TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta mechatroniky, informatiky
a mezioborových studií

Technické prostředky řízení

Oddělení řízení procesů
Lukáš Hubka, Petr Školník, Jaroslav Hlava

Požadavky na zápočet, organizace předmětu

- Cvičení:
  - Úterý 16:10 – 19:10, Ing. Lukáš Hubka, Ph.D, lukas.hubka@tul.cz
  - ~~Čtvrtek 12:30 – 15:30,~~
  - Čtvrtek 7:00 – 10:20, Ing. Petr Školník, Ph.D, petr.skolnik@tul.cz

- Podpora předmětu na elearning.tul.cz, předmět TPR
- Podmínky pro zápočet:
  - Účast na cvičeních, povoleny 2 absence
  - Splnění průběžně zadávaných domácích úkolů (v termínu!), úkoly budou zadávány na cvičeních a/i přes elearning, odevzdání přes elearning

1. CVIČENÍ

Aproximační metody identifikace systému

Identifikace 1. řád

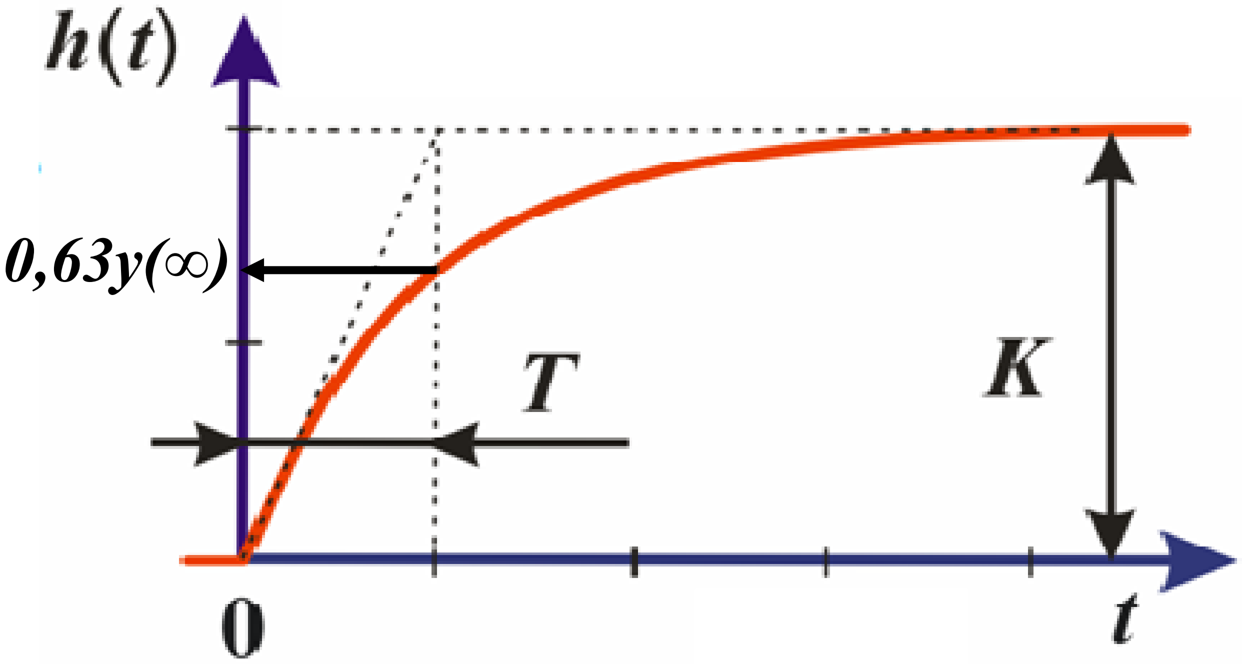
❑ Identifikace

$$G(s) = \frac{K}{T_1 s + 1}$$

- Zjistíme ustálenou hodnotu výstupní a vstupní veličiny. Jejich podílem získáme statické zesílení K.

$$K = \frac{\Delta y(\infty)}{\Delta u(\infty)}$$

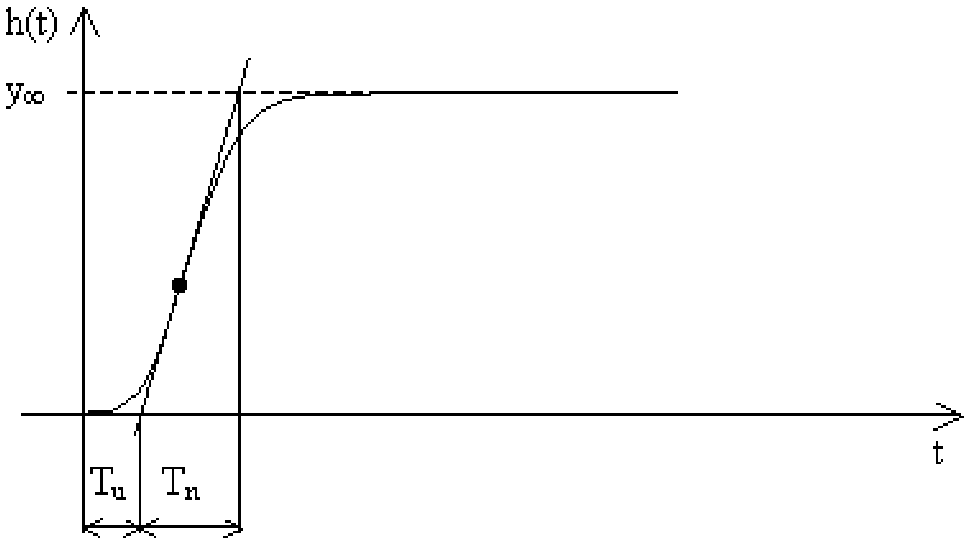
- Časovou konstantu T_1 určíme z hodnoty $0{,}63y(\infty)$.



Identifikace 2. řád

❑ Identifikace Strejcovou metodou

- Vykazuje-li odezva systému aperiodický průběh, lze ji aproximovat pomocí proporcionální soustavy 2. řádu s rozdílnými časovými konstantami nebo proporcionální soustavou *n*-tého řádu se stejnými časovými konstantami. Volba soustavy záleží na hodnotě parametru τ.
- $\tau < 0{,}104 \qquad G(s) = \dfrac{K}{(T_1 s+1)(T_2 s+1)}$
- $\tau \geq 0{,}104 \qquad G(s) = \dfrac{K}{(Ts+1)^n}$



$$\tau = \frac{T_u}{T_n}$$

Problém #1a

- Pro zadaná naměřená data přechodových charakteristik 4 různých systémů (viz datový soubor na elearningu) proveďte identifikaci pomocí **Strejcovy metody**.

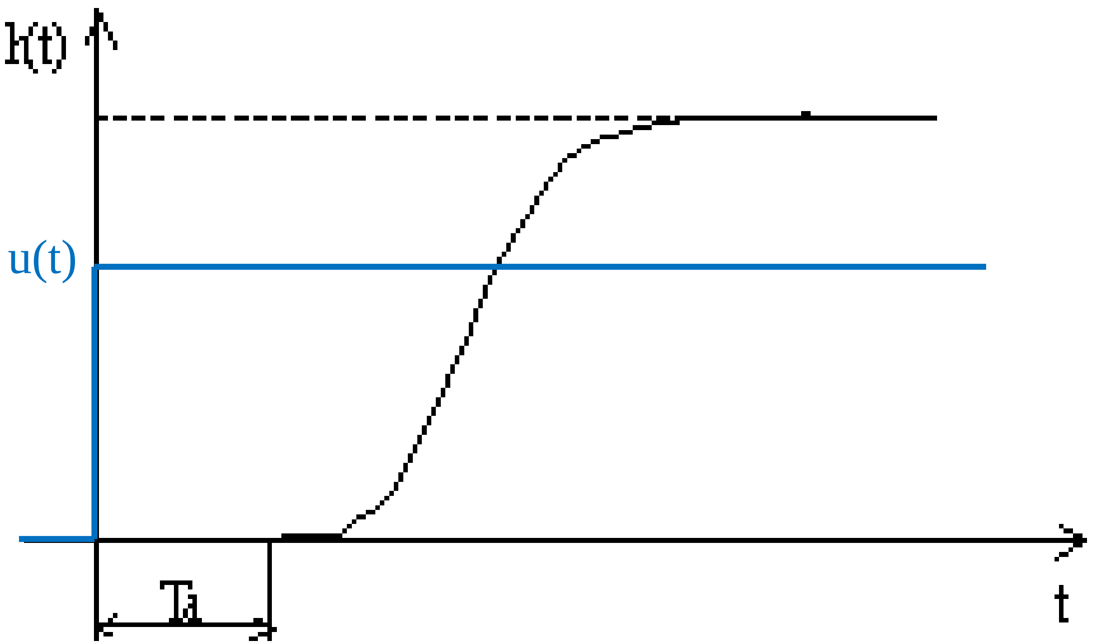
1. Výsledek identifikace pro každý datový záznam porovnejte s původními daty (samostatný graf pro každý systém)!

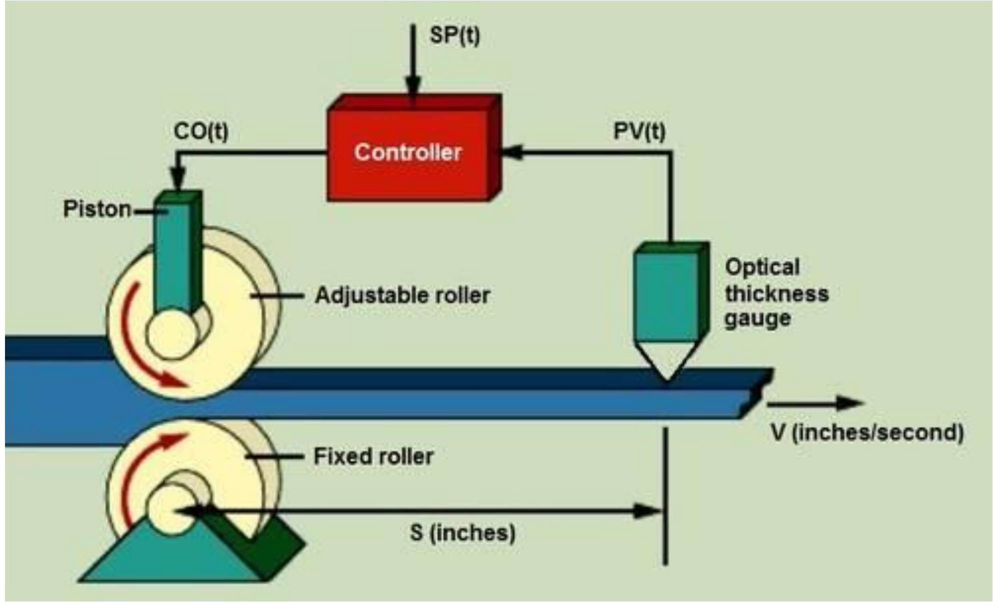
Pozn. Sestavte skript v Matlabu, který „automaticky“ zpracuje všechny datové záznamy **`y1`**, **`y2`**, **`y3`**, **`y4`** a vykreslí příslušné grafy!

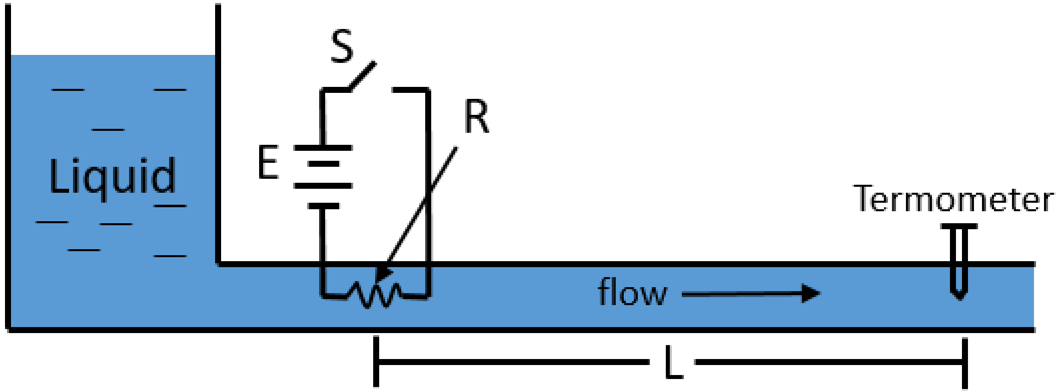
Systém s dopravním zpožděním

- Soustavy s dopravním zpožděním
  - Přenos soustav s dopravním zpožděním má tvar

$$\boxed{G(s) = G_1(s) \cdot e^{-T_d s}}$$







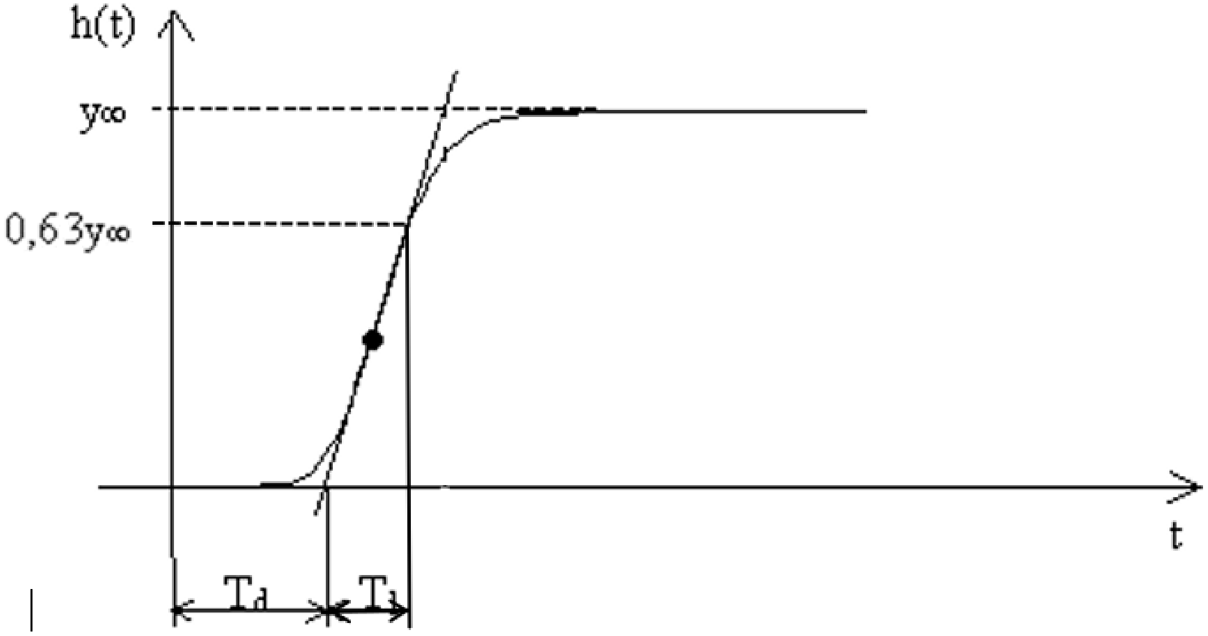
Identifikace 1. řád + dopravní zpoždění

- Aproximace tečny v inflexním bodě
  - V inflexním bodě přechodové charakteristiky sestrojíme tečnu, pomocí které určíme dopravní zpoždění T_d.
  - Konstanta T_1 je rovna časovému úseku, který uplyne mezi skončením doby průtahu T_d a časem, v němž přechodová charakteristika dosáhla 63 % své ustálené hodnoty $0{,}63y(\infty)$.
  - Statické zesílení K pak vypočteme podle vztahu

$$K = \frac{\Delta y(\infty)}{\Delta u(\infty)}$$

  - Takto získané hodnoty parametrů dosadíme do obrazového přenosu

$$G(s) = \frac{K}{T_1 s + 1} \cdot e^{-T_d s}$$



Problém #1b

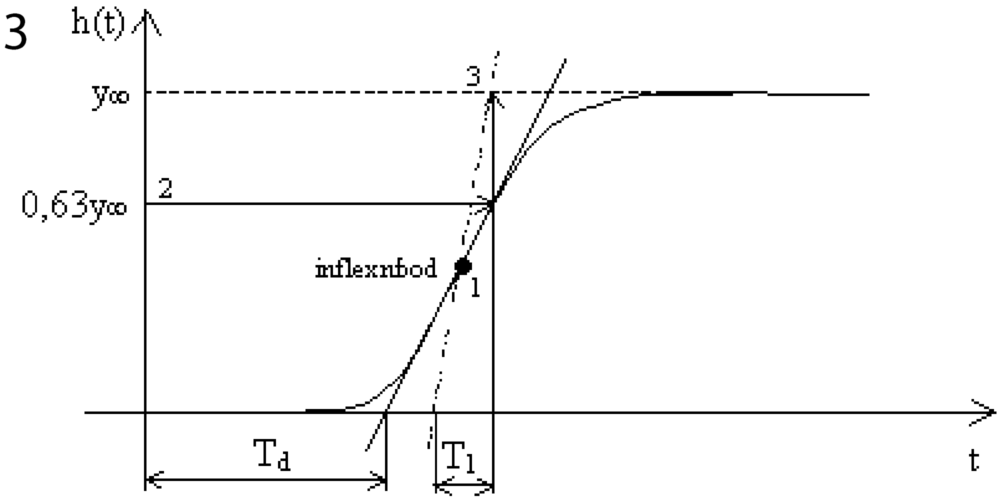
- Pro zadaná naměřená data přechodových charakteristik 4 různých systémů (viz datový soubor na elearningu) proveďte identifikaci pomocí 1. řád + dopravní zpoždění metodou **tečna v inflexním bodě**.

1. Výsledek identifikace pro každý datový záznam porovnejte s původními daty (samostatný graf pro každý systém)!

Pozn. Sestavte skript v Matlabu, který „automaticky“ zpracuje všechny datové záznamy **`y1`**, **`y2`**, **`y3`**, **`y4`** a vykreslí příslušné grafy!

Identifikace 1. řád + dopravní zpoždění

- Aproximace pomocí tečny a sečny v inflexním bodě
  1. Nalezneme inflexní bod 1, v němž sestrojíme tečnu.
  2. Určíme hodnotu $0{,}63y(\infty)$. Vyznačíme ji na přechodové charakteristice a najdeme pro tento časový okamžik bod 3 na pořadnici ustáleného stavu $y(\infty)$.
  3. Přímka procházející body 1 a 3, resp. časovou osou t a bodem 3 definuje časovou konstantu T_1. Průsečík tečny procházející inflexním bodem s časovou osou t určuje časovou konstantu dopravního zpoždění T_d.
  4. Statické zesílení K vypočteme podle vztahu $K = \frac{\Delta y(\infty)}{\Delta u(\infty)}$.



- Takto získané hodnoty parametrů dosadíme do obrazového přenosu

$$G(s) = \frac{K}{T_1 s + 1} \cdot e^{-T_d s}$$

Problém #1c

- Pro zadaná naměřená data přechodových charakteristik 4 různých systémů (viz datový soubor na elearningu) proveďte identifikaci pomocí 1. řád + dopravní zpoždění metodou **tečny a sečny v inflexním bodě**.

1. Výsledek identifikace pro každý datový záznam porovnejte s původními daty (samostatný graf pro každý systém)!

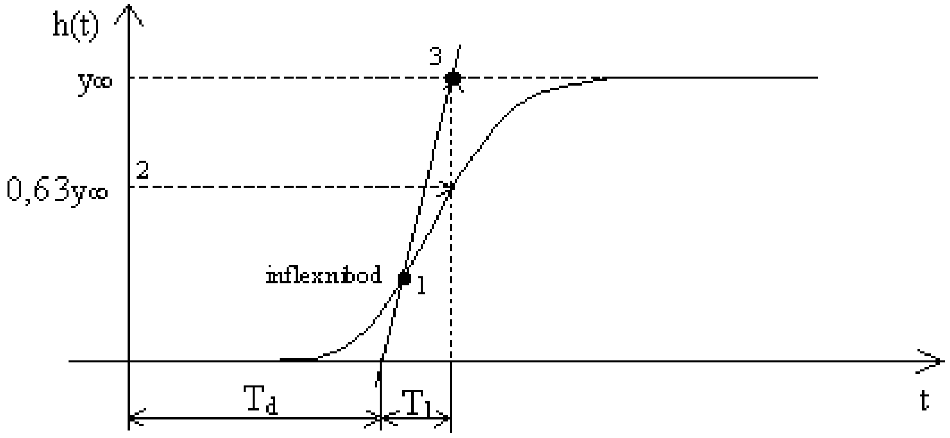
Pozn. Sestavte skript v Matlabu, který „automaticky“ zpracuje všechny datové záznamy **`y1`**, **`y2`**, **`y3`**, **`y4`** a vykreslí příslušné grafy!

Identifikace 1. řád + dopravní zpoždění

- Aproximace pomocí sečny v inflexním bodě
  - *Tato metoda platí pro všechny členy všech řádů - je tedy velmi univerzální.*

1. Stanovíme inflexní bod.
2. Určíme hodnotu $0{,}63y(\infty)$. Vyznačíme ji na přechodové charakteristice (bod 2) a najdeme pro tento časový okamžik bod 3 na pořadnici ustáleného stavu $y(\infty)$.
3. Přímka procházející body 1 a 3 vytne na časové ose okamžik, který definuje dopravní zpoždění T_d a časovou konstantu T_1.
4. Statické zesílení K vypočteme podle známého vztahu

$$K = \frac{\Delta y(\infty)}{\Delta u(\infty)}$$



- Takto získané hodnoty parametrů dosadíme do obrazového přenosu

$$G(s) = \frac{K}{T_1 s + 1} \cdot e^{-T_d s}$$

Problém #1c

- Pro zadaná naměřená data přechodových charakteristik 4 různých systémů (viz datový soubor na elearningu) proveďte identifikaci pomocí 1. řád + dopravní zpoždění metodou **sečny v inflexním bodě**.

1. Výsledek identifikace pro každý datový záznam porovnejte s původními daty (samostatný graf pro každý systém)!

Pozn. Sestavte skript v Matlabu, který „automaticky“ zpracuje všechny datové záznamy **`y1`**, **`y2`**, **`y3`**, **`y4`** a vykreslí příslušné grafy!

Problém #1d

- Pro zadaná naměřená data přechodových charakteristik 4 různých systémů (viz datový soubor na elearningu) proveďte identifikaci pomocí těchto metod (pokud je to vhodné/možné):
  1. Strejcova metoda
  2. 1. řád + dopravní zpoždění – tečna v inflexním bodě
  3. 1. řád + dopravní zpoždění – tečna a sečna v inflexním bodě
  4. 1. řád + dopravní zpoždění – sečna v inflexním bodě
  5. **1. řád + dopravní zpoždění – aproximace dvoubodovou metodou - varianta č. 1**

A. Výsledky identifikace pro všechny datové záznamy jednotlivými metodami porovnejte s původními daty (samostatný graf pro každý systém)!

B. Vypočtěte „kvalitu“ identifikace M pomocí vztahu (MAPE = Mean Absolute Percent Error)

$$M = 100 - \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n}\left|\frac{A(k) - P(k)}{A(k)}\right| \cdot 100\ \%,$$

kde $A(k)$ je naměřená aktuální hodnota v časovém okamžiku k, $P(k)$ je vypočtená hodnota v časovém okamžiku k a n je počet vzorků datového souboru. Vyčíslujeme jen pro $A(k) > 0$.