

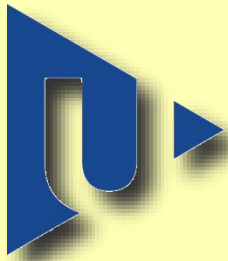
ESF II projekt Západočeské univerzity v Plzni

reg. č. CZ.02.2.69/0.0/0.0/18_056/0013239



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání





ZÁPADOČESKÁ
UNIVERZITA
V PLZNI



EMC - nízkofrekvenční rušení

Měření

OSNOVA PŘEDNÁŠKY

- **Problematika měření harmonických**

Měření EMC výkonových polovodičových systémů

- Měření výkonových polovodičových systémů zahrnuje více oblastí - nízkofrekvenční rušení, vysokofrekvenční a impulzní rušení.
- Většinou měření v nízkofrekvenční oblasti (do 50-té harmonické, 2,5kHz).
- Měnič působí jako zdroj rušení nejen pro okolí, ale i pro svou činnost.
- Elektromagnetickým polem mohou být ovlivněny jak řídící, tak i výkonové obvody měničů.

Teoretický úvod do měření a analýzy harmonických

- Základem pro analýzu signálů ve frekvenční oblasti jsou Fourierovy řady.
- Dvojice ortogonálních funkcí
- Zhodnocení harmonických spekter $\text{THD}_{i,u}$

- V současnosti je analýza naměřených signálů prováděna číslicovým způsobem, používán komplexní tvar Fourierovy řady a následně diskrétní Fourierova transformace (DFT / FFT) .

Reálná složka

$$\operatorname{Re} F(f) = \frac{1}{2} [F(f) + F(-f)] = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) \cos(2\pi ft) dt$$

Imaginární složka

$$\operatorname{Im} F(f) = \frac{1}{2} [F(f) - F(-f)] = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) \sin(2\pi ft) dt$$

Fázový posuv

$$\varphi(f) = \arctan \left[\frac{\operatorname{Im} F(f)}{\operatorname{Re} F(f)} \right]$$

Amplituda

$$F(f) = \sqrt{(\operatorname{Re} F(f))^2 + (\operatorname{Im} F(f))^2}$$

Zpětná transformace

$$f(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} F(f) e^{j2\pi ft} df = \int_{-\infty}^{+\infty} F(f) \cos[2\pi ft - \varphi(f)] df$$

Způsoby měření a vyhodnocení harmonických

- a) Využití A/D převodníku a následné zpracování na počítač.
- b) Využití osciloskopu.
- c) Použití speciálních analyzátorů.
 - Většinou měření v nízkofrekvenční oblasti (do 50-té harmonické, 2,5kHz).
 - Měnič působí jako zdroj rušení nejen pro okolí, ale i pro svou činnost.
 - Elektromagnetickým polem mohou být ovlivněny jak řídící, tak i výkonové obvody měničů.

a) Využití A/D převodníku a následné zpracování na počítač

+ nepotřebujeme nákladné zařízení (ad b, c), PC lze využívat i pro jiné účely. V současnosti je na trhu dostatečné množství A/D převodníků, které plní požadavky pro měření harmonických.

- Potřeba dokonalé znalosti problematiky měření a analýzy harmonických, kompletace potřebného programového vybavení a A/D převodníku. Použité programy by měly splňovat požadavky norem. S klesající cenou analyzátorů význam tohoto způsobu klesá, používá se pouze tam, kde je zapotřebí speciálních postupů a analýzy, které nejsou v analyzátorech naprogramovány.

b) Využití osciloskopu - pro měření se dnes používá obvykle digitální osciloskop. Pak je nutné provést další zpracování - buď pomocí speciálních doplňků osciloskopů (např. přímo zabudované FFT analýzy) nebo převést naměřená data do počítače a dále zpracovávat.

+ Výhodou je možnost využití osciloskopů pro jiné účely.

- Omezené množství paměti osciloskopu = nemožnost analýzy v reálném čase (při zpracování na PC).

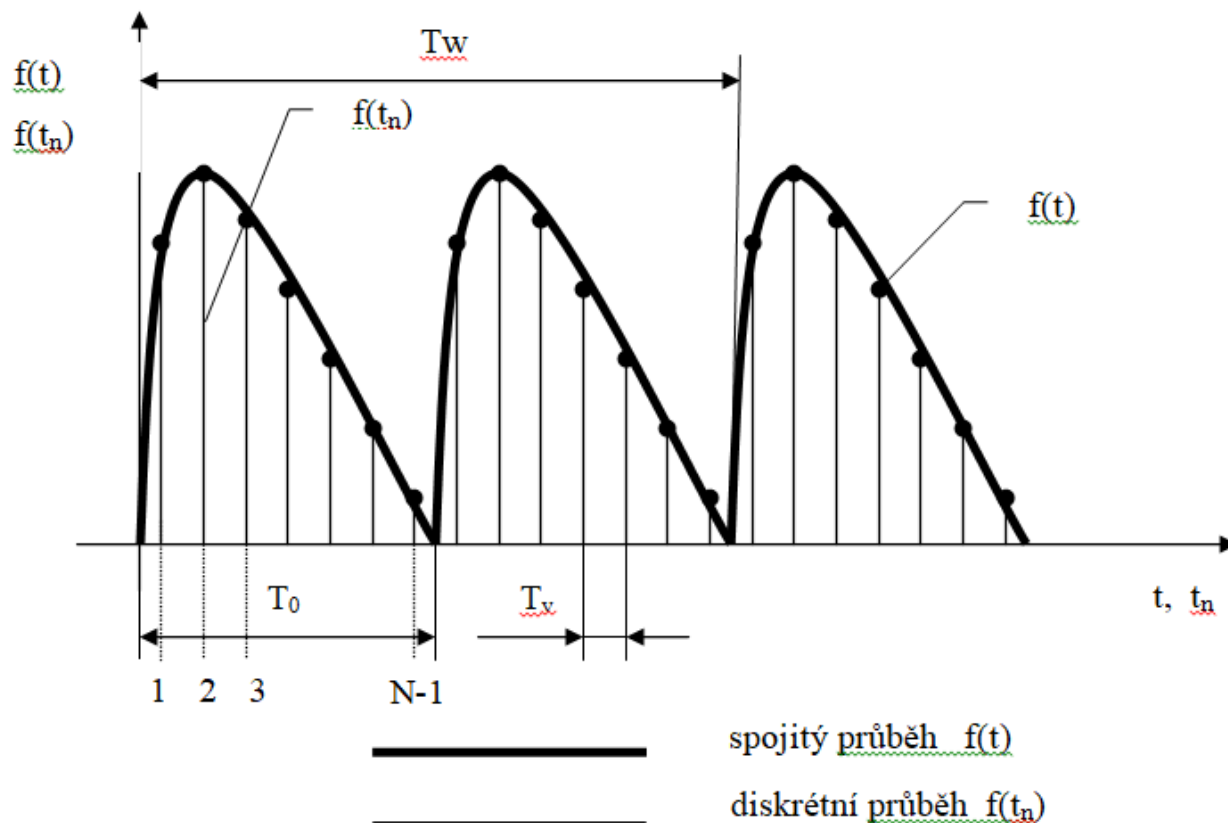
c) Použití speciálních analyzátorů - dnes pro analýzu v nízkofrekvenční oblasti jsou nejčastější.

+ Měření v reálném čase a ve více fázích současně. Analyzátory provádějí obvykle všechny potřebné výpočty včetně statistického zpracování dat. Doplnkovým vybavením analyzátorů jsou i potřebné měřicí kleště ap.

- Vyšší cena, obvykle ale bývají vybaveny i systémy pro synchronizaci měření z více měřících (i vzdálených pracovišť a pro přenos dat do centrálního počítače).

Volba doby a frekvence vzorkování

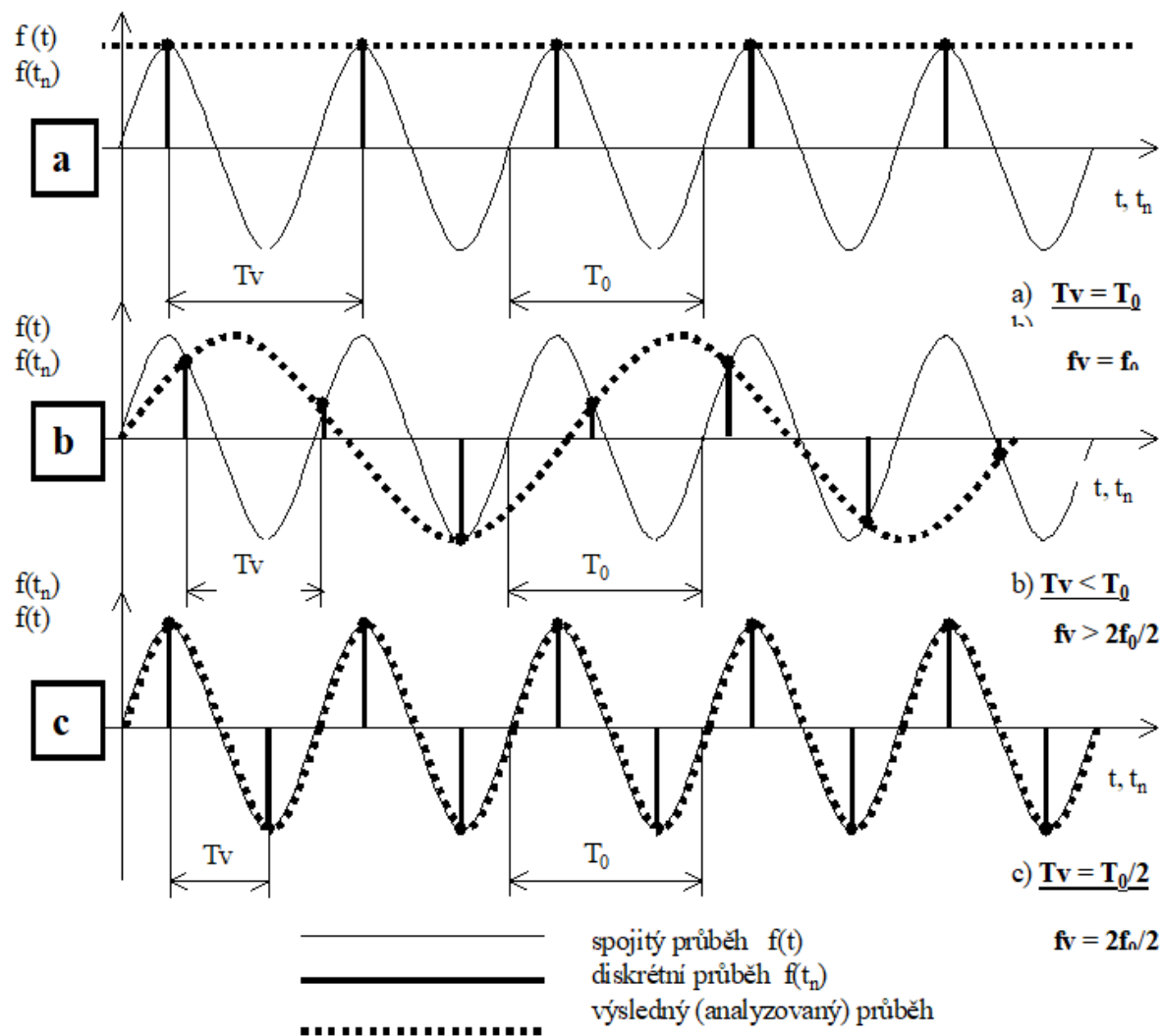
- Pro číslicovou analýzu signálu je nejprve nutné vstupní signál převést na diskretní tvar.



T_v - perioda vzorkování, T_0 - perioda signálu $f(t)$, t - čas, t_n - čas pro diskretní průběh
 T_w - (celková) doba vzorkování signálu

Frekvenční krok f_w

$$f_w = \frac{1}{T_w}$$



a) $T_v = T_0$	$f_v = f_0$	$f_v = f_m$	analyzovaná frekvence = 0
b) $T_v < T_0$	$f_v > f_0$	$f_v < 2f_m$	analyzovaná frekvence < skutečná frekvence
c) $T_v = T_0/2$	$f_v > f_0$	$f_v = 2f_m$	<u>analyzovaná frekvence = skutečná frekvence</u>

Aliasing efekt – vznik nesprávnou vzorkovací frekvencí

Aliasing efekt – vznik nesprávnou vzorkovací frekvencí

- Z hlediska následného frekvenčního zpracování signálu je frekvence vzorkování ovlivněna mezní frekvencí f_m , do které budeme signál frekvenčně analyzovat.
- S-K = Shannon – Kotělnikovův teorém, který definuje potřebnou frekvenci vzorkování signálu, určeného pro frekvenční analýzu

$$f_v > 2.f_m$$

Vliv konečné doby pozorování signálu na jeho spektrum

- Fourierova transformace vyžaduje integrace v nekonečných časových mezích.
- V praxi nesplnitelné. Skutečné signály jsou k dispozici pouze po konečnou dobu pozorování (vzorkování) T_w
- Desítky typů oken ... nejpoužívanější ... Obdélníkové (pravoúhlé), exponenciální, Hamingovo, Hanningovo, Kaiser-Besselovo, Flat-Top

Pravoúhlé okno

$$w(t) = 1$$

Flat-Top okno

$$w(t) = 1 - 1.93\cos(2\pi t / T) + 1.29\cos(4\pi t / T) - 0.388\cos(6\pi t / T) + 0.0322\cos(8\pi t / T)$$

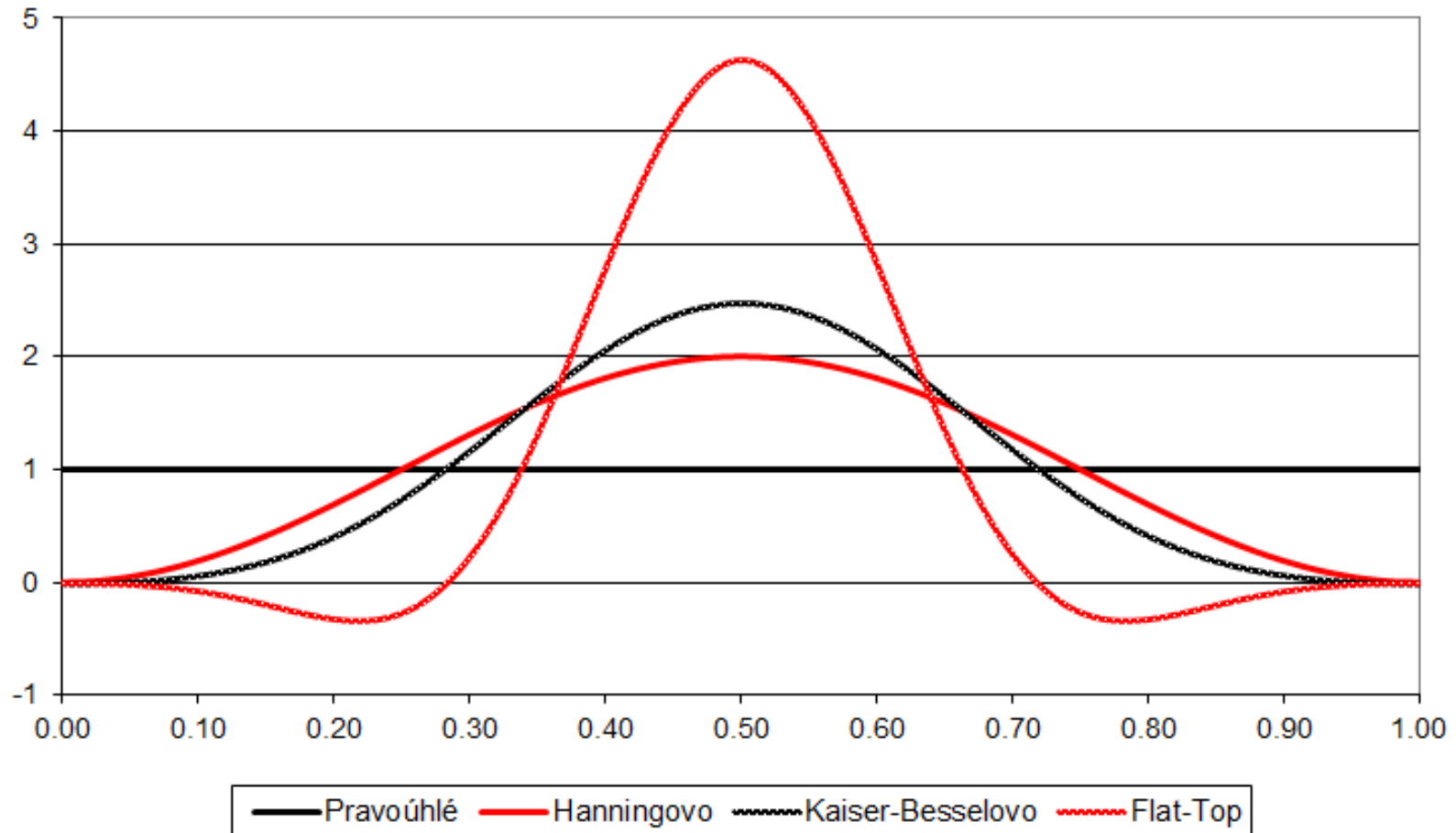
Hanningovo okno

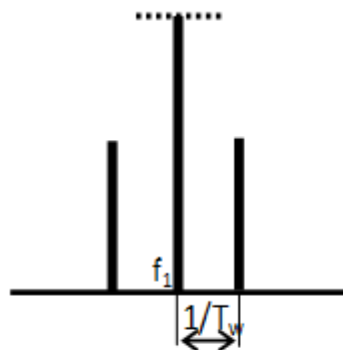
$$w(t) = 1 - \cos(2\pi t / T)$$

Kaiser-Besselovo okno

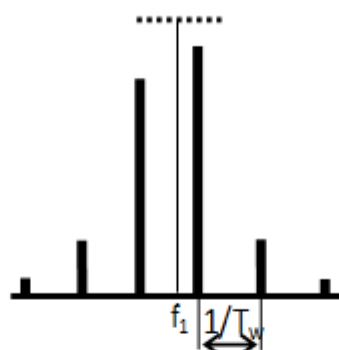
$$w(t) = 1 - 1.24\cos(2\pi t / T) + 0.244\cos(4\pi t / T) - 0.00305\cos(6\pi t / T)$$

Tvary jednotlivých oken

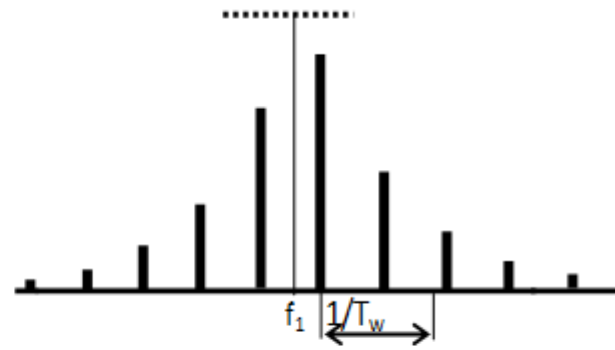




a) periodický signál
Hanningovo okno $H(t)$

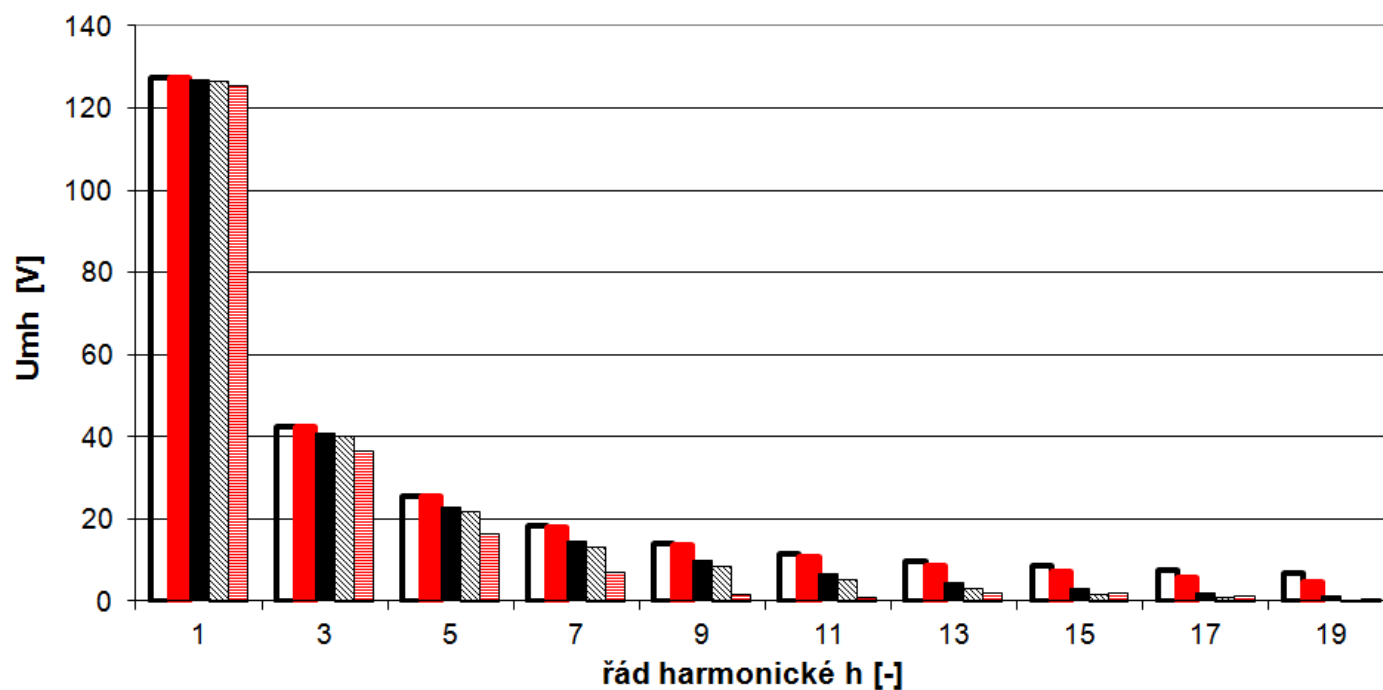


b) neperiodický signál
Hanningovo okno $H(t)$



c) neperiodický signál
pravoúhlé okno $G(t)$

Porovnání amplitud harmonických



Přesná hodnota
 okno Flat Top
 okno Kaiser-Bessel
 okno Hanning
 okno pravoúhlé

Normy pro měření v oblasti nízkofrekvenčního rušení

- ČSN EN 61000-4-7. Plný název této velmi důležité normy je:
“Elektromagnetická kompatibilita, část 4: Zkušební a měřicí techniky, Díl 7: Všeobecný pokyn o měření a měřících přístrojích harmonických a mezipharmonických pro rozvodné sítě a zařízení připojovaná do nich
- ČSN EN 61000-4-30. Plný název této velmi důležité normy je:
“Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Část 4-30: Zkušební a měřicí technika - Metody měření kvality energie

Měření harmonických

- Základní měřicí časový interval pro velikosti parametru (napájecí napětí, harmonické, meziharmonické a nesymetrie) musí být časový interval 10cyklů pro napájecí síť 50 Hz. Tyto hodnoty jsou pak agregovány do následujících intervalů:
 - 3s interval (nejkratší měřicí interval)
 - 10min interval
 - 2h interval
- Agregace pro většinu veličin se provádějí s použitím druhé odmocniny aritmetické střední hodnoty druhých mocnin vstupních hodnot

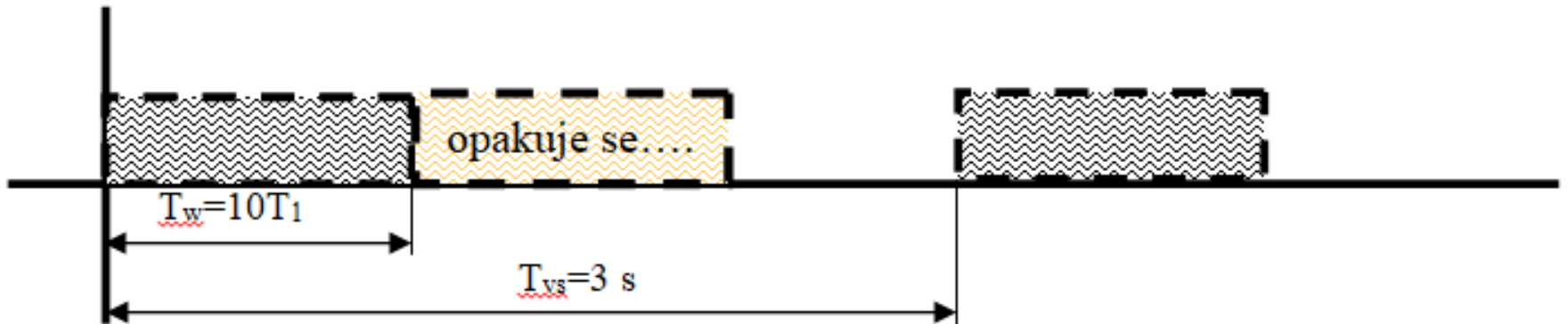
$$C_{hvs} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^M C_{hk}^2}{M}}$$

M - počet vypočtených FFT-hodnot

C_{hk} - hodnota h-té harmonické, která musí být určena po celou dobu agregace pro volitelné jednotlivé harmonické

3s měřící interval

- Nejkratší agregační interval je 3s interval, který označíme T_{vs}



3s měřící interval

- Nejkratší agregační interval je 3s interval, který označíme T_{vs}

