

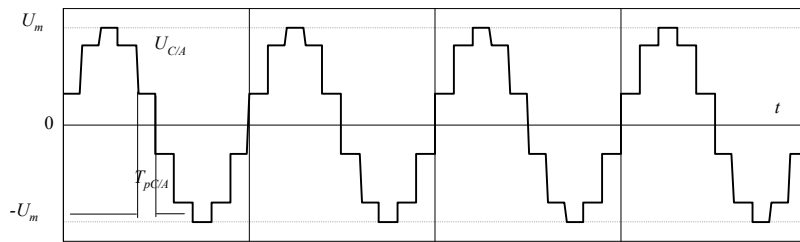
**Wirtualna cyfrowa spektroskopia
impedancji
Cz.2
Filtracja sygnału wymuszającego**

Plan wykładu

- 1. Opis sygnału na wyjściu przetwornika C/A**
- 2. Parametry FDP**
- 3. Parametry podzakresów pasm częstotliwościowych**
- 4. Przykład**

1. Opis sygnału na wyjściu przetwornika C/A

- Wymuszający badany obiekt sygnał $U_{C/A}$, który generowany jest na wyjściu przetwornika C/A, ma postać analogową o przebiegu „schodkowym” z okresem próbkowania $T_{p,C/A}$.



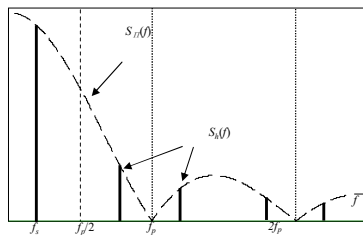
1. Opis sygnału na wyjściu przetwornika C/A

- Do wygładzenia takiego sygnału wykorzystuje się filtr dolnoprzepustowy.
- Oprócz tego, filtr ten ma również za zadanie eliminację pojawiających się podczas generowania sygnału wyjściowego szpilek („glitches”).
- Parametry filtra, zwłaszcza charakterystyka amplitudowo-częstotliwościowa $AFDP(f)$, zależą od wymaganego poziomu tłumienia składowych harmonicznych, ich częstotliwości oraz od wartości częstotliwości generowanego sygnału oraz częstotliwości próbkowania przy jego generowaniu.

1. Opis sygnału na wyjściu przetwornika C/A

- Widmo sygnału na wyjściu przetwornika C/A (Rys. 2) jest splotem widma sygnału harmonicznego (o częstotliwości f_s) w postaci kopii wokół wielokrotności częstotliwości próbkowania f_p z widmem $S_{\Pi}(f)$ sygnału impulsowego o trwałości $T_p C/A = 1/f_p C/A = 1/f_p$ i amplitudzie 1, tj. z funkcją:

$$S_{\Pi}(f) = \frac{\sin(\pi f / f_p)}{\pi f / f_p}$$



1. Opis sygnału na wyjściu przetwornika C/A

Jeśli przy formowaniu sygnału harmonicznego wykorzystuje się m próbek, tj. częstotliwość próbkowania jest równa:

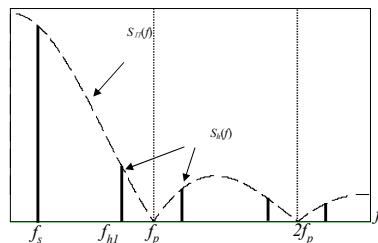
$$f_p = m \cdot f_s$$

wtedy

$$S_{\Pi}(f) = \frac{\sin(\pi f / (m \cdot f_s))}{\pi f / (m \cdot f_s)}$$

Stąd pierwsza harmoniczna sygnału schodkowego ma częstotliwość

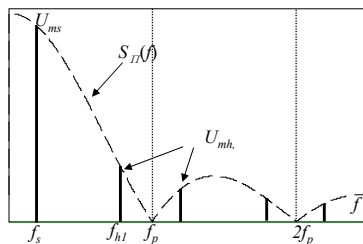
$$f_{h1} = f_p - f_s = (m-1) \cdot f_s$$



1. Opis sygnału na wyjściu przetwornika C/A

Przy $m \gg 1$ amplituda tej harmonicznej wynosi sokoło

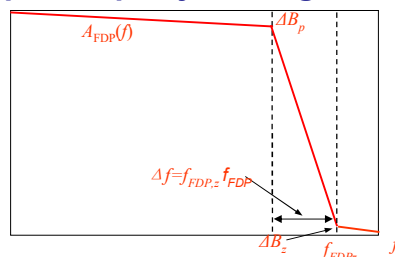
$$U_{mh1} = U_m S_{\Pi}(f_p - f_s) = U_m \frac{\sin(\pi(m-1)/m)}{\pi(m-1)/m} \approx \frac{U_m}{m-1}$$



2. Parametry FDP

Filtr analogowy dolnoprzepustowy FDP charakteryzuje się:

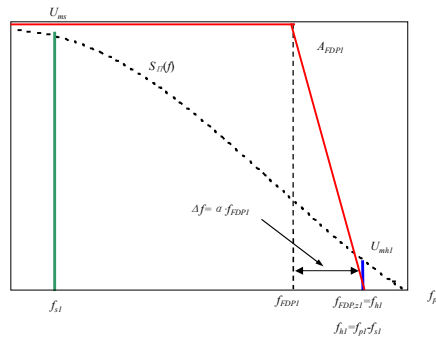
- częstotliwością pasma przepustowego: f_{FDP}
- maksymalnym odchyleniem charakterystyki amplitudowo-częstotliwościowej (ACz) od zadanej stałej wartości w paśmie przepustowym ΔB_p (dB)
- częstotliwością pasma zaporowego: $f_{FDP,z}$
- maksymalnym odchyleniem od zerowej wartości w paśmie zaporowym ΔB_z (dB)
- Szerokością pasma przejściowego: $\Delta f = f_{FDP,z} - f_{FDP}$



2. Parametry FDP

Filtr analogowy dolnoprzepustowy ma na zadaniu stłumienie tej oraz wyższych harmonicznych, do zadanego poziomu. Tj. częstotliwość początku pasma zaporowego FDP jest równa (Rys. 3):

$$f_{FDP,z} = f_{h1} = (m-1) \cdot f_s$$



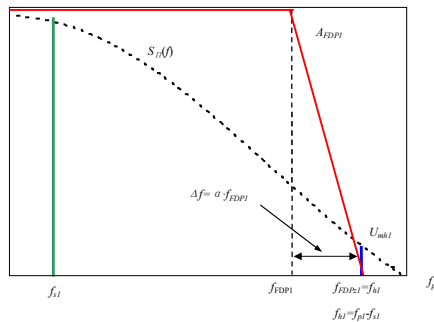
2. Parametry FDP

Zakładając, że szerokość Δf pasma przejściowego filtra wynosi α od szerokości f_{FDP} pasma przepustowego filtra:

$$\Delta f = \alpha \cdot f_{FDP}$$

gdzie α ma wartość około 0.2...0.3, wtedy pasmo przepustowe filtra dolnoprzepustowego (FDP) przy $\alpha \approx 0.25$ oraz $m \gg 1$ wyznaczone zależnością

$$f_{FDP1} = f_{FDPz1} - \Delta f_1 = \frac{(m-1) \cdot f_{s1}}{1 + \alpha} \approx 0.8 \cdot m \cdot f_{s1}$$

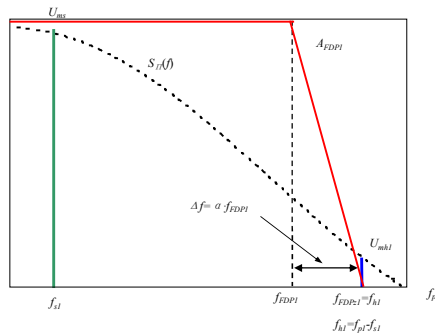


2. Parametry FDP

Niechaj $f_{s1} = f_{s,min}$,

wtedy dla zadanego filtru pasmo sygnału dla parametrów filtru

$$f_{s1} \leq f \leq f_{FDP1} = 0.8 \cdot m \cdot f_{s1}$$

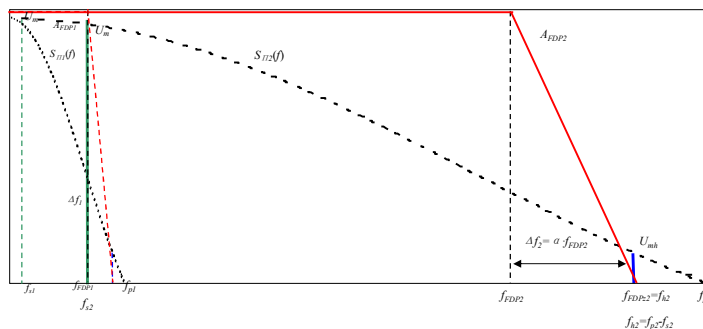


3. Parametry podzakresów pasm częstotliwościowych

Dla rozszerzenia pasma częstotliwości należy zmienić parametry FDP.

W następnym paśmie minimalna częstotliwość równa się maksymalnej częstotliwości pierwszego pasma (Rys. 4), tj.

$$f_{s2,min} = f_{s1,max} = f_{FDP1} = 0.8 \cdot m \cdot f_{s1,min}$$



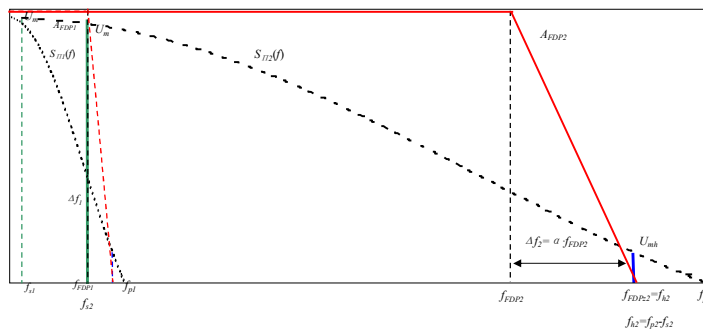
3. Parametry podzakresów pasm częstotliwościowych

Częstotliwość próbkowania w tym paśmie wynosi

$$f_{p2} = m f_{s2,\min} = 0.8 \cdot m^2 \cdot f_{s1,\min}$$

Jeśli rząd FDP pozostaje tym samym, a tylko zmieniają się parametry elementów filtra, wtedy pasmo przepustowe w tym paśmie wynosi

$$f_{FDP2} \approx 0.8 \cdot f_{p2} = (0.8 \cdot m)^2 \cdot f_{s1}$$



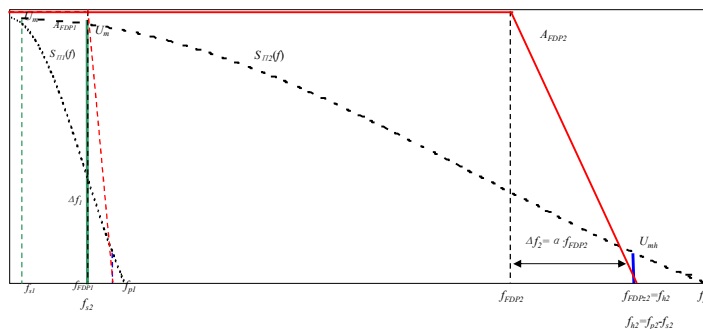
3. Parametry podzakresów pasm częstotliwościowych

Wtedy drugie pasmo częstotliwościowe ma szerokość

$$f_{s2} = 0.8 \cdot m \cdot f_{s1} \leq f \leq (0.8 \cdot m)^2 \cdot f_{s1}$$

W paśmie z numerem k górna częstotliwość wynosi

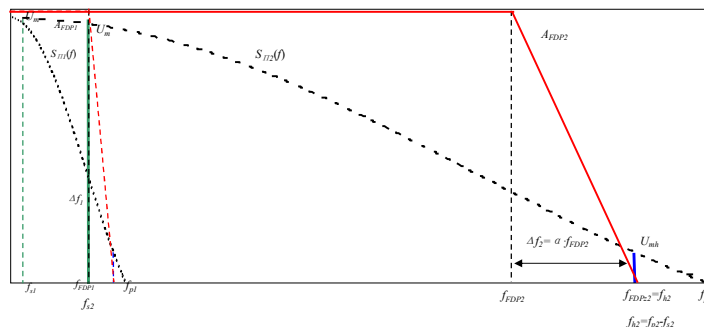
$$f_{sk} = (0.8 \cdot m)^k \cdot f_{s1}$$



3. Parametry podzakresów pasm częstotliwościowych

Jeśli zadano pasmo częstotliwości spektroskopu impedancji od f_{\min} do f_{\max} oraz dla odtworzenia przebiegu sinusoidalnego zastosowano m próbek na okres, wtedy liczba (całkowita) podzakresów analizatora impedancji

$$k \geq \left[\frac{\log(f_{\max} / f_{\min})}{\log(0.8 \cdot m)} \right]$$



3. Parametry podzakresów pasm częstotliwościowych

Niżej w tabeli podano wartości względne (do wartości minimalnej częstotliwości) zakresów częstotliwości przy liczbie podzakresów od $k=1$ do 4 oraz liczbie próbek na okres $m=20, 25, 40$ i 50 .

Tabela 1. Zależności wartości względnych (do wartości minimalnej częstotliwości) zakresów częstotliwości przy liczbie podzakresów od $k=1$ do 4 oraz liczbie próbek na okres $m=20, 25, 40$ i 50

m	$0.8m$	$f_{1\max}/f_{1\min}$	$f_{2\max}/f_{2\min}$	$f_{3\max}/f_{3\min}$	$f_{4\max}/f_{4\min}$
20	16	16	$0.256 \cdot 10^3$	$\approx 4 \cdot 10^3$	$\approx 64 \cdot 10^3$
25	20	20	$0.4 \cdot 10^3$	$8 \cdot 10^3$	$160 \cdot 10^3$
40	32	32	$1.024 \cdot 10^3$	$\approx 32 \cdot 10^3$	$\approx 1 \cdot 10^6$
50	40	40	$1.6 \cdot 10^3$	$64 \cdot 10^3$	$2.56 \cdot 10^6$

3. Parametry podzakresów pasm częstotliwościowych

Tabela 1. Zależności wartości względnych (do wartości minimalnej częstotliwości) zakresów częstotliwości przy liczbie podzakresów od $k=1$ do 4 oraz liczbie próbek na okres $m=20, 25, 40$ i 50

m	0.8m	$f_{1\max}/f_{1\min}$	$f_{2\max}/f_{1\min}$	$f_{3\max}/f_{1\min}$	$f_{4\max}/f_{1\min}$
20	16	16	$0.256 \cdot 10^3$	$\approx 4 \cdot 10^3$	$\approx 64 \cdot 10^3$
25	20	20	$0.4 \cdot 10^3$	$8 \cdot 10^3$	$160 \cdot 10^3$
40	32	32	$1.024 \cdot 10^3$	$\approx 32 \cdot 10^3$	$\approx 1 \cdot 10^6$
50	40	40	$1.6 \cdot 10^3$	$64 \cdot 10^3$	$2.56 \cdot 10^6$

Jak widać z podanego wzoru oraz z danych tabeli przy wykorzystaniu FDP tego samego rzędu, zwiększenie liczby parobek na okres 2 razy zapewnia rozszerzenie pasma spektroskopu impedancji o 2 razy na każdy podzakres, tj. 4 razy przy 2-ch zakresach oraz 8 razy przy 3-ch zakresach, itp.

4. Przykład

Przykład. Zadano pasmo częstotliwości spektroskopu impedancji od $f_{\min}=20$ Hz do $f_{\max}=20$ kHz oraz dla odtworzenia przebiegu sinusoidalnego zastosowano $m=40$ próbek na okres.

Wyznaczyć liczbę (całkowitą) podzakresów analizatora oraz rzeczywiste wartości częstotliwości podzakresów.

Rozwiązanie

1) Liczba podzakresów:
$$k \geq \left[\frac{\log(20\,000 \text{ Hz}/20 \text{ Hz})}{\log(0.8 \cdot 40)} \right] \approx 2$$

2) Częstotliwości podzakresów:

Pierwsze pasmo ma szerokość od 20 Hz do $0.8 \cdot 40 \cdot 20 \text{ Hz} = 640 \text{ Hz}$

Drugie pasmo ma szerokość od 640 Hz do $0.8 \cdot 40 \cdot 640 \text{ Hz} = 20.48 \text{ kHz}$