Trabalho 1

Sumário

Informações gerais

- Disciplina: Laboratório de Controle Automático 2
- Professor: Fernando Passold
- Aluno: Homero Kemmerich
- Repositório: github.com/HomeroKemmerich/pid-syntonization.git

Descrição

1. Aplicar o método 1 para sintonia de um PID para a seguinte planta:

   $G_1(s) = \frac{5}{2}\frac{1}{s^2+5{,}5s+2{,}5}$

   Suponha que o sistema sintonizado com PID deva tentar respeitar: $OS < 20\%$ e $t_s < 0,67$ segundos (para entrada degrau unitário).

   Não é necessário realizar sintonia fina deste PID.

2. Aplicar os últimos 2 métodos de sintonia de um PID à seguinte planta:

   $G_{2\ 3}(s) = \frac{21}{(s+1)(s+3)(s+7)}$

   Suponha que se deseja um $OS < 20$ e um tempo de assentamento abaixo de $2,5$ segundos (para entrada degrau unitário).

   Esperada sintonia fina do PID inicialmente obtido.

Resposta em malha aberta

Considerando a planta:

$G_1(s) = \frac{5}{2}\frac{1}{s^2+5{,}5s+2{,}5}$

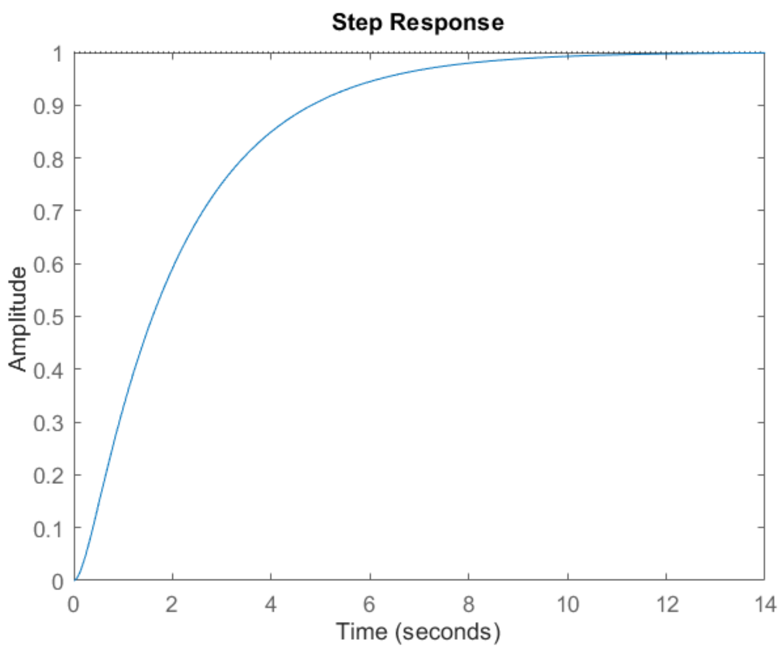

Figure 1: Resposta em degrau unitário

Primeiro transformamos a resposta em um vetor para poder utilizar a ferramente "Basic Fitting"

```
>> G_1 = tf(5/2, [1 5.5 2.5]);
>> t =  0:0.1:14;
>> [y, t] = step(G_1);
```

1. Utilizando a ferramenta Basic Fitting, propõe-se o seguinte polinômio de 8ª ordem, cuja curva sobrepõe a curva do controlador:

   $y = 1.7917 \cdot 10^{-7}x^8 - 9.7264 \cdot 10^{-6}x^7 + 0.00021777x^6 - 0.0025811x^5 + 0.017097x^4 - 0.058352x^3 + 0.04594x^2 + 0.34988x - 0.029187$

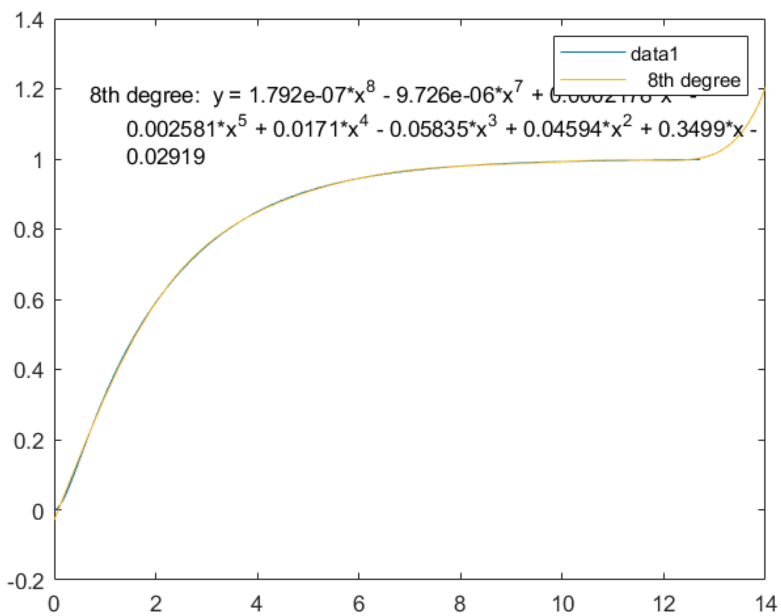

Figure 2: G_1

2. Obtemos os valores mínimos e máximos da curva derivando-a duas vezes

```
>> p = fit.coeff;        % coeficientes do polinômio
>> dp = polyder(p);      % derivada 1a
>> ddp = polyder(dp);    % derivada 2a
```

3. Obtemos, então, as raízes da derivada segunda para encontrarmos o ponto de inflexão

```
>> roots(ddp)
```

```
ans =

    11.7217 + 0.0000i
    9.7806 + 0.0000i
    8.8513 + 0.0000i
    5.0220 + 1.8093i
    5.0220 - 1.8093i
    0.3167 + 0.0000i %!
```

considerando $y = a \cdot t + b$

```
>> x = ans(6);
>> a = polyval(dp, x);
>> b = polyval(p, x) - a * x;
```

4. Com isso, obtemos a reta tangente ao ponto de inflexão de G_1

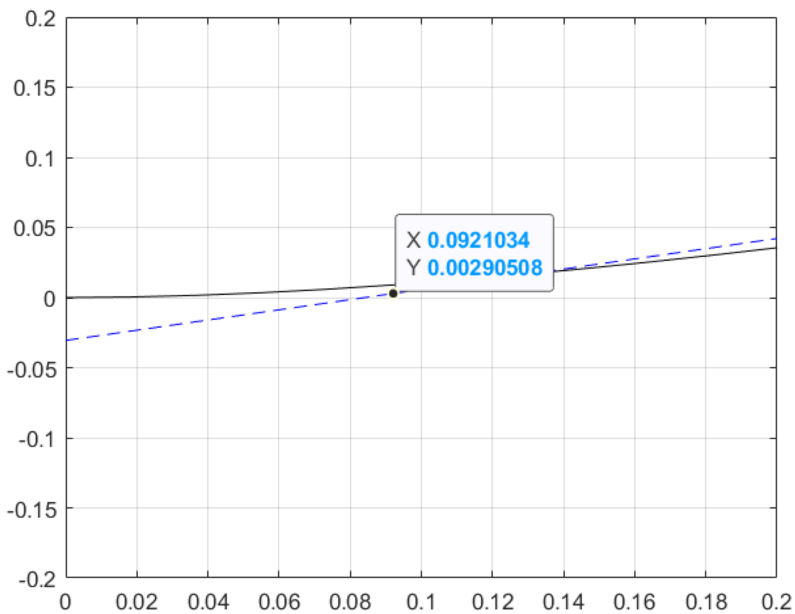

Figure 3: L

Considerando:

$y = a \cdot t + b;\ 0 = a \cdot t + b\ \therefore\ t = -\frac{b}{a}$

e

$y = a \cdot t + b;\ 10 = a \cdot t_1 + b\ \therefore\ t_1 = \frac{(10-b)}{a}$

```
>> L = -b/a;
>> t_1 = (10 - b) / a;
>> T = t_1 - L;
```

5. Agora, aplicamos os termos L e T na equação do PID:

   $C(s) = \frac{0{,}6T(s+\frac{1}{L})^2}{s}$

   ```
   >> s = tf('s');
   >> C_PI = 0.6 * T * (s + 1/L)^2 / s;
   ```

   $C_{PI}(s) = \frac{16{,}508(s+11{,}89)^2}{s}$

6. Por fim fechamos a malha do controlador, obtendo uma resposta com *overshoot* próximo de 20% e tempo de assentamento menor que $0,65s$.

   ```
   >> oloop_C_PI = C_PI * G_1;
   >> cloop_C_PI = feedback(oloop_C_PI, 1);
   ```

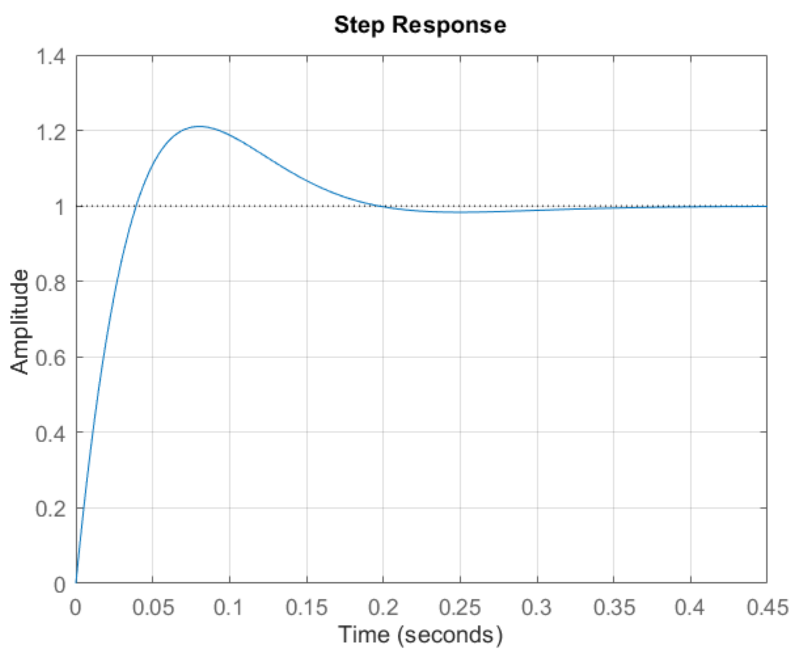

Figure 4: C_{PI} em malha fechada

```
    RiseTime: 0.0299
TransientTime: 0.1776
SettlingTime: 0.1776 %!
SettlingMin: 0.9298
SettlingMax: 1.2104
```

```
    Overshoot: 21.0444 %!
   Undershoot: 0
         Peak: 1.2104
     PeakTime: 0.0807
```

Método K_u

Considerando a planta:

$\frac{21}{(s+1)(s+3)(s+7)}$

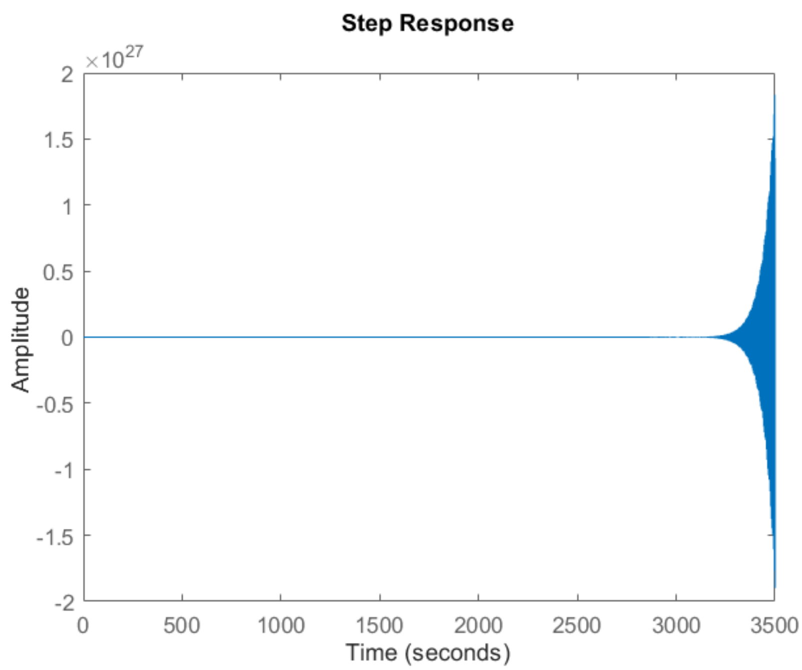

Figure 5: Resposta para degrau unitário

1. Encontramos seu ganho máximo através de seus polos, utilizanod o lugar geométrico das raízes.

   a. Vamos assumir o ganho máximo como um valor entre 14.1 dB e 16.9 dB

```
>> K_u = 15.5; %(16.9 - 14.1)/2
```

2. Com isso, fechamos a malha aplicando o ganho máximo, de acordo com o Modelo 1. A resposta desse modelo será um sistema em oscilação constante.

3. Com base na oscilação, calculamos o período dessa oscilação para que possamos utilizar a Tabela de Ziegler-Nichols.

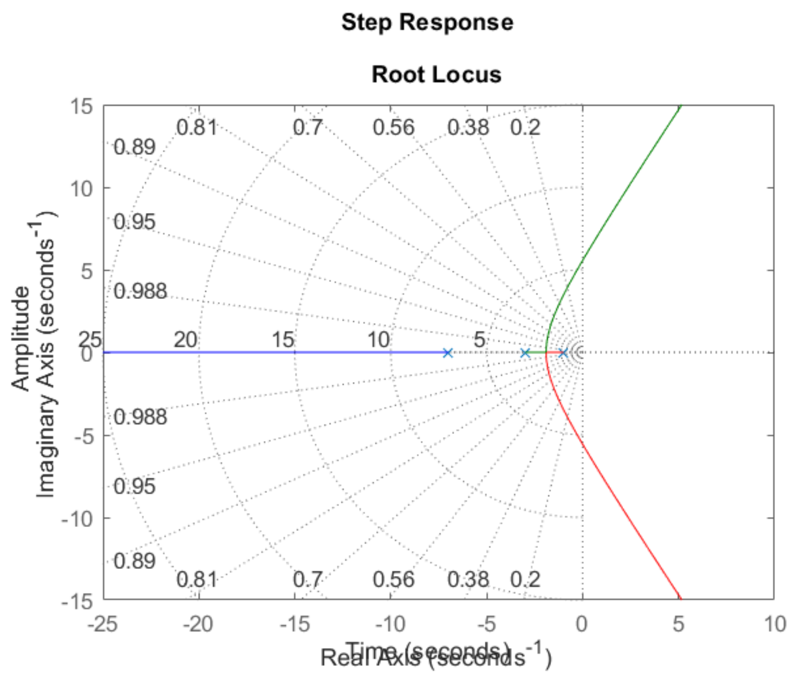

Figure 6: Lugar geométrico das raízes de G

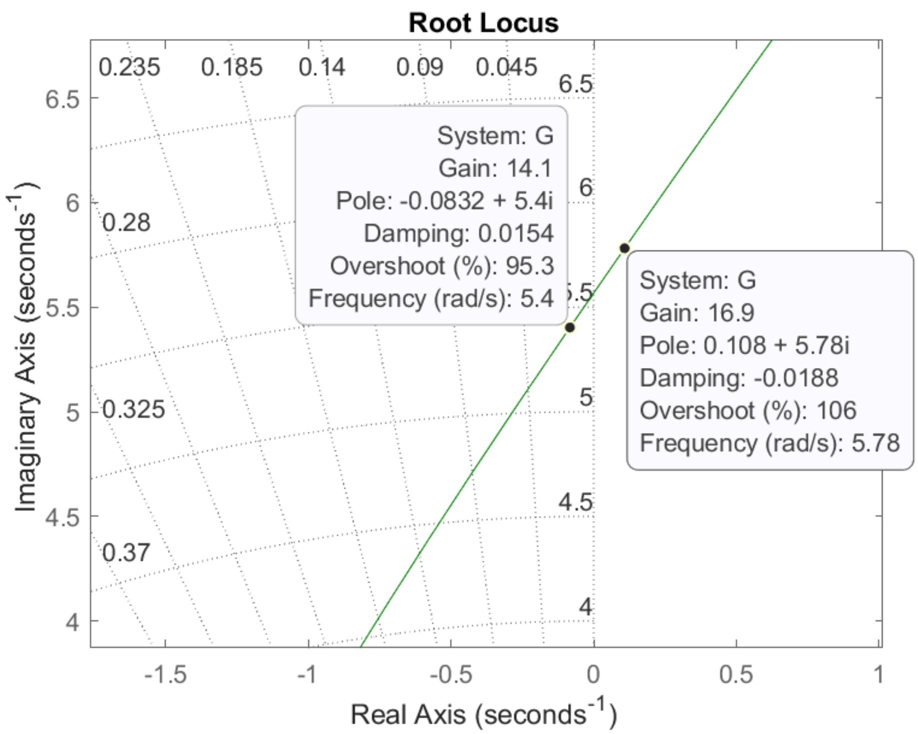

Figure 7: Ganho máximo

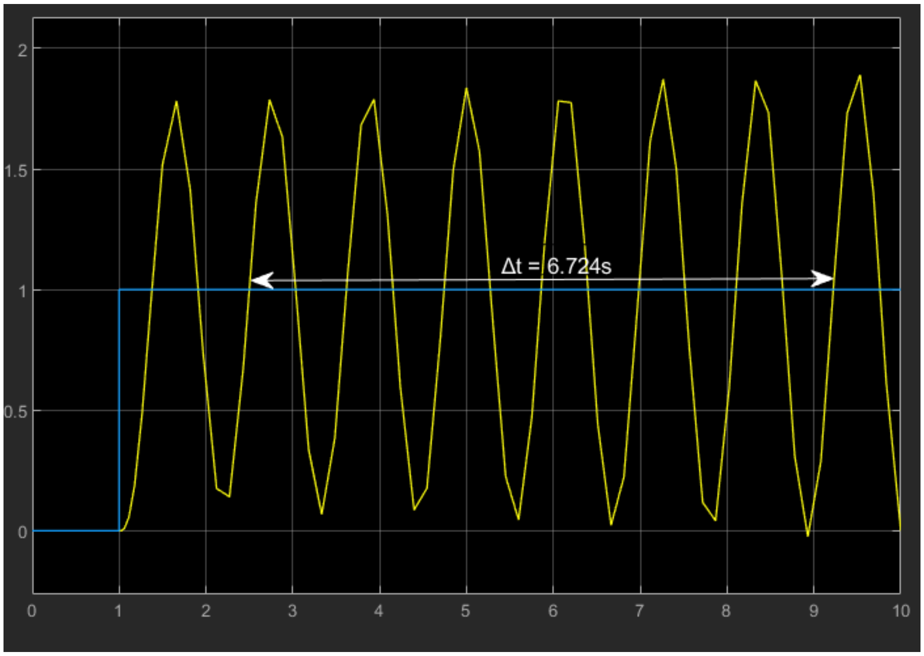

Figure 8: Sistema em oscilação constante

```
>> delta_t = 6.724;
>> cicle_count = 6;
>> T_u = delta_t / cicle_count;
```

4. Aplicando os valores de PID para encontrarmos o os ganhos proporcional, integrativo e derivativo, temos:

```
>> K_p = 0.6 * K_u;              % 09.3000 dB
>> K_i = 1.2 * (K_u/T_u);        % 16.5973 db
>> K_d = 0.075 * (K_u * T_u);    % 01.3028 dB
```

   a. Aplicando à planta do Simulink obtemos o Modelo 2:

5. É possível observar um overshoot maior que 50, portanto vamos otimizar utlizando novamente a tabela de Ziegler-Nichols:

```
>> K_p = (1/3) * K_u;            % 05.1667 dB
>> K_i = (2/3) * (K_u/T_u);      % 09.2207 dB
>> K_d = (1/9) * (K_u*T_u);      % 01.9300 dB
```

Assim, obtemos o Modelo 3 como resposta final, com uma resposta otimizada:

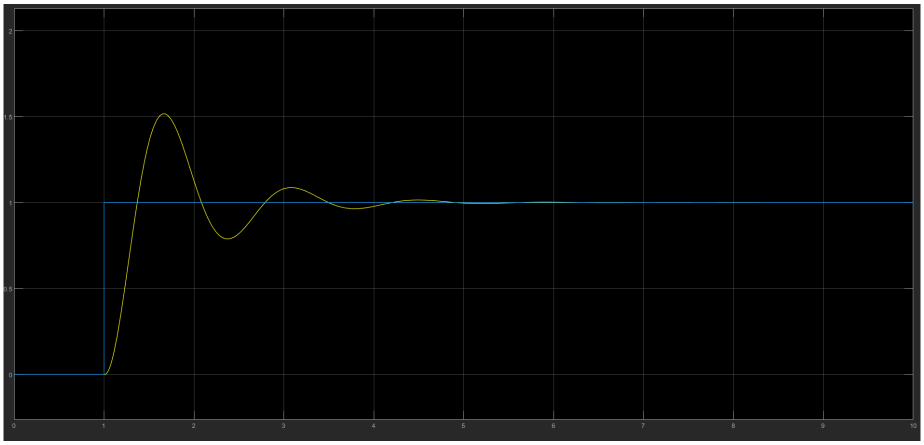

Figure 9: PID

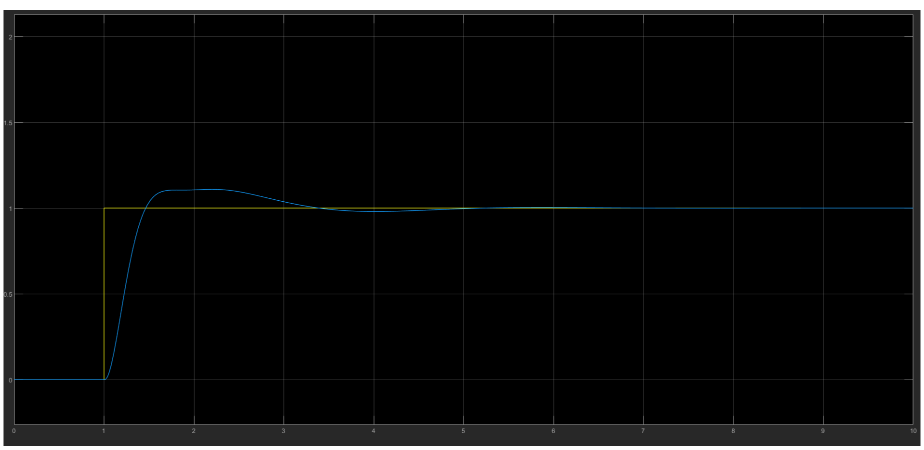

Figure 10: PID otimizado

Método do relé

Considerando a planta:

$G_1(s) = \frac{5}{2}\frac{1}{s^2+5{,}5s+2{,}5}$

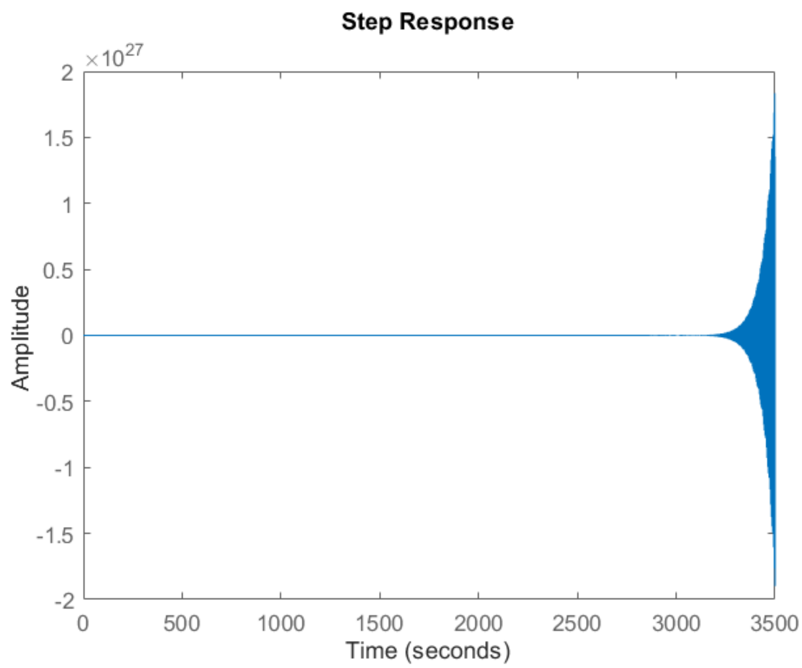

Figure 11: Resposta em degrau unitário

1. É criada uma planta de ajuste do relé, como é mostrado no Modelo 4.
2. É calculado o ganho de baixa frequência da planta. esse ganho será utilizado na própria planta (Modelo 4);

```
>> T = dcgain(G);    % 1 dB
```

3. Obtém-se o período e a amplitude da resposta, para calcular os valores de T_u e a.

```
>> a = 14.94;
>> T_u = 2.001;
```

4. Com base na saída do relé, calcula-se também a sua amplitude:

```
>> d = 60;
```

5. Com esses valores, encontra-se o ganho máximo do sistema (K_u)

```
>> K_u = (4 * d) / (pi * a);    % 5.1134 dB
```

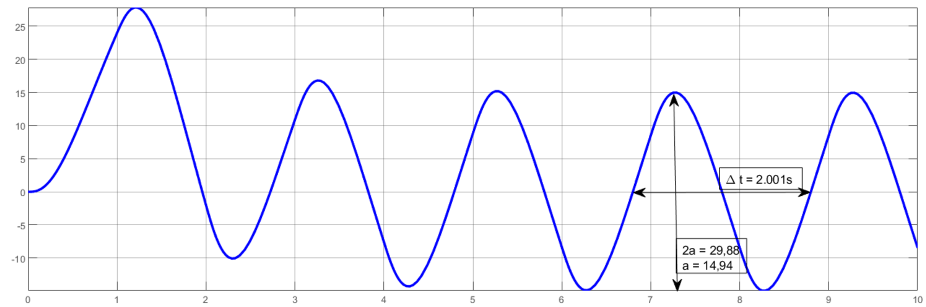

Figure 12: Saída do sistema

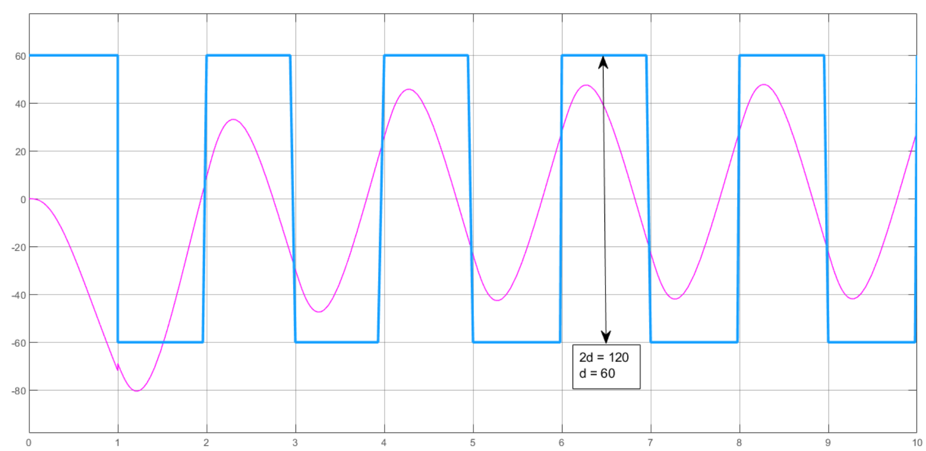

Figure 13: Saída do relé

6. Calcula-se os ganhos do PID a partir das informações obtidas. O exemplo pode ser ilustrado pelo Modelo 5.

```
>> K_p = 0.6 * K_u;                % 3.0680 dB
>> K_i = 1.2 * (K_u / T_u);       % 3.0665 dB
>> K_d = 0.075 * (K_u * T_u);     % 0.7673 dB
```

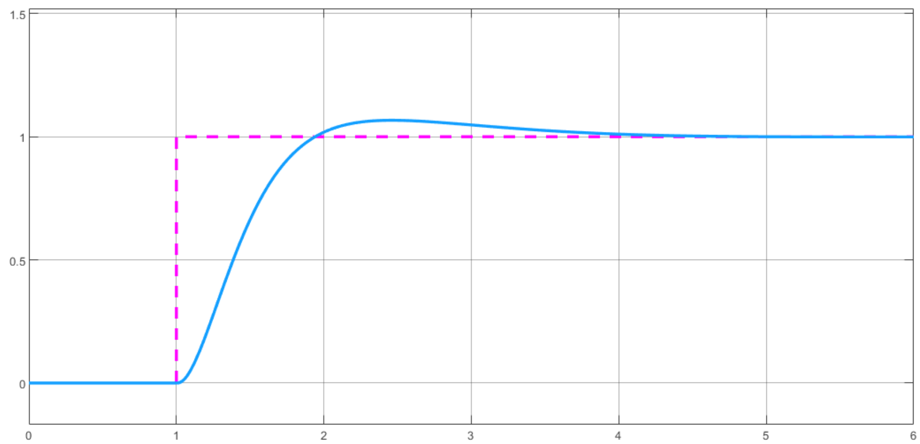

Figure 14: Saída do PID

O controlador não precisa ser otimizado pois já atende aos requisitos de tempo e *overshoot*

Conclusão

É possível observar que, para as plantas apresentadas e de acordo com o método utilizado para cada uma delas, a que mais se adequa é a segunda planta com o método do relé, pois apresenta uma resposta que atende aos requisitos sem a necessidade de uma otimização.