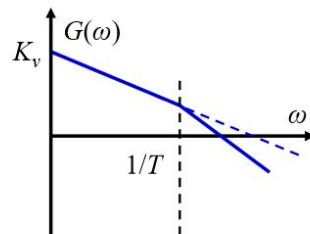




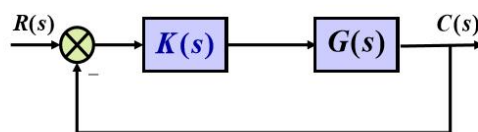
2020.5.6 课后作业

1 必选作业

1 设计题：参考例题，采用改进I型系统方式对给定系统进行控制设计，保证系统的对1Hz，1rad的正弦指令跟踪误差不大于0.01rad。请给出 $K(s)$ 的表达式，并给出仿真结果。



$$G(s) = \frac{K_v}{s(Ts+1)}, \quad K_v = 10, T = 0.05$$



2020/5/4

哈尔滨工业大学控制与仿真中心

63

解：

Step1:

输入信号：

指令信号： $\theta(t) = \sin(2\pi t)$, $\theta_{\max} = 1\text{rad}$, $w = 2\pi\text{rad/s}$

扰动信号：无

复现精度：0.01rad

Step2:

转折点和低频增益的确定：

转折点频率公式：

$$e = \frac{\theta_i}{1+G(s)} \approx \frac{\theta_i}{G(s)}$$

$$|G(s)| \approx \frac{\theta_i}{e} \Rightarrow |G(jw)| \geq \frac{\theta_{\max}}{e_{\max}} = ps(w) (\text{性能界})$$

$$w_1 = w_k \Rightarrow G(s) = \frac{w_0}{s(s/w_k + 1)}$$

$$e_{\max} = \frac{\theta_{\max}}{|G(jw_k)|} = \frac{\theta_{\max} w_k \sqrt{2}}{w_0} = \frac{\theta_{\max}}{w_0} \sqrt{2} (1) \quad (\text{最后的等号仅对正弦输入信号成立})$$

w_k = 输入信号的最大频谱(2)

由式 1 和式 2 可得：

$$w_1 = w_k = 2\pi rad / s = 6.28 rad / s$$

$$w_0 = \frac{2\pi}{0.01} \sqrt{2} = 888 rad / s$$

$$w_2^2 = w_1 w_0 = w_3 w_4$$

$$w_2 = 74.7 rad / s$$

初步取

$$w_3 = 30 rad / s$$

$$\text{计算可得 } w_4 = w_m = 186 rad / s$$

已知超前环节的表达式为：

$$G(s) = \frac{\alpha Ts + 1}{Ts + 1} (\alpha > 1)$$

$$w_m = \frac{1}{\sqrt{\alpha T}} = 186 rad / s$$

$$w_3 = \frac{1}{\alpha T} = 30 rad / s$$

得 $\alpha = 38.44$ (不太合适，太大了)

$$\text{在 } w_m \text{ 处补偿的相角为 } \phi_m = \arcsin \frac{\alpha - 1}{\alpha + 1} = 71.67^\circ$$

修改

$$w_3 = 40 rad / s$$

$$w_4 = w_m = 139.5 rad / s$$

$$\alpha = 12.16$$

$$\phi_m = 60^\circ$$

$$\alpha T = 1 / 40 = 0.025$$

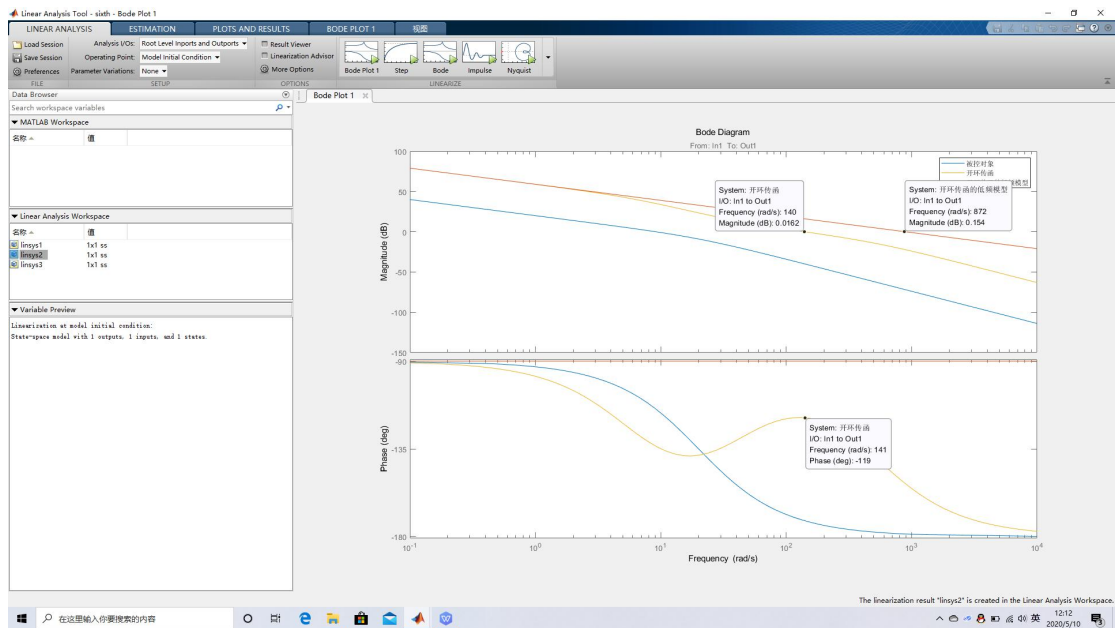
$$T = 0.002$$

$$w_5 = 500 rad / s$$

据此可得开环传递函数的表达式：

$$G(s) = \frac{w_0 \left(\frac{1}{w_3} s + 1 \right)}{s \left(\frac{1}{w_1} s + 1 \right) \left(\frac{1}{w_5} s + 1 \right)} = \frac{888(0.025s + 1)}{s(0.159s + 1)(0.002s + 1)}$$

仿真验证：



由图可知，理论与实际非常接近，验证成功。

用串联环节的思想可得控制器的传递函数

$$G(s) = K(s)P(s)$$

$$K(s) = G(s) / P(s) = \frac{88.8(0.025s + 1)(10s + 1)}{(0.159s + 1)(0.002s + 1)}$$