

## Volba periody vzorkování

### Popis řešeného problému:

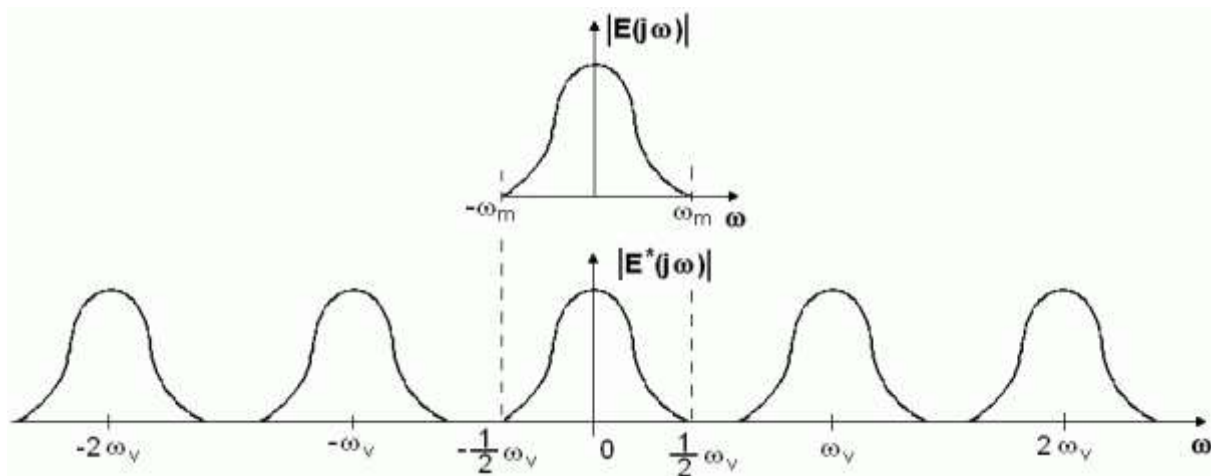
Vzorkovací perioda je časová konstanta, která rozděluje spojitou část obvodu na hodnoty dané v časových intervalech touto konstantou určené. Velikost vzorkovací periody má podstatný vliv na stabilitu diskrétního regulačního obvodu i na jeho další vlastnosti. Její periodu  $T$  a kmitočet  $\omega_v$  nemůžeme volit libovolně dlouhý.

### Shannon-Kotelníkův teorém

Základní podmínkou správného vzorkování je požadavek, aby vzorkovací průběh bylo možno převést zpět, tedy rekonstruovat jej na původní průběh bez ztráty informace. Tuto podmínku vyjadřuje tzv. Shannon-Kotelníkův vzorkovací teorém, kterým určuje potřebný vzorkovací kmitočet vzhledem k nejvyššímu kmitočtu spektra vzorkovacího signálu.

$$\omega_v \geq 2 \cdot \omega_m$$

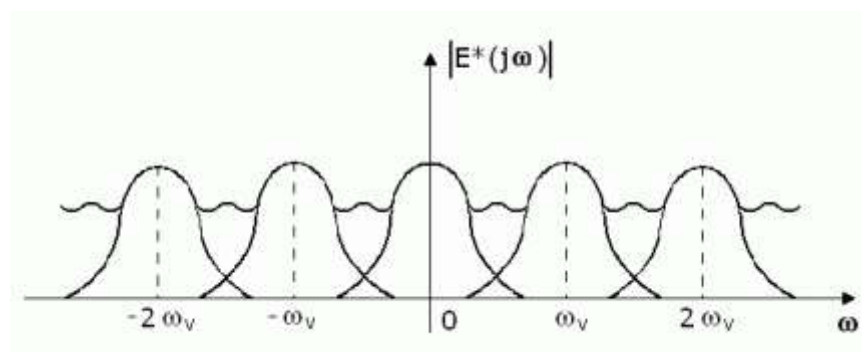
Vzorkovací kmitočet  $\omega_v$  musí být roven nejméně dvojnásobku nejvyššího kmitočtu spektra vzorkovacího kmitočtu  $\omega_m$ .



Obrázek 1: Amplitudové kmitočtové spektrum pro  $\omega_v \geq 2\omega_m$

Není-li podmínka splněna dochází k překrytí sousedních period spektra, což má za následek znehodnocení vzorkovacího signálu.

$$\omega_v < 2 \cdot \omega_m$$



Obrázek 2: Amplitudové kmitočtové spektrum pro  $\omega_v < 2\omega_m$

**Při volbě periody vzorkování je nutno brát v úvahu aspekty:**

- Pomocí simulace je možno zjistit kdy se začne zhoršovat regulace.
- Dynamika regulované soustavy má zásadní vliv na volbu periody vzorkování a většina pravidel pro její volbu vychází z dynamických vlastností jako např. doba průtahu, dopravní zpoždění apod.
- Frekvenční spektrum poruchové veličiny – poruchová veličina se vyskytuje ve spektru nízkofrekvenčního až středofrekvenčního pásma. Můžeme odstranit vliv poruch až do frekvence  $\omega_m$  = požadovaná hranice pásma.

$$T \leq \frac{\pi}{\omega_m}$$

- Výpočetní nároky a časová náročnost komunikace-omezení dolní hranice periody vzorkování z důvodu doby potřebné na výpočet pouze u extrémně složitých regulačních algoritmů a jsou v případě nutnosti řešitelné použitím speciálních rychlých procesů.

Pro regulaci obvyklých fyzikálních veličin v technologických procesech jsou uváděny následující typické hodnoty vzorkovací periody T.

Tabulka 1: Hodnoty vzorkovací periody pro používané fyzikální veličiny

Fyzikální veličina	Perioda vzorkování T
průtok	1s
tlak	5s
výška hladiny	10s
teplota	20s

Pro přibližné určení vzorkovací periody lze použít některý ze vztahů, které uvádí následující tabulka 2. Tyto vztahy byly ověřeny simulací a praxí

Tabulka 2: Vztahy pro určení přibližné hodnoty periody vzorkování

Hledisko volby periody vzorkování	určující vztah	pozn.
-	$T = \left( \frac{1}{8} \div \frac{1}{16} \right) f$ $T = \left( \frac{1}{4} \div \frac{1}{8} \right) T_d$	soustavy s dominantním dopravním zpožděním
Hledisko volby periody vzorkování	$T = (1,2 \div 0,35) T_u$ $T = (0,35 \div 0,22) T_u$	$0,1 \leq \frac{T_u}{T} \leq 1,0$ $1,0 \leq \frac{T_u}{T} \leq 10$
vyregulování poruchy do $\omega_m$ jako u spojitého regulačního obvodu	$T = \frac{\pi}{\omega_m}$	$ S(j\omega_m)  = 0,01 \div 0,1$
výsledky simulace	$T = \left( \frac{1}{6} \div \frac{1}{15} \right) T_{95}$	-

Další vztahy pro určení přibližné hodnoty periody vzorkování:

$$T \approx \frac{T_1}{10}$$

$$T \approx \left( \frac{1}{4} + \frac{1}{2} \right) \sum_i \tau_i$$

$f$  – vlastní frekvence uzavřené smyčky [Hz]

$T_d$  – periodu vzorkování  $T$  volíme u regulovaných soustav s dopravním zpožděním v závislosti na dopravním zpožděním

$T_u$  – doba průtahu

$T_{95}$  – čas, kdy přechodová charakteristika regulované soustavy dosáhne 95% své ustálené hodnoty

$T_1$  – největší časová konstanta regulované soustavy

$\sum_i \tau_i$  – součet časových konstant regulované soustavy

Z podstaty odvození číslicových PSD algoritmů je zřejmé, že zmenšováním vzorkovací periody dochází k přiblížení spojitě PID regulační funkce. Se zvětšující se periodou vzorkování roste vliv zpoždění v realizaci změny akční veličiny na spojitě probíhající změny regulační odchylky. Při překročení vzorkovací periody do jisté velikosti dojde ke ztrátě stability.

### Použitá, případně doporučená literatura:

1. Balátě, J.: Automatické řízení. BEN-technická literatura, 2. přepracované vydání, Praha, 2004.
2. Vašek, V.: Teorie automatického řízení II. VUT v Brně, Brno, 1990.