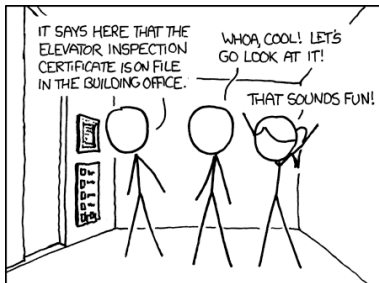


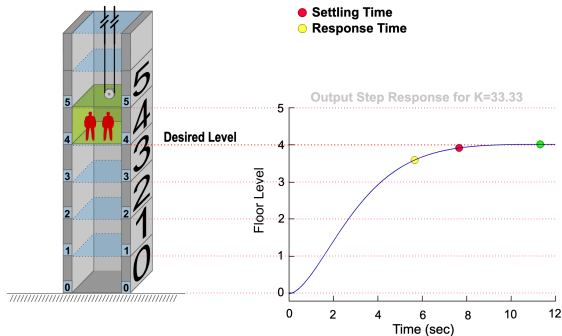
PID 控制系统



INDUSTRY TIP: BUILDING OWNERS KNOW THIS NEVER HAPPENS. THOSE SIGNS MARK ELEVATORS WHICH HAVE NEVER BEEN INSPECTED.

03/29/2022

电梯控制



目标: 优化系统以获得较优的响应函数

原系统开环传递函数:

$$G(s) = \frac{s + 10}{s(s + 1)(s + 20)(s + 50)} \quad (1)$$

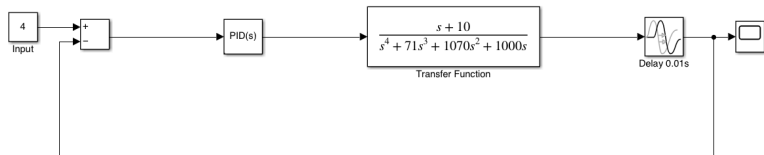
加入 PID 控制器后的开环传递函数:

$$G'(s) = (K_p + K_i/s + K_d s) G(s) \quad (2)$$

闭环传递函数:

$$Q(s) = \frac{G'(s)}{1 + G'(s)} \quad (3)$$

Matlab & Simulink

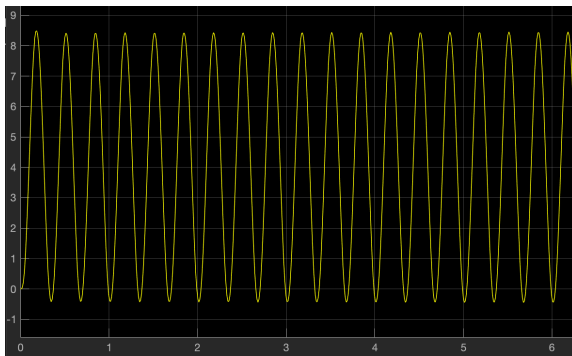


控制器类型	K_p	K_i	K_d
P	$0.5K_u$	0	0
PI	$0.45K_u$	$1.2K_p/T_u$	0
PD	$0.8K_u$	0	$K_p T_u/8$
PID	$0.6K_u$	$2K_p/T_u$	$K_p T_u/8$

Table: 参数调节公式

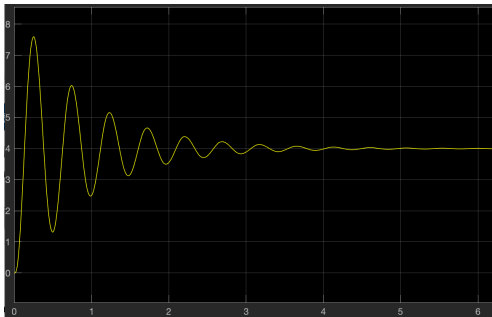
等幅震荡

$$K_p = 23950, 0.335s$$



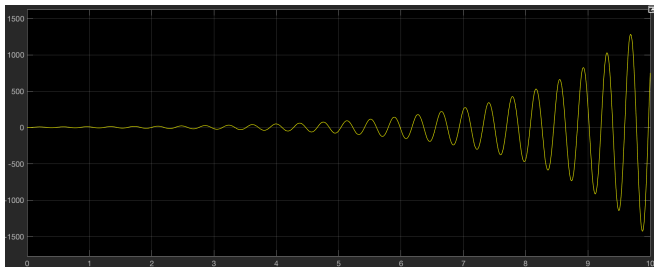
P

$$K_p = 11975$$



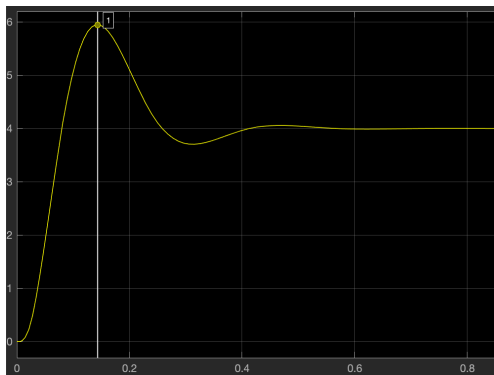
PI

$$K_p = 10777, K_i = 38606$$



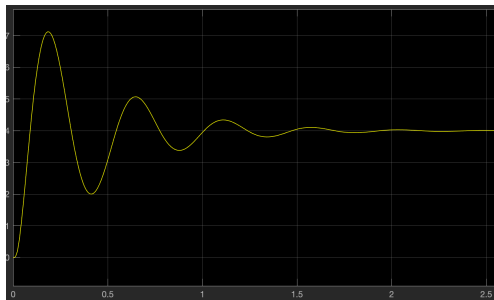
PD

$$K_p = 19160, K_d = 802$$



PID

$$K_p = 14370, K_i = 85791, K_d = 602$$



优化目标: 快速, 超调小, 颠簸少

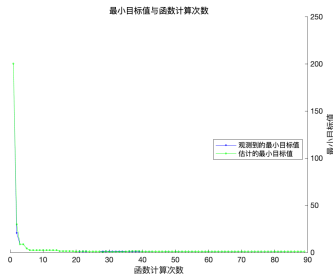
$$L_{\text{setting}} = \arg \max_t |r(t) - 4.0| > 4.0 \times 2\% \quad (4)$$

$$L_{\text{overshoot}} = |\max(r) - 4.0| \quad (5)$$

$$L_{\text{bumpy}} = \sum_t |r(t + \Delta(t)) - r(t)| \quad (6)$$

$$L_{\text{total}} = w_o L_{\text{overshoot}} + w_s L_{\text{setting}} + w_b L_{\text{bumpy}} \quad (7)$$

其中 $r(t)$ 为响应函数, 可以由拉普拉斯逆变换得到
优化方法: 贝叶斯优化



$K_p = 1450, K_i = 0.38741, K_d = 1498.4$

发现参数由 PD 主导, 同时由于结果与 Simulink 模拟存在误差,
故手动调节得到如下参数

$K_p = 1050, K_i = 0, K_d = 1050$

名称	数值
延迟时间 T_d (s)	0.059
上升时间 T_r (s)	0.206
峰值时间 T_p (s)	∞ ($\sigma\% = 0$)
调节时间 $T_s(2\%)$ (s)	0.471
超调量 $\sigma\%$	0

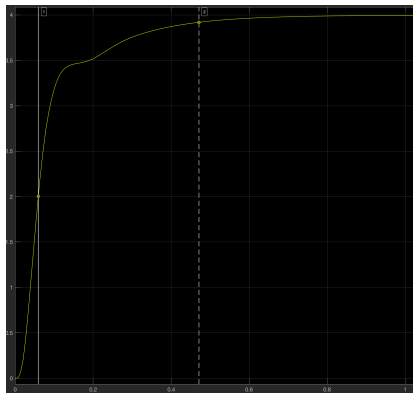
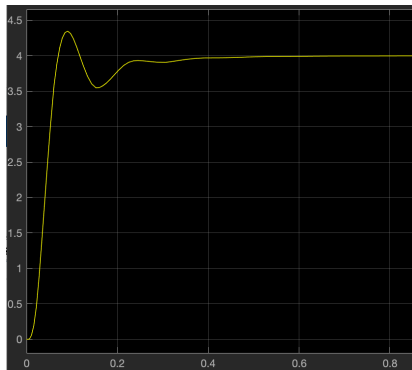


Figure: 响应函数

更大的 K_p, K_d , $K_p = K_d = 2000$



- 本系统中阶跃函数可以用 PD 控制器较好响应.

- ▶ 本系统中阶跃函数可以用 PD 控制器较好响应.
- ▶ 贝叶斯优化可以高效调节 PID 系统的参数.

- ▶ 本系统中阶跃函数可以用 PD 控制器较好响应.
- ▶ 贝叶斯优化可以高效调节 PID 系统的参数.
- ▶ Simulink ODE 模拟与 Matlab 通过求根进行的逆拉普拉斯变换存在偏差.

Thanks

代码开源于 <https://github.com/zinccat/PIDController>