

Experiência 3 - Controle PD e P&D

Rodrigo Seiji Piubeli Hirao (186837)

1 de maio de 2021

Conteúdo

1	Preliminares	2
1.1	.....	2
1.2	.....	2
1.3	.....	4
2	Simulação - Haste rotacional presa	5
2.1	.....	5
2.2	.....	6
2.3	.....	6
2.4	.....	7
2.5	.....	7
3	Simulação - Haste livre	8
3.1	.....	8
3.2	.....	9
3.3	.....	9

1 Preliminares

1.1

Dado a função de transferência:

$$G_p = \frac{k_{hw}}{m_1 s^2 + c_1 s}$$

Temos as seguintes funções de transferência para as figuras 1 (PD) e 2 (P&D), respectivamente:

$$H_1 = \frac{(k_p + k_d s)G_p}{1 + (k_p + k_d s)G_p} = \frac{k_p k_{hw} + k_d k_{hw} s}{m_1 s^2 + (k_d k_{hw} + c_1)s + k_p k_{hw}}$$

$$H_2 = \frac{k_p G_p}{1 + (k_p + k_d s)G_p} = \frac{k_p k_{hw}}{m_1 s^2 + (k_d k_{hw} + c_1)s + k_p k_{hw}}$$

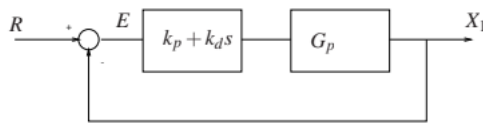


Figura 1: Diagrama do sistema PD

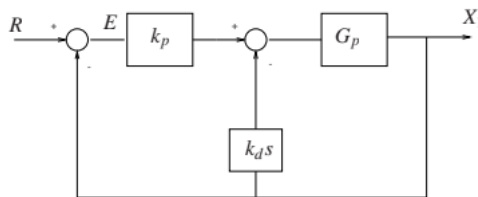


Figura 2: Diagrama do sistema P&D

1.2

Usando o matlab, podemos conseguir os gráficos de polos e zeros das figuras 3 (PD) e 4 (P&D)

```
>> G_p = tf([k_hw], [m_1 c_1 0])
```

G_p =

```

      2088
-----
0.2376 s^2 + 0.2254 s

```

Continuous-time transfer function.

```
>> H_1 = feedback(series(G_p, k_p + k_d * s), 1)
```

H_1 =

```

    20.88 s + 626.5
-----
0.2376 s^2 + 21.11 s + 626.5

```

Continuous-time transfer function.

```
>> H_2 = feedback(series(feedback(G_p, k_d * s), k_p), 1)
```

H_2 =

$$\frac{626.5}{0.2376 s^2 + 21.11 s + 626.5}$$

Continuous-time transfer function.

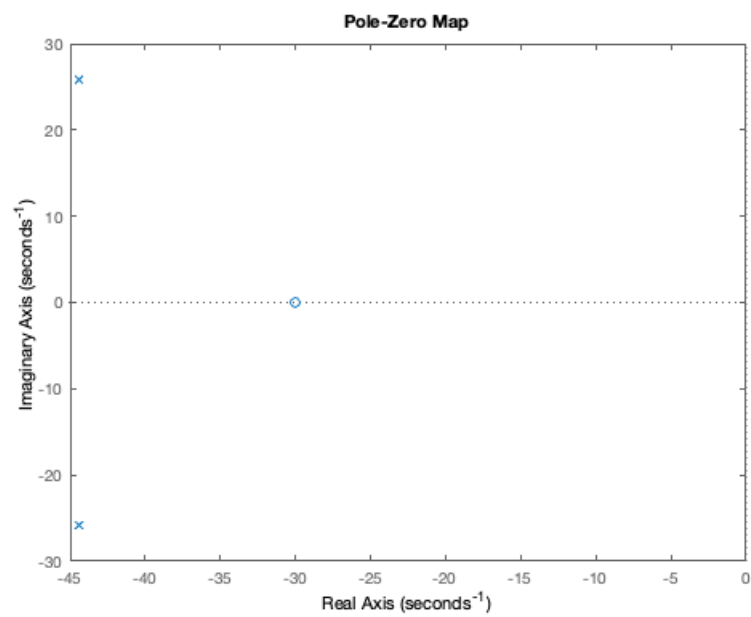


Figura 3: Polos e Zeros do sistema PD

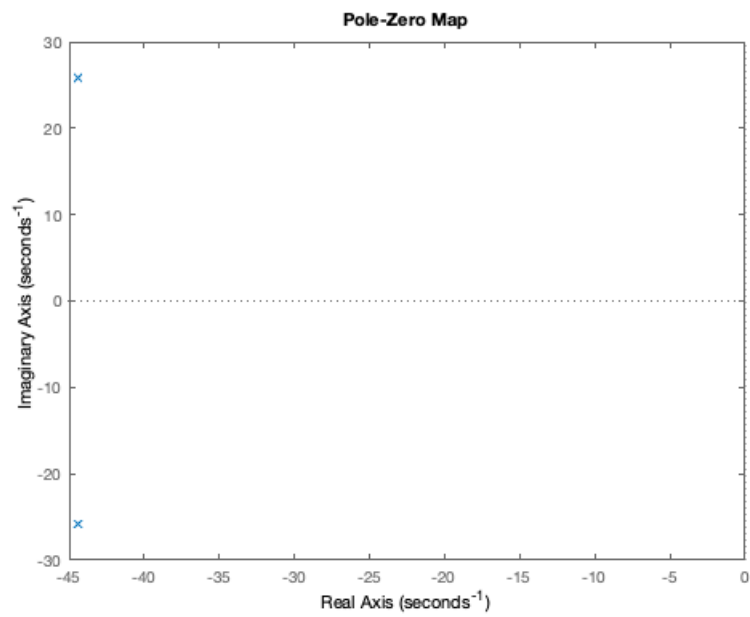


Figura 4: Polos e Zeros do sistema P&D

1.3

Simulando os controladores P e PD da Figura 5 obtemos as respostas da Figura 6

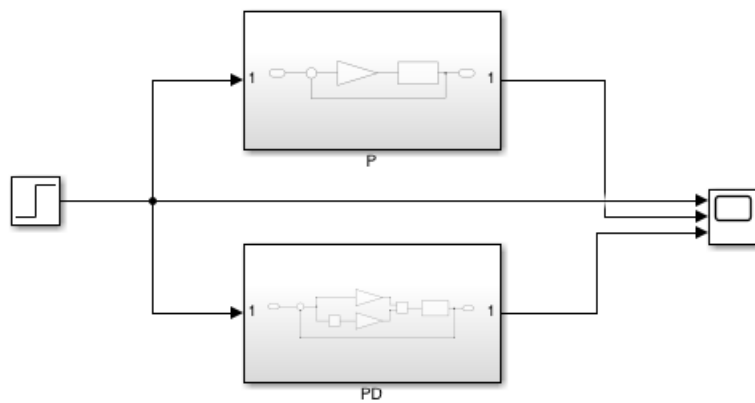


Figura 5: Diagramas dos controles P e PD

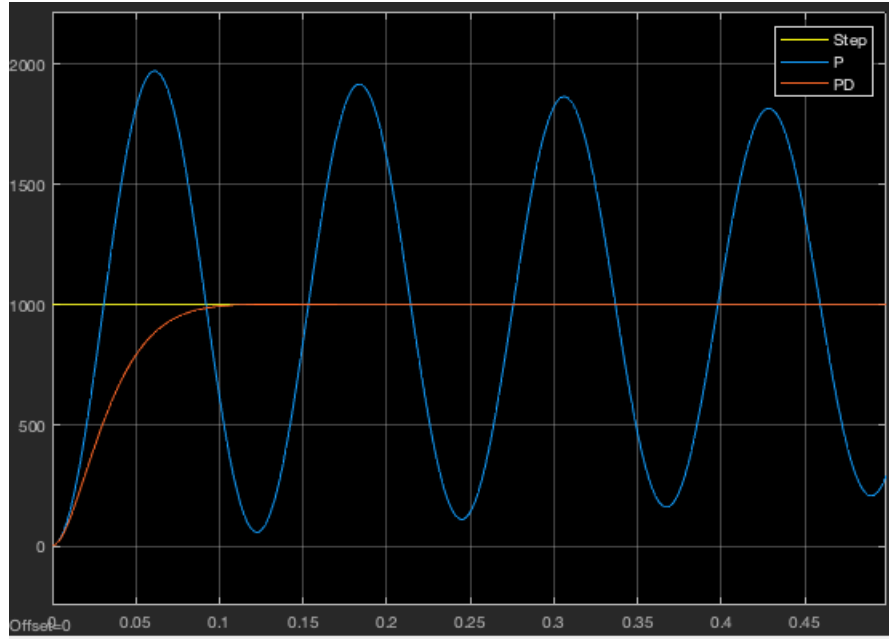


Figura 6: Respostas ao degrau dos controles P e PD

2 Simulação - Haste rotacional presa

2.1

Para encontrar k_p usaremos a equação:

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k_{hw}k_p}{m_1}}$$

$$k_p = \frac{m_1\omega_n^2}{k_{hw}} = 0.0719$$

E usando esse valor, temos a resposta da Figura 7, que corresponde ao projetado de 4Hz.

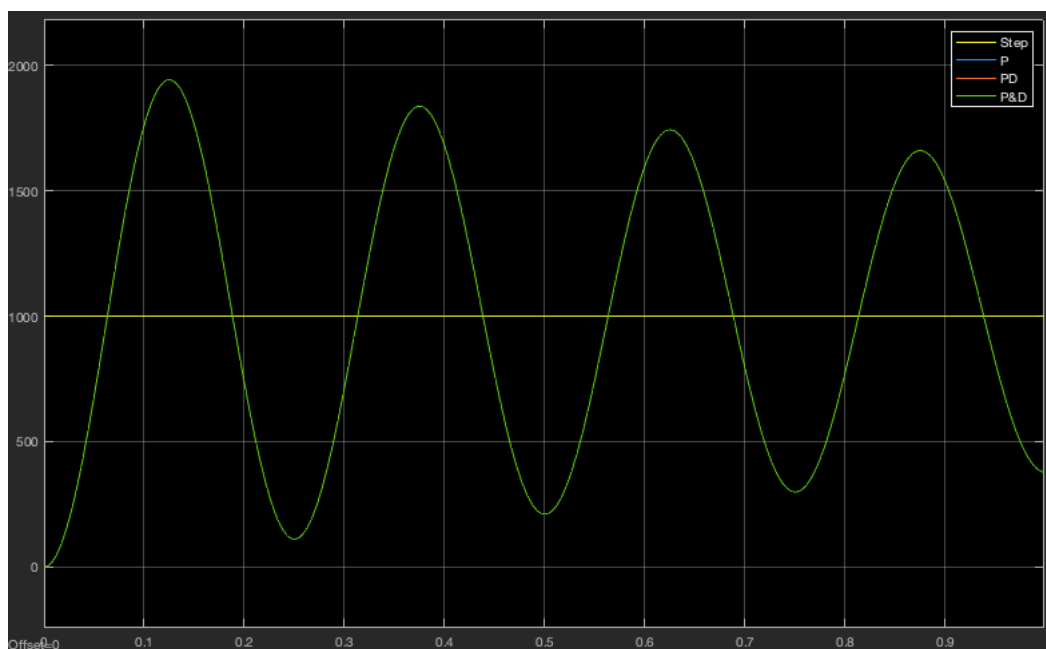


Figura 7: Respostas ao degrau com $k_p = 0.0719$ e frequência 4Hz

2.2

Usando $\omega_n = 8\pi rad/s$ podemos calcular k_d para que o amortecimento seja nulo usando a equação:

$$\xi = \frac{c_1 + k_{hw}k_d}{2m_1\omega_n} = 0$$

$$k_d = \frac{-c_1}{k_{hw}} = -1.0793e-04$$

Assim temos um resultado não amortecido da forma da Figura 8, que, por não possuir amortecimento, funcionará como uma senoidal centrada no valor do degrau, sem se aproximar do mesmo.

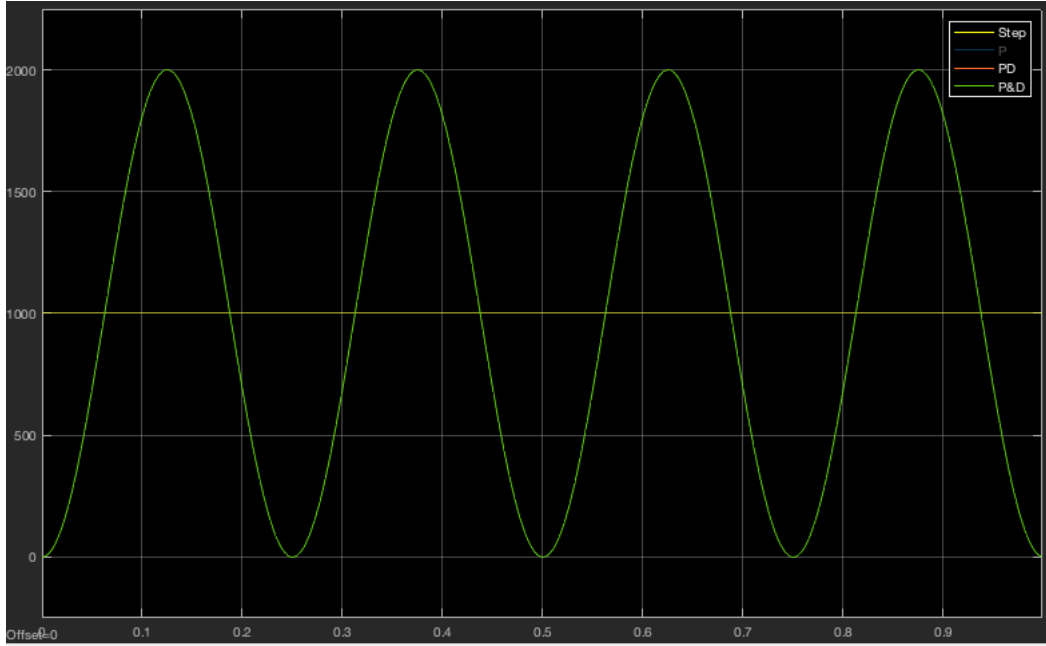


Figura 8: Respostas ao degrau com $k_d = -1.0793 \times 10^{-04}$ dos sistemas PD e P&D

Em um sistema de controle dificilmente teríamos valores negativos para k_d , pois tendem a possuir pólos com parte real negativa, criando instabilidade no sistema, como visto na Figura 8.

2.3

Para que $k_{hw}k_d = 9Nm/s$ temos que $k_d = 0.0043$ obtendo o sistema subamortecido da Figura 9

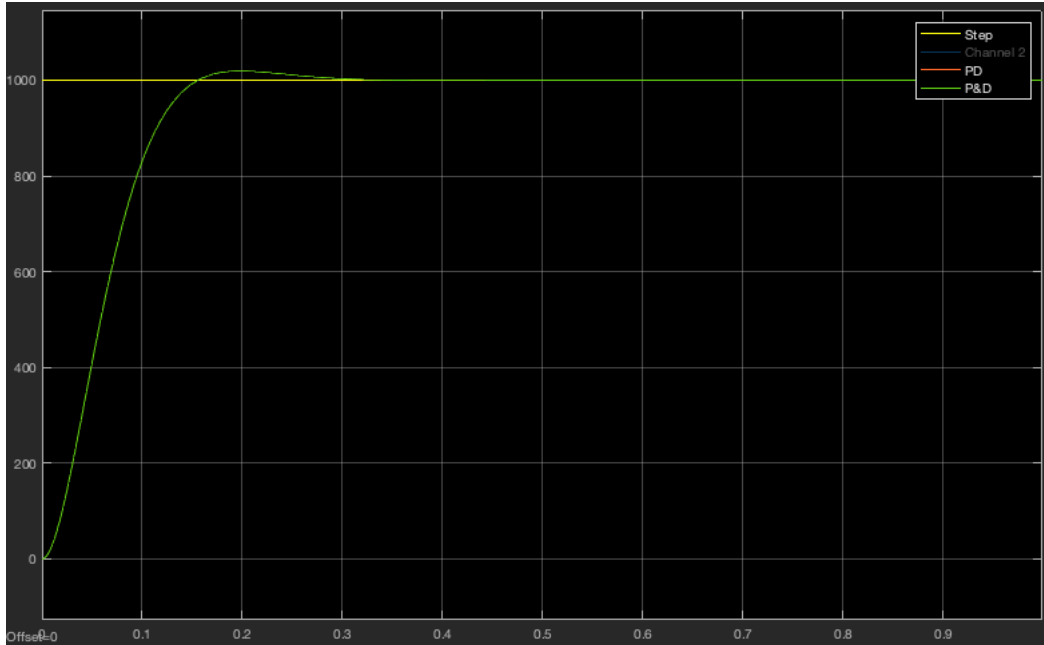


Figura 9: Respostas ao degrau com $k_d = 0.0043$ dos sistemas PD e P&D

2.4

Ao simular os sistemas com perturbações em ambos os lados (Figura 10) começa a se perceber uma diferença entre os sistemas PD e PD, aparecendo um overshoot maior do sistema PD em relação ao esperado, pelo fato do mesmo gerar um impulso inicial devido ao fato dele derivar o degrau de entrada.

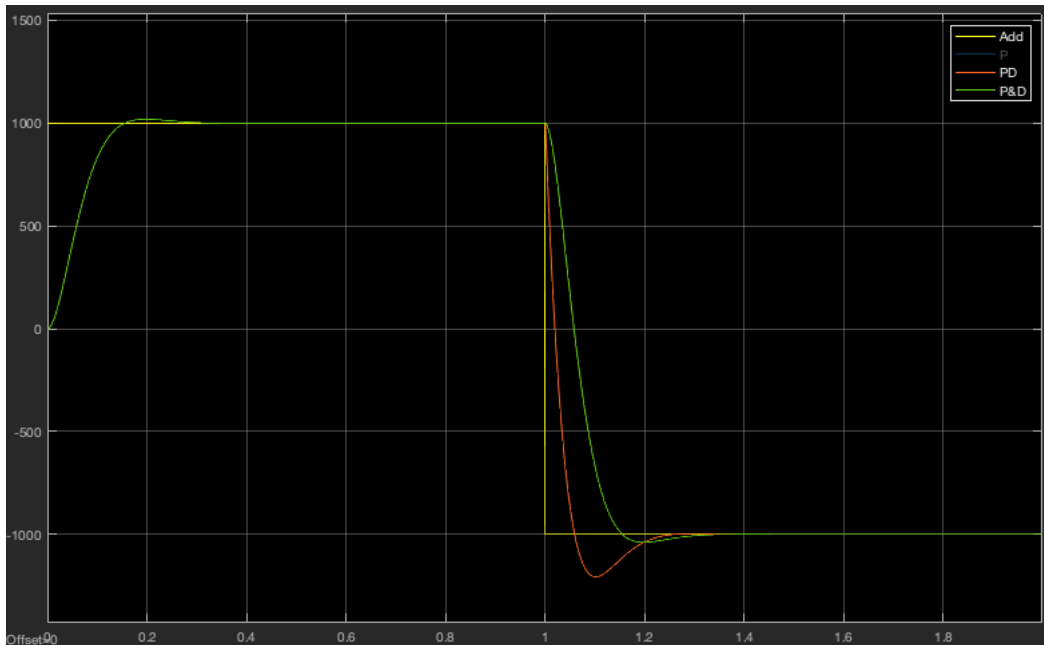


Figura 10: Respostas a distúrbios nas 2 direções dos sistemas PD e P&D

2.5

Aumentando k_d em 5 vezes (Figura 11) os sistemas se tornam sub-amortecidos, mas a característica do amortecimento aumentar no sistema PD continua

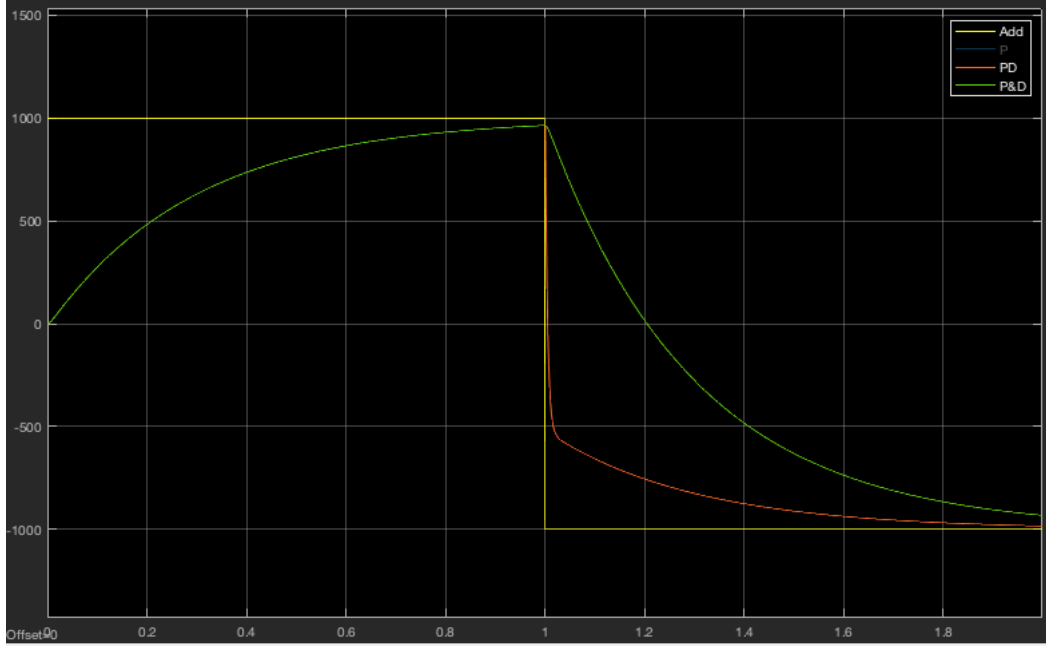


Figura 11: Respostas a distúrbios nas 2 direções com $k_d = 0.0215$ dos sistemas PD e P&D

3 Simulação - Haste livre

Partindo da equação simplificada:

$$m^* \ddot{x} + c_1 \dot{x} = F$$

Com $m^* = \frac{m_1 m_2^*}{m_1 + m_2^*}$, $m_2^* = \frac{\bar{J}}{l_0^2}$ temos que:

$$H(s) = \frac{1}{m^* s^2 + c_1 s^2}$$

3.1

Para termos uma frequência de $\omega_n = 30\pi rad$ precisamos de $k_p = 0.6319$

E para os seguintes amortecimentos foram calculados:

- $\xi = 0.2 \rightarrow k_d = 0.0026$ (subamortecido)
- $\xi = 1.0 \rightarrow k_d = 0.0133$ (criticamente amortecido)
- $\xi = 2.0 \rightarrow k_d = 0.0267$ (sobre-amortecido)

Obtendo os resultados da Figura 12

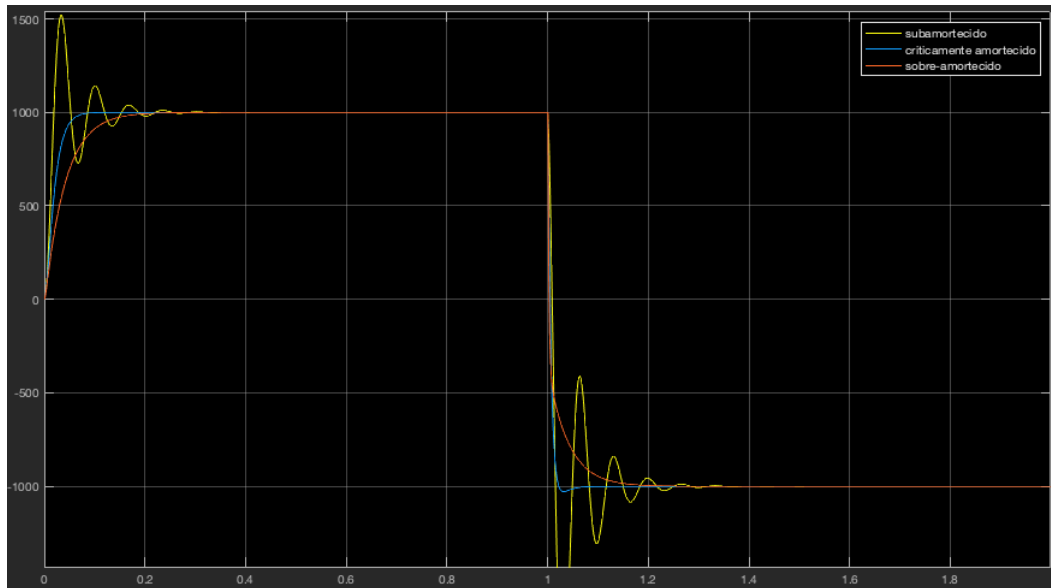


Figura 12: Respostas a distúrbios nas 2 direções so sistema PD com haste livre

3.2

Os resultados mostram o problema do aumento do amortecimento do sistema PD devido ao impulso induzido. Assim que o sistema criticamente amortecido mostra um overshoot.

3.3

Usando os valores de $\xi = 0.5$ e $\omega_n = 60rad$ obtemos $k_p = 0.2561$ e $k_d = 0.0042$, o que produz a resposta da Figura 13 com 0.1 para o término do overshoot, e $M_p = 15.5\%$ (pico de 1155)

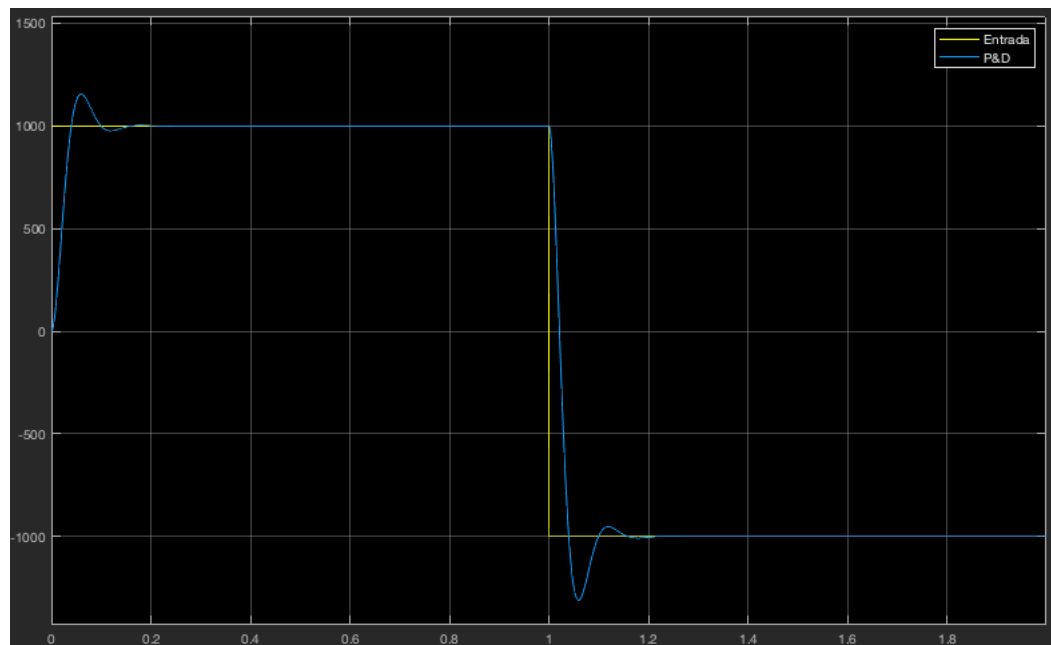


Figura 13: Respostas a distúrbios nas 2 direções so sistema P&D com haste livre ($M_p = 15.5\%$ e $t_s = 0.1$)