

Zpracování měřeného signálu

Při analýze vlastností strojních komponent či celých celků se nejčastěji měří vibrace a hluk. V tomto časovém signálu je ukryto mnoho informací: vlastní i budící frekvence, vady součástí – ložisek, ozubených kol a další, má často periodický a náhodný charakter. Lepší je převést časový signál do frekvenční oblasti (zde např. průběh celé sinusovky je vyjádřen bodem). Vyhledávání frekvenčních složek se provádí několika způsoby.

- a) buzením harmonickým či impulsním signálem – pasivní metoda
- b) zkoumaný objekt sám vydává signál a provádí se analýza - aktivní metoda
 - 1) technicky - pomocí úzkopásmových (přeladitelných) filtrů
 - 2) matematicky – pomocí FFT, LT, Fourierovy řady

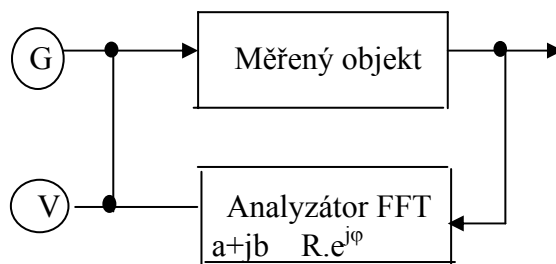
Zde je nutné rozlišovat mezi spektrem a frekvenční charakteristikou.

Spektrum je rozklad signálu na jednotlivé frekvenční složky (vlastnost signálu) a jeho grafické znázornění

Frekvenční charakteristika členu – je grafické vyjádření frekvenčního přenosu v závislosti na frekvenci (vlastnost členu)

Princip měření:

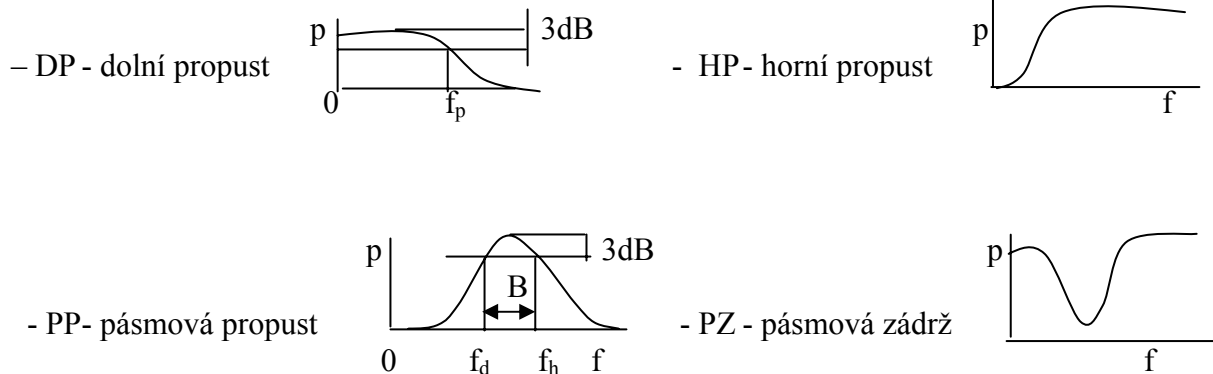
- a) pasivní metoda:
 1. buzení harmonickým signálem: měřený objekt budíme elektricky, či mechanicky harmonickým signálem různou frekvencí. Odezva po ustálení je opět harmonický signál (pouze u lineárních členů) s pozměněnou amplitudou a fází vůči vstupnímu signálu.
 2. Rázem, kterým vybudujeme objekt obsahuje široké spektrum frekvencí a odezva se pak analyzuje (identifikace).



- b) aktivní metoda: měřený či zkoumaný objekt provádí svoji činnost a při tom se projevují jeho různé vlastnosti (v podstatě snímáme spektrum výstupního signálu). Zpracování signálu se provádí s využitím zejména moderní výpočetní techniky, analyzátorů (FFT, speciální programové vybavení), nebo přeladitelné či úzkopásmové filtry aj.

Filtry

Protože jsou filtry součástí mnoha zařízení (nejen analyzátorů), proto pár slov o jejich druzích: Jejich hlavní užití spočívá v propouštění či zadržení užitečného či škodlivého signálu. Dělíme je na:



Definice šíře pásma propustnosti : pokles útlumové (frekvenční) charakteristiky o 3 dB tj. na 0.707x z max. hodnoty a rozdíl k tomu odpovídajících frekvencí viz obr.: např B= f_h- f_d (Hz)

Podle charakteru šířky pásma B dělíme je na: - s B = konst. [Hz] absolutní šíře v Hz
- s B = konst [%] relativní šíře v %

z praxe je známá přibližná závislost doba ustálení T_{ust} ≈ $\frac{1}{B(Hz)}$ (s)

Pojem oktávový filtr

v akustice oktáva – 8 tónů (c , d , e , f , g , a , h , c´)

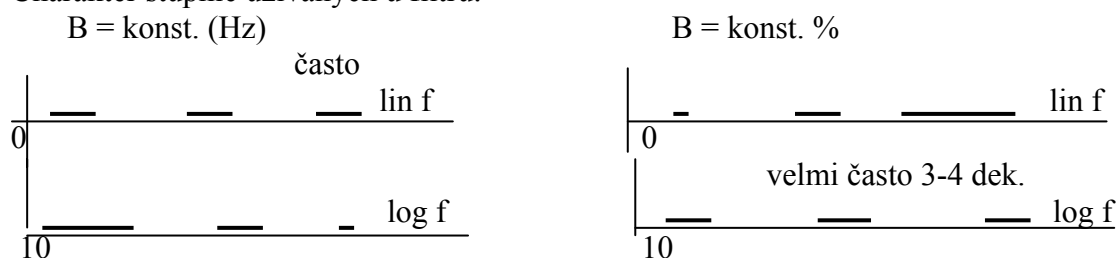
$$\frac{f_{c'}}{f_c} = \frac{f_H}{f_D} = 2 \quad f_S = \sqrt{f_H \cdot f_D} = f_D \cdot \sqrt{2}$$

$$B[Hz] = f_D, B[\%] = 70 \%$$

třetinooktávový filtr - $\frac{f_H}{f_D} = 2^{\frac{1}{3}}$ B[Hz] = f_D ($\sqrt[3]{2} - 1$), B[%]=23,2 %

Běžně pro sledování charakteristik výrobních strojů B = 1 – 12 %
často 3 – 6 %

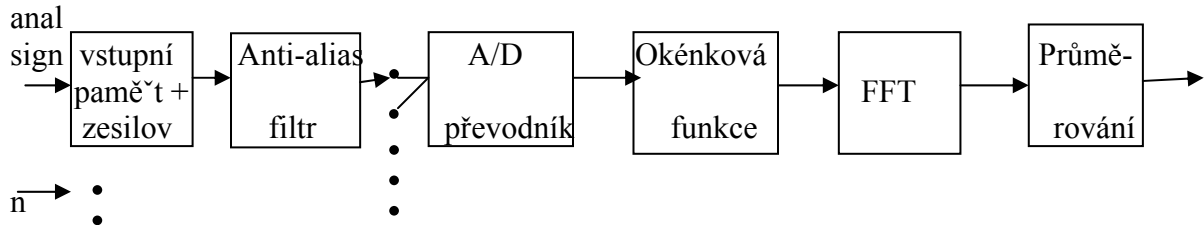
Charakter stupnic užívaných u filtrů:



Střední kmitočty úzkopásmových filtrů bývají v geometrické řadě R 10:
1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10...

Úvod pro měření počítačem

V současnosti se používá k měření a analýze mnoho programů v počítačích, speciální počítačové analyzátoři a j. Obvykle se využívá metoda FFT (což je výpočtová metoda, jak přímo ze změřené časové realizace se vypočte spektrum. Pro správný výsledek je zde nutno znát princip měření.



- 1) vstupní signál se musí upravit na velikost vhodnou pro měřicí kartu – normovat (ta je součástí počítače) – nejčastěji $0 \div \pm 10$ V vstupní zesilovač.
- 2) nyní musíme rozhodnout jakou nejvyšší frekvenci chceme zpracovávat f_{\max} a jak dlouho budeme měřit (velikost registru).
- 3) při vzorkování musíme zabezpečit, aby se nevzorkovala frekvence vyšší než f_{\max} . Toto se zajišťuje tzv. antialiasing filtrem – což je DP s $f_p = f_{\max}$. Jinak v dalším zpracování by mohl proniknout do spektra signál jež v původním nebyl a došlo by ke zkreslení.
- 4) Podle teorému vzorkování musíme v programu nastavit vzorkovací frekvenci $f_{VZ} \geq 2 f_{\max}$ (2,56)
- 5) Protože měřicí karta je značně drahá můžeme s ní měřit více vstupních signálů v časovém sledu za sebou, aniž se ovlivní výsledky, ale rychlost měření se zpomaluje.
- 6) Protože se obvykle měří signál krátkou dobu oproti jeho skutečnému trvání a chceme znát spektrum trvalého signálu, užívá se tzv. okénková funkce, která začátky a konce měření zatlumí k nule. Při zpracování chvění na výrobních strojích se používá funkce Hanning viz obr.
- 7) v dalším bloku dojde k vypočtení spektra
- 8) aby tento výsledek se dále zpřesnil provádí se v dalším bloku zpřůměrování výsledku.

Tím se sníží výpočtový šum, a i náhodnost vzorkování se zlepší.

Příklad

Užitá karta PCL 12 bitový převodník (16 kanálový) – program SPURT
nověji. systém měření Lab VIEW a mnoho dalších

Je-li použitý převodník 12 bitový pak možný počet hladin je $N = 2^{12}$

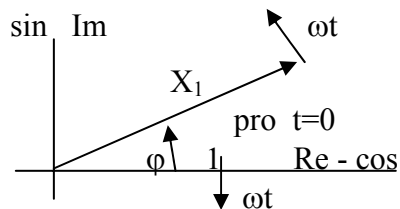
a přesnost $\delta \sim \frac{1}{2^{12}} = 0,24 \text{ ‰}$ a se zřetelem na polaritu signálu, či šum, rušení, je možno

prakticky uvažovat dosaženou přesnost asi 1 ‰.

Princip FFT (rychlá Fourierova transformace) je to matematický předpis pro získání spektra :

Vycházíme-li z Eulerových vztahů $e^{j\varphi} = \cos \varphi + j \sin \varphi$ a z teorie fázorů, můžeme si představit fázor $x_1 = x_1 \cdot e^{j(\omega t + \varphi)}$ jako vektor, který se v komplexní rovině otáčí kladně viz obr. Vektor $x_2 = 1 \cdot e^{-j\omega t}$ (o velikosti 1) otáčí se opačně.

Proveďme součin $F = x_1 \cdot x_2 = X_1 \cdot 1 \cdot e^{j(\omega t + \varphi - \omega t)} = X_1 \cdot e^{j\varphi}$. Ze součinu je patrné, že jednotkový vektor jež se otáčí proti směru, vektor $x_1(\omega t)$ **zastaví** a je pak možno odečíst (po integraci) jeho velikost X_1 . Tento princip se užívá Fourierově transformace.



periodická funkce se skládá z mnoha harmonických,

$$f(t) = \sum (a_n \cos n\omega t + b_n \sin n\omega t)$$

Provedeme-li násobení $f(t) \cdot e^{-j\omega n t}$

což je vztah za integračním znaménkem v FT.

Funkce času je násobená jednotkovým fázorem otáčejícím se v záporném směru a frekvence ω_n – jedné ze složek funkce $f(t)$ zastaví a po integraci se vydělí ze zbývajících harmonických. Toto se opakuje pro každou harmonickou.

Výsledek informace o A a φ harmonických složek získáme násobením funkce $f(t)$, jednotkovým fázorem, a následnou integrací během periody.

Výkonové spektrum či spektrální výkonová hustota

Výkonové spektrum udává rozložení výkonu signálu podél frekvenční osy – vidíme, která složka je nejmocnější.

$$N = K \cdot [f(t)]^2 \quad - \text{okamžitý výkon}$$

$$N_{st} = \frac{1}{T} \int_0^T [f(t)]^2 dt \quad - \text{střední výkon během jedné periody}$$

Výkon k -té složky

$$(N_{st})_K = \frac{1}{T} \int_0^T x_k^2 \cos^2(\omega_k t + \varphi_k) dt = \frac{x_k^2}{T} \int_0^T \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos 2(\omega_k t + \varphi_k) \right) dt = \frac{x_k^2}{2} = x_{kef}^2$$

Celkový výkon signálu je součet výkonů všech složek. Výkonové spektrum je jen jedna funkce (není ovlivněna úhlem φ , tento se při integraci neprojeví) a odmocnina je spektrum efektivních složek.