

Pré-relatório Experiência 5

Prof. Marconi Kolm Madrid

EA722 - 2017/2

Danilo Pereira Titato - RA 122541

Giovani Granzotto Olini - RA 146253

Pedro Gabriel Calixto Mendonça - RA 118363

1.

Função de transferência $X_1(s)/R(s)$:

$$X_1(s) = \frac{N_1(s)}{D(s)} \cdot k_{hw} \cdot G_c(s) \cdot (R(s) - X_1(s))$$

$$X_1(s) \cdot \left(1 + k_{hw} \cdot \frac{N_1(s)}{D(s)} \cdot G_c(s)\right) = k_{hw} \cdot \frac{N_1(s)}{D(s)} \cdot G_c(s) \cdot R(s)$$

$$\frac{X_1(s)}{R(s)} = \frac{k_{hw} \cdot \frac{N_1(s)}{D(s)} \cdot G_c(s)}{1 + k_{hw} \cdot \frac{N_1(s)}{D(s)} \cdot G_c(s)}$$

$$X_2(s) = \frac{N_2(s)}{N_1(s)} \cdot X_1(s) = \frac{N_2(s)}{N_1(s)} \cdot \frac{k_{hw} \cdot \frac{N_1(s)}{D(s)} \cdot G_c(s)}{1 + k_{hw} \cdot \frac{N_1(s)}{D(s)} \cdot G_c(s)} = \frac{k_{hw} \cdot \frac{N_2(s)}{D(s)} \cdot G_c(s)}{1 + k_{hw} \cdot \frac{N_1(s)}{D(s)} \cdot G_c(s)}$$

Para o controlador PD_1 ($k_p = 1.0, k_d = 0.03$), tem-se os seguintes pólos e zeros:

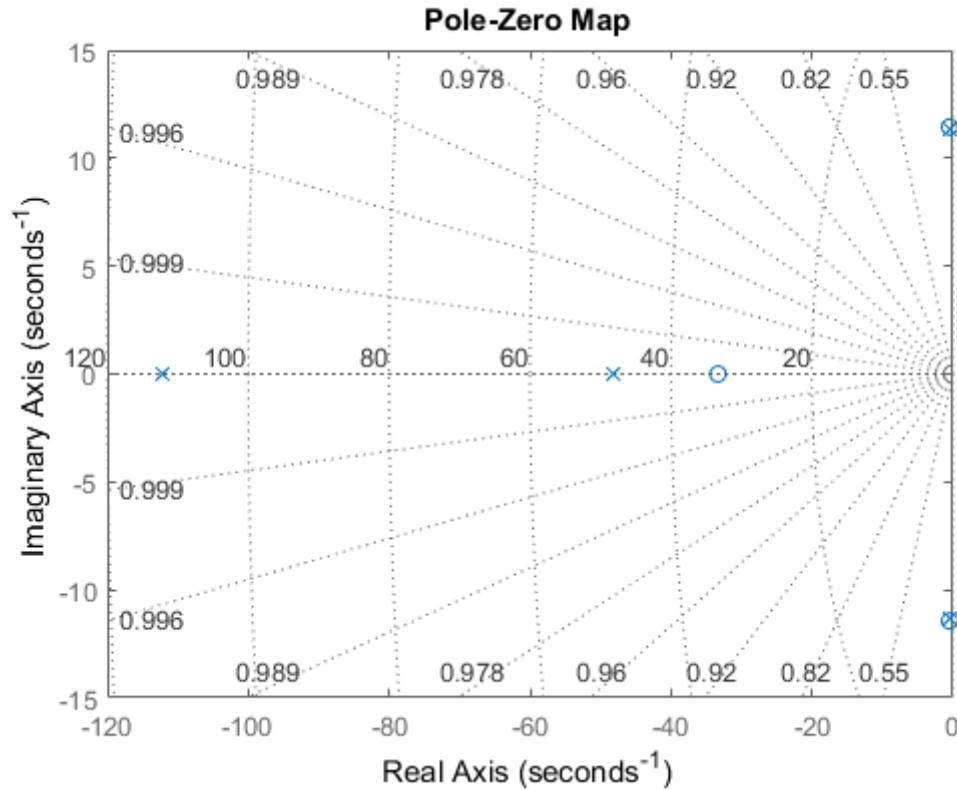


Figura 1: Pólos e zeros de $X_1(s)$ para PD_1

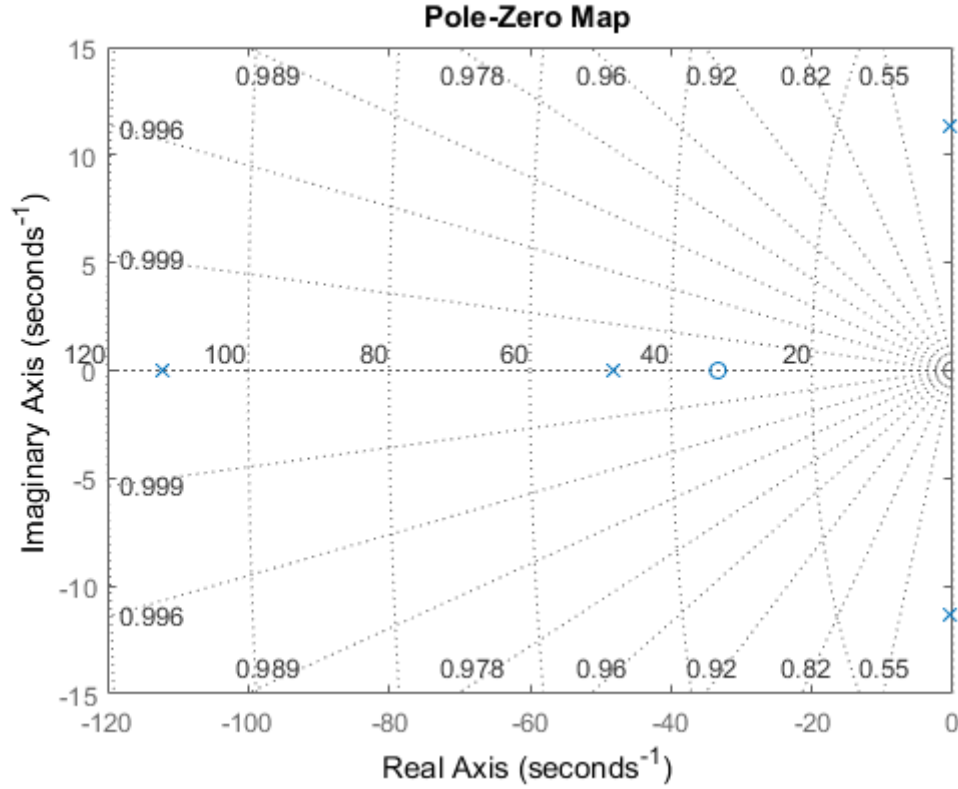


Figura 2: Pólos e zeros de $X_2(s)$ para PD_1

$X_1(s)$:

Pólos (rad/s):

- -112.14
- -48.28
- $-0.50 + 11.32i$
- $-0.50 - 11.32i$

Zeros (rad/s):

- -33.3333
- $-0.4570 + 11.4425i$
- $-0.4570 - 11.4425i$

$X_2(s)$:

Pólos (rad/s):

- -112.14
- -48.28
- $-0.50 + 11.32i$
- $-0.50 - 11.32i$

Zeros (rad/s):

- -33.3333

Pode-se ver que os pólos são os mesmos para $X_1(s)$ e $X_2(s)$. Existe também um zero em comum. A diferença dos zeros é a presença de um par de zeros contido no plano imaginário em $X_1(s)$.

Pólo(s) dominante(s) de PD_1 :

$X_1(s)/R(s)$:

- $-0.50 \pm 11.32i$

$X_2(s)/R(s)$:

- $-0.50 \pm 11.32i$

Já para o controlador PD_2 ($k_p = 0.05, k_d = 0.01$), tem-se os seguintes pólos e zeros:

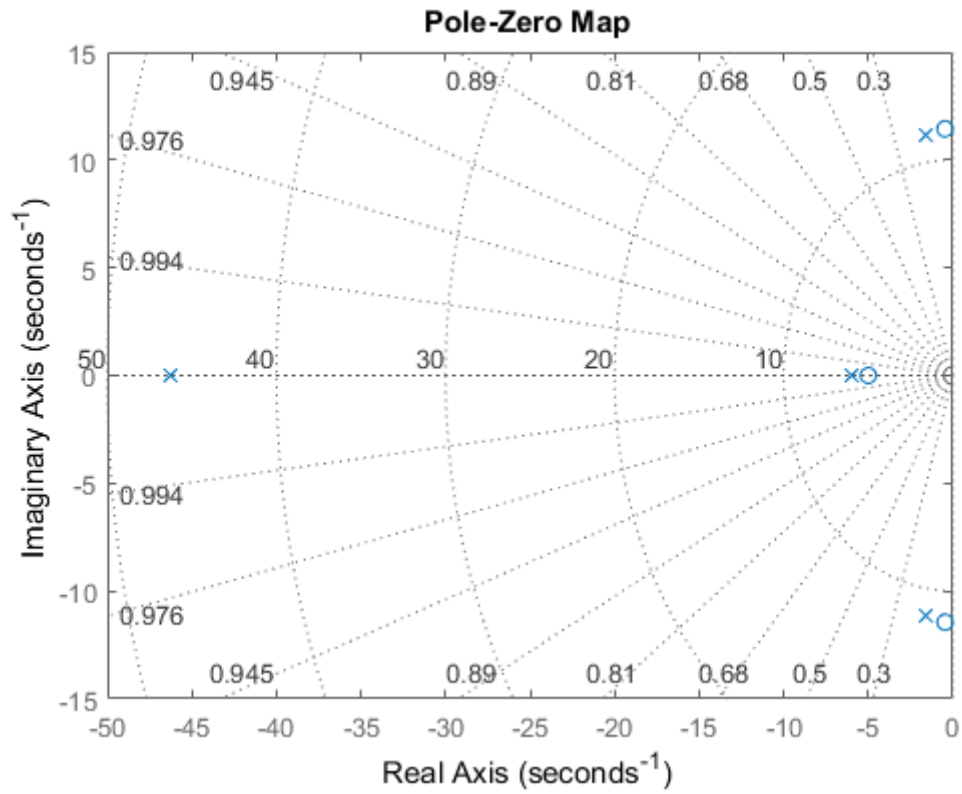


Figura 3: Pólos e zeros de $X_1(s)$ para PD_2

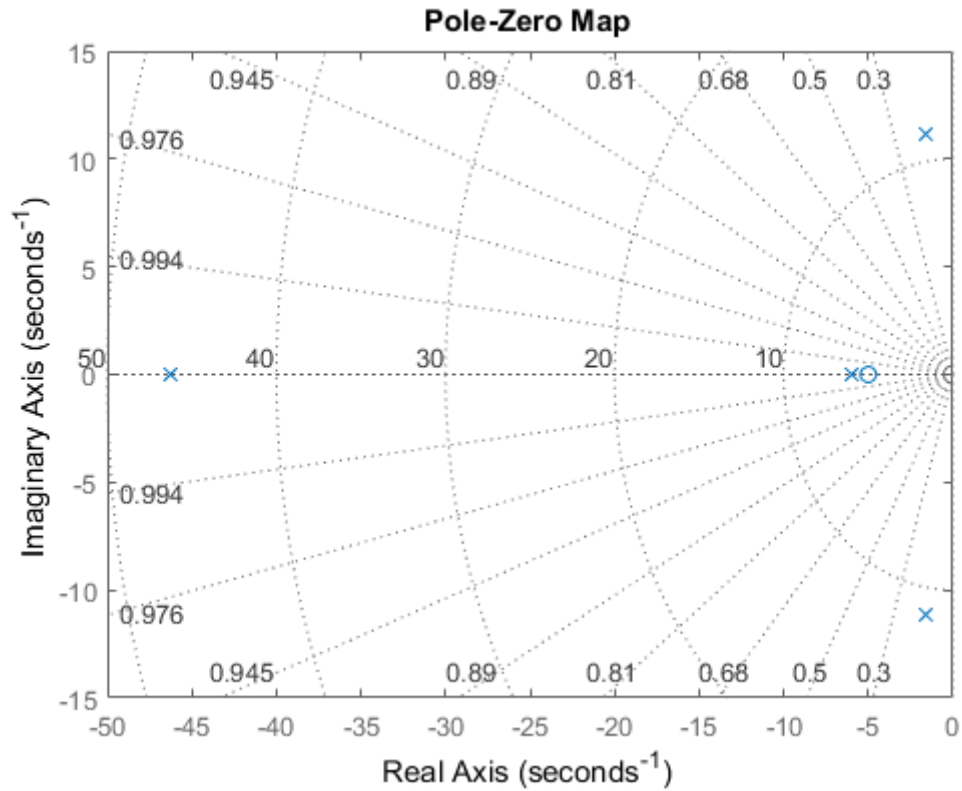


Figura 4: Pólos e zeros de $X_2(s)$ para PD_2

$X_1(s)$:

Pólos (rad/s):

- -46.2243
- -5.9304
- $-1.6007 + 11.1483i$
- $-1.6007 - 11.1483i$

Zeros (rad/s):

- -5.0000
- $-0.4570 + 11.4425i$
- $-0.4570 - 11.4425i$

$X_2(s)$:

Pólos (rad/s):

- -46.2243
- -5.9304
- $-1.6007 + 11.1483i$
- $-1.6007 - 11.1483i$

Zeros (rad/s):

- -5.0000

Pode-se ver que os pólos são os mesmos para $X_1(s)$ e $X_2(s)$. Existe também um zero em comum. A diferença dos zeros é a presença de um par de zeros contido no plano imaginário em $X_1(s)$.

Pólo(s) dominante(s) de PD_2 :

$X_1(s)/R(s)$:

- $-1.6007 \pm 11.1483i$

$X_2(s)/R(s)$:

- $-1.6007 \pm 11.1483i$

Pode-se perceber que os pólos dominantes são os mesmos em $X_1(s)$ e $X_2(s)$, tanto para o controlador PD_1 quanto para PD_2 .

As respostas temporais da entrada ao degrau de $X_1(s)$ e $X_2(s)$, para os controladores PD_1 e PD_2 , são:

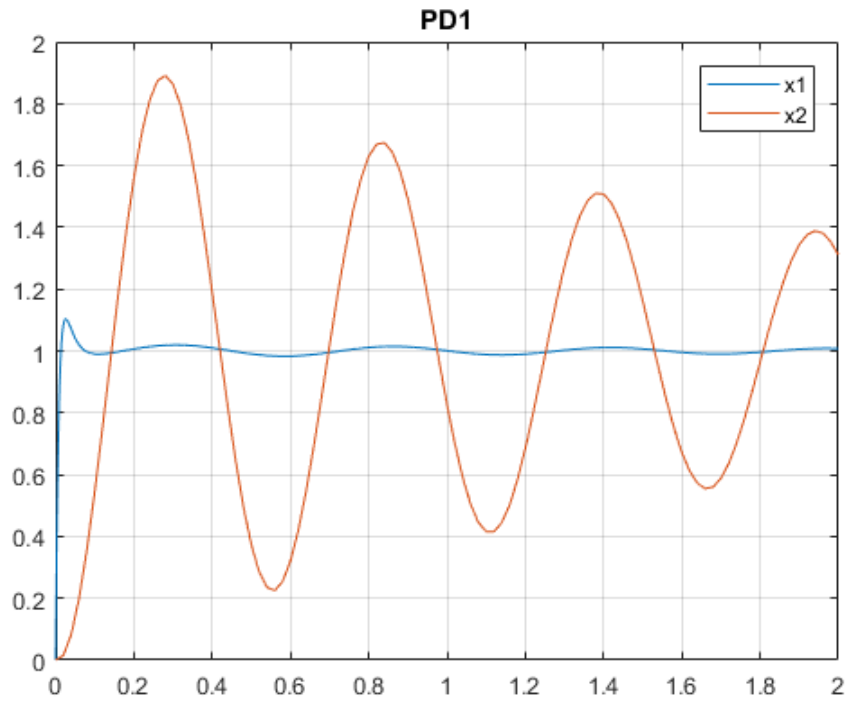


Figura 5: Respostas ao degrau usando PD_1

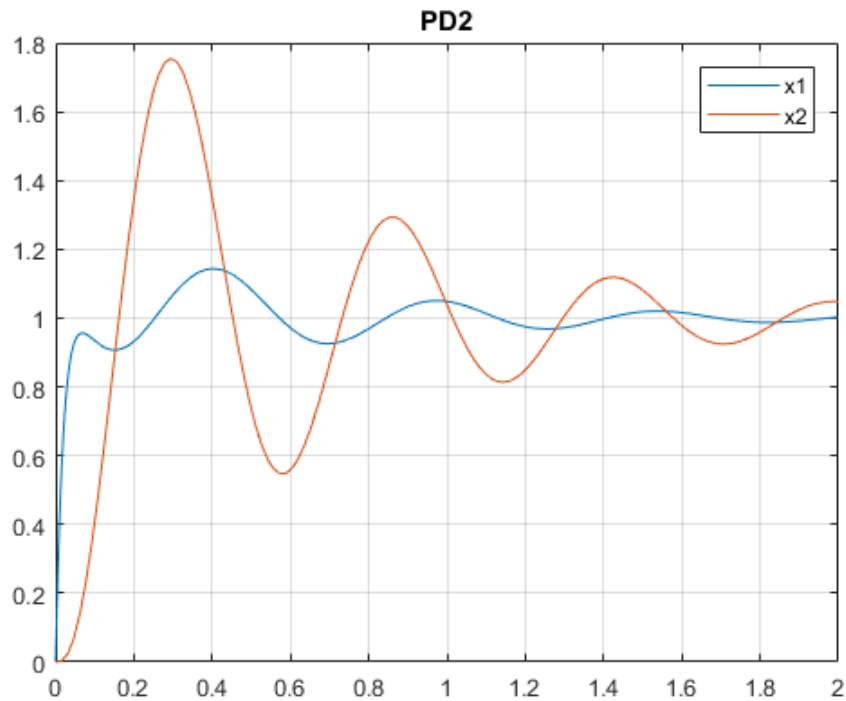


Figura 6: Respostas ao degrau usando PD_2

Na resposta temporal, vemos que tanto para PD_1 como para PD_2 , o carro oscila muito. Para o carro 1, porém, percebe-se que há mais oscilação na resposta com PD_2 do que na com PD_1 . Isso pode ser explicado pela localização dos pólos nas duas funções de transferência. Com PD_1 , os pólos

dominantes (aqueles conjugados mais próximos ao eixo imaginário) ficam muito próximos dos zeros, o que anula em parte o seu forte efeito oscilatório.

Já com PD2, os pólos dominantes ficam um pouco mais à esquerda e distantes dos zeros. Por conta disso, o seu efeito oscilatório é menos atenuado pelos pólos, o que resulta em uma resposta temporal com mais oscilação.

2.

Diagrama de Bode da função de transferência de malha aberta $k_{hw}G_c(s) \cdot \frac{N_1(s)}{D(s)}$:

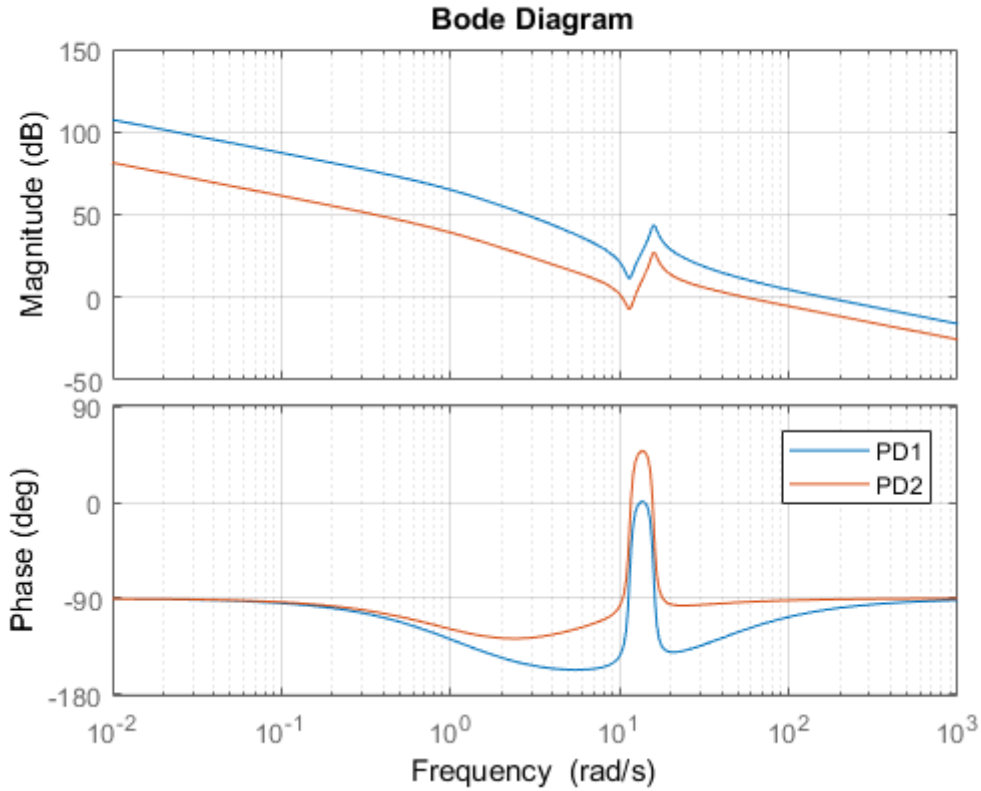


Figura 7: Diagram de Bode em malha aberta

A função de transferência de Bode para a malha fechada $\frac{X_1(s)}{F_d(s)}$ é:

$$\begin{aligned}
 X_1(s) &= \frac{N_1(s)}{D(s)} \cdot \{F_d(s) + [k_{hw} \cdot G_c(s) \cdot (-X_1(s))]\} \Rightarrow \\
 X_1(s) \cdot \left(1 + \frac{N_1(s)}{D(s)} \cdot G_c(s)\right) &= \frac{N_1(s)}{D(s)} \cdot F_d(s) \Rightarrow \\
 \frac{X_1(s)}{F_d(s)} &= \frac{\frac{N_1(s)}{D(s)}}{1 + \frac{N_1(s)}{D(s)} \cdot G_c(s)}
 \end{aligned}$$

Diagrama de Bode da função de transferência de malha fechada $\frac{X_1(s)}{F_d(s)}$:

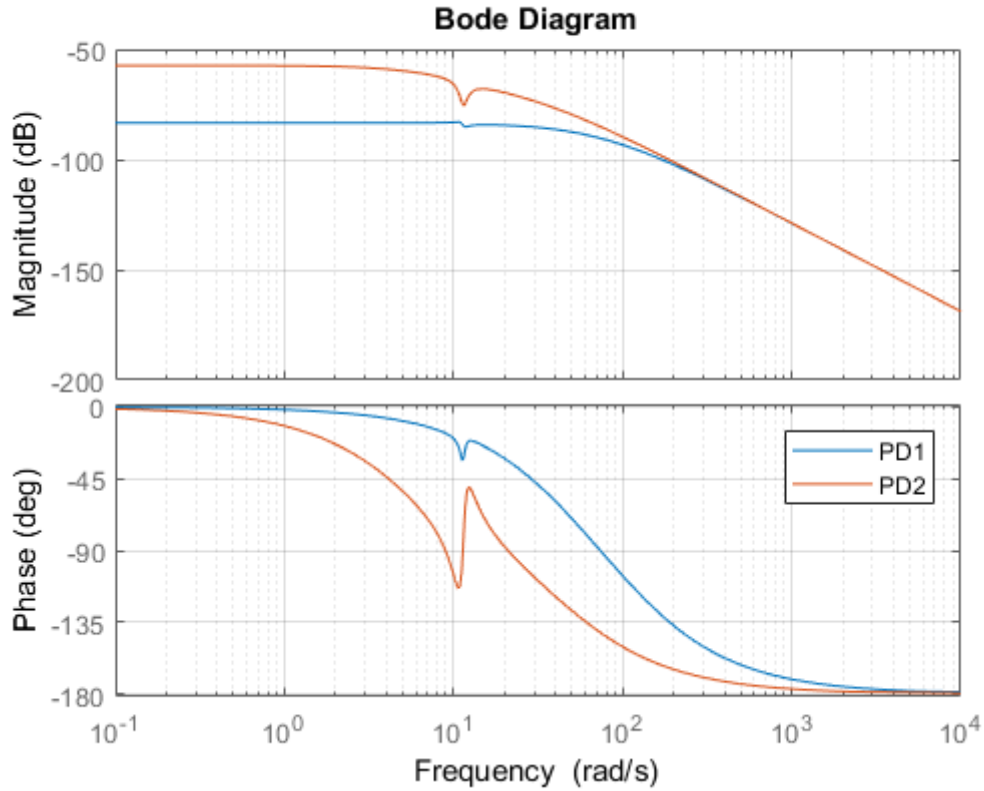


Figura 8: Diagram de Bode em malha fechada

3. Para altas frequências, PD1 e PD2 se igualam assintoticamente, tanto para a malha aberta quanto para a malha fechada.

Já para as altas frequências, PD1 tem maior magnitude que PD2 para a malha aberta, enquanto para a malha fechada PD1 possui menor magnitude que PD2. Entre a malha aberta e a malha fechada, PD1 tem sua magnitude reduzida a ponto de ser menor que PD2, mostrando, então, que PD1 atenua mais os distúrbios do que PD2.