

Neparametrické metody identifikace

doc. Ing. Petr Blaha, PhD.

16. září 2024

Úvod

Rozdělení

Impulzová
charakteristika

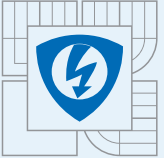
Přechodová
charakteristika

Identifikace pomocí
korelačních metod

Frekvenční analýza

Spektrální analýza

Úvod



Úvod

Rozdělení

Impulzová
charakteristika

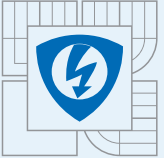
Přechodová
charakteristika

Identifikace pomocí
korelačních metod

Frekvenční analýza

Spektrální analýza

- impulzová nebo přechodová charakteristika
- korelační metody
- frekvenční analýza
- spektrální analýza



Úvod

Rozdělení

Impulzová
charakteristika

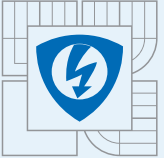
Přechodová
charakteristika

Identifikace pomocí
korelačních metod

Frekvenční analýza

Spektrální analýza

- impulzová nebo přechodová charakteristika
- korelační metody
- frekvenční analýza
- spektrální analýza



Úvod

Rozdělení

Impulzová
charakteristika

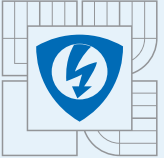
Přechodová
charakteristika

Identifikace pomocí
korelačních metod

Frekvenční analýza

Spektrální analýza

- impulzová nebo přechodová charakteristika
- korelační metody
- frekvenční analýza
- spektrální analýza



Úvod

Rozdělení

Impulzová
charakteristika

Přechodová
charakteristika

Identifikace pomocí
korelačních metod

Frekvenční analýza

Spektrální analýza

- impulzová nebo přechodová charakteristika
- korelační metody
- frekvenční analýza
- spektrální analýza

Úvod

**Impulzová
charakteristika**

Impulzová
charakteristika

Přechodová
charakteristika

Identifikace pomocí
korelačních metod

Frekvenční analýza

Spektrální analýza

Impulzová charakteristika



Úvod

Impulzová
charakteristika

Impulzová
charakteristika

Přechodová
charakteristika

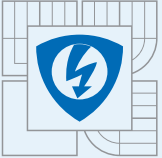
Identifikace pomocí
korelačních metod

Frekvenční analýza

Spektrální analýza

Ideální Dirakov impuls $\delta(t)$ je nerealizovatelný. Používá se aproximace

$$u(t) = \begin{cases} 1/\alpha & 0 \leq t < \alpha \\ 0 & \alpha \leq t \end{cases}$$



Úvod

Impulzová
charakteristika

Impulzová
charakteristika

Přechodová
charakteristika

Identifikace pomocí
korelačních metod

Frekvenční analýza

Spektrální analýza

Ideální Dirakov impuls $\delta(t)$ je nerealizovatelný. Používá se aproximace

$$u(t) = \begin{cases} 1/\alpha & 0 \leq t < \alpha \\ 0 & \alpha \leq t \end{cases}$$

Je zde splněna podmínka $\int_{-\infty}^{\infty} u(t)dt = 1$.



Ideální Dirakov impuls $\delta(t)$ je nerealizovatelný. Používá se aproximace

$$u(t) = \begin{cases} 1/\alpha & 0 \leq t < \alpha \\ 0 & \alpha \leq t \end{cases}$$

Je zde splněna podmínka $\int_{-\infty}^{\infty} u(t)dt = 1$. Snahou je zajistit, aby α bylo mnohem menší než dominantní časové konstanty zkoumaného systému. Potom

$$y(t) = \int_0^{\infty} g(s)u(t-s)ds = \frac{1}{\alpha} \int_{\max(0, t-\alpha)}^t g(s)ds \approx g(t)$$

($g(s)$ se v rámci integračních mezí **nemění**).

Úvod

Impulzová
charakteristika

**Přechodová
charakteristika**

První řád

Druhý řád

Vysvětlení konstant

Dvě různé T_1 a T_2

Stejně časové
konstanty

Systémy s
astatizmem

Průběhy pro různé
tlumení ξ

Průběhy pro různé
tlumení ξ

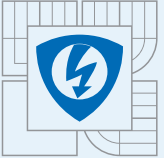
Kmitavá odezva

Identifikace pomocí
korelačních metod

Frekvenční analýza

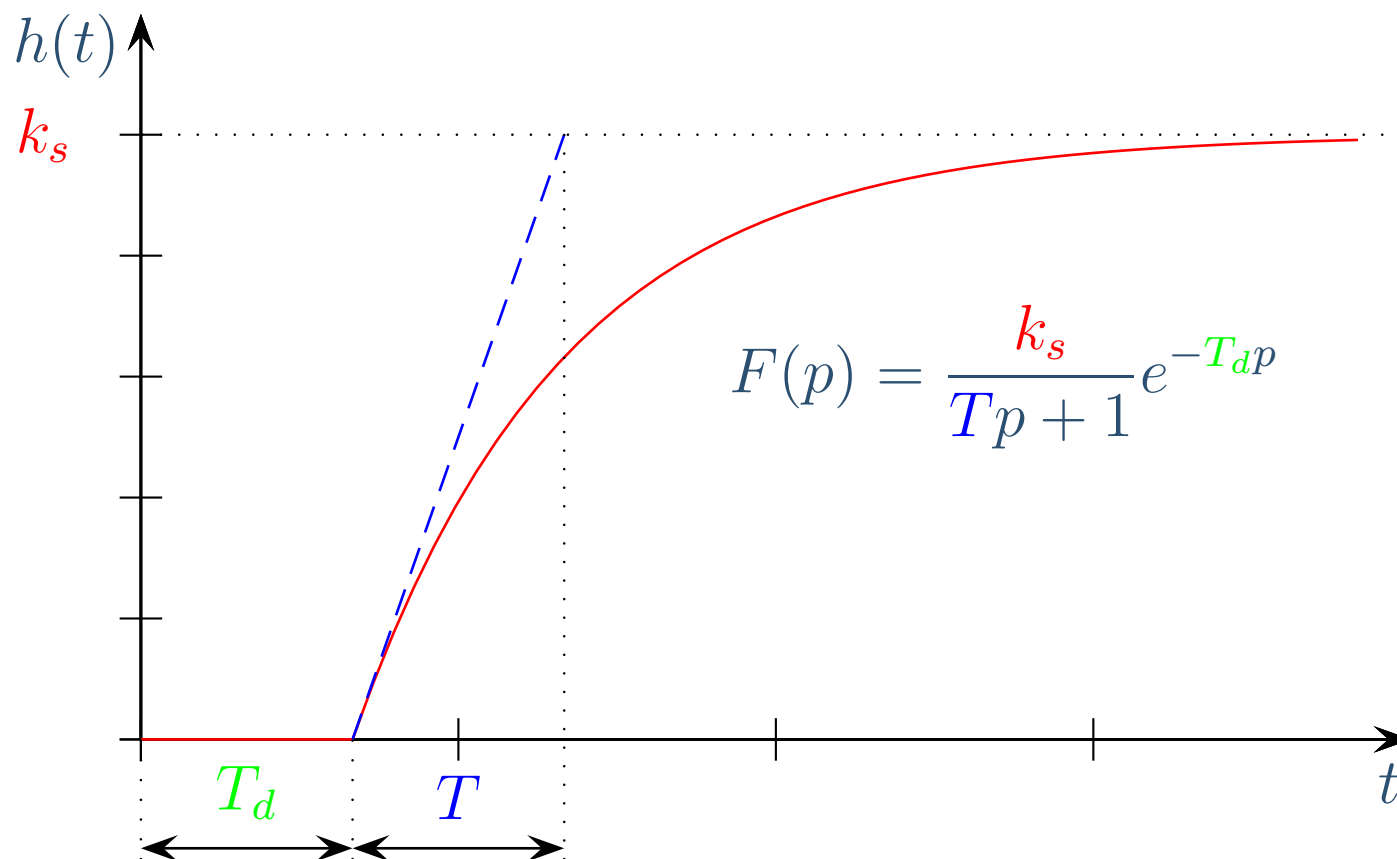
Spektrální analýza

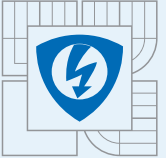
Přechodová charakteristika



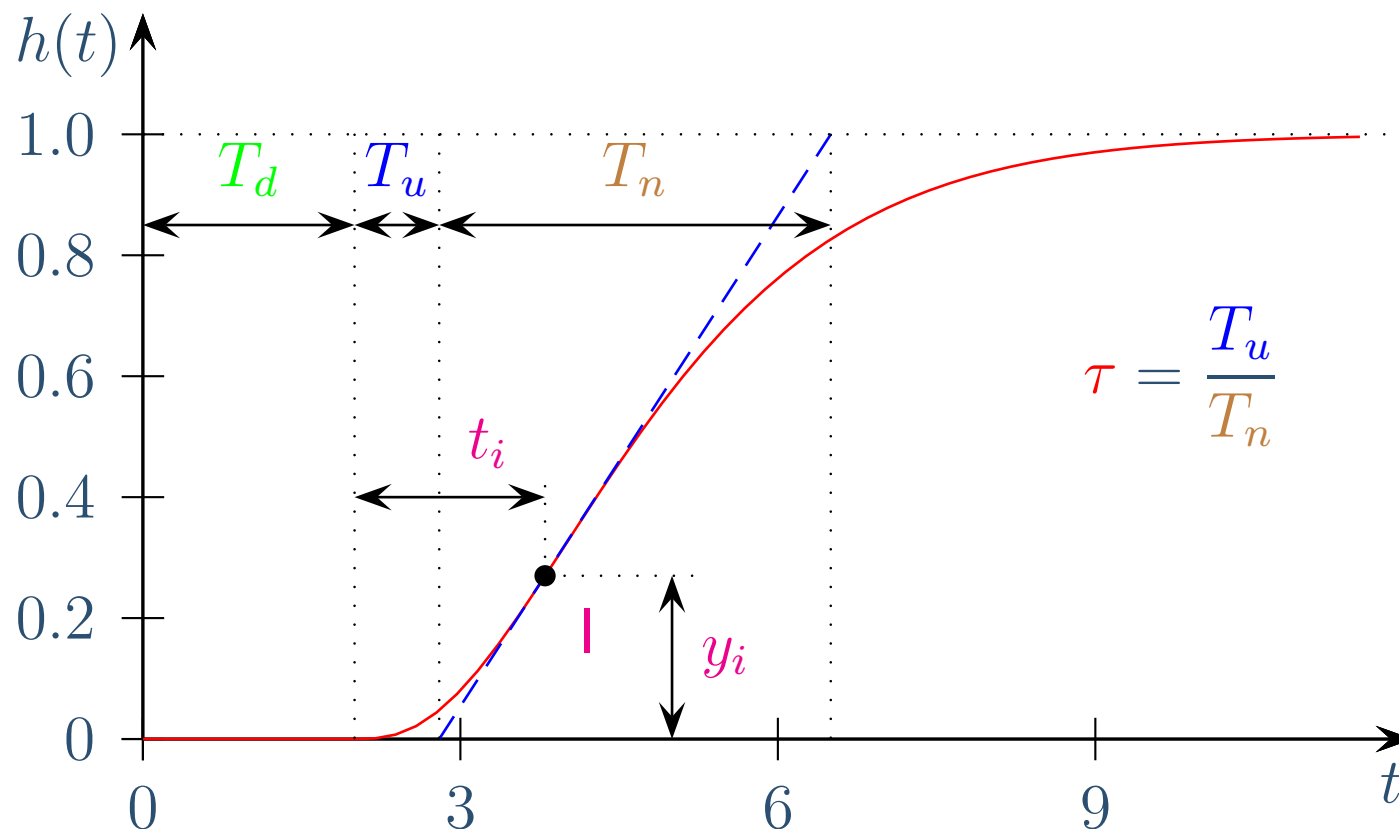
Úvod
Impulzová charakteristika
Přechodová charakteristika
První řád
Druhý řád
Vysvětlení konstant
Dvě různé T_1 a T_2
Stejně časové konstanty
Systémy s astatizmem
Průběhy pro různé tlumení ξ
Průběhy pro různé tlumení ξ
Kmitavá odezva
Identifikace pomocí korelačních metod
Frekvenční analýza
Spektrální analýza

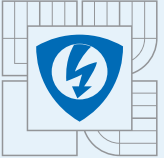
Přechodová charakteristika systému prvního řádu (statická, s dopravním zpožděním).



[Úvod](#)[Impulzová charakteristika](#)[Přechodová charakteristika](#)[První řád](#)[Druhý řád](#)[Vysvětlení konstant](#)[Dvě různé \$T_1\$ a \$T_2\$](#) [Stejné časové konstanty](#)[Systémy s astatizmem](#)[Průběhy pro různé tlumení \$\xi\$](#) [Průběhy pro různé tlumení \$\xi\$](#) [Kmitavá odezva](#)[Identifikace pomocí korelačních metod](#)[Frekvenční analýza](#)[Spektrální analýza](#)

Přechodová charakteristika systému druhého řádu (**normalizovaná v amplitudě**, statická, nekmitavá, s dopravním zpožděním).





Úvod

Impulzová
charakteristika

Přechodová
charakteristika

První řád

Druhý řád

Vysvětlení konstant

Dvě různé T_1 a T_2

Stejně časové
konstanty

Systémy s
astatizmem

Průběhy pro různé
tlumení ξ

Průběhy pro různé
tlumení ξ

Kmitavá odezva

Identifikace pomocí
korelačních metod

Frekvenční analýza

Spektrální analýza

Kde

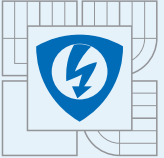
■ T_d je dopravní zpoždění

■ T_u je doba průtahu

■ T_n je doba náběhu

■ I je inflexní bod o souřadnicích $[t_i, y_i]$

–



Úvod

Impulzová
charakteristika

Přechodová
charakteristika

První řád

Druhý řád

Vysvětlení konstant

Dvě různé T_1 a T_2

Stejně časové
konstanty

Systémy s
astatizmem

Průběhy pro různé
tlumení ξ

Průběhy pro různé
tlumení ξ

Kmitavá odezva

Identifikace pomocí
korelačních metod

Frekvenční analýza

Spektrální analýza

Kde

■ T_d je dopravní zpoždění

■ T_u je doba průtahu

■ T_n je doba náběhu

■ I je inflexní bod o souřadnicích $[t_i, y_i]$

–



Úvod

Impulzová
charakteristika

Přechodová
charakteristika

První řád

Druhý řád

Vysvětlení konstant

Dvě různé T_1 a T_2

Stejně časové
konstanty

Systémy s
astatizmem

Průběhy pro různé
tlumení ξ

Průběhy pro různé
tlumení ξ

Kmitavá odezva

Identifikace pomocí
korelačních metod

Frekvenční analýza

Spektrální analýza

Kde

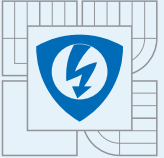
■ T_d je dopravní zpoždění

■ T_u je doba průtahu

■ T_n je doba náběhu

■ I je inflexní bod o souřadnicích $[t_i, y_i]$

–



Úvod

Impulzová
charakteristika

Přechodová
charakteristika

První řád

Druhý řád

Vysvětlení konstant

Dvě různé T_1 a T_2

Stejně časové
konstanty

Systémy s
astatizmem

Průběhy pro různé
tlumení ξ

Průběhy pro různé
tlumení ξ

Kmitavá odezva

Identifikace pomocí
korelačních metod

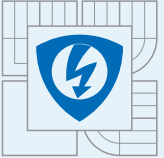
Frekvenční analýza

Spektrální analýza

Kde

- T_d je dopravní zpoždění
- T_u je doba průtahu
- T_n je doba náběhu
- I je inflexní bod o souřadnicích $[t_i, y_i]$

–



Úvod

Impulzová
charakteristika

Přechodová
charakteristika

První řád

Druhý řád

Vysvětlení konstant

Dvě různé T_1 a T_2

Stejně časové
konstanty

Systémy s
astatizmem

Průběhy pro různé
tlumení ξ

Průběhy pro různé
tlumení ξ

Kmitavá odezva

Identifikace pomocí
korelačních metod

Frekvenční analýza

Spektrální analýza

Kde

■ T_d je dopravní zpoždění

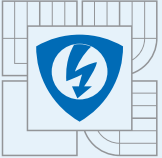
■ T_u je doba průtahu

■ T_n je doba náběhu

■ I je inflexní bod o souřadnicích $[t_i, y_i]$

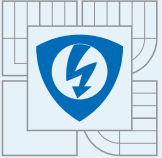
- τ lze použít k určení vhodného typu modelu

$$\tau \begin{cases} < 0.1 & F_1(p) = \frac{k_s}{(T_1p + 1)(T_2p + 1)} \\ > 0.1 & F_2(p) = \frac{k_s}{(Tp + 1)^n} \end{cases}$$

[Úvod](#)[Impulzová
charakteristika](#)[Přechodová
charakteristika](#)[První řád](#)[Druhý řád](#)[Vysvětlení konstant](#)[Dvě různé \$T_1\$ a \$T_2\$](#) [Stejně časové
konstanty](#)[Systémy s
astatizmem](#)[Průběhy pro různé
tlumení \$\xi\$](#) [Průběhy pro různé
tlumení \$\xi\$](#) [Kmitavá odezva](#)[Identifikace pomocí
korelačních metod](#)[Frekvenční analýza](#)[Spektrální analýza](#)

Pro $y_1 = 0.720$ odečteme t_1 . Součet časových konstant je

$$T_1 + T_2 = \frac{t_1}{1.2564}$$

[Úvod](#)[Impulzová
charakteristika](#)[Přechodová
charakteristika](#)[První řád](#)[Druhý řád](#)[Vysvětlení konstant](#)[Dvě různé \$T_1\$ a \$T_2\$](#) [Stejně časové
konstanty](#)[Systémy s
astatizmem](#)[Průběhy pro různé
tlumení \$\xi\$](#) [Průběhy pro různé
tlumení \$\xi\$](#) [Kmitavá odezva](#)[Identifikace pomocí
korelačních metod](#)[Frekvenční analýza](#)[Spektrální analýza](#)

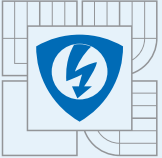
Pro $y_1 = 0.720$ odečteme t_1 . Součet časových konstant je

$$T_1 + T_2 = \frac{t_1}{1.2564}$$

Vypočítáme $t_2 = 0.3574(T_1 + T_2)$ a určíme y_2 . Tuto hodnotu dosadíme do rovnice

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

odkud určíme $\tau_2 = \frac{T_2}{T_1}$ (třeba graficky nebo z tabulky)

[Úvod](#)[Impulzová
charakteristika](#)[Přechodová
charakteristika](#)[První řád](#)[Druhý řád](#)[Vysvětlení konstant](#)[Dvě různé \$T_1\$ a \$T_2\$](#) [Stejně časové
konstanty](#)[Systémy s
astatizmem](#)[Průběhy pro různé
tlumení \$\xi\$](#) [Průběhy pro různé
tlumení \$\xi\$](#) [Kmitavá odezva](#)[Identifikace pomocí
korelačních metod](#)[Frekvenční analýza](#)[Spektrální analýza](#)

Pro $y_1 = 0.720$ odečteme t_1 . Součet časových konstant je

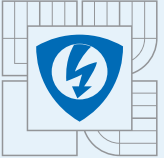
$$T_1 + T_2 = \frac{t_1}{1.2564}$$

Vypočítáme $t_2 = 0.3574(T_1 + T_2)$ a určíme y_2 . Tuto hodnotu dosadíme do rovnice

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

odkud určíme $\tau_2 = \frac{T_2}{T_1}$ (třeba graficky nebo z 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



- Úvod
- Impulzová charakteristika
- Přechodová charakteristika
- První řád
- Druhý řád
- Vysvětlení konstant
- Dvě různé T_1 a T_2**
- Stejně časové konstanty
- Systémy s astatizmem
- Průběhy pro různé tlumení ξ
- Průběhy pro různé tlumení ξ
- Kmitavá odezva
- Identifikace pomocí korelačních metod
- Frekvenční analýza
- Spektrální analýza

Pro $y_1 = 0.720$ odečteme t_1 . Součet časových konstant je

$$T_1 + T_2 = \frac{t_1}{1.2564}$$

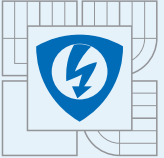
Vypočítáme $t_2 = 0.3574(T_1 + T_2)$ a určíme y_2 . Tuto hodnotu dosadíme do rovnice

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

odkud určíme $\tau_2 = \frac{T_2}{T_1}$ (třeba graficky nebo z tabulky)

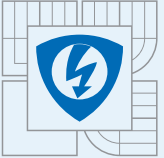
y_2	0.3	0.28	0.26	0.24	0.22	0.2	0.18	0.1611
τ_2	0.0	0.0435	0.0837	0.128	0.1838	0.2639	0.4031	1.0

Ze znalosti poměru a součtu časových konstant lze určit T_1 a T_2 .

[Úvod](#)[Impulzová charakteristika](#)[Přechodová charakteristika](#)[První řád](#)[Druhý řád](#)[Vysvětlení konstant](#)[Dvě různé \$T_1\$ a \$T_2\$](#) [Stejné časové konstanty](#)[Systémy s astatizmem](#)[Průběhy pro různé tlumení \$\xi\$](#) [Průběhy pro různé tlumení \$\xi\$](#) [Kmitavá odezva](#)[Identifikace pomocí korelačních metod](#)[Frekvenční analýza](#)[Spektrální analýza](#)

Na základě hodnoty τ určíme z tabulky řád systému n a souřadnici inflexního bodu y_i .

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

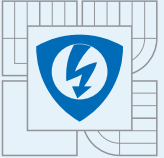
[Úvod](#)[Impulzová charakteristika](#)[Přechodová charakteristika](#)[První řád](#)[Druhý řád](#)[Vysvětlení konstant](#)[Dvě různé \$T_1\$ a \$T_2\$](#) [Stejné časové konstanty](#)[Systémy s](#)[astatizmem](#)[Průběhy pro různé tlumení \$\xi\$](#) [Průběhy pro různé tlumení \$\xi\$](#) [Kmitavá odezva](#)[Identifikace pomocí korelačních metod](#)[Frekvenční analýza](#)[Spektrální analýza](#)

Na základě hodnoty τ určíme z tabulky řád systému n a souřadnici inflexního bodu y_i .

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

Dále určíme z průběhu druhou souřadnici inflexního bodu t_i a vypočítáme časovou konstantu T

$$T = \frac{t_i}{n - 1}$$



Úvod

Impulzová
charakteristika

Přechodová
charakteristika

První řád

Druhý řád

Vysvětlení konstant

Dvě různé T_1 a T_2

Stejně časové
konstanty

Systémy s
astatizmem

Průběhy pro různé
tlumení ξ

Průběhy pro různé
tlumení ξ

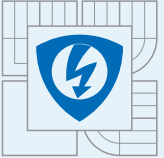
Kmitavá odezva

Identifikace pomocí
korelačních metod

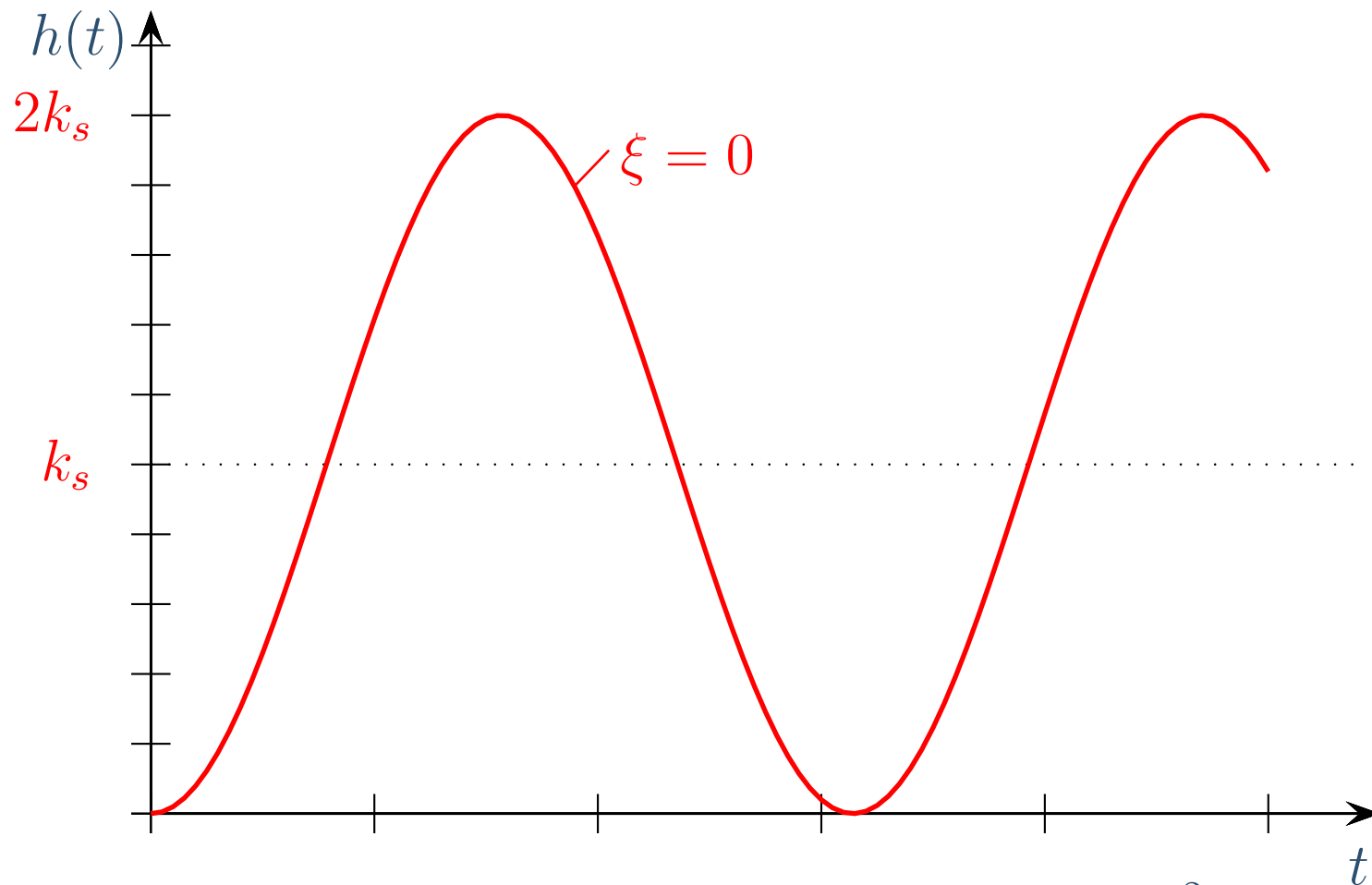
Frekvenční analýza

Spektrální analýza

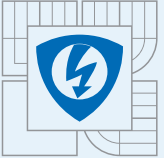
Provede se derivace a převede se na problém určení přenosu systému bez astatizmu a výsledek se podělí operátorem p .



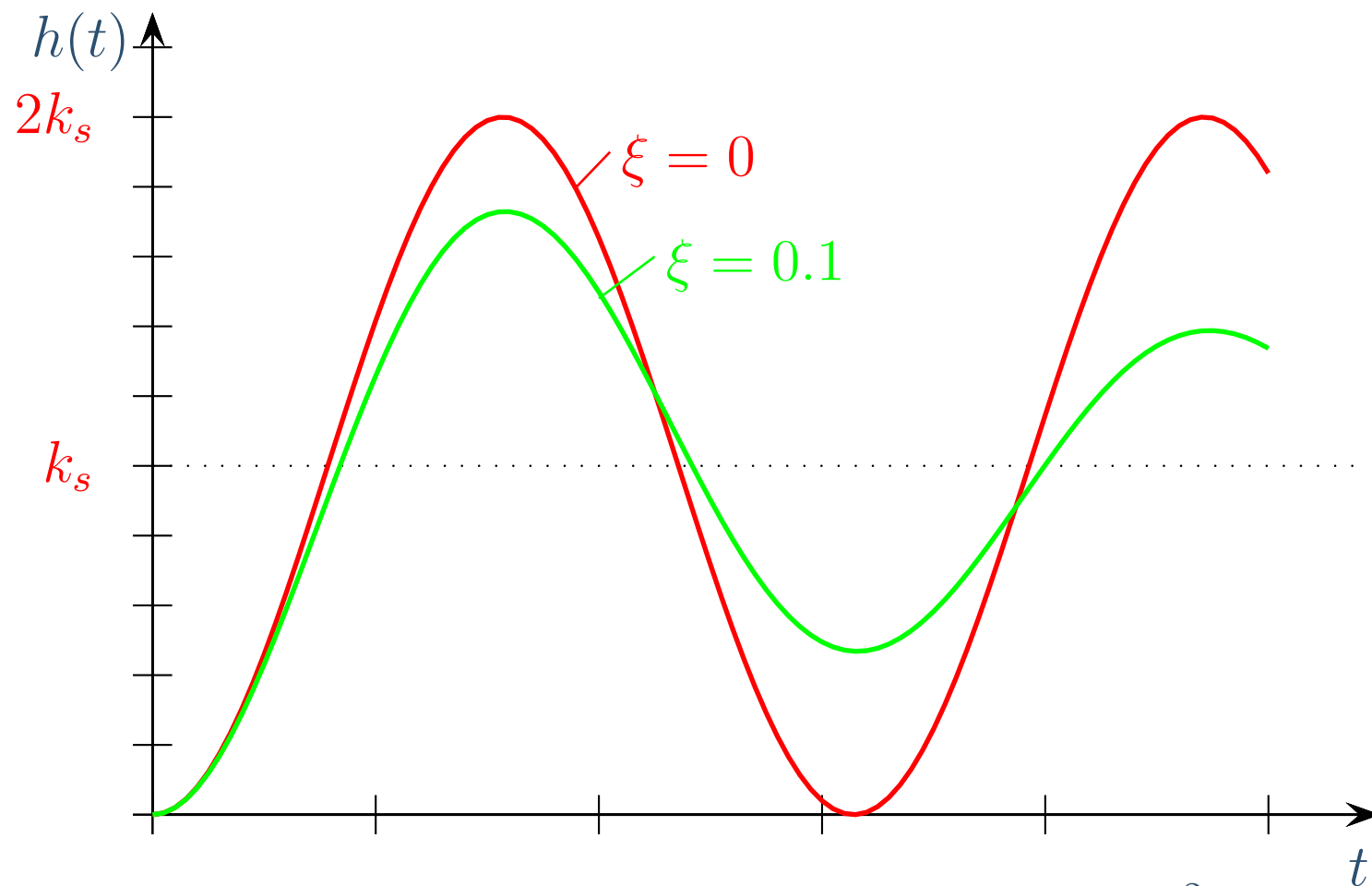
Úvod
Impulzová charakteristika
Přechodová charakteristika
První řád
Druhý řád
Vysvětlení konstant
Dvě různé T_1 a T_2
Stejně časové konstanty
Systémy s astatizmem
Průběhy pro různé tlumení ξ
Průběhy pro různé tlumení ξ
Kmitavá odezva
Identifikace pomocí korelačních metod
Frekvenční analýza
Spektrální analýza



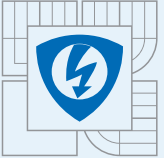
$$F(p) = \frac{k_s \omega_0^2}{p^2 + 2\xi \omega_0 p + \omega_0^2}$$



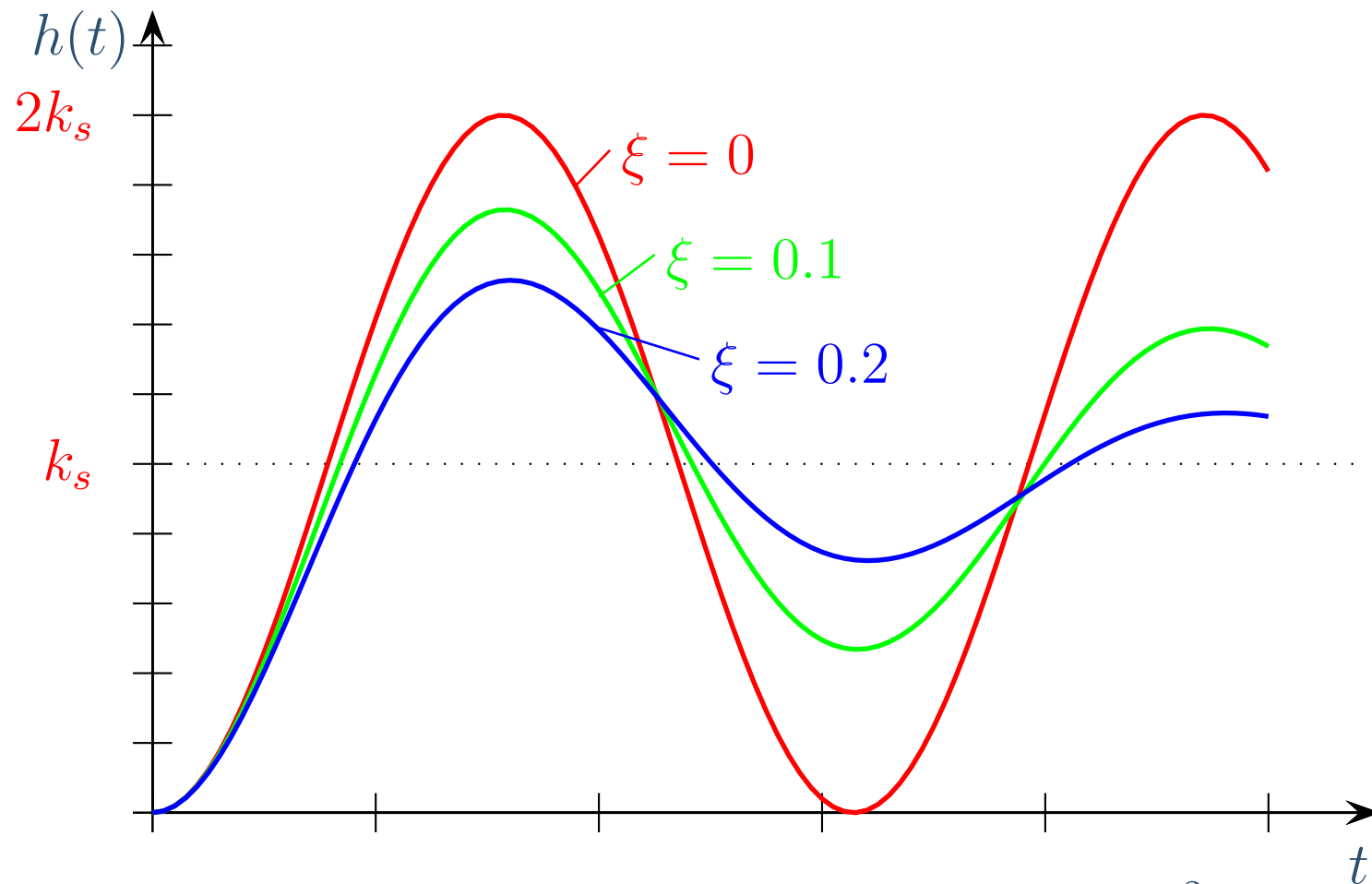
Úvod
Impulzová charakteristika
Přechodová charakteristika
První řád
Druhý řád
Vysvětlení konstant
Dvě různé T_1 a T_2
Stejně časové konstanty
Systémy s astatizmem
Průběhy pro různé tlumení ξ
Průběhy pro různé tlumení ξ
Kmitavá odezva
Identifikace pomocí korelačních metod
Frekvenční analýza
Spektrální analýza



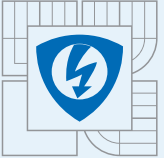
$$F(p) = \frac{k_s \omega_0^2}{p^2 + 2\xi \omega_0 p + \omega_0^2}$$



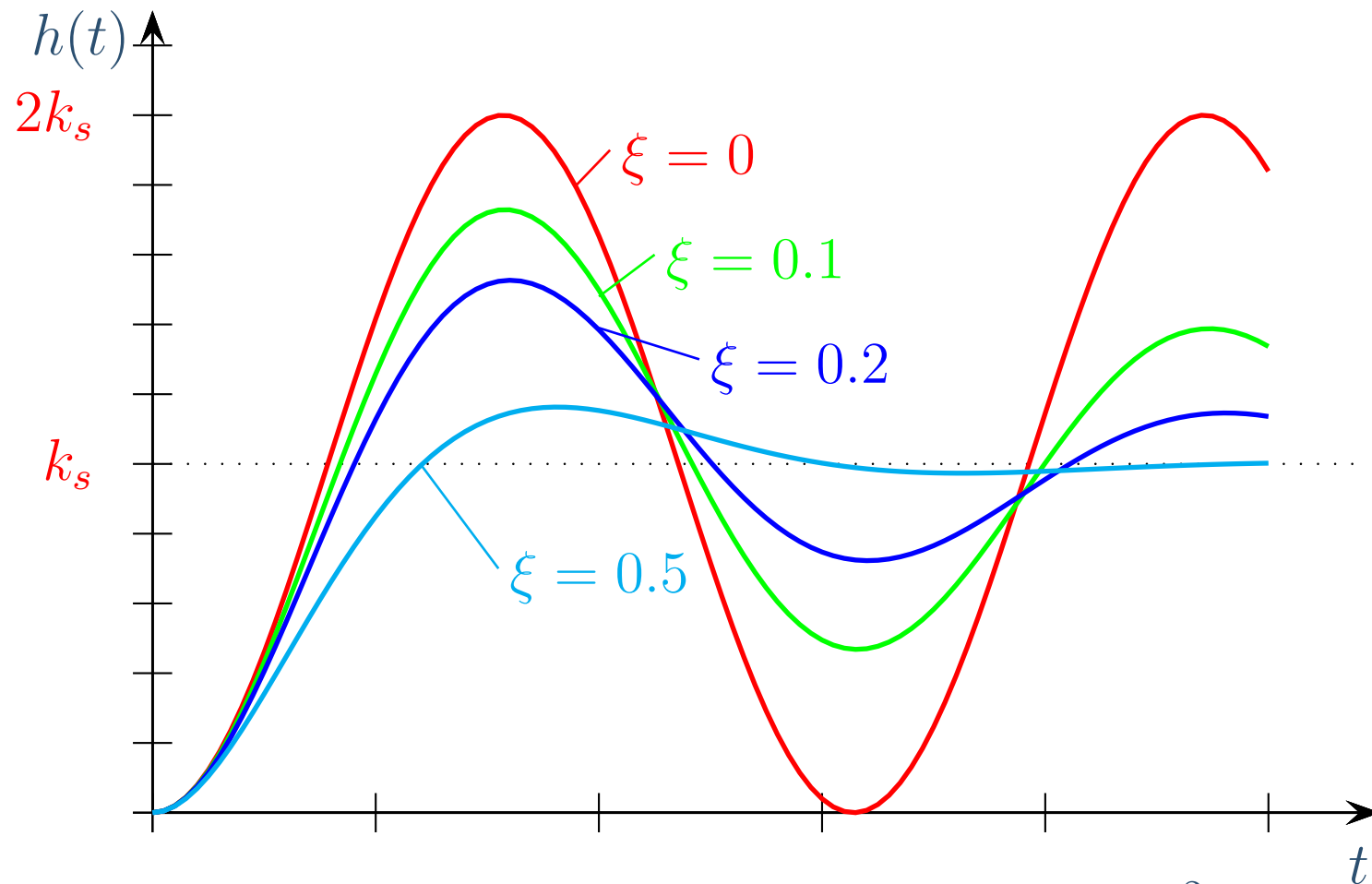
Úvod
Impulzová charakteristika
Přechodová charakteristika
První řád
Druhý řád
Vysvětlení konstant
Dvě různé T_1 a T_2
Stejně časové konstanty
Systémy s astatizmem
Průběhy pro různé tlumení ξ
Průběhy pro různé tlumení ξ
Kmitavá odezva
Identifikace pomocí korelačních metod
Frekvenční analýza
Spektrální analýza



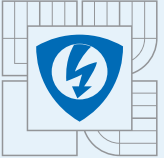
$$F(p) = \frac{k_s \omega_0^2}{p^2 + 2\xi \omega_0 p + \omega_0^2}$$



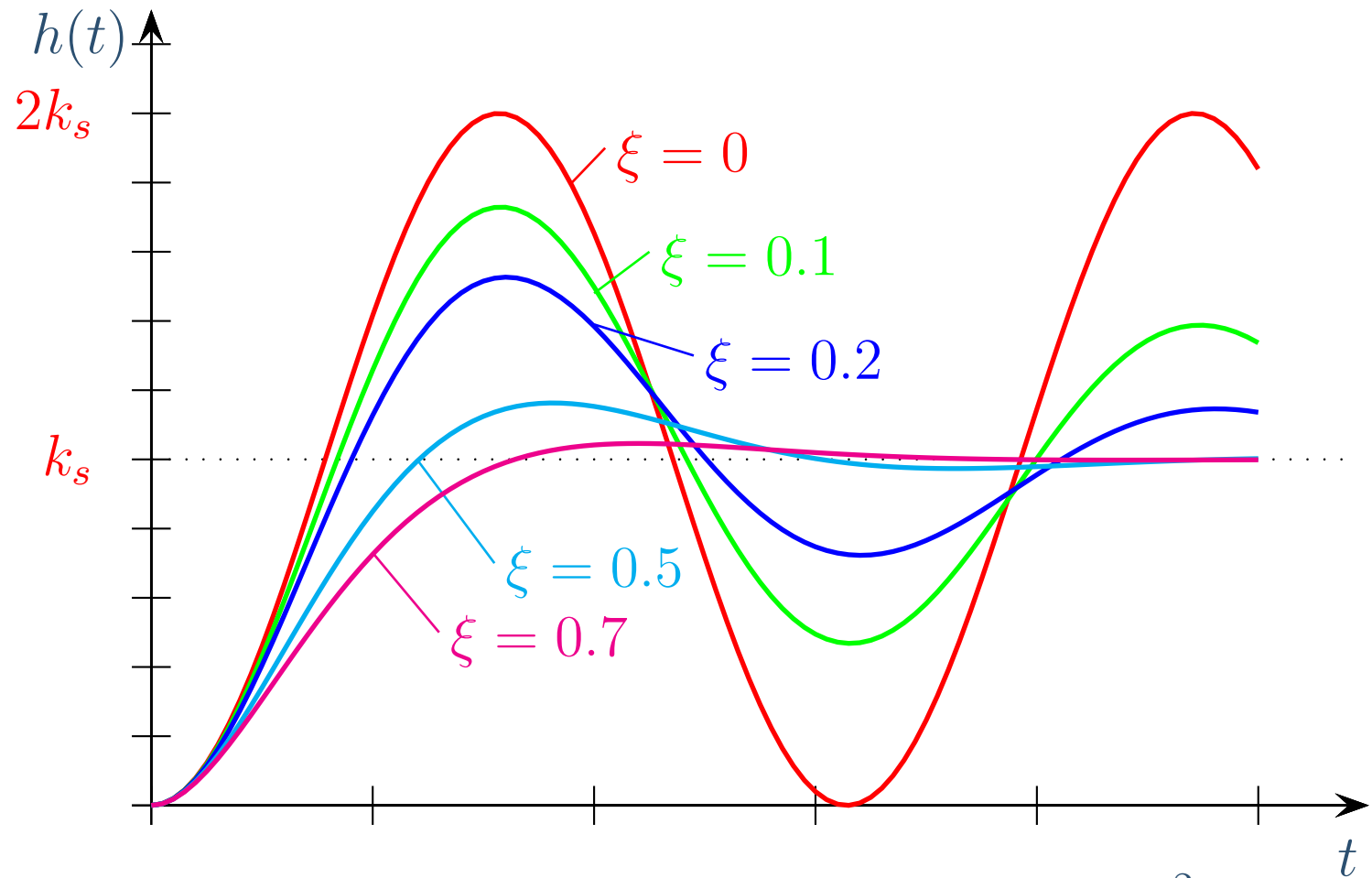
Úvod
Impulzová charakteristika
Přechodová charakteristika
První řád
Druhý řád
Vysvětlení konstant
Dvě různé T_1 a T_2
Stejné časové konstanty
Systémy s astatizmem
Průběhy pro různé tlumení ξ
Průběhy pro různé tlumení ξ
Kmitavá odezva
Identifikace pomocí korelačních metod
Frekvenční analýza
Spektrální analýza



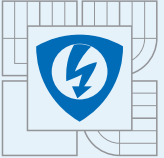
$$F(p) = \frac{k_s \omega_0^2}{p^2 + 2\xi \omega_0 p + \omega_0^2}$$



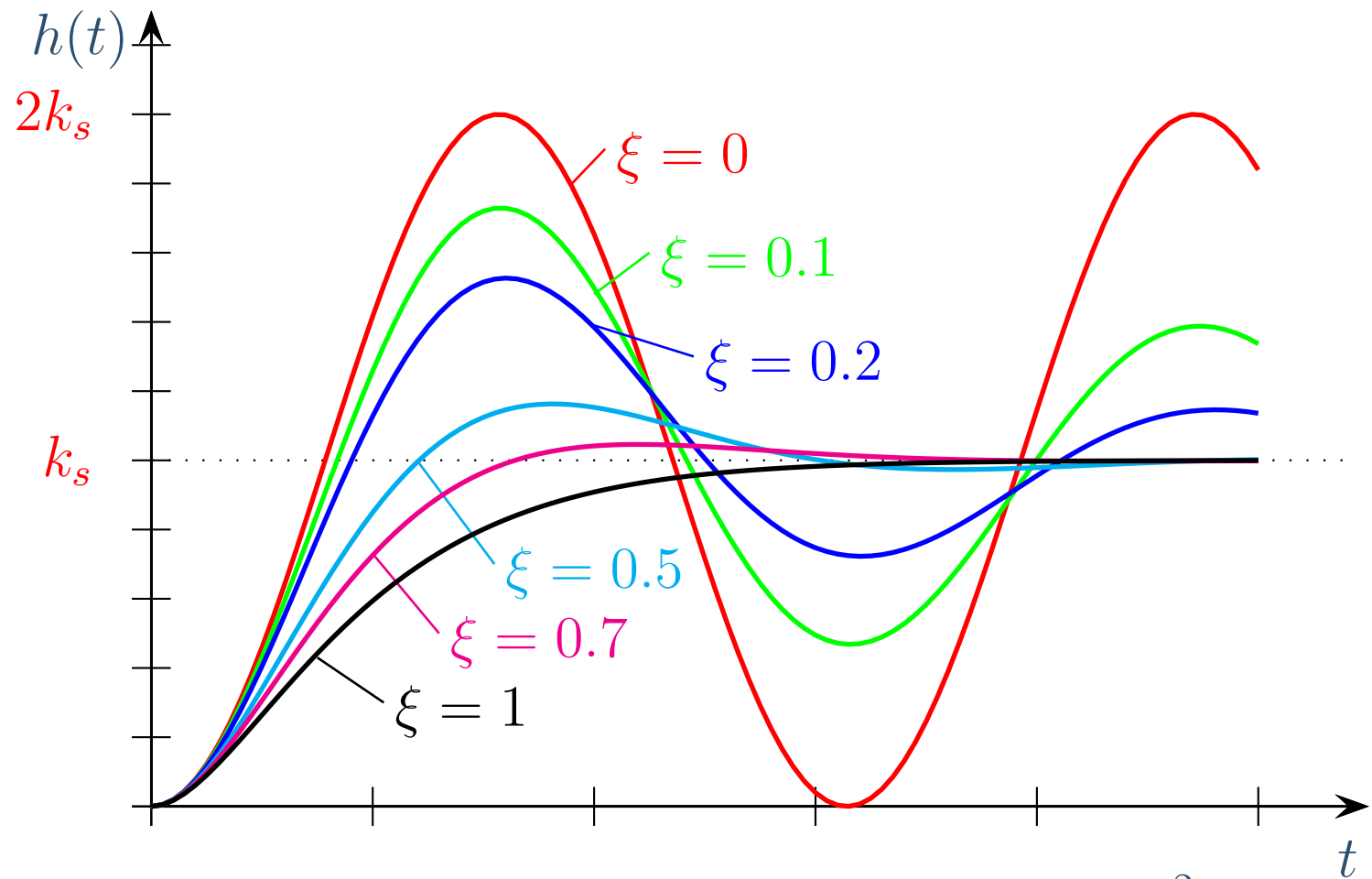
Úvod
Impulzová charakteristika
Přechodová charakteristika
První řád
Druhý řád
Vysvětlení konstant
Dvě různé T_1 a T_2
Stejné časové konstanty
Systémy s astatizmem
Průběhy pro různé tlumení ξ
Průběhy pro různé tlumení ξ
Kmitavá odezva
Identifikace pomocí korelačních metod
Frekvenční analýza
Spektrální analýza



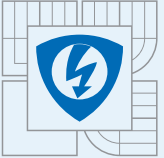
$$F(p) = \frac{k_s \omega_0^2}{p^2 + 2\xi \omega_0 p + \omega_0^2}$$



Úvod
Impulzová charakteristika
Přechodová charakteristika
První řád
Druhý řád
Vysvětlení konstant
Dvě různé T_1 a T_2
Stejné časové konstanty
Systémy s astatizmem
Průběhy pro různé tlumení ξ
Průběhy pro různé tlumení ξ
Kmitavá odezva
Identifikace pomocí korelačních metod
Frekvenční analýza
Spektrální analýza



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



Úvod

Impulzová
charakteristika

Přechodová
charakteristika

První řád

Druhý řád

Vysvětlení konstant

Dvě různé T_1 a T_2

Stejně časové
konstanty

Systémy s
astatizmem

Průběhy pro různé
tlumení ξ

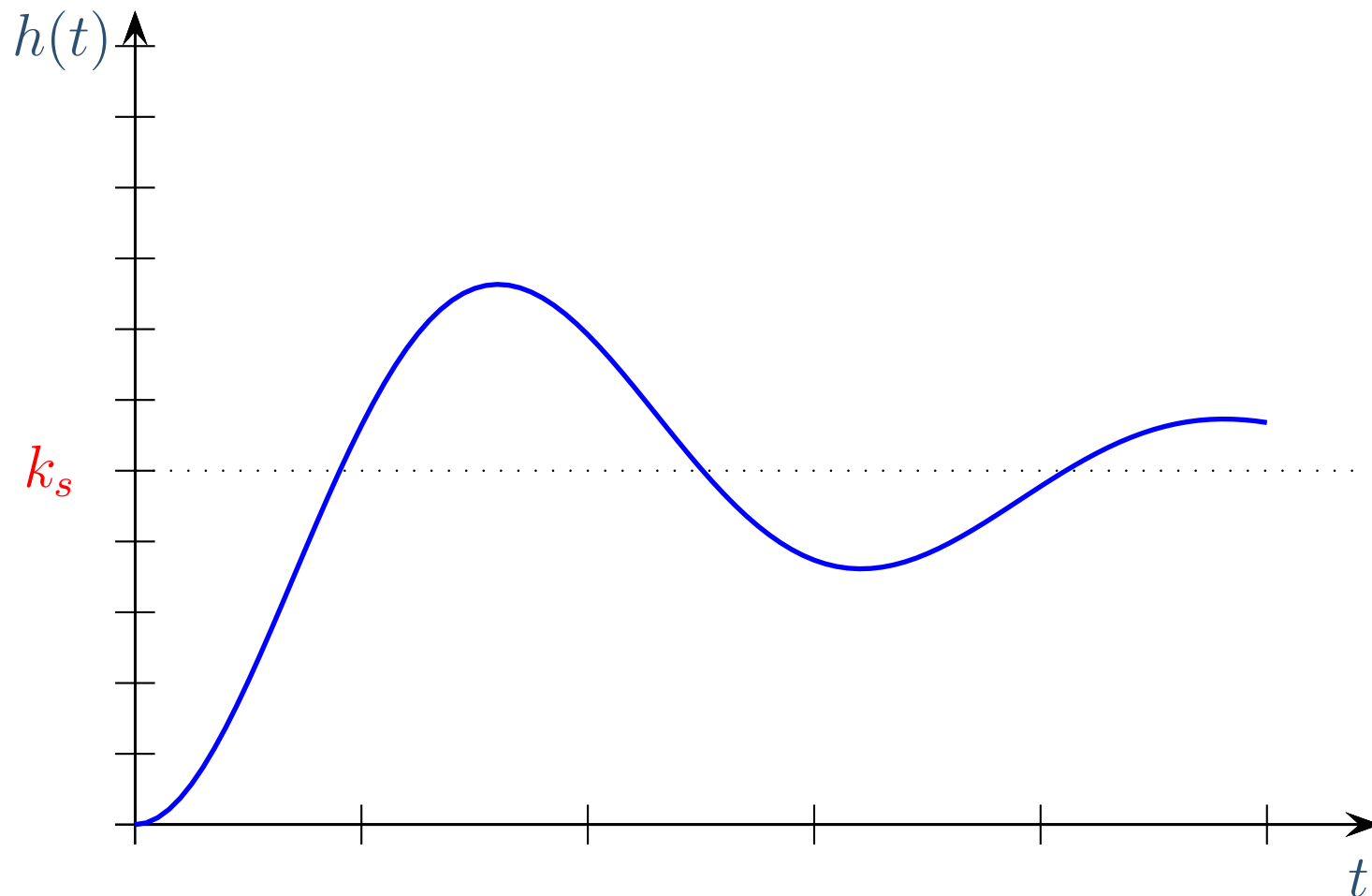
Průběhy pro různé
tlumení ξ

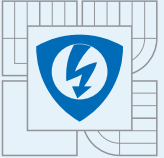
Kmitavá odezva

Identifikace pomocí
korelačních metod

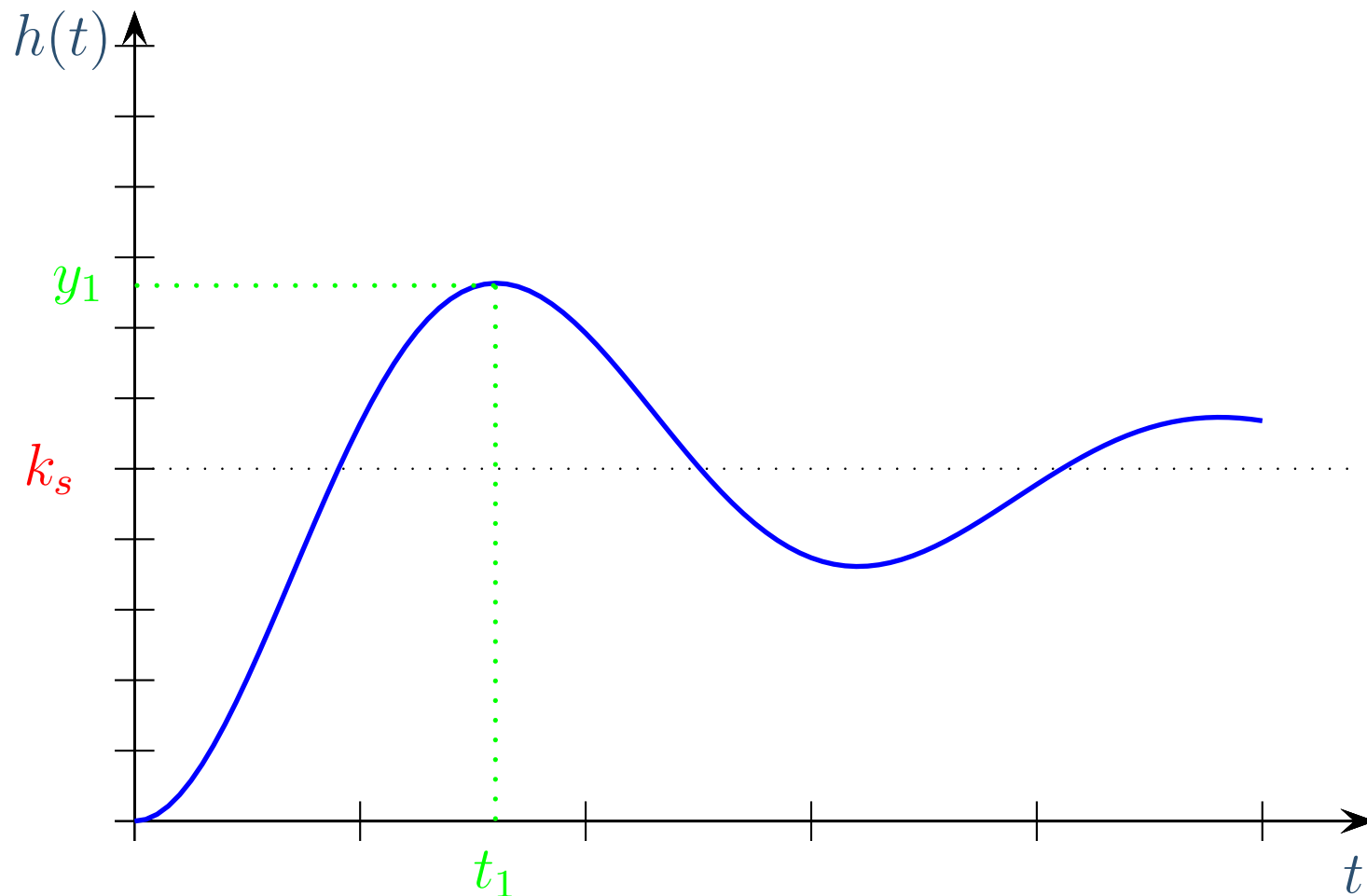
Frekvenční analýza

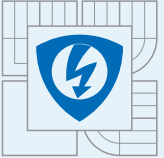
Spektrální analýza



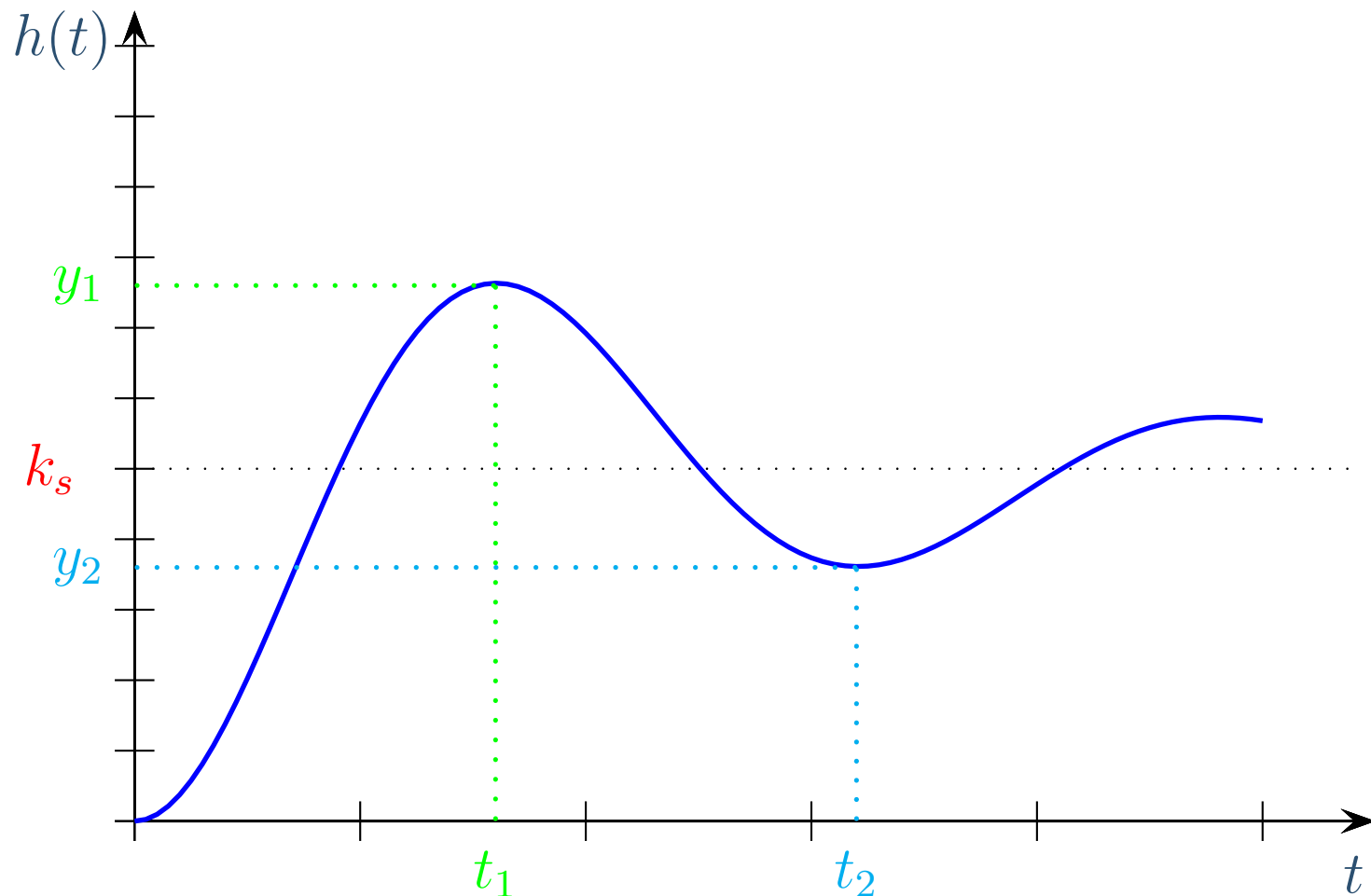


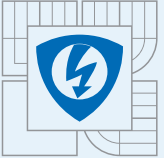
- Úvod
- Impulzová charakteristika
- Přechodová charakteristika
- První řád
- Druhý řád
- Vysvětlení konstant
- Dvě různé T_1 a T_2
- Stejně časové konstanty
- Systémy s astatizmem
- Průběhy pro různé tlumení ξ
- Průběhy pro různé tlumení ξ**
- Kmitavá odezva
- Identifikace pomocí korelačních metod
- Frekvenční analýza
- Spektrální analýza



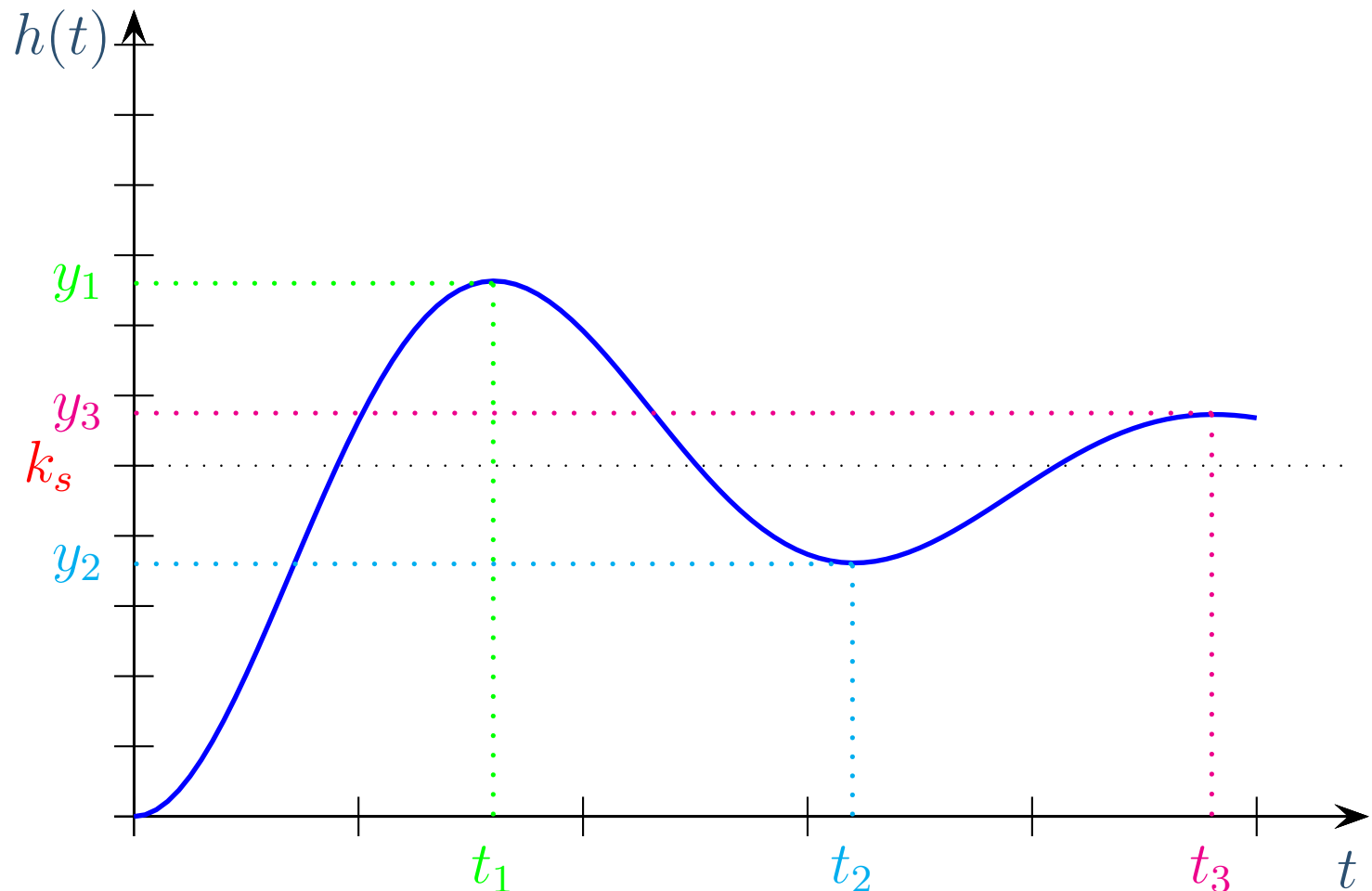


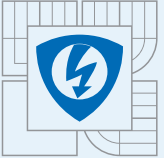
- Úvod
- Impulzová charakteristika
- Přechodová charakteristika
- První řád
- Druhý řád
- Vysvětlení konstant
- Dvě různé T_1 a T_2
- Stejně časové konstanty
- Systémy s astatizmem
- Průběhy pro různé tlumení ξ
- Průběhy pro různé tlumení ξ**
- Kmitavá odezva
- Identifikace pomocí korelačních metod
- Frekvenční analýza
- Spektrální analýza



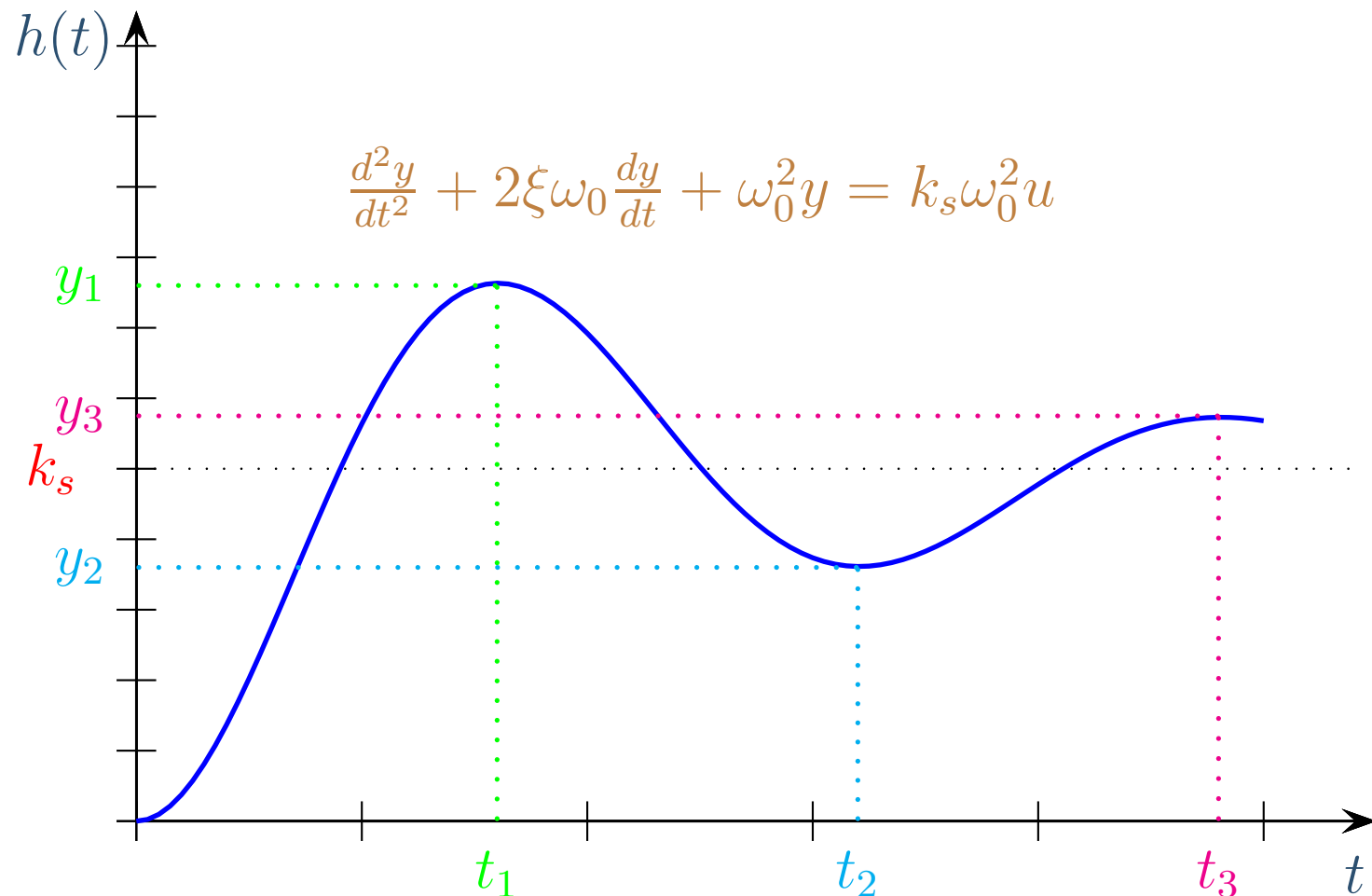


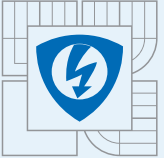
- Úvod
- Impulzová charakteristika
- Přechodová charakteristika
- První řád
- Druhý řád
- Vysvětlení konstant
- Dvě různé T_1 a T_2
- Stejně časové konstanty
- Systémy s astatizmem
- Průběhy pro různé tlumení ξ
- Průběhy pro různé tlumení ξ**
- Kmitavá odezva
- Identifikace pomocí korelačních metod
- Frekvenční analýza
- Spektrální analýza



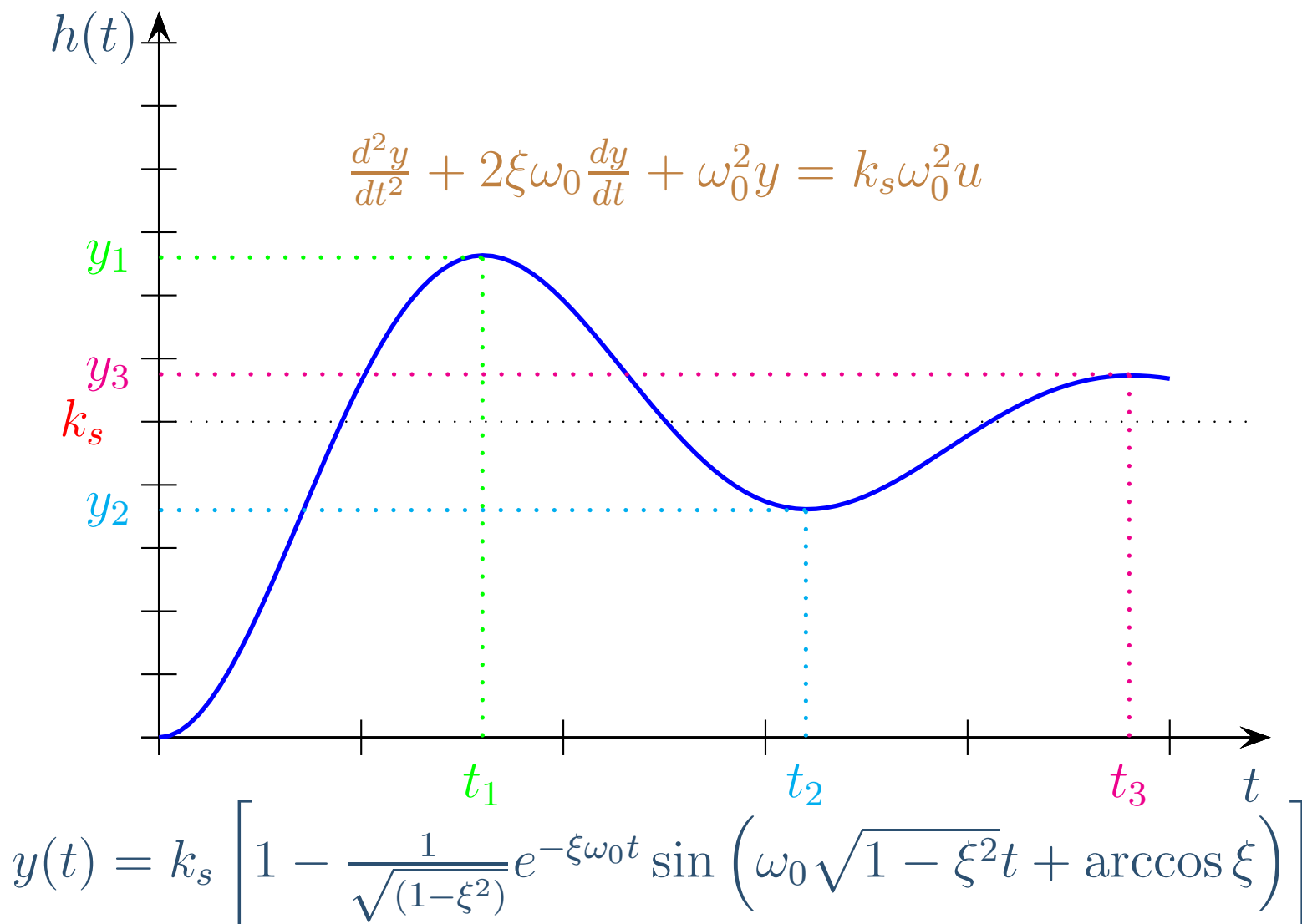


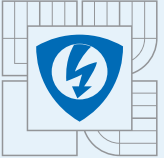
Úvod
Impulzová charakteristika
Přechodová charakteristika
První řád
Druhý řád
Vysvětlení konstant
Dvě různé T_1 a T_2
Stejně časové konstanty
Systémy s astatizmem
Průběhy pro různé tlumení ξ
Průběhy pro různé tlumení ξ
Kmitavá odezva
Identifikace pomocí korelačních metod
Frekvenční analýza
Spektrální analýza





Úvod
Impulzová charakteristika
Přechodová charakteristika
První řád
Druhý řád
Vysvětlení konstant
Dvě různé T_1 a T_2
Stejně časové konstanty
Systémy s astatizmem
Průběhy pro různé tlumení ξ
Průběhy pro různé tlumení ξ
Kmitavá odezva
Identifikace pomocí korelačních metod
Frekvenční analýza
Spektrální analýza





- Úvod
- Impulzová charakteristika
- Přechodová charakteristika
- První řád
- Druhý řád
- Vysvětlení konstant
- Dvě různé T_1 a T_2
- Stejně časové konstanty
- Systémy s astatizmem
- Průběhy pro různé tlumení ξ
- Průběhy pro různé tlumení ξ
- Kmitavá odezva**
- Identifikace pomocí korelačních metod
- Frekvenční analýza
- Spektrální analýza

Vychází se z polohy lokálních maxim a minim.

$$t_1 \dots y_1 = K(1 + M)$$

$$t_2 \dots y_2 = K(1 - M^2)$$

Po zjištění M spočítáme tlumení

$$\xi = \frac{-\ln M}{\sqrt{4\pi^2 + (\ln M)^2}}$$

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

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

Úvod

Impulzová
charakteristika

Přechodová
charakteristika

**Identifikace pomocí
korelačních metod**

Formulace problému

Odvození I

Odvození II

Wiener-Hopfova
rovnice

Diskrétní tvar

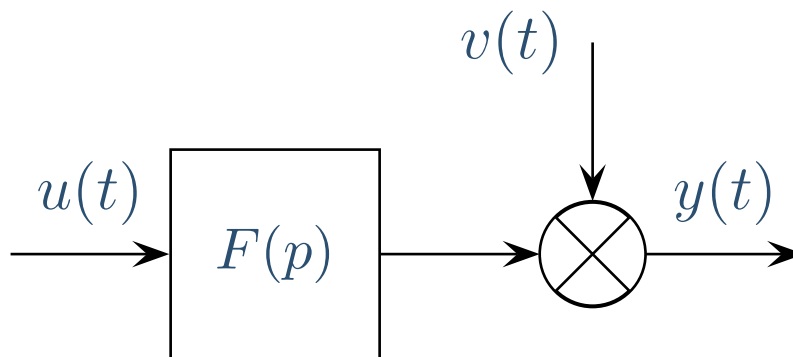
Praktický výpočet

Maticový zápis

Frekvenční analýza

Spektrální analýza

Identifikace pomocí korelačních metod

[Úvod](#)[Impulzová charakteristika](#)[Přechodová charakteristika](#)[Identifikace pomocí korelačních metod](#)[Formulace problému](#)[Odvození I](#)[Odvození II](#)
[Wiener-Hopfova rovnice](#)[Diskrétní tvar](#)
[Praktický výpočet](#)
[Maticový zápis](#)[Frekvenční analýza](#)[Spektrální analýza](#)

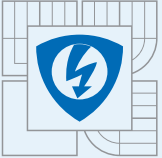
Výstup systému v Laplaceově transformaci

$$Y(p) = F(p)U(p) + V(p) \quad (1)$$

V časové oblasti to odpovídá konvolutornímu integrálu

$$y(t) = \int_0^{\infty} g(\tau)u(t - \tau)d\tau + v(t) \quad (2)$$

kde $g(t)$ je **hledaná** impulsová charakteristika.

[Úvod](#)[Impulzová charakteristika](#)[Přechodová charakteristika](#)[Identifikace pomocí korelačních metod](#)[Formulace problému](#)[Odvození I](#)[Odvození II
Wiener-Hopfova rovnice](#)[Diskrétní tvar
Praktický výpočet
Maticový zápis](#)[Frekvenční analýza](#)[Spektrální analýza](#)

Vynásobením rovnice (2) výrazem $u(t - \tau')$ dostaneme

$$u(t - \tau')y(t) = \int_0^\infty g(\tau)u(t - \tau')u(t - \tau)d\tau + u(t - \tau')v(t) \quad (3)$$

Nyní určíme střední hodnotu pravé i levé strany

$$\begin{aligned} \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T u(t - \tau')y(t)dt &= \\ &= \int_0^\infty g(\tau) \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T u(t - \tau')u(t - \tau)dt d\tau + \\ &\quad + \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T u(t - \tau')v(t)dt \quad (4) \end{aligned}$$



- Úvod
- Impulzová charakteristika
- Přechodová charakteristika
- Identifikace pomocí korelačních metod
- Formulace problému
- Odvození I
- Odvození II**
- Wiener-Hopfova rovnice
- Diskrétní tvar
- Praktický výpočet
- Maticový zápis
- Frekvenční analýza
- Spektrální analýza

Pomocí definičních vztahů autokorelační $R_{xx}(\tau)$ a vzájemné korelační funkce $R_{xy}(\tau)$

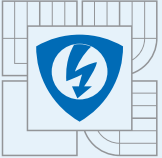
$$R_{xx}(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T x(t)x(t + \tau)dt \quad (5)$$

$$R_{xy}(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T x(t)y(t + \tau)dt \quad (6)$$

dostáváme z rovnice (4)

$$R_{uy}(\tau') = \int_0^\infty g(\tau)R_{uu}(\tau' - \tau)d\tau + R_{uv}(\tau') \quad (7)$$

(bylo použito rovnice $R_{uy}(\tau') = R_{yu}(-\tau')$)

[Úvod](#)[Impulzová charakteristika](#)[Přechodová charakteristika](#)[Identifikace pomocí korelačních metod](#)[Formulace problému](#)[Odvození I](#)[Odvození II](#)[Wiener-Hopfova rovnice](#)[Diskrétní tvar](#)[Praktický výpočet](#)[Maticový zápis](#)[Frekvenční analýza](#)[Spektrální analýza](#)

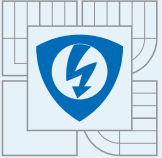
Většinou šum $v(t)$ nezávisí na vstupu $u(t)$. Potom dostáváme **Wiener-Hopfovou rovnici**

$$R_{uy}(\tau') = \int_0^{\infty} g(\tau) R_{uu}(\tau' - \tau) d\tau \quad (8)$$

Při použití vstupního signálu ve tvaru bílého šumu (autokorelační funkce odpovídá Dirakovu impulsu) se rovnice zjednoduší na

$$R_{uy}(t) = g(t)S \quad (9)$$

kde $S = \int_0^{\infty} R_{uu}(\tau) d\tau$. Snadno lze spočítat hodnoty impulsové charakteristiky $g(t)$.

[Úvod](#)[Impulzová charakteristika](#)[Přechodová charakteristika](#)[Identifikace pomocí korelačních metod](#)[Formulace problému](#)[Odvození I](#)[Odvození II](#)[Wiener-Hopfova rovnice](#)[Diskrétní tvar](#)[Praktický výpočet](#)[Maticový zápis](#)[Frekvenční analýza](#)[Spektrální analýza](#)

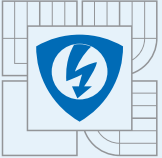
Uvažujeme model

$$y(k) = \sum_{i=0}^{\infty} g(i)u(k-i) + v(k) \quad (10)$$

Podobně jako v předchozím případě lze odvodit diskrétní tvar **Wiener-Hopfovy rovnice**

$$R_{uy}(k) = \sum_{i=0}^{\infty} g(i)R_{uu}(k-i) \quad (11)$$

kde $R_{uy}(k) = Eu(\kappa)y(\kappa+k)$, $R_{uu}(k) = Eu(\kappa)u(\kappa+k)$ a $g(i)$ je impulzová charakteristika.

[Úvod](#)[Impulzová
charakteristika](#)[Přechodová
charakteristika](#)[Identifikace pomocí
korelačních metod](#)[Formulace problému](#)[Odvození I](#)[Odvození II
Wiener-Hopfova
rovnice](#)[Diskrétní tvar](#)[Praktický výpočet](#)[Maticový zápis](#)[Frekvenční analýza](#)[Spektrální analýza](#)

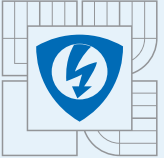
Korelace se počítají podle vzorců

$$\hat{R}_{uy}(k) = \frac{1}{N} \sum_{i=1-\min(k,0)}^{N-\max(k,0)} u(i)y(i+k) \quad (12)$$

$$\hat{R}_{uu}(k) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N-k} u(i)u(i+k) \quad (13)$$

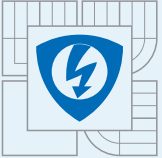
Rovnice (12) se počítá pro $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ a rovnice (13) pro $k = 0, 1, 2, \dots$ (protože $\hat{R}_{uu}(k) = \hat{R}_{uu}(-k)$).

$$\hat{R}_{uy}(k) = \sum_{i=0}^{M-1} \hat{g}(i) \hat{R}_{uu}(k-i) \quad (14)$$

[Úvod](#)[Impulzová
charakteristika](#)[Přechodová
charakteristika](#)[Identifikace pomocí
korelačních metod](#)[Formulace problému](#)[Odvození I](#)[Odvození II](#)[Wiener-Hopfova
rovnice](#)[Diskrétní tvar](#)[Praktický výpočet](#)[Maticový zápis](#)[Frekvenční analýza](#)[Spektrální analýza](#)

Kde M je počet koeficientů, které chceme spočítat.
Maticový zápis

$$\begin{pmatrix} \hat{R}_{uy}(0) \\ \vdots \\ \hat{R}_{uy}(M-1) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \hat{R}_{uu}(0) & \cdots & \hat{R}_{uu}(M-1) \\ \vdots & & \\ \hat{R}_{uu}(M-1) & \cdots & \hat{R}_{uu}(0) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \hat{g}(0) \\ \vdots \\ \hat{g}(M-1) \end{pmatrix} \quad (15)$$

[Úvod](#)[Impulzová
charakteristika](#)[Přechodová
charakteristika](#)[Identifikace pomocí
korelačních metod](#)[Formulace problému](#)[Odvození I](#)[Odvození II](#)[Wiener-Hopfova
rovnice](#)[Diskrétní tvar](#)[Praktický výpočet](#)[Maticový zápis](#)[Frekvenční analýza](#)[Spektrální analýza](#)

Kde M je počet koeficientů, které chceme spočítat.
Maticový zápis

$$\begin{pmatrix} \hat{R}_{uy}(0) \\ \vdots \\ \hat{R}_{uy}(M-1) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \hat{R}_{uu}(0) & \cdots & \hat{R}_{uu}(M-1) \\ \vdots & & \\ \hat{R}_{uu}(M-1) & \cdots & \hat{R}_{uu}(0) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \hat{g}(0) \\ \vdots \\ \hat{g}(M-1) \end{pmatrix} \quad (15)$$

Pro vstup ve tvaru bílého šumu lze jednoduše počítat prvky impulsové charakteristiky

$$\hat{g}(k) = \frac{\hat{R}_{uy}(k)}{\hat{R}_{uu}(0)} \quad (16)$$

Úvod

Impulzová
charakteristika

Přechodová
charakteristika

Identifikace pomocí
korelačních metod

Frekvenční analýza

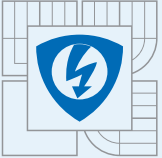
Základní frekvenční
analýza

Odvození
Vylepšená frekvenční
analýza

Odvození
Odvození pokr.
Shrnutí výsledků

Spektrální analýza

Frekvenční analýza



Úvod

Impulzová
charakteristika

Přechodová
charakteristika

Identifikace pomocí
korelačních metod

Frekvenční analýza

**Základní frekvenční
analýza**

Odvození
Vylepšená frekvenční
analýza

Odvození

Odvození pokr.

Shrnutí výsledků

Spektrální analýza

Uvažujme vstupní signál

$$u(t) = A \sin(\omega t)$$

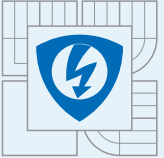
po ustálení přechodného děje je na výstupu

$$y(t) = B \sin(\omega t + \varphi)$$

kde

$$\begin{aligned} B &= A|G(j\omega)| \\ \varphi &= \arg[G(j\omega)] \end{aligned}$$

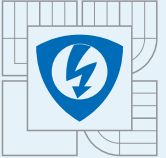
(17)

[Úvod](#)[Impulzová
charakteristika](#)[Přechodová
charakteristika](#)[Identifikace pomocí
korelačních metod](#)[Frekvenční analýza
Základní frekvenční
analýza](#)[Odvození
Vylepšená frekvenční
analýza](#)[Odvození](#)[Odvození pokr.](#)[Shrnutí výsledků](#)[Spektrální analýza](#)

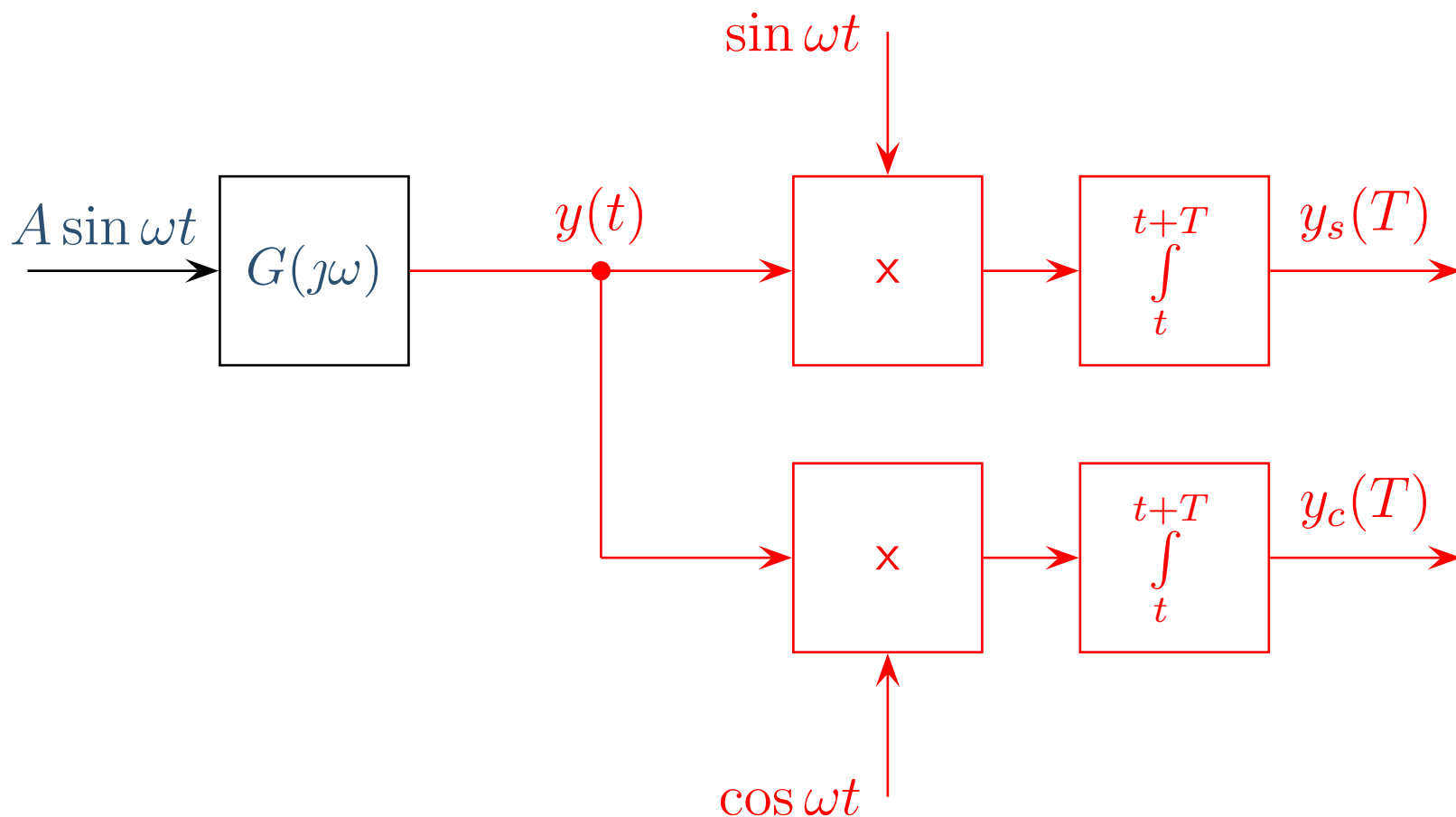
Platí $y(t) = \int_0^t g(\tau)u(t - \tau)d\tau$, $G(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} g(t)e^{-j\omega t}dt$ a

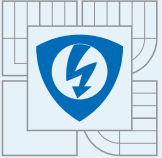
$\sin \omega t = \frac{1}{2j}(e^{j\omega t} - e^{-j\omega t})$. Sloučením těchto rovnic dostaneme

$$\begin{aligned} y(t) &= \frac{A}{2j} \int_{-\infty}^{\infty} g(\tau)[e^{j\omega(t-\tau)} - e^{-j\omega(t-\tau)}]d\tau = \\ &= \frac{A}{2j} \int_0^t g(\tau)[e^{j\omega(t-\tau)} - e^{-j\omega(t-\tau)}]d\tau = \\ &= \frac{A}{2j} [e^{j\omega(t)} G(j\omega) - e^{-j\omega(t)} G(-j\omega)] = \\ &= \frac{A}{2j} |G(j\omega)| [e^{j\omega(t)} e^{j \arg G(j\omega)} - e^{-j\omega(t)} e^{-j \arg G(j\omega)}] \\ &= \boxed{A|G(j\omega)| \sin(\omega t + \arg G(j\omega))} \end{aligned} \tag{18}$$

[Úvod](#)[Impulzová charakteristika](#)[Přechodová charakteristika](#)[Identifikace pomocí korelačních metod](#)[Frekvenční analýza](#)
[Základní frekvenční analýza](#)[Odvození](#)
[Vylepšená frekvenční analýza](#)[Odvození](#)
[Odvození pokr.](#)
[Shrnutí výsledků](#)[Spektrální analýza](#)

Spočívá ve využití korelace

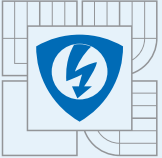


[Úvod](#)[Impulzová
charakteristika](#)[Přechodová
charakteristika](#)[Identifikace pomocí
korelačních metod](#)[Frekvenční analýza](#)[Základní frekvenční
analýza](#)[Odvození
Vylepšená frekvenční
analýza](#)[Odvození](#)[Odvození pokr.
Shrnutí výsledků](#)[Spektrální analýza](#)

Naměřený výstupní signál $y(t)$ je násobený $\sin \omega t$ a je provedena integrace přes jednu periodu $y(t)$ T .

$$\begin{aligned} y_s(T) &= \int_0^T y(t) \sin \omega t dt = \\ &= \int_0^T B \sin(\omega t + \varphi) \sin \omega t dt + \int_0^T e(t) \sin \omega t dt = \\ &= \boxed{\frac{BT}{2} \cos \varphi} - \frac{B}{2} \int_0^T \cos(2\omega t + \varphi) dt + \int_0^T e(t) \sin \omega t dt \end{aligned}$$

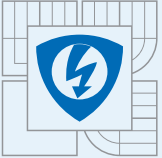
$$(\cos \alpha - \cos \beta = -2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \sin \frac{\alpha - \beta}{2}, \alpha = 2\omega t + \varphi, \beta = \varphi)$$

[Úvod](#)[Impulzová
charakteristika](#)[Přechodová
charakteristika](#)[Identifikace pomocí
korelačních metod](#)[Frekvenční analýza](#)[Základní frekvenční
analýza](#)[Odvození
Vylepšená frekvenční
analýza](#)[Odvození](#)[Odvození pokr.](#)[Shrnutí výsledků](#)[Spektrální analýza](#)

Podobně pro výstupní signál násobený $\cos \omega t$

$$\begin{aligned} y_c(T) &= \int_0^T y(t) \cos \omega t dt = \\ &= \int_0^T B \sin(\omega t + \varphi) \cos \omega t dt + \int_0^T e(t) \cos \omega t dt = \\ &= \boxed{\frac{BT}{2} \sin \varphi} - \frac{B}{2} \int_0^T \sin(2\omega t + \varphi) dt + \int_0^T e(t) \cos \omega t dt \end{aligned}$$

$$\left(\sin \alpha - \sin \beta = 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \sin \frac{\alpha - \beta}{2}, \beta = 2\omega t + \varphi, \alpha = \varphi \right)$$



Úvod

Impulzová
charakteristika

Přechodová
charakteristika

Identifikace pomocí
korelačních metod

Frekvenční analýza

Základní frekvenční
analýza

Odvození

Vylepšená frekvenční
analýza

Odvození

Odvození pokr.

Shrnutí výsledků

Spektrální analýza

$$y_s(T) = \frac{BT}{2} \cos \varphi$$

$$y_c(T) = \frac{BT}{2} \sin \varphi$$

Zároveň platí (použitím (17))

$$y_s(T) = \frac{AT}{2} \Re [G(j\omega)]$$

$$y_c(T) = \frac{AT}{2} \Im [G(j\omega)]$$

Výrazným způsobem je snížena citlivost na šum měření $e(t)$.

Úvod

Impulzová
charakteristika

Přechodová
charakteristika

Identifikace pomocí
korelačních metod

Frekvenční analýza

Spektrální analýza

Spektrální hustota

Přenos

Výpočet

Pokračování

Zlepšení výsledků

Typy oken

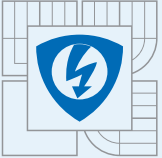
Shrnutí

Spektrální analýza

[Úvod](#)[Impulzová charakteristika](#)[Přechodová charakteristika](#)[Identifikace pomocí korelačních metod](#)[Frekvenční analýza](#)[Spektrální analýza](#)[Spektrální hustota](#)[Přenos](#)[Výpočet](#)[Pokračování](#)[Zlepšení výsledků](#)[Typy oken](#)[Shrnutí](#)

Pomocí diskrétní Fourierovy transformace vzájemné korelační funkce $R_{uy}(\tau)$ dostaneme spektrální hustotu

$$\begin{aligned}\phi_{uy}(\omega) &= \frac{1}{2\pi} \sum_{\tau=-\infty}^{\infty} R_{uy}(\tau) e^{-j\tau\omega} = \\ &= \frac{1}{2\pi} \sum_{\tau=-\infty}^{\infty} \sum_{j=0}^{\infty} g(j) e^{-jj\omega} R_{uu}(\tau - j) e^{-j(\tau-j)\omega} = \\ &= \sum_{j=0}^{\infty} g(j) e^{-jj\omega} \left[\frac{1}{2\pi} \sum_{\tau'=-\infty}^{\infty} R_{uu}(\tau') e^{-j(\tau')\omega} \right] = \\ &= G(e^{-j\omega}) \phi_{uu}(\omega)\end{aligned}$$

[Úvod](#)[Impulzová
charakteristika](#)[Přechodová
charakteristika](#)[Identifikace pomocí
korelačních metod](#)[Frekvenční analýza](#)[Spektrální analýza](#)[Spektrální hustota](#)[Přenos](#)[Výpočet](#)[Pokračování](#)[Zlepšení výsledků](#)[Typy oken](#)[Shrnutí](#)

Z předchozího vztahu lze vyjádřit $G(e^{-j\omega})$

$$\phi_{uy}(\omega) = G(e^{-j\omega})\phi_{uu}(\omega) \rightarrow G(e^{-j\omega}) = \frac{\phi_{uy}(\omega)}{\phi_{uu}(\omega)}$$

kde

$$\phi_{uy}(\omega) = \frac{1}{2\pi} \sum_{\tau=-\infty}^{\infty} R_{uy}(\tau) e^{-j\tau\omega}$$

$$\phi_{uu}(\omega) = \frac{1}{2\pi} \sum_{\tau=-\infty}^{\infty} R_{uu}(\tau) e^{-j\tau\omega}$$

$$G(e^{-j\omega}) = \sum_{k=0}^{\infty} g(k) e^{-jk\omega}$$



Úvod

Impulzová
charakteristikaPřechodová
charakteristikaIdentifikace pomocí
korelačních metod

Frekvenční analýza

Spektrální analýza

Spektrální hustota

Přenos

Výpočet

Pokračování

Zlepšení výsledků

Typy oken

Shrnutí

Způsob určení spektrální hustoty

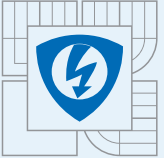
$$\hat{\phi}_{uy}(\omega) = \frac{1}{2\pi} \sum_{\tau=-N}^N \hat{R}_{uy}(\tau) e^{-j\tau\omega}$$

dosazením za $\hat{R}_{uy}(\tau)$

$$\hat{\phi}_{uy}(\omega) = \frac{1}{2\pi N} \sum_{\tau=-N}^N \sum_{k=1-\min(\tau,0)}^{N-\max(\tau,0)} u(k)y(k+\tau) e^{-j\tau\omega}$$

$$= \frac{1}{2\pi N} \sum_{s=1}^N \sum_{k=1}^N y(s)u(k) e^{-js\omega} e^{jk\omega} =$$

$$= \frac{1}{2\pi N} Y_N(\omega) U_N(-\omega) \quad \text{substituce } (s = k + \tau)$$

[Úvod](#)[Impulzová charakteristika](#)[Přechodová charakteristika](#)[Identifikace pomocí korelačních metod](#)[Frekvenční analýza](#)[Spektrální analýza](#)[Spektrální hustota](#)[Přenos](#)[Výpočet](#)[Pokračování](#)[Zlepšení výsledků](#)[Typy oken](#)[Shrnutí](#)

kde $Y_N(\omega)$ a $U_N(\omega)$ je DFT posloupností $y(k)$ a $u(k)$.

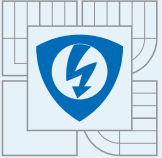
Pro $\omega = 0, 2\pi/N, 4\pi/N, \dots, \pi$ může být pro výpočet použita FFT (posloupnosti doplněné nulami).

$$\hat{\phi}_{uu}(\omega) = \frac{1}{2\pi N} U_N(\omega) U_N(-\omega) = \frac{1}{2\pi N} |U_N(\omega)|^2$$

$$\frac{1}{2\pi N} Y_N(\omega) U_N(-\omega) = \hat{G}(e^{-j\omega}) \frac{1}{2\pi N} U_N(\omega) U_N(-\omega)$$

Výsledný přenos

$$Y_N(\omega) = \hat{G}(e^{-j\omega}) U_N(\omega) \rightarrow \hat{G}(e^{-j\omega}) = \frac{Y_N(\omega)}{U_N(\omega)}$$



Úvod

Impulzová
charakteristikaPřechodová
charakteristikaIdentifikace pomocí
korelačních metod

Frekvenční analýza

Spektrální analýza

Spektrální hustota

Přenos

Výpočet

Pokračování

Zlepšení výsledků

Typy oken

Shrnutí

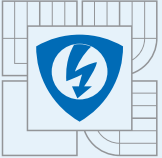
Výsledný odhad spektra nemusí pro $N \rightarrow \infty$ konvergovat ke skutečnému spektru.

Pro reálné N jsou odhady $\hat{R}_{uy}(\tau)$ a $\hat{R}_{uu}(\tau)$ nepřesné, protože se počítají z málo hodnot (vzájemné posunutí).

Proto se používají vzorce obsahující okna

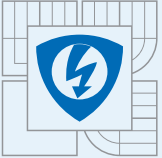
$$\hat{\phi}_{uy}(\omega) = \frac{1}{2\pi} \sum_{\tau=-N}^N \hat{R}_{uy}(\tau) w(\tau) e^{-j\tau\omega}$$

Požadavky na okno $w(\tau)$: $w(\tau) = 1$ pro $\tau = 0$, se zvyšujícím se τ hodnota $w(\tau)$ klesá k nule a od určité hodnoty $\tau = M$ je nulová.

[Úvod](#)[Impulzová
charakteristika](#)[Přechodová
charakteristika](#)[Identifikace pomocí
korelačních metod](#)[Frekvenční analýza](#)[Spektrální analýza](#)[Spektrální hustota](#)[Přenos](#)[Výpočet](#)[Pokračování](#)[Zlepšení výsledků](#)[Typy oken](#)[Shrnutí](#)

Obdélníkové okno

$$w_1(\tau) = \begin{cases} 1 & |\tau| \leq M \\ 0 & |\tau| > M \end{cases}$$



- Úvod
- Impulzová charakteristika
- Přechodová charakteristika
- Identifikace pomocí korelačních metod
- Frekvenční analýza
- Spektrální analýza
- Spektrální hustota
- Přenos
- Výpočet
- Pokračování
- Zlepšení výsledků
- Typy oken**
- Shrnutí

Obdélníkové okno

$$w_1(\tau) = \begin{cases} 1 & |\tau| \leq M \\ 0 & |\tau| > M \end{cases}$$

Bartlettovo okno

$$w_2(\tau) = \begin{cases} 1 - |\tau|/M & |\tau| \leq M \\ 0 & |\tau| > M \end{cases}$$

[Úvod](#)[Impulzová
charakteristika](#)[Přechodová
charakteristika](#)[Identifikace pomocí
korelačních metod](#)[Frekvenční analýza](#)[Spektrální analýza](#)[Spektrální hustota](#)[Přenos](#)[Výpočet](#)[Pokračování](#)[Zlepšení výsledků](#)[Typy oken](#)[Shrnutí](#)

Obdélníkové okno

$$w_1(\tau) = \begin{cases} 1 & |\tau| \leq M \\ 0 & |\tau| > M \end{cases}$$

Bartlettovo okno

$$w_2(\tau) = \begin{cases} 1 - |\tau|/M & |\tau| \leq M \\ 0 & |\tau| > M \end{cases}$$

Okno Hamming-Tukey

$$w_3(\tau) = \begin{cases} \frac{1}{2}(1 + \cos \frac{\pi\tau}{M}) & |\tau| \leq M \\ 0 & |\tau| > M \end{cases}$$

[Úvod](#)[Impulzová
charakteristika](#)[Přechodová
charakteristika](#)[Identifikace pomocí
korelačních metod](#)[Frekvenční analýza](#)[Spektrální analýza](#)[Spektrální hustota](#)[Přenos](#)[Výpočet](#)[Pokračování](#)[Zlepšení výsledků](#)[Typy oken](#)[Shrnutí](#)

Obdélníkové okno

$$w_1(\tau) = \begin{cases} 1 & |\tau| \leq M \\ 0 & |\tau| > M \end{cases}$$

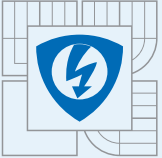
Bartlettovo okno

$$w_2(\tau) = \begin{cases} 1 - |\tau|/M & |\tau| \leq M \\ 0 & |\tau| > M \end{cases}$$

Okno Hamming-Tukey

$$w_3(\tau) = \begin{cases} \frac{1}{2}(1 + \cos \frac{\pi\tau}{M}) & |\tau| \leq M \\ 0 & |\tau| > M \end{cases}$$

Volba parametru M není snadná. Většinou se volí v rozsahu $M \in < \frac{N}{6}, \frac{N}{5} >$

[Úvod](#)[Impulzová
charakteristika](#)[Přechodová
charakteristika](#)[Identifikace pomocí
korelačních metod](#)[Frekvenční analýza](#)[Spektrální analýza](#)[Spektrální hustota](#)[Přenos](#)[Výpočet](#)[Pokračování](#)[Zlepšení výsledků](#)[Typy oken](#)[Shrnutí](#)

Použití okna u spektrální analýzy

- je důležité pro dosažení požadované přesnosti
- omezuje frekvenční rozlišení
- může roztáhnout ostré spektrální čáry
- může způsobit, že nerozlišíme blízké ostré spektrální čáry



Úvod

Impulzová
charakteristika

Přechodová
charakteristika

Identifikace pomocí
korelačních metod

Frekvenční analýza

Spektrální analýza

Spektrální hustota

Přenos

Výpočet

Pokračování

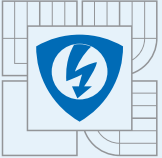
Zlepšení výsledků

Typy oken

Shrnutí

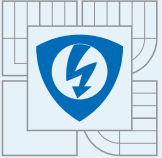
Použití okna u spektrální analýzy

- je důležité pro dosažení požadované přesnosti
- omezuje frekvenční rozlišení
- může roztáhnout ostré spektrální čáry
- může způsobit, že nerozlišíme blízké ostré spektrální čáry

[Úvod](#)[Impulzová
charakteristika](#)[Přechodová
charakteristika](#)[Identifikace pomocí
korelačních metod](#)[Frekvenční analýza](#)[Spektrální analýza](#)[Spektrální hustota](#)[Přenos](#)[Výpočet](#)[Pokračování](#)[Zlepšení výsledků](#)[Typy oken](#)[Shrnutí](#)

Použití okna u spektrální analýzy

- je důležité pro dosažení požadované přesnosti
- omezuje frekvenční rozlišení
- může roztáhnout ostré spektrální čáry
- může způsobit, že nerozlišíme blízké ostré spektrální čáry



Úvod

Impulzová
charakteristika

Přechodová
charakteristika

Identifikace pomocí
korelačních metod

Frekvenční analýza

Spektrální analýza

Spektrální hustota

Přenos

Výpočet

Pokračování

Zlepšení výsledků

Typy oken

Shrnutí

Použití okna u spektrální analýzy

- je důležité pro dosažení požadované přesnosti
- omezuje frekvenční rozlišení
- může roztáhnout ostré spektrální čáry
- může způsobit, že nerozlišíme blízké ostré spektrální čáry