

V nelineárnom regulačnom obvode je zapojené **relé s hystereézou** (obmedzenie $M = 1$, hystereéza $d = 1$) do série s dynamickým **systémom 2. rádu** (časová konštanta $T = 0,1\text{s}$, tlmenie $b = 0,707$). Aké má byť zosilnenie K dynamického systému, aby v obvode vznikli oscilácie o amplitúde $A = d$? Aká bude frekvencia ω oscilácií?

Lineárna prenosová funkcia:
$$G(s) = \frac{K}{T^2 s^2 + 2bTs + 1}$$

Relé s hystereézou: ($M = 1, d = 1$)

$$a_1 = \frac{4M}{\pi} \frac{\sqrt{A^2 - d^2}}{A}$$

$$b_1 = -\frac{4M}{\pi} \frac{d}{A}$$

$$G_N(A) = \frac{a_1 + jb_1}{A}$$

Špeciálny prípad relé s hystereézou: (pre $A = d$)

$$a_1 = 0$$

$$b_1 = -\frac{4M}{\pi}$$

$$G_N(A) = -j \frac{4M}{\pi A}$$

Analytické riešenie metódou harmonickej rovnováhy: (na tabuli)

$K = ?; \omega = ?$

$$T = 0,1\text{s}$$

$$\omega = \frac{1}{T} = 10 \text{ rads}^{-1}$$

$$M = 1; A = d = 1; b = 0,707$$

$$K = \frac{\pi d}{2M} b = 1,1106$$

Graficko-analytické overenie: (Matlab)

```
% Rele s hysterezou + sustava 2. radu.
% Poziadavka: A=d, vtedy ma GN(A) nulovu realnu zlozku a imaginarna zlozka
% je -4*M/pi/A
```

```
clear;
M = 1; d = 1;
T = 0.1; b = .707;
```

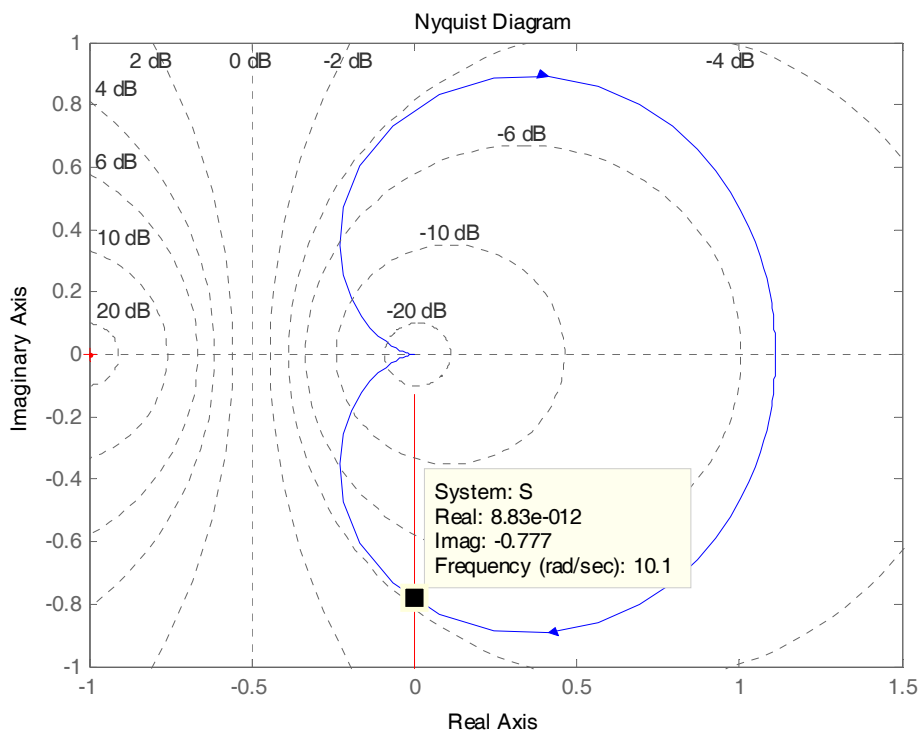
```
% Analyticke riesenie
```

```
w = 1/T;
K = pi*d*b/2/M;
```

```
% Graficko-analyticke overenie
```

```
s = tf('s');
S = K/(T*T*s*s+2*b*T*s+1);
nyquist(S); grid on; hold on;
```

```
plot([0 0],[ -1 0], 'r');
```



$$\operatorname{Im}\left\{-\frac{1}{G_N(A)}\right\} = -\frac{\pi A}{4M}$$

$$A = -\frac{4M \operatorname{Im}}{\pi}$$

Z grafu:

$$\omega = 10,1 \text{ rads}^{-1}$$

$$\operatorname{Im} = -0,777$$

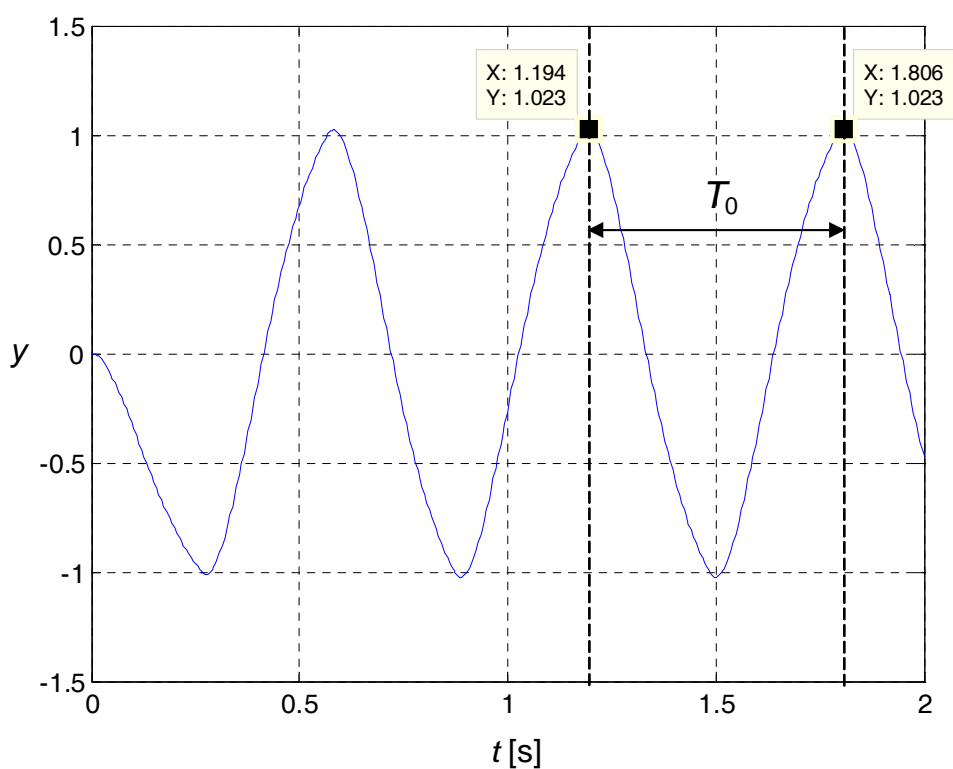
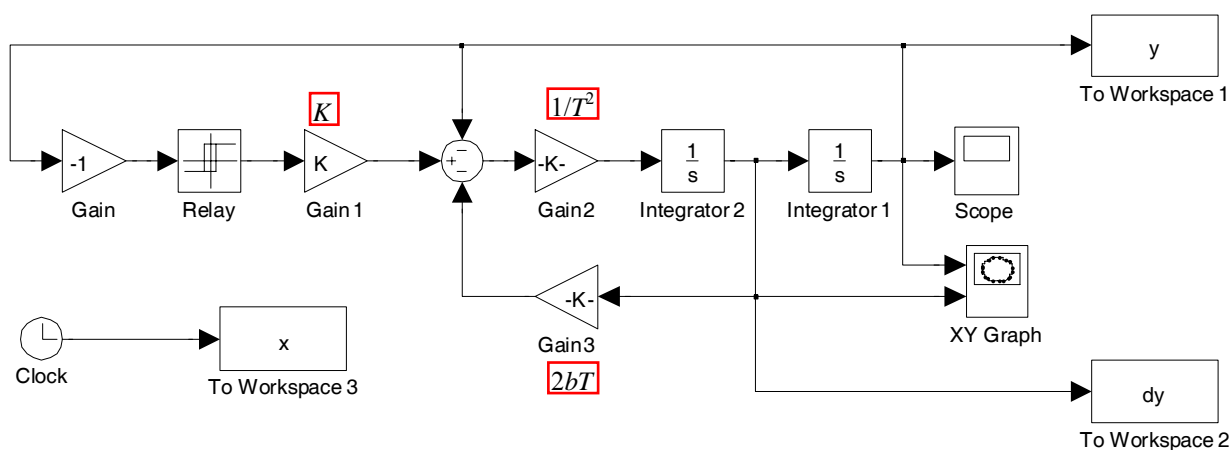
$$A = -\frac{4M \operatorname{Im}}{\pi} = 0,9893$$

Simulácie v Matlabe (overenie)

$$G(s) = \frac{K}{T^2 s^2 + 2bTs + 1} = \frac{Y}{U}$$

$$T^2 \ddot{y} + 2bT \dot{y} + y = Ku$$

$$\ddot{y} = \frac{1}{T^2}(Ku - 2bT\dot{y} - y)$$



Vypočítané hodnoty:

$$A = 1$$
$$\omega = 10$$

Modelované hodnoty:

$$\begin{aligned} A &= 1.02 \\ \omega &= 10.267 \text{ rads}^{-1} \\ T_0 &= 0.612 \text{ s} \end{aligned}$$

Fázový portrét:

