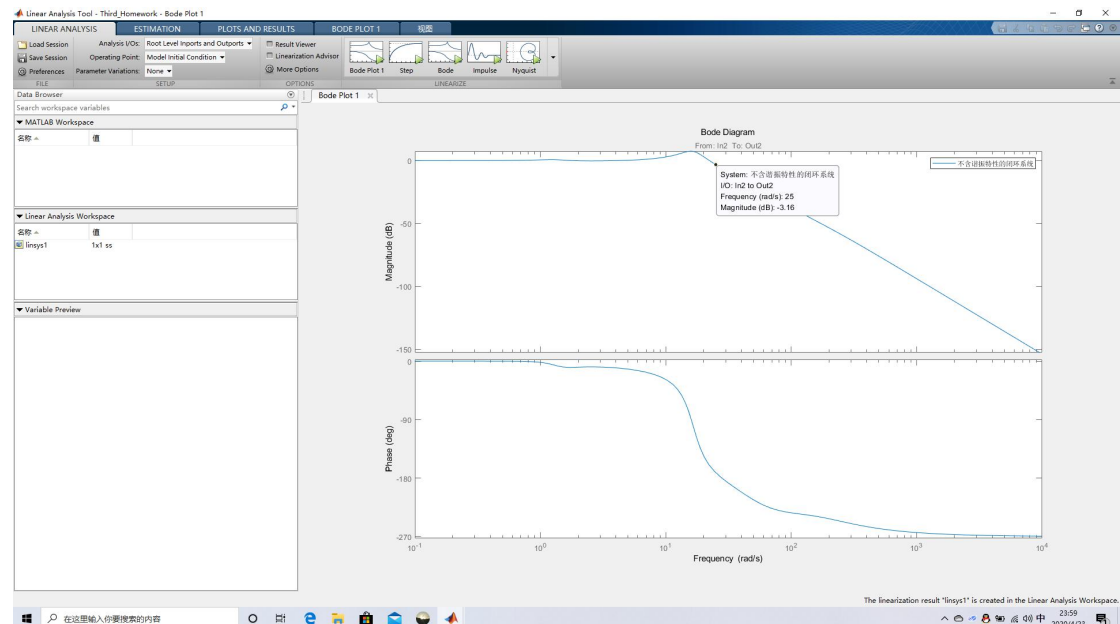


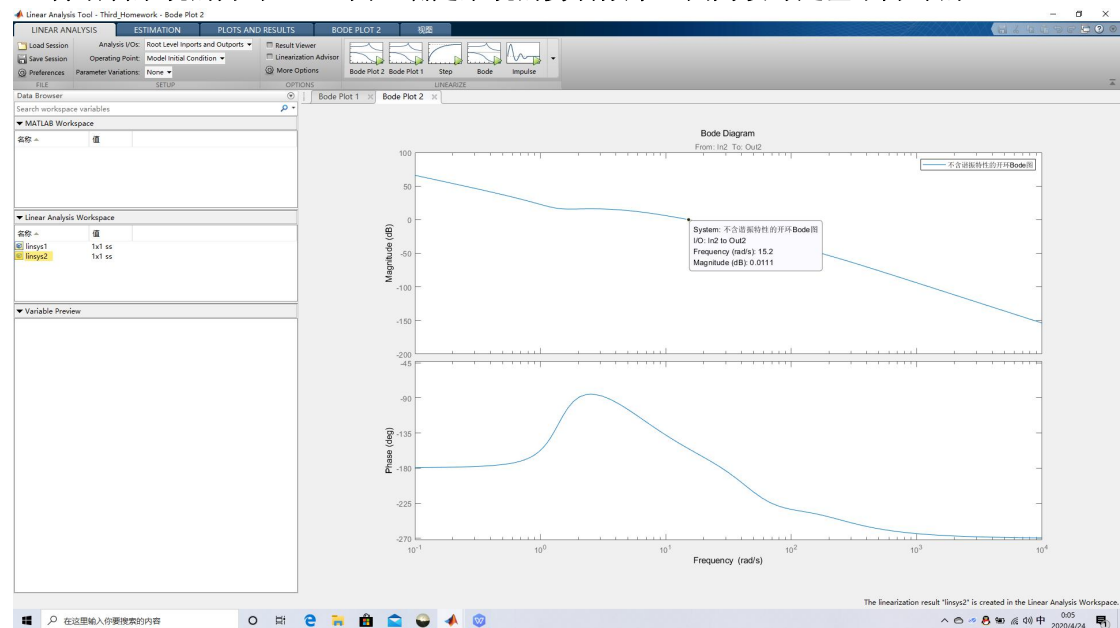
1170400423 尉前进 第 10 次作业

1. 首先绘制系统的闭环 Bode 图，确定系统的带宽：



带宽大概在 25rad/s 左右；

2. 再绘制系统的开环 Bode 图，确定系统的剪切频率，因为设计是基于开环的！



系统的剪切频率大概在 15rad/s 处。

3. 设计谐振环节模拟被控对象固有的谐振特点

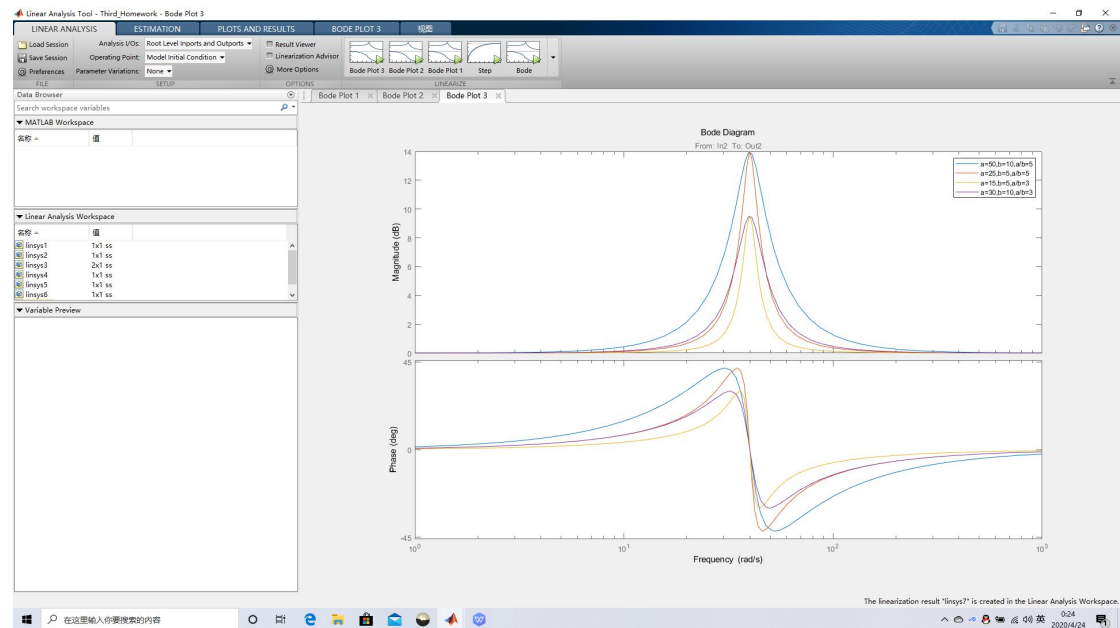
一般而言，被控对象的机械谐振模型为 $W(s) = \frac{s^2 + as + w_m^2}{s^2 + bs + w_m^2} (a > b)$

其中 $\frac{a}{b}$ 决定谐振峰的高低；

$|a|$ 、 $|b|$ 决定峰的宽度，实际验证：

取谐振频率 $w_m > 2w_c = 40 \text{ rad/s}$

绘制谐振环节的 Bode 图:



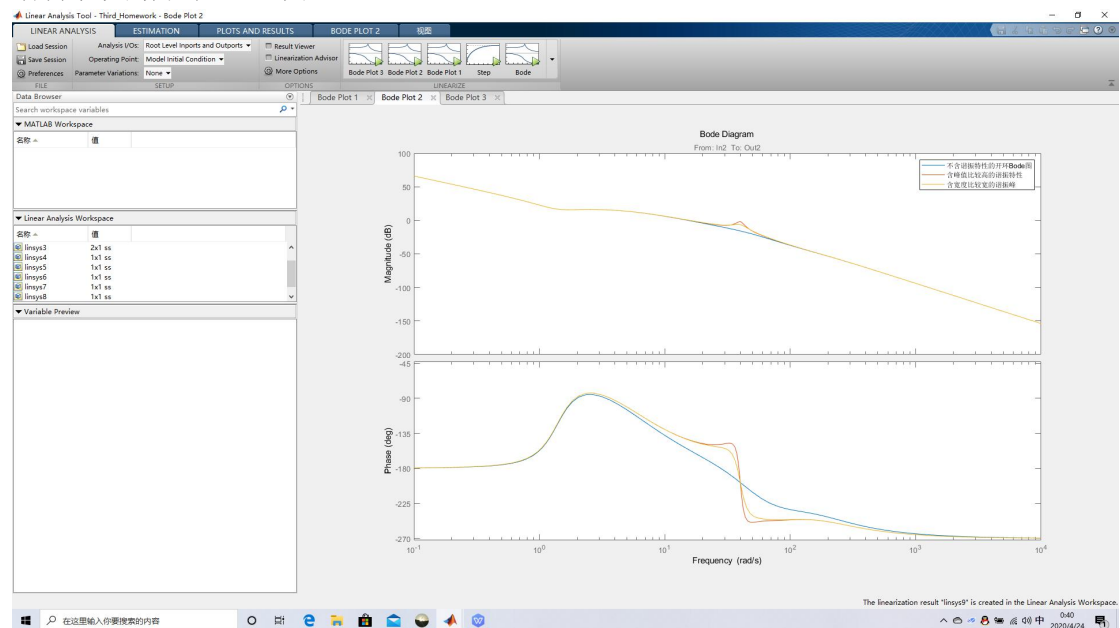
由图可知，谐振频率点大概为 40rad/s ，且上述结论得到验证；

4. 分析谐振频率对系统输出性能的影响：

为了看宽度对系统的性能影响大还是峰的高度对系统的性能影响大，分别进行如下验证：

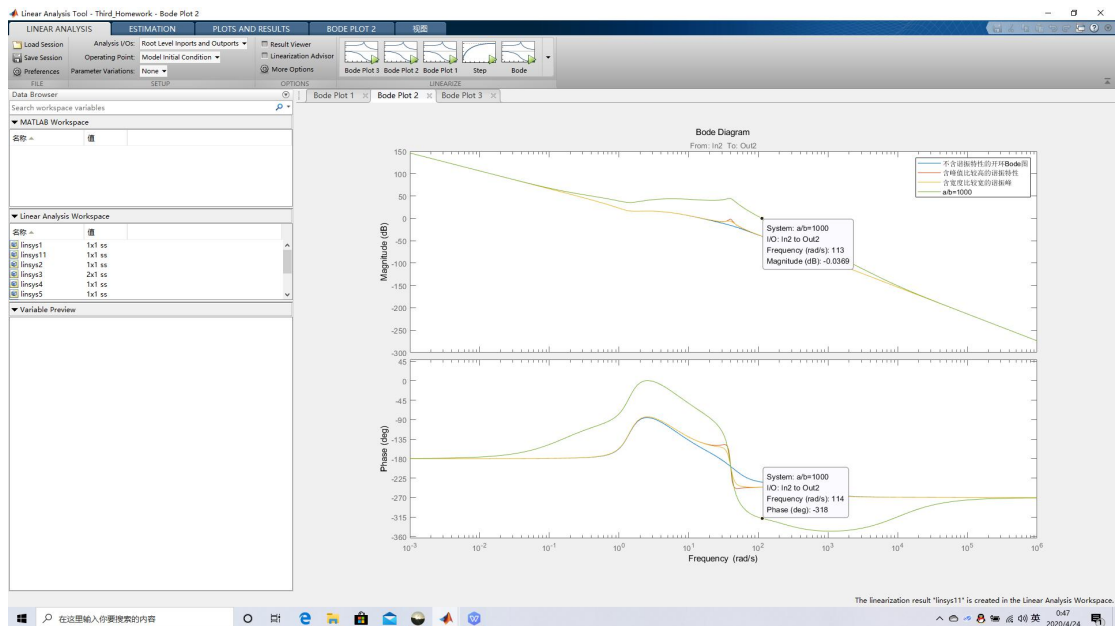
(1) 取 $a=25, b=5$ （峰的高度高），取 $a=30, b=10$ （峰的宽度大）

绘制系统的开环 Bode 图：



分析：由于峰的高度更高使得系统出现的幅值抬高更明显，所以它对系统的性能影响更大；

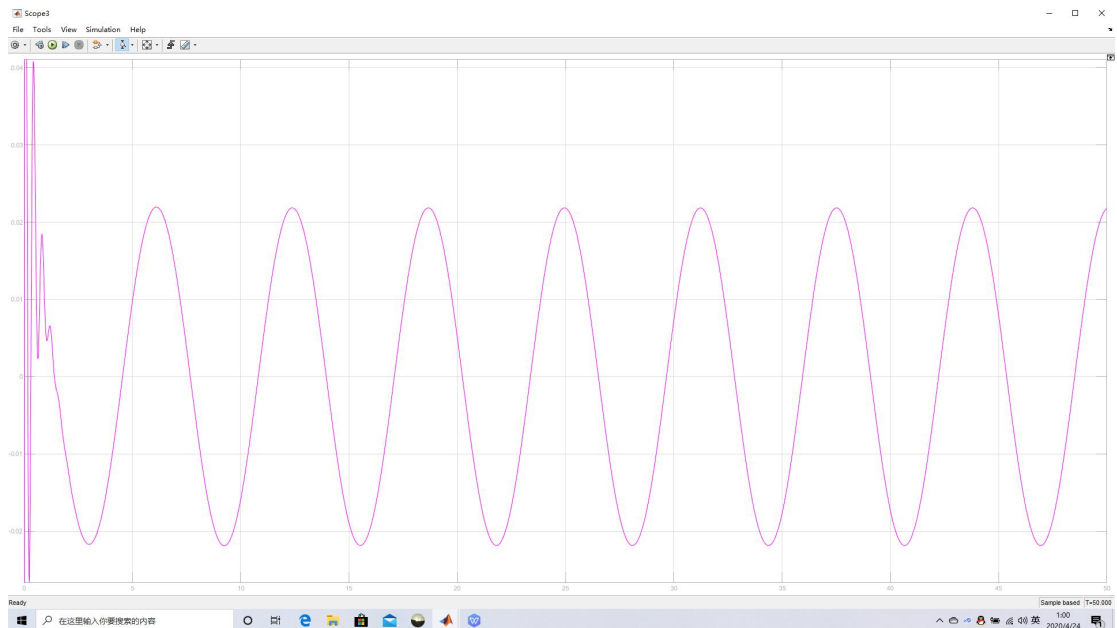
(2) 增大峰值(取 $a=10000, b=10$)，观察现象，分析抬高幅值是如何影响系统性能的：



如图：取一个峰值特别大的情况，可以看到系统会因为被控对象的谐振的存在直接失稳！

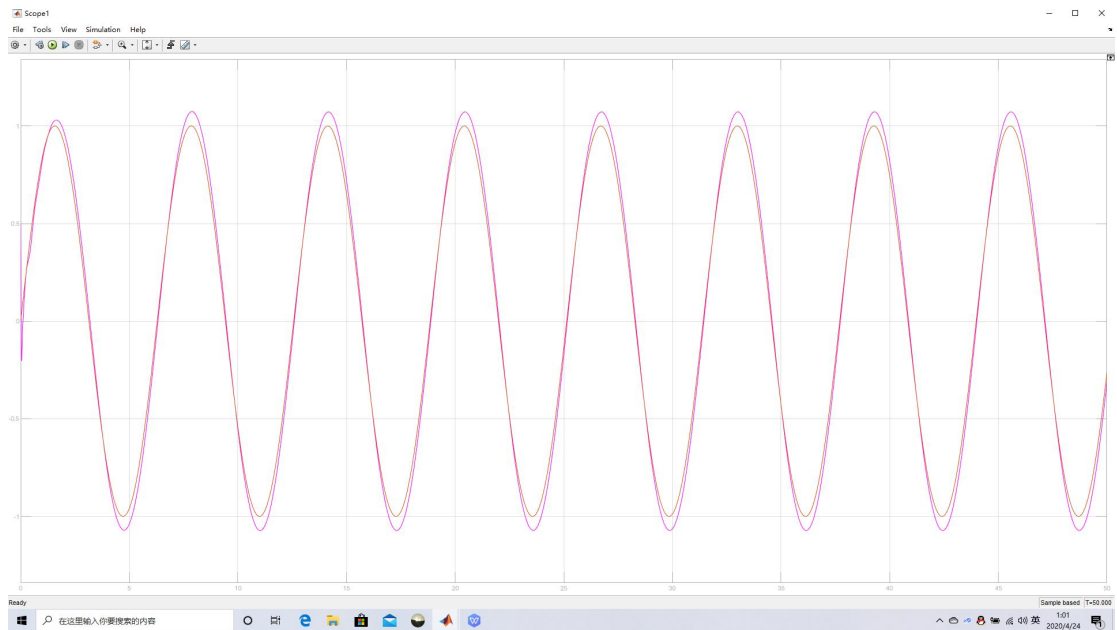
(3) 给系统输入正弦指令，幅值为 1，频率为 1rad/s 的正弦信号，分别从控制器的输出和系统的输出观察有无谐振的不同，为了合适，取 $a=100, b=10$ ；

没有被控对象的谐振时控制器输出：



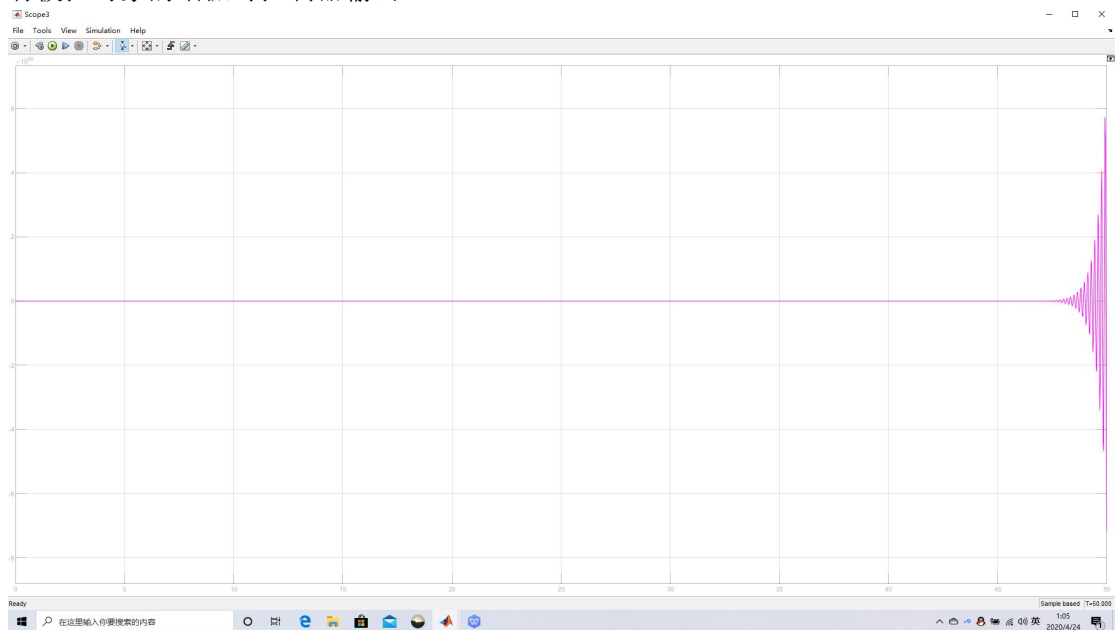
可见，控制器输出波形几乎没有任何影响；

没有被控对象的谐振时系统的输出：

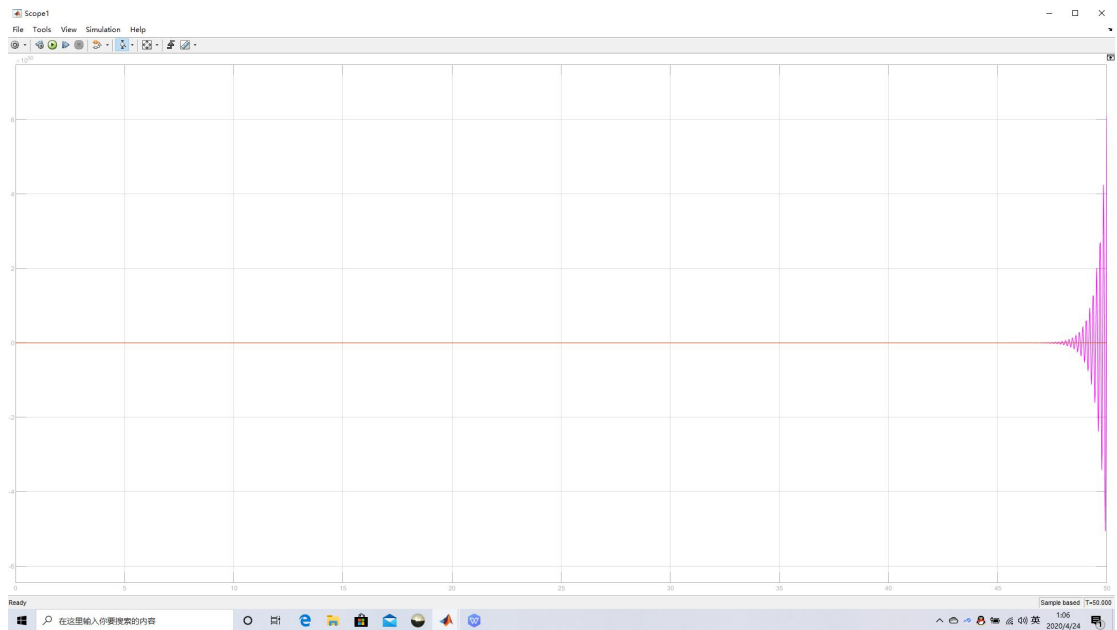


由于有扰动的存在，输出与输入有一定的偏差，但总体效果不错；

有被控对象的谐振时控制器输出：



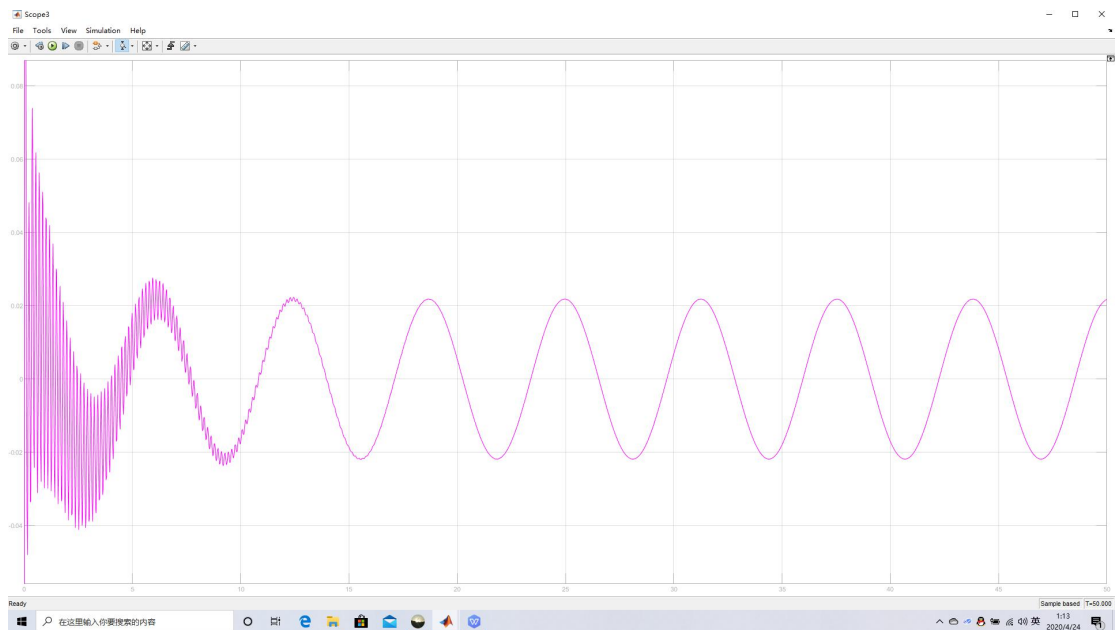
闭环系统输出：



系统发散了，故改小峰值再分析一下（其实从发散即可得出谐振对系统输出的影响）

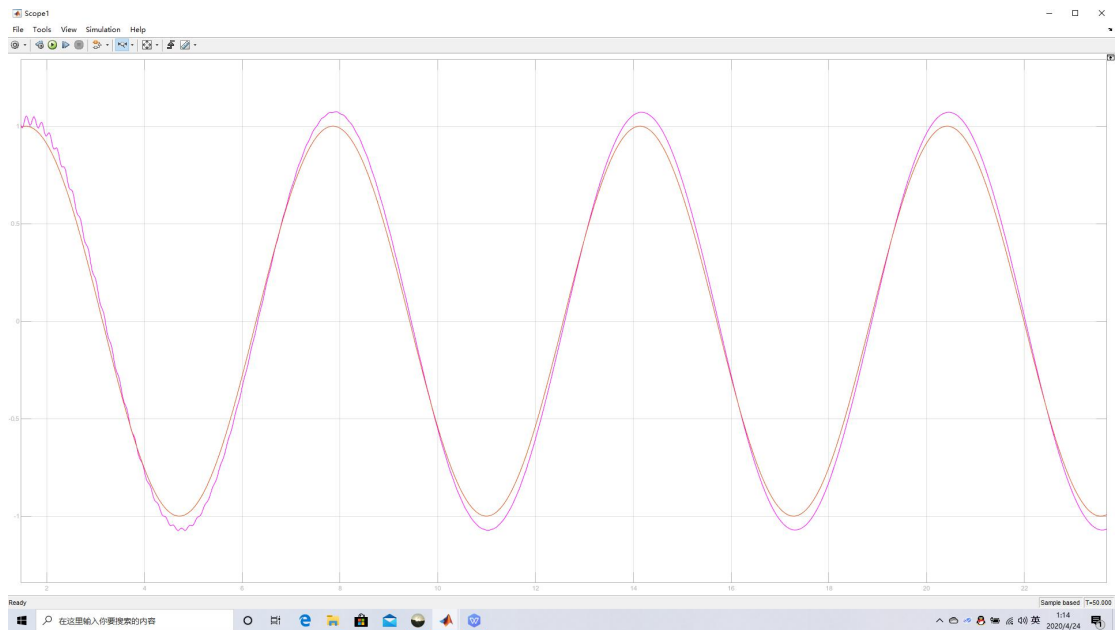
取 $a=30, b=5$;

有被控对象的谐振时控制器输出：



发现控制器输出在初期出现震颤；

闭环系统输出：

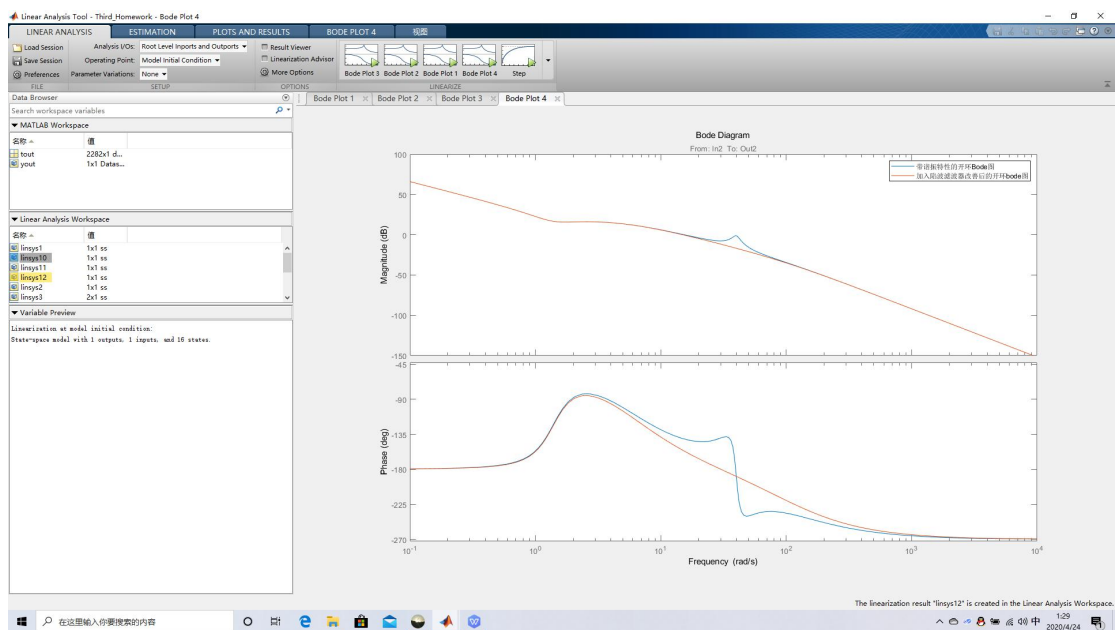


发现系统输出刚开始的时候有震颤；

5. 在控制器中加入带阻滤波器，它的 **Bode** 图正好与谐振特性相反，因此又称为陷波滤波器

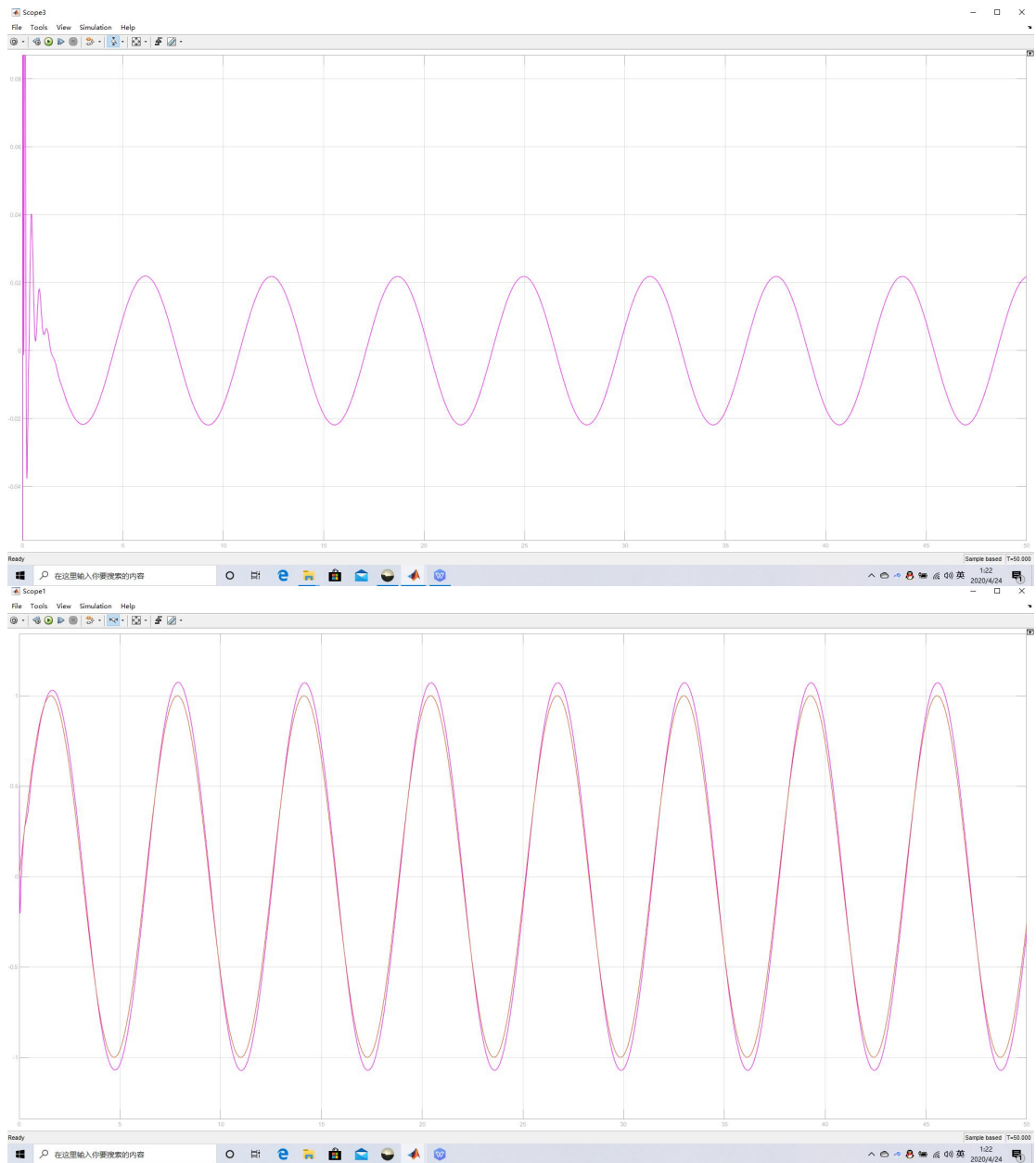
在控制器中串入陷波滤波器 $G(s) = \frac{s^2 + 5s + 1600}{s^2 + 30s + 1600}$ ；

观察系统的开环 **Bode** 图：



发现峰值消失。

观察以上控制器和系统输出：



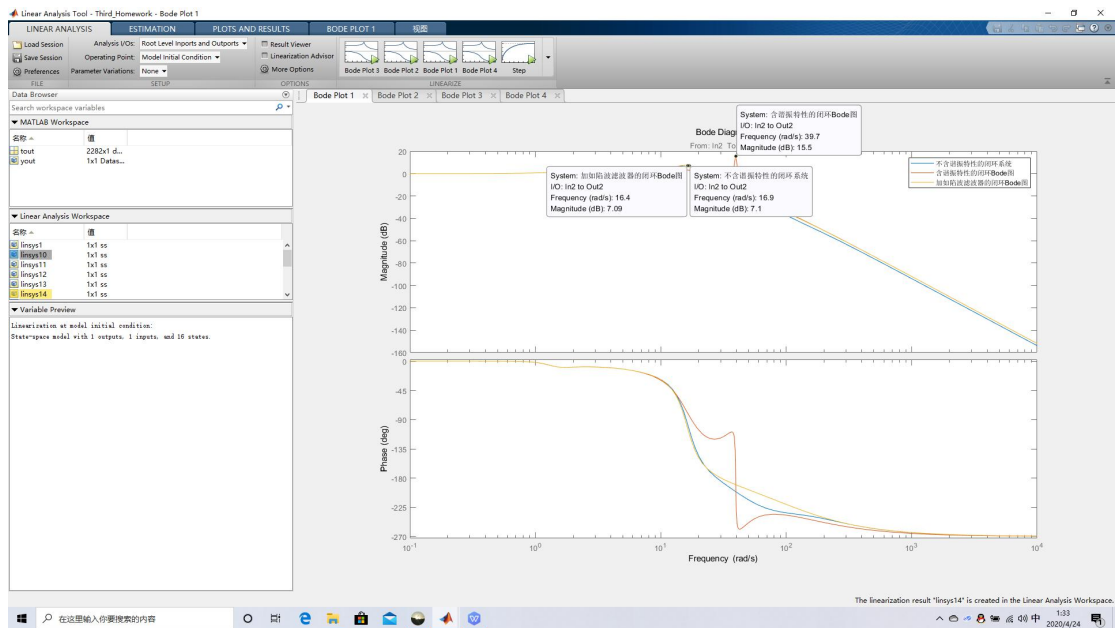
发现加入陷波滤波器输出明显得到改善！

至此。本次验证完毕

问题：系统的闭环谐振点 ω_r 和被控对象的固有谐振频率 ω_m 有何关系？

闭环系统的谐振峰和被控对象存在固有谐振频率点有关吗？

附：加入谐振环节后系统闭环 bode 图：



我感觉应该有关系：在有被控对象谐振特点存在的情况下，闭环系统的谐振点 W_r 与被控对象的谐振点 W_m 接近，都为 40rad/s，若没有被控对象的谐振特点存在，或者是被陷波滤波器改善，则 W_r 和 W_m 不同，但是 W_r 仍存在，这时应该从相对稳定性指标之间的相互关系来考虑。