

Modelovanie lineárnych dynamických systémov

časové charakteristiky – prechodová a impulzná

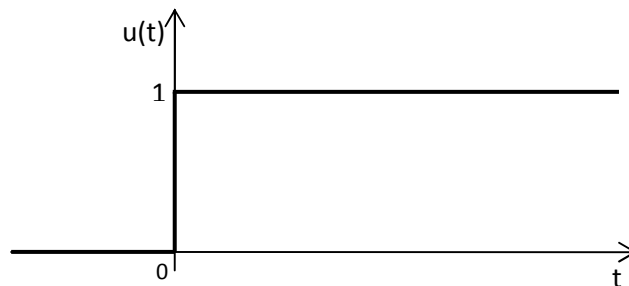
frekvenčné charakteristiky – Nyquistova, Nicholsova a Bodeho

Časové charakteristiky

Prechodová funkcia a charakteristika

- ⇒ Prechodová charakteristika je odpoveď dynamického systému na jednotkový skok pri nulových počiatočných podmienkach.
- ⇒ Jej analytické vyjadrenie sa nazýva prechodová funkcia
- ⇒ Jednotkový skok (Heavisidov skok) sa označuje ako $1(t)$ a jeho matematické vyjadrenie:

$$1(t) = \begin{cases} 0 & \text{ak } t < 0 \\ 1 & \text{ak } t \geq 0 \end{cases}$$



Jednotkový skok

- ⇒ V simulačnom jazyku MATLAB tejto charakteristike odpovedá funkcia **step(systém)**

```
% grafické znázornenie prechodovej charakteristiky pre LTI DS
step(num,den) % LTI DS zadaný pomocou num a den
step(num,den,t) % prechodová charakteristika na definovanom časovom intervale
step(sys)

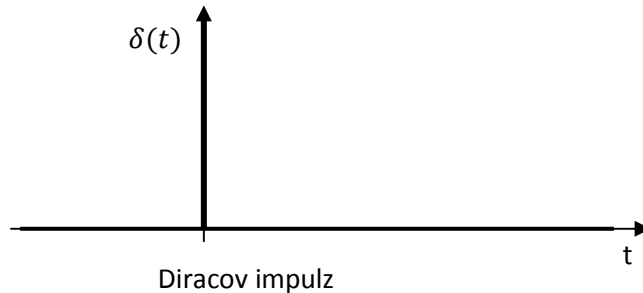
% numerické vyjadrenie prechodovej charakteristiky pre LTI DS
[y,x,t]=step(num,den)
% y - matica výstupu systému
% x - matica obsahujúca hodnoty stavového vektora

% LTI DS vyjadrený v stavovom priestore
[y,x,t]=step(A,B,C,D)
```

Váhová funkcia a impulzná charakteristika

- ⇒ Impulzná charakteristika je odozva na výstupe z lineárnej dynamickej sústavy na Diracov impulz (Jednotkový impulz).
- ⇒ Váhová funkcia je analytické vyjadrenie odozvy nenabudenej sústavy na Diracov impulz.
- ⇒ Jednotkový impulz označujeme $\delta(t)$ a má nasledujúce matematické vyjadrenie:

$$\delta(t) < \begin{matrix} 0 \text{ ak } t > 0, t < 0 \\ \text{nie je definované ak } t = 0 \end{matrix}$$



- ⇒ V simulačnom jazyku MATLAB tejto charakteristike odpovedá funkcia ***impulse(system)***

```
% grafické znázornenie impulznej charakteristiky pre LTI DS
impulse(sys) % LTI DS
impulse(sys,t) % impulzná charakteristika na definovanom
                % časovom intervale

% numerické vyjadrenie impulznej charakteristiky pre LTI DS
[y,x,t]=impulse(sys)
% y - matica výstupu systému
% x - matica obsahujúca hodnoty stavového vektora
```

PRÍKLAD 1

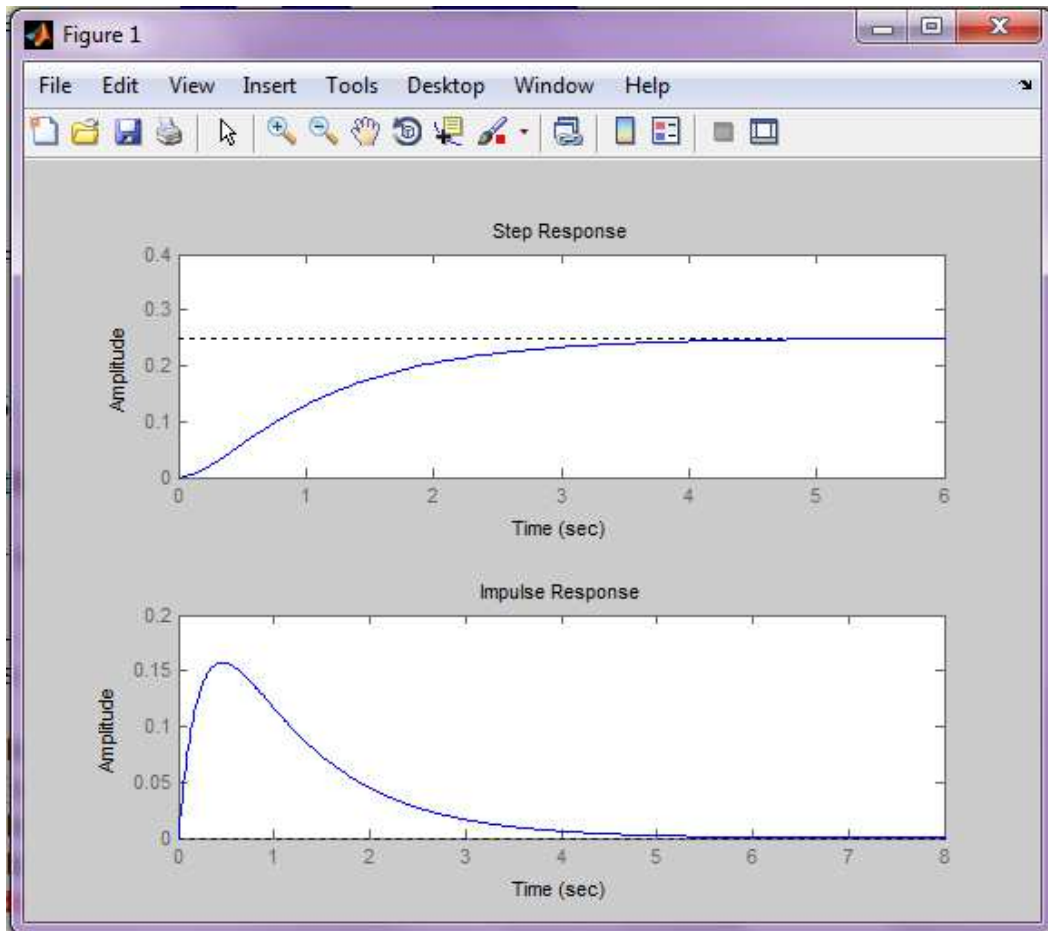
Majme obrazový prenos $F(s) = \frac{1}{s^2+5s+4}$. Vykreslite pomocou simulačného jazyku MATLAB jeho prenosovú a frekvenčnú charakteristiku.

```
>> num =1; % definícia čitateľa obrazového prenosu
>> den = [1 5 4]; % definícia menovateľa obrazového prenosu
>> sys=tf(num,den) % vytvorenie systému pomocou num, den

Transfer function:

    1
-----
s^2 + 5 s + 4

>> subplot(211)
>> step(sys) % vykreslenie prechodovej charakteristiky
>> subplot(212)
>> impulse(sys) % vykreslenie impulznej časovej charakteristiky
```



Frekvenčné charakteristiky

Nyquistová charakteristika

- ⇒ Nyquistová charakteristika je znázornenie komplexných hodnôt frekvenčného prenosu v Gaussovej rovine komplexných čísel, pričom vychádza z algebraického tvaru komplexného čísla (funkcie): $F(i\omega) = Re[F(i\omega)] + i Im[F(i\omega)]$
- ⇒ Využíva sa pri analýze stability
- ⇒ V simulačnom jazyku Matlab je možné Nyquistovú charakteristiku vykresliť pomocou funkcie ***nyquist(systém)***

```
% grafické znázornenie nyquistovej frekvenčnej charakteristiky pre LTI DS
nyquist(sys) % LTI DS - zobrazenie pre auto. výber  $\omega$ 
nyquist(sys,w) % zobrazenie pre zadaný vektor frekvencie  $\omega$ 

% numerické vyjadrenie nyquistovej frekvenčnej charakteristiky pre LTI DS
[re, im, w]=nyquist(sys)
% re, im - výstupné matice
% w - vektor frekvencií
```

Nicholsová charakteristika

- ⇒ Nicholsová charakteristika je znázornenie prirodzeného logaritmu frekvenčného prenosu v Gaussovej rovine komplexných čísel. Vychádza z exponenciálneho tvaru komplexnej funkcie: $\ln F(i\omega) = \ln|F(i\omega)|e^{i\varphi(\omega)} = \ln|F(i\omega)| + i\varphi(\omega)$
- ⇒ V simulačnom jazyku MATLAB je možné Nicholsovú charakteristiku vykresliť pomocou funkcie **nichols(systém)**

```
% grafické znázornenie nicholsovej frekvenčnej charakteristiky pre LTI DS
nichols(sys) % LTI DS
nichols(sys,w) % zobrazenie pre definovaný rozsah

% numerické vyjadrenie nicholsovej frekvenčnej charakteristiky pre LTI DS
[mag, faza]=nichols(sys)
% mag - výpočet amplitúdy
% faza - výpočet fáz
```

Bodeho charakteristiky

- ⇒ Bodeho frekvenčné charakteristiky sú v podstate parametrickým vyjadrením Nicholsovej frekvenčnej charakteristiky závislosti od $\log\omega$
- ⇒ Amplitúdová charakteristika – osobitne zakreslený priebeh amplitúdy
- ⇒ Fázová charakteristika – osobitne zakreslený priebeh fázy
- ⇒ V simulačnom jazyku MATLAB je možné Bodeho charakteristiky vykresliť pomocou funkcie **bode(systém)**

```
% grafické znázornenie bodeho frekvenčnej charakteristiky pre LTI DS
bode(sys) % LTI DS pre auto.  $\omega$ 
bode(sys,w) % zobrazenie pre zadaný vektor frekvencie  $\omega$ 

% numerické vyjadrenie bodeho frekvenčnej charakteristiky pre LTI DS
[mag, faza]=nichols(sys)
% mag - výpočet amplitúdy
% faza - výpočet fáz
```

PRÍKLAD 2

Majme obrazový prenos zadaný v tvare $F(s) = \frac{s-1}{s^2+0.5s+1}$, pomocou simulačného jazyka MATLAB vykreslite nyquistovú, nicholsovú a bodeho frekvenčné charakteristiky.

```
>> num= [1 -1]; % vytvorenie num - čitateľ obrazového prenosu
>> den = [1 0.5 1]; % vytvorenie denum - menovateľ obrazového prenosu
>> sys=tf(num,den) % vytvorenie obrazového prenosu pomocou num,den

Transfer function:

s - 1
-----
s^2 + 0.5 s + 1
```

```
>> subplot(311)
>> nyquist(sys) %nyquistová frekvenčná charakteristika
>> subplot(312)
>> nichols(sys) %nicholsová frekvenčná charakteristika
>> subplot(313)
>> bode(sys) % bodeho frekvenčné charakteristiky
```

