1.通过手工方式利用PD控制调试出一个你认为满意的俯仰姿态控制回路；

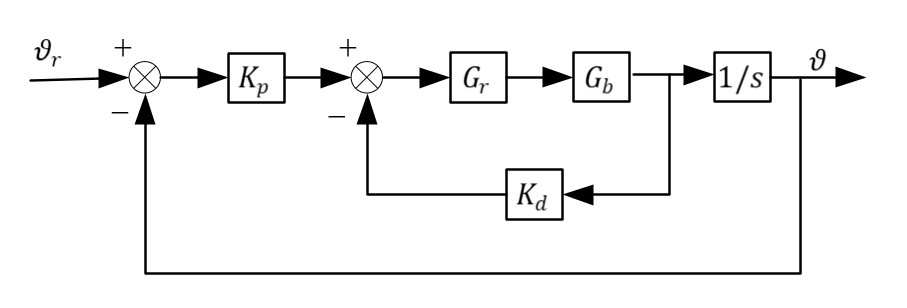
2.计算俯仰角回路的稳定裕度，测试满足物理意义上的鲁棒性，给出对象幅值和时延的可容忍边界，并与计算值比较；

3.画出一个定点满足6dB和45deg稳定裕度的可行控制参数区域。

一、**PD控制俯仰姿态控制回路**

**1. 理论分析**

俯仰姿态控制回路如下图所示：



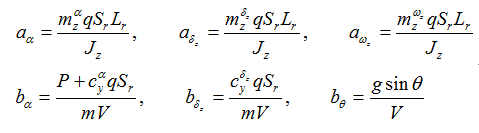
结构图中，为待调控制参数，分别为舵机传递函数、舵偏到俯仰角速度传递函数，其中：

其中，，，，

经代入简化后，得：



其中，

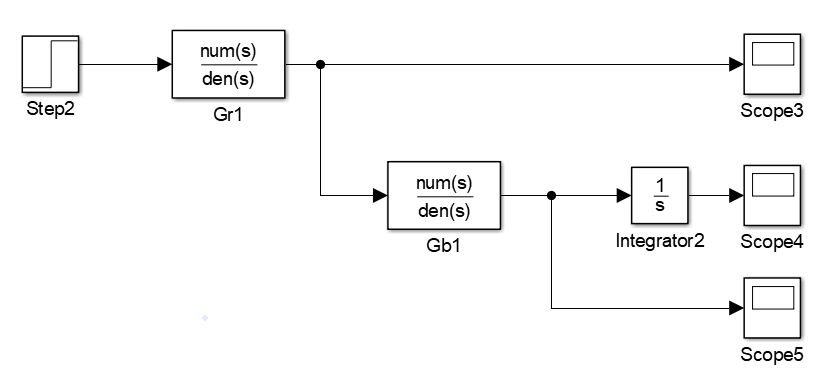


代入第一次作业中各参数常量及其初值，得：

**2. Simulink仿真**

2.1 不加PD控制

在不加PD控制时，仿真分析舵机及俯仰角速度对阶跃输入的响应，仿真结构图如下：



仿真结果如下：



图 舵机响应

如图所示，舵机调节时间大概在0.15s左右；

俯仰角角速度及其俯仰角变化曲线：

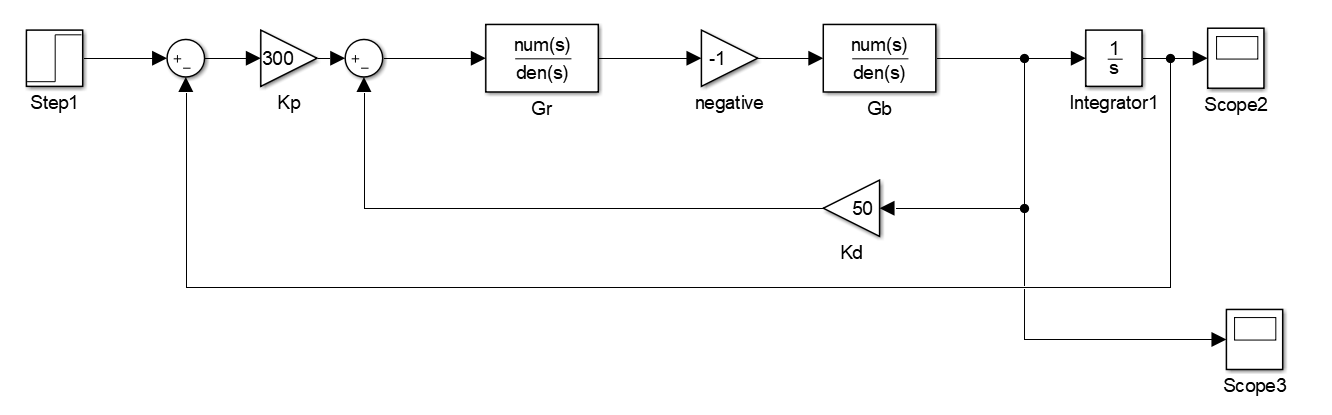


图 俯仰角速度 图 俯仰角

如图所示，俯仰角发散，且输出幅值与输入呈负相关，故在接下来的PD控制中，在舵偏到俯仰角速度传递函数前增加增益-1。

2.2 增加PD控制

仿真结构图如下：



设置，则俯仰角输出曲线：



图

改变控制参数，不变，则俯仰角输出曲线：



图 ， 图 ，

如图所示，当减小时，调节时间增大，当增大，在上升过程中出现抖动，不够平滑。



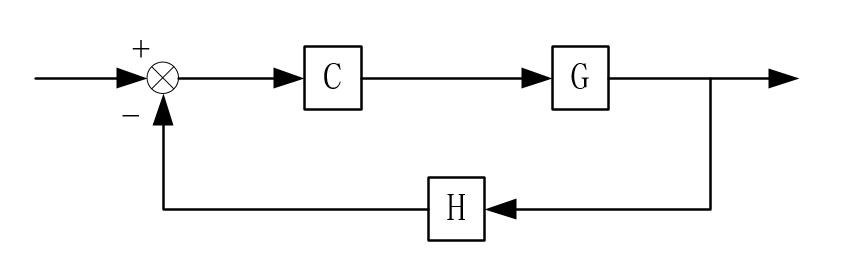
图 图

如图所示，当减小时，调节时间减小但上升过程不够平滑，当增大，调节时间增大。

**二、稳定裕度及其可容忍边界**

**1. 稳定裕度计算**

计算下的稳定裕度。首先将俯仰控制回路作等价转化后，如下图：



其中，。

利用margin函数绘制伯德图，如下：



图 Bode图

幅值裕度为13.2dB，相角裕度为34.7deg。

**2. 容许边界及仿真**

由20logA=13.2得A=4.57，即被控对象容许被扩大4.57倍；由，即被控对象容许延时0.0148s。

实际被控对象乘以4.57倍时，临界稳定。



实际被控对象乘以4.6倍时，发散。



实际延时0.0148 s时，临界稳定。



实际延时0.016 s时，发散。

