

第二种角度：

$$G(s) = \frac{50K_I \left( \frac{K_p}{K_I} s + 1 \right)}{s(0.02s + 1)(0.2s + 1)}$$

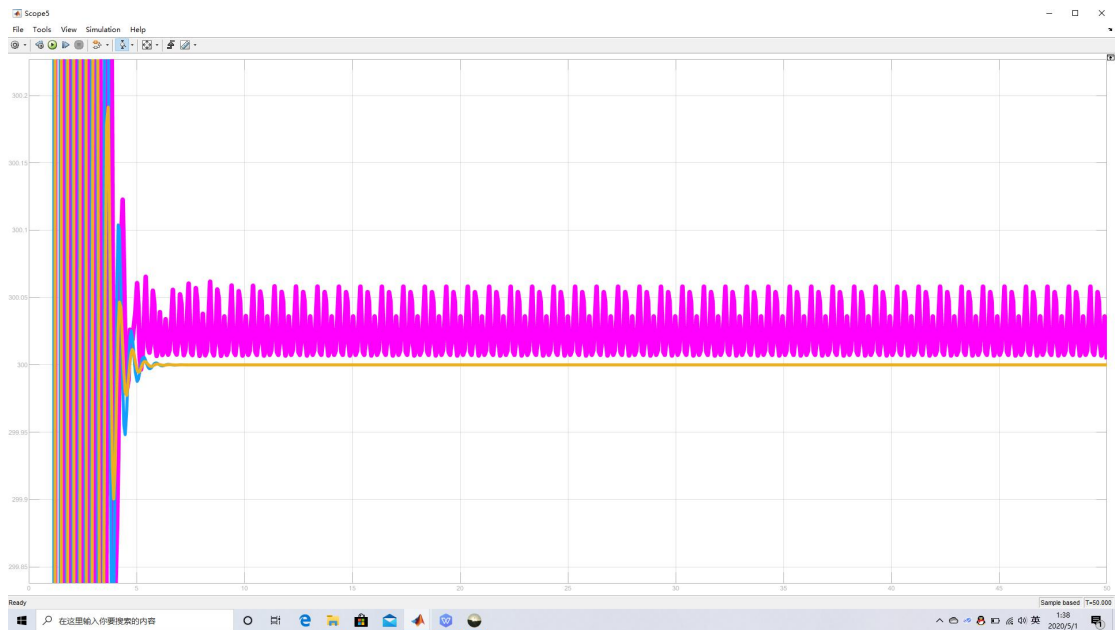
可见开环增益是与  $K_I$  有关的值，减小它会使误差的倍数减小，而  $K_p$  则与增益无直接关系；

但是从另外一个角度，减小  $K_I$  会使系统增益下降，这种方法有限制，所以采用积分分离法

#### 2. 积分分离法：

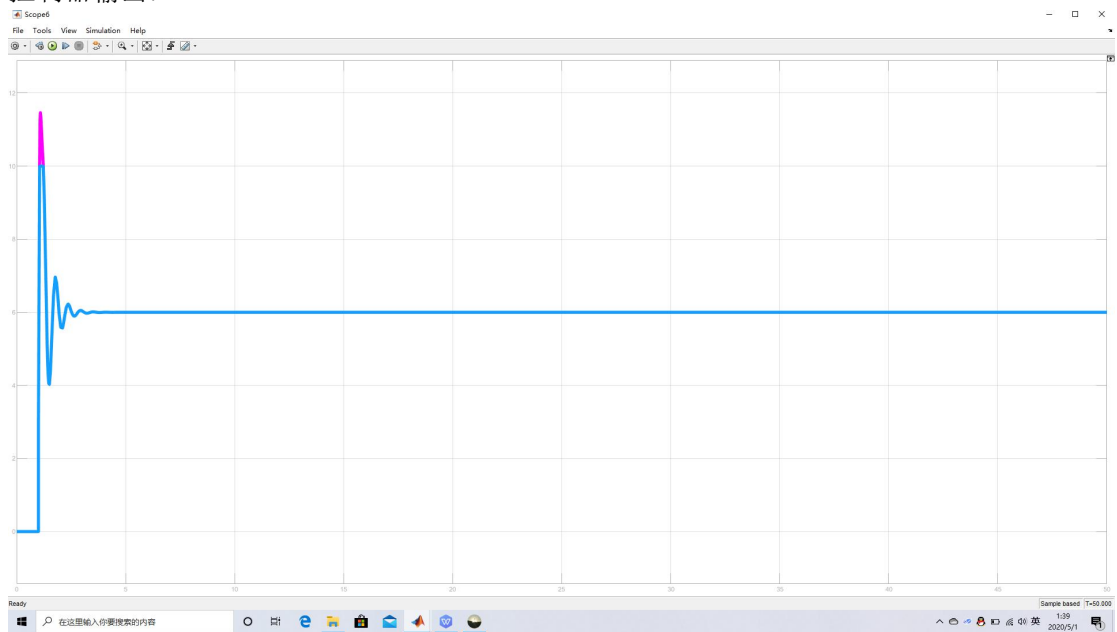
结果：

系统的输出：



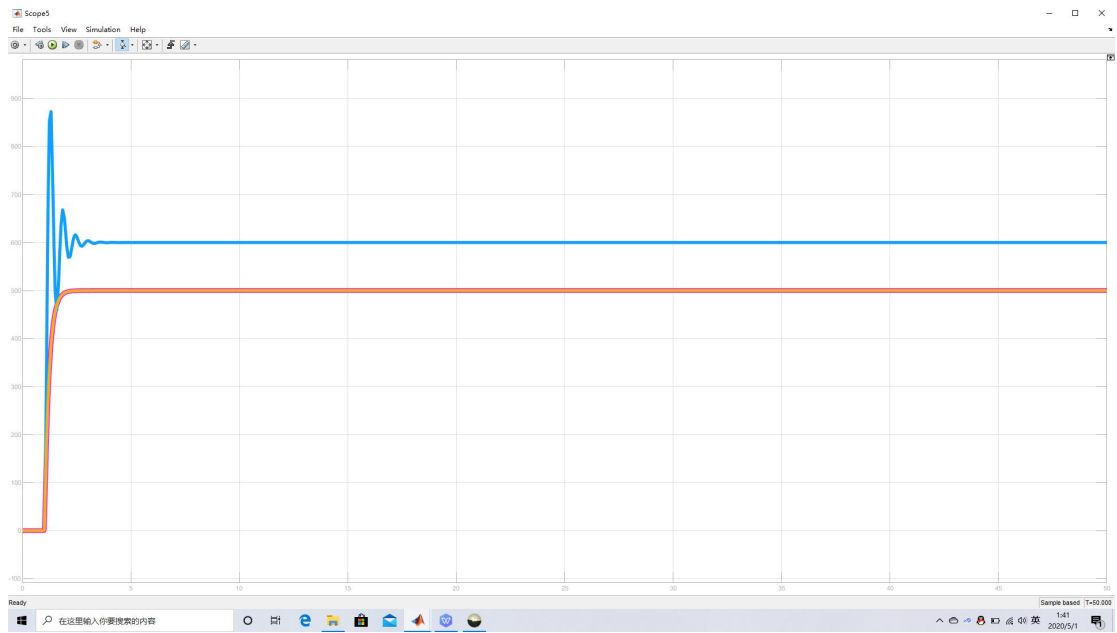
发现系统的性能变好；

控制器输出：



发现系统的饱和深度没有之前的深了，能尽快退出饱和；

但是，如果阶跃信号的幅值太大，加到 600；则会出现下面的情况：



说明即使是积分分离法，也是有限制的，不能无限改善饱和的情况，此时应该选择其他的执行器，提高其工作能力；