

CZĘŚĆ B

LABORATORIUM Sygnałów i Systemów	
ĆWICZENIE 3: Filtracja analogowa	
Zespół	Imię i Nazwisko: 1. 2.
data:	ocena:

1. Badania charakterystyk amplitudowych i fazowych filtrów LP, BP oraz HP

Badania filtrów polegają na obserwacji charakterystyk amplitudowych i fazowych filtrów na ekranie wobuloskopu oraz pomiarach ich parametrów.

Czynności wstępne

1. załączyć zasilanie układu pomiarowego: MASA, +15V, -15V, oraz sterownika CompactRIO
3. połączyć kablem koncentrycznym WY przetwornika C/A z WE2 układu pomiarowego
4. połączyć kablem koncentrycznym WE2 układu pomiarowego z WE przetwornika A/C
5. połączyć kablem koncentrycznym WY układu pomiarowego z WE przetwornika A/C

Zadanie 1

W zadaniu są badane charakterystyki amplitudowe i fazowe **filtrów LP** dla różnych wartościach dobroci Q bieguna transmitancji filtru, przy częstotliwości $f_0 = 4 \text{ kHz}$ i stałej wartości skutecznej napięcia na wejściu $U_I = 250 \text{ mV}$.

a) ustawić przełączniki:

P1 w pozycji 2; P3 w pozycji LP; P4 w pozycji 1; P5 w pozycji 4; P6 w pozycji 4

b) na wejście układu WE2 należy podać z wobuloskopu napięcie sinusoidalnie zmienne o wartości $U_I = 250 \text{ mV}$ i częstotliwości zmienianej od $f_{min} = 100 \text{ Hz}$ do $f_{max} = 8 \text{ kHz}$, ze skokiem 100 Hz .

c) na ekranie wobuloskopu sporządzić kolejno wykresy charakterystyk amplitudowych filtrów LP o częstotliwości nominalnej $f_0 = 4 \text{ kHz}$ (**P6 w pozycji 4**), dla wartości $Q=1$ (**P5 w pozycji 4**), $Q=2$ (**P5 w pozycji 6**) oraz $Q=4$ (**P5 w pozycji 8**).

d) odczytać z wykresów następujące parametry tych filtrów: A_{max} , f_{max} , Δf , f_c , oraz obliczyć Q' i Q'' . Wyniki pomiarów i obliczeń wpisać do Tabeli 1.

Zadanie 2

W zadaniu są badane charakterystyki amplitudowe i fazowe **filtrów HP** przy różnych wartościach Q dobroci bieguna transmitancji filtru oraz częstotliwości $f_0 = 4 \text{ kHz}$.

a) ustawić przełączniki:

P1 w pozycji 2; P3 w pozycji HP; P4 w pozycji 1; P5 w pozycji 4; P6 w pozycji 4

b) na wejście układu WE2 należy podać z wobuloskopu napięcie sinusoidalnie zmienne o wartości $U_I = 250 \text{ mV}$ i częstotliwości zmienianej od $f_{min} = 1 \text{ kHz}$ do $f_{max} = 10 \text{ kHz}$, ze skokiem ok. 100 Hz .

c) na ekranie wobuloskopu sporządzić kolejno wykresy charakterystyk amplitudowych filtrów HP o częstotliwości nominalnej $f_0 = 4 \text{ kHz}$ (**P6 w pozycji 4**), dla wartości dobroci $Q=1$ (**P5 w pozycji 4**), $Q=2$ (**P5 w pozycji 6**) oraz $Q=4$ (**P5 w pozycji 8**).

d) odczytać z wykresów następujące parametry tych filtrów: A_{max} , f_{max} , Δf , f_c , oraz obliczyć Q' i Q'' . Wyniki pomiarów i obliczeń wpisać do Tabeli 2.

Zadanie 3

W zadaniu są badane charakterystyki amplitudowe i fazowe **filtrów BP** przy częstotliwości nominalnej $f_0 = 4 \text{ kHz}$ oraz różnych wartościach Q dobroci bieguna transmitancji filtru.

a) ustawić przełączniki:

P1 w pozycji 2; P3 w pozycji BP; P4 w pozycji 1; P5 w pozycji 4; P6 w pozycji 4

- b) na wejściu układu WE2 należy podać z wobuloskopu napięcie sinusoidalnie zmienne o wartości $U_1=250\text{ mV}$ i częstotliwości zmienianej od $f_{\min} = 1\text{ kHz}$ do $f_{\max} = 7\text{ kHz}$, ze skokiem 100 Hz .
- c) na ekranie wobuloskopu sporządzić kolejno wykresy charakterystyk amplitudowych filtrów HP dla wartości dobroci $Q=1$ (**P5 w pozycji 4**), $Q=2$ (**P5 w pozycji 6**) oraz $Q=4$ (**P5 w pozycji 8**).
- d) odczytać z wykresów następujące parametry tych filtrów: A_{\max} , f_{\max} , f_1 , f_2 , Δf oraz obliczyć Q' . Wyniki pomiarów i obliczeń wpisać do Tabeli 3.

Filtr LP, $U_1=250\text{ mV}$, $A_{\max}=U_{2\max}/U_1$

	$f_0=4\text{ kHz}$					
	Q=1		Q=2		Q=4	
	obliczenia	pomiar	obliczenia	pomiar	obliczenia	pomiar
A_{\max}	1		2		4	
$f_{\max}[\text{kHz}]$						
$\Delta f[\text{kHz}]$	x	x				
$f_c[\text{kHz}]$						
Q'	x	x				
Q''						

Tabela 1

Filtr HP, $U_1=250\text{ mV}$, $A_{\max}=U_{2\max}/U_1$

	$f_0=4\text{ kHz}$					
	Q=1		Q=2		Q=4	
	obliczenia	pomiar	obliczenia	pomiar	obliczenia	pomiar
A_{\max}	1		2		4	
f_{\max}						
$\Delta f[\text{kHz}]$	x	x				
$f_c[\text{kHz}]$						
Q'	x	x				
Q''						

Tabela 2

Filtr BP, $U_1=250\text{ mV}$, $A_{\max}=U_{2\max}/U_1$

	$f_0=4\text{ kHz}$					
	Q=1		Q=2		Q=4	
	obliczenia	pomiar	obliczenia	pomiar	obliczenia	pomiar
A_{\max}	1		2		4	
$f_{\max}[\text{kHz}]$						
$f_1[\text{kHz}]$						
$f_2[\text{kHz}]$						
$\Delta f[\text{kHz}]$						
Q'						

Tabela 3

Jaki wpływ na przebieg charakterystyk amplitudowych i fazowych filtrów LP, HP i BP ma wartość biegunowa transmitancji tych filtrów?

Która z wartości dobroci Q' czy Q'' dla filtrów LP i HP jest bliższa wartości nominalnej Q i dlaczego? Porównać obliczone i zmierzone wartości f_{max} z wartościami nominalnymi f_0 , objaśnić przyczyny rozbieżności

Dla filtru BP porównać obliczoną i zmierzoną wartość dobroci Q' z wartością nominalną Q , objaśnić przyczyny rozbieżności.

Jaka jest zależność szerokości pasma filtrów LP i BP od dobroci Q ? (szerokość pasma filtru LP wyznacza wartość częstotliwości f_c).

Zadanie 4

Porównać charakterystyki amplitudowe i fazowe filtrów LP o częstotliwości $f_0 = 4\text{kHz}$:

Butterwortha (P3 w pozycji LP, P4 w pozycji 1, P5 w pozycji 3, P6 w pozycji 4)

Bessela (P3 w pozycji LP, P4 w pozycji 2, P5 w pozycji 2, P2 w pozycji LP4)

- sporządzić wspólny wykres charakterystyk amplitudowych i fazowych filtrów LP Butterwortha i Bessela na ekranie wobuloskopu w zakresie $f_{min}=100\text{Hz}$ do $f_{max}=10\text{kHz}$.
- zmierzyć wartości częstotliwości f_{-3dB} oraz f_{-6dB} przy których występuje spadek charakterystyki amplitudowej filtrów odpowiednio o 3dB oraz 6dB (log scale)
- obliczyć nachylenie zboczy charakterystyki amplitudowej filtrów w paśmie przejściowym

$$d = 3/(f_{-3dB} - f_{-6dB}) \quad \text{dB/kHz}$$

d) wyniki pomiarów i obliczeń wpisać do tabeli 4.

	filtr Butterwortha		filtr Bessela	
	obliczenia	pomiar	obliczenia	pomiar
$f_{-3dB}=\Delta f$ [kHz]				
f_{-6dB} [kHz]				
d [dB/kHz]				

Tabela 4

Porównać pasmo Δf oraz nachylenia zboczy charakterystyki amplitudowej obu filtrów w paśmie przejściowym. Który filtr posiada większą selektywność?

Jaki jest związek między stromością zboczy badanych filtrów a liniowością ich charakterystyk fazowych?

Porównać charakterystyki fazowe filtrów Butterwortha oraz Bessela w zakresie do 4kHz. Określić częstotliwość, powyżej której występują odstępstwa od liniowego przebiegu tych charakterystyk.

f_k [Hz]	400	1200	2000	2800	3600
Bessel $\varphi(f)$ [°]					
pomiary					
Butterworth $\varphi(f)$ [°]					
pomiary					

Tabela 5

2. Przejście sygnałów przez filtry

Zadanie 5

W zadaniu jest badane przejście sygnału prostokątnego przez filtr dolnoprzepustowy LP Butterwortha oraz Bessela.

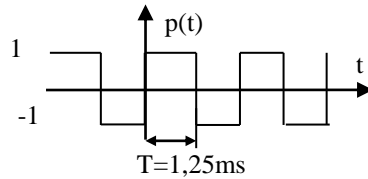
a) ustawić przełączniki P2 – P6 jak w zadaniu 4.

c) na WE2 podać z generatora funkcyjnego sygnał prostokątny $U_1 = 1V_{p-p}$ o częstotliwości 400Hz.

d) obejrzyć na oscyloskopie i naszkicować sygnał wejściowy (WE1) oraz wyjściowy (WY1)

<i>sygnał WE</i>	<i>sygnał WY, Bessel</i>	<i>sygnał WY, Butterworth</i>

Przeanalizować charakterystyki amplitudowe i fazowe obu filtrów oraz ich szerokości pasma. Zauważyć, że sygnał wejściowy $p(t)$ jest falą prostokątną zawierającą składową podstawową i składowe o nieparzystych harmonicznych o ściśle określonych relacjach fazowych.



$$p(t) = \frac{4}{\pi} \sin(2\pi 400t) - \frac{4}{3\pi} \sin(2\pi 1200t) + \frac{4}{5\pi} \cos(2\pi 2000t) - \frac{4}{7\pi} \cos(2\pi 2800t) + \dots$$

Porównać szerokości pasm filtrów Butterwortha oraz Bessela oraz określić liczbę składowych sygnału $p(t)$ przenoszonych w tych pasmach.

Które harmoniczne sygnału $p(t)$ mają przesunięcie fazy wnoszone przez filtry proporcjonalne do ich częstotliwości?

Na podstawie powyższych informacji wyjaśnić różnice między sygnałami na wyjściu filtrów Butterwortha oraz Bessela

Zadanie 6

W zadaniu jest badane przejście sygnału zmodulowanego AM przez filtr pasmowoprzepustowy BP o częstotliwości środkowej 4kHz.

a) ustawić przełączniki:

P1 w pozycji 2; P3 w pozycji BP; P4 w pozycji 1; P5 w pozycji 8; P6 w pozycji 4 kHz

b) na wejście WE2 podać sygnał z wobuloskopu.

Obejrzyć charakterystykę amplitudową filtra BP w zakresie częstotliwości od 3,4kHz do 4,6kHz ze skokiem 25Hz. Zmierzyć f_{max} , $A_{max}(f_{max})$, $A_{max-400}(f_{max}-400Hz)$ i $A_{max+400}(f_{max}+400)$.

c) obliczyć tłumienie $A=A_{max-400}/A_{max}$ oraz $B=A_{max+400}/A_{max}$ wprowadzane przez filtr przy częstotliwościach $f_{max}-400Hz$ oraz $f_{max}+400Hz$.

d) zamknąć aplikację „wobuloskop” i otworzyć „generator funkcyjny”

e) na wejście WE2 podać z generatora funkcyjnego sygnał zmodulowany AM:

przebieg nośny sinusoidalnie zmienny o częstotliwości $f_s=f_{max}$ i amplitudzie $U_I=1V_{p-p}$,

przebieg modulujący sinusoidalnie zmienny o częstotliwości $f_m=400Hz$ i amplitudzie $U_m=0,5V$.

Głębokość modulacji sygnału AM wynosi $m_I=1$

f) obejrzyć przebieg czasowy i widmo sygnału AM na wejściu i na wyjściu filtra BP na ekranie monitora

g) zmierzyć głębokość modulacji m_2 sygnału AM na WY1 (wyjście filtru) i porównać z głębokością modulacji $m_1 = 1$ sygnału AM wchodzącego na wejście filtru. Głębokość modulacji określa się na podstawie zależności:

$$m = \frac{U_{max} - U_{min}}{U_{max} + U_{min}}$$

gdzie U_{max} jest maksymalną wartością napięcia sygnału zmodulowanego, U_{min} jest minimalną wartością napięcia sygnału zmodulowanego (odczytać z ekranu oscyloskopu)

h) wyniki pomiarów i obliczeń wpisać do Tabeli 6.

			pomiar	
	f_{max} [kHz]			
	$U_2(f_{max})$ [mV]			
	$U_2(f_{max}-400\text{Hz})$ [mV]			
	$U_2(f_{max}+400\text{Hz})$ [mV]			
	U_{max} [V]			
	U_{min} [V]			
obliczenia				
			praca domowa	praca lab
	A			
	B			
	m_2			

Tabela 6

Porównać zmierzoną głębokość modulacji na wyjściu filtru z obliczoną głębokością modulacji (praca domowa – zadanie 3). Skomentować różnicę między wartością m_2 obliczoną i wyznaczoną na podstawie pomiarów.

Porównać szerokość pasma sygnału zmodulowanego AM z szerokością pasma filtru BP. Które składowe sygnału zmodulowanego AM są tłumione przez filtr?

Jaki wpływ wywiera charakterystyka przenoszenia filtru BP na przebieg czasowy i widmo sygnału zmodulowanego AM?

Jakiego rodzaju zniekształcenia (liniowe czy nieliniowe) sygnału zmodulowanego AM powstają wskutek ograniczonego pasma filtru BP?