

Identifikace z přechodových charakteristik

V tomto cvičení se budeme zabývat identifikací soustav prvního a druhého řádu z přechodových charakteristik.

1 Potlačení vlivu šumu

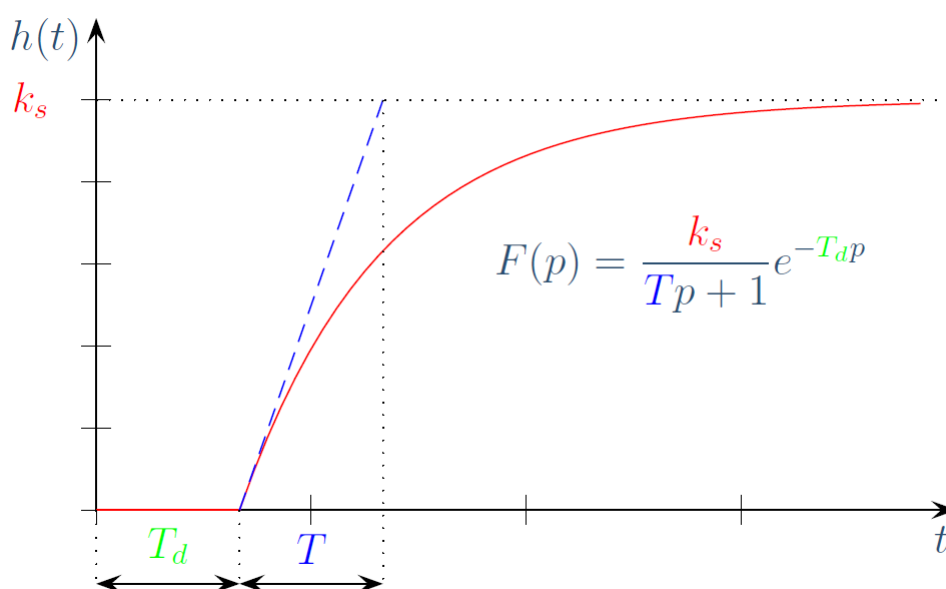
V některých případech je měřený výstup ze systému zašuměný a pro identifikaci nevhodný. Vliv šumu na přesnost identifikace lze potlačit dvěma způsoby:

- Zvětšit odstup signál/šum zvětšením vstupního signálu a posléze získaný výstupní signál zmenšit stejným poměrem.
- Provést několik měření se stejnými počátečními podmínkami a všechny měření zprůměrovat.

Volba metody potlačení šumu závisí na typu soustavy. Pokud je soustava lineární a neobsahuje nelinearitu typu nasycení tak lze použít metodu zvětšení vstupního signálu. Pokud se jedná o soustavu „bez paměti“ a lze opakováním dosáhnout stejného výsledku lze použít metodu průměrování z několika měření. Co v žádné případě nelze provést je průměrování jediného měření – došlo by ke změně tvaru přechodové charakteristiky a identifikovali bychom zcela jinou soustavu.

2 Soustava prvního řádu

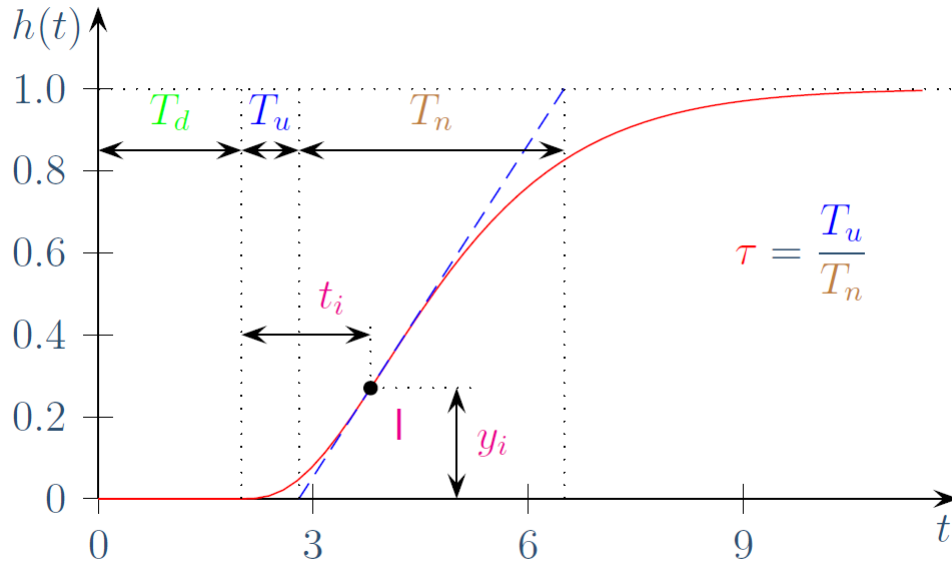
Po odstranění šumu je identifikace jednoduchá. Nejdříve je nutné identifikovat dopravní zpoždění – v tomto případě se jedná o čas, kdy začíná přechodová charakteristika. A posléze odečíst hodnotu zesílení (hodnota přechodové charakteristiky v nekonečnu) a časové konstanty (čas kdy tečna vedená z počátku protne hodnotu zesílení minus dopravní zpoždění).



Obrázek 1: Přechodová charakteristika systému prvního řádu s dopravním zpožděním [1]

3 Soustava druhého a vyššího řádu

Na první pohled se přechodová charakteristika druhého řádu liší tím, že je zde patrná doba průtahu (T_u). Pro účely identifikace je nejprve potřeba normalizovat přechodovou charakteristiku na jednotkové zesílení (podělit všechny hodnoty zesílením) a zjistit polohu inflexního bodu. Na přechodové charakteristice systému druhého řádu lze inflexní bod identifikovat jako bod s největší derivací ($\max(\frac{dh(t)}{dt})$). Souřadnice inflexního bodu jsou označeny t_i a y_i . Pokud sestrojíme tečnu v inflexním bodě tak jak je naznačeno na obrázku OBR, získáme zároveň průsečíky této příčky s hodnotami nula a jedna. Z času těchto průsečíků odečteme doby průtahu a náběhu. Podle poměru těchto hodnot lze zjistit, zdali se jedná o soustavu s různými nebo stejnými časovými konstantami.



Obrázek 2: Přechodová charakteristika systému druhého řádu s dopravním zpožděním [1]

$$\tau = \frac{T_u}{T_n} \quad (1)$$

$$\tau \begin{cases} < 0.1, & F_1(p) = \frac{k_s}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)} \\ > 0.1, & F_2(p) = \frac{k_s}{(T p + 1)^n} \end{cases} \quad (2)$$

Z grafu odečteme čas t_1 , kdy přechodová charakteristika dosáhne hodnoty $y_1 = 0.72$ (proto bylo nutné charakteristiku normalizovat na jednotkové zesílení). Součet časových konstant je dán rovnicí:

$$T_1 + T_2 = \frac{t_1}{1.2564} \quad (3)$$

Pokud známe součet konstant (i bez znalosti jednotlivých časových konstant), tak můžeme zjistit čas t_2 jako:

$$t_2 = 0.3574(T_1 + T_2) \quad (4)$$

A z grafu opět odečteme hodnotu y_2 . Pokud jsme dobří na matematiku, nebo umíme ovládat symbolic toolbox v matlabu tak můžeme z následující rovnice vyjádřit hodnotu τ_2 :

$$y_2 = 1 + \frac{1}{\tau_2 - 1} e^{-0.3574(1+\tau_2)} + \frac{1}{\frac{1}{\tau_2} - 1} e^{-0.3574(1+\frac{1}{\tau_2})} \quad (5)$$

Další možností je odečtení τ_2 z následující tabulky:

y_2	0.3	0.28	0.26	0.24	0.22	0.2	0.18	0.1611
τ_2	0.0	0.0435	0.0837	0.128	0.1838	0.2639	0.4031	1.0

Ted' když známe τ_2 tak víme i podíl časových konstant:

$$\tau_2 = \frac{T_2}{T_1} \quad (6)$$

A ze znalosti podílu a součtu časových konstant (dvou rovnice o dvou neznámých) získáme hodnoty T_1 a T_2

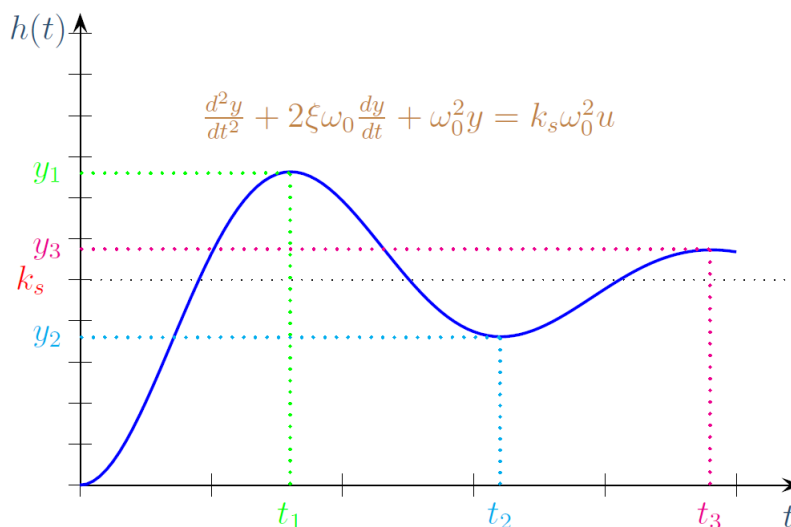
V případě, že hodnota τ naznačuje dvě stejné časové konstanty, tak se situace značně zjednoduší a stačí zjistit řád soustavy ze znalosti polohy inflexního bodu y_i a hodnoty τ . Časové konstanty zjistíme z rovnice 7.

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
τ	0.104	0.218	0.319	0.410	0.493	0.570	0.642	0.709	0.773
y_i	0.264	0.327	0.353	0.371	0.384	0.394	0.401	0.407	0.413

$$T = \frac{t_i}{n-1} \quad (7)$$

4 Kmitavá soustava

Jedná se o soustavu, která obsahuje komplexně sdružené kořeny. V krajním případě (bez tlumení) lze tuto soustavu dostat až na mez stability.



Obrázek 3: Přechodová charakteristika kmitavého systému [1]

Vycházíme z následujícího popisu kmitavé soustavy:

$$F(p) = \frac{k_s \omega_0^2}{p^2 + 2\xi \omega_0 p + \omega_0^2} \quad (8)$$

Nejdříve je nutné zjistit souřadnice lokálních maxim a minim (y_1, t_1, y_2, t_2) a poté s těmito hodnotami vyřešit dvě rovnice o dvou neznámých:

$$\begin{aligned} y_1 &= K(1 + M) \\ y_2 &= K(1 - M^2) \end{aligned} \quad (9)$$

Po zjištění M spočítáme tlumení

$$\xi = \frac{-\ln M}{\sqrt{\pi^2 + (\ln M)^2}} \quad (10)$$

Z periody oscilací $T = t_2 - t_1 = \frac{2\pi}{\omega_0 \sqrt{1-\xi^2}}$ určíme

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T \sqrt{1-\xi^2}} = \frac{2}{T} \sqrt{\pi^2 + (\ln M)^2} \quad (11)$$

5 Zadání cvičení

Podle postupu uvedeného výše identifikujte všechny soustavy zadané na stránce:

<https://sites.google.com/site/modelovaniaidentifikace/cvi%C4%8Den%C3%AD/cviceni-2---n>

Reference

- [1] P. Blaha. Neparametrické metody identifikace. Přednáškové materiály k předmětu Modelování a Identifikace. UAMT FEKT VUTBR.