
	LABORATORIUM WIBROAKUSTYKI MASZYN Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania Instytut Mechaniki Stosowanej Zakład Wibroakustyki i Bio-Dynamiki Systemów	
---	---	---

Ćwiczenie nr 5

Widma tercjowe i oktauwowe poziomu ciśnienia akustycznego bez i z zastosowaniem filtra korekcyjnego A w paśmie słyszalnym

Cel ćwiczenia:

- Poznanie przedstawienia poziomu ciśnienia dźwięku w dziedzinie częstotliwości w postaci analiz widmowych o stałej względnej szerokości pasma i zastosowaniem filtra korekcyjnego A.
- Przeprowadzenie pomiarów i przeliczeń tercjowych i oktauwowych widm hałasu w wybranym punkcie laboratorium.

Wypożalenie stanowiska:

1. Miara (do określenia położenia punktu pomiarowego).
2. Sonometr (miernik poziomu dźwięku).
3. Pistofon (kalibrator).

Literatura:

1. Z. Engel: Ochrona środowiska przed drganiami i hałasem, PWN, Warszawa 1993.
2. C. Cempel: Wibroakustyka stosowana, PWN, Warszawa 1989.

Zagadnienia kontrolne:

1. Definicja ciśnienia akustycznego i poziomu ciśnienia akustycznego hałasu.
2. Poziom dźwięku A, charakterystyka korekcyjna A.
3. Tercja, oktawa, częstotliwość środkowa pasma tercjowego lub oktauwowego.
4. Rodzaje analiz dźwięku o stałej względnej szerokości pasma.

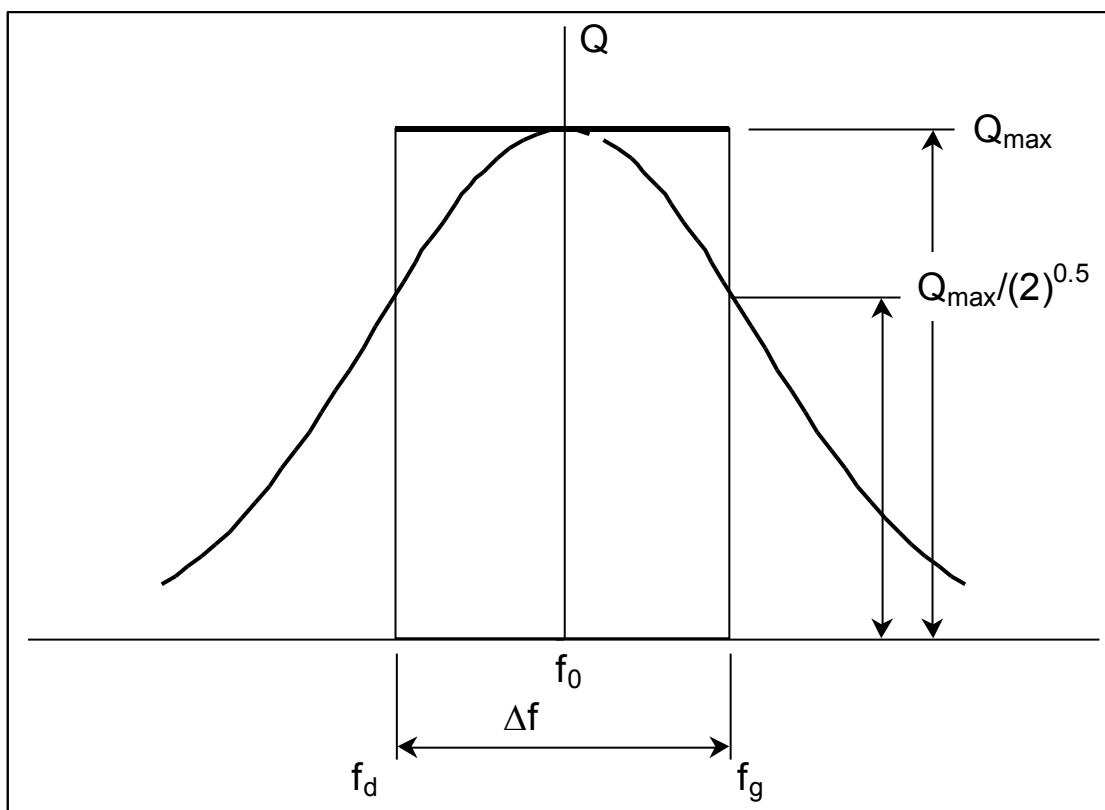
Podstawy teoretyczne

Filtry pasmowe

Filtry tercjowe i oktawowowe są to filtry środkowo przepustowe o stałej względnej szerokości pasma (rysunek 1):

$$\frac{\Delta f}{f_0} = \frac{f_g - f_d}{f_0} \text{const, } \langle f_g, f_d \rangle = f \text{ dla } Q(f) = \frac{Q_{\max}}{\sqrt{2}} \quad (1)$$

Granice filtra f_g i f_d są to częstotliwości dla których charakterystyka filtra $Q(f)$ odpowiada połowie przenoszonej przez filtr energii $E \sim Q^2(f)$



Rys.1. Przykładowa charakterystyka filtra środkowo przepustowego

Dla filtrów tercjowych względna szerokość pasma jest zdefiniowana następująco:

$$\frac{\Delta f}{f_0} = \frac{\sqrt[6]{2} - 1}{\sqrt[3]{2}} \approx 0.232, \quad \Delta f = f_g - f_d, \quad f_d = \frac{1}{\sqrt[6]{2}} \cdot f_0, \quad f_g = \sqrt[6]{2} \cdot f_0 \quad (2)$$

Charakterystyczne częstotliwości filtrów tercjowych dla częstotliwości środkowych dla pasma słyszalnego zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Charakterystyka częstotliwościowa pasm tercjowych w zakresie słyszalnym

Częstotliwości charakterystyczne pasm tercjowych			
f_d [Hz]	f_0 [Hz]	f_g [Hz]	Δf [Hz]
11.1	12.5	14.0	2.9
14.3	16	18.0	3.7
17.8	20	22.4	4.6
22.3	25	28.1	5.8
28.1	31.5	35.4	7.3
35.6	40	44.9	9.3
44.5	50	56.1	11.6
56.1	63	70.7	14.6
71.3	80	89.8	18.5
89.1	100	112.2	23.2
111.4	125	140.3	28.9
142.5	160	179.6	37.1
178.2	200	224.5	46.3
222.7	250	280.6	57.9
280.6	315	353.6	72.9
356.4	400	449.0	92.6
445.4	500	561.2	115.8
561.3	630	707.2	145.9
712.7	800	898.0	185.3
890.9	1000	1122.5	231.6
1113.6	1250	1403.1	289.5
1425.4	1600	1795.9	370.5
1781.8	2000	2244.9	463.1
2227.2	2500	2806.2	578.9
2806.3	3150	3535.8	729.4
3563.6	4000	4489.8	926.3
4454.5	5000	5612.3	1157.8
5612.7	6300	7071.5	1458.8
7127.2	8000	8979.7	1852.5
8909.0	10000	11224.6	2315.6
11136.2	12500	14030.8	2894.5
14254.4	16000	17959.4	3705.0
17818.0	20000	22449.2	4631.3

Dla filtrów oktaowych względna szerokość pasma jest zdefiniowana następująco:

$$\frac{\Delta f}{f_0} = \frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0.707, \quad \Delta f = f_g - f_d, \quad f_d = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot f_0, \quad f_g = \sqrt{2} \cdot f_0 \quad (3)$$

Charakterystyczne częstotliwości filtrów oktaowych dla częstotliwości środkowych dla pasma słyszalnego zestawiono w tabeli 2. Należy tu podkreślić, że każde pasmo oktaowe zawiera trzy pasma tercjowe.

Tabela 2. Charakterystyka częstotliwościowa pasm okta-
wowych w zakresie słyszalnym

Częstotliwości charakterystyczne pasm okta- wowych			
f_d [Hz]	f_0 [Hz]	f_g [Hz]	Δf [Hz]
11.3	16	22.6	11.3
22.3	31.5	44.5	22.3
44.5	63	89.1	44.5
88.4	125	176.8	88.4
176.8	250	353.6	176.8
353.6	500	707.1	353.6
707.1	1000	1414.2	707.1
1414.2	2000	2828.4	1414.2
2828.4	4000	5656.9	2828.4
5656.9	8000	11313.7	5656.9
11313.7	16000	22627.4	11313.7

Tercjowe i okta- wowe widma hałasu

W wielu zagadnieniach oceny szeroko rozumianego środowiska oceniamy również je-
go walory akustyczne. Pole dźwiękowe w zadanym środowisku oceniamy w określonym
zakresie częstotliwości dla zadanych pasm częstotliwości jak również globalnie dla wybrane-
go zakresu częstotliwości. Tak więc określamy poziom dźwięku w pasmach:

- tercjowych

$$L_{kj}, \quad k=1, \dots, 11, \quad j=1, \dots, 3$$

- okta-
wowych

$$L_k, \quad k=1, \dots, 11$$

Znając widmo tercjowe możemy wyliczyć widmo okta-
wowe korzystając z zasady sumowania
energii:

$$L_k = 10 \cdot \log \left[\sum_{j=1}^3 10^{(L_{kj}/10)} \right] \quad (4)$$

W wielu przypadkach dokonuje się oceny globalnej określając poziom liniowy L_{Lin} dźwię-
ku. Wielkość tą mierzymy bezpośrednio lub możemy określić znając widmo tercjowe lub
okta-
wowe:

- na podstawie widma tercjowego

$$L_{Lin} = 10 \cdot \log \left[\sum_{k=1}^{11} \sum_{j=1}^3 10^{(L_{kj}/10)} \right] \quad (5)$$

- na podstawie widma oktawowego

$$L_{Lin} = 10 \cdot \log \left[\sum_{k=1}^{11} 10^{(L_k/10)} \right] \quad (6)$$

Pole akustyczne, w głównej mierze, oceniamy ze względu na człowieka. Nasz odbiornik wrażeń słuchowych nie jest narzędziem liniowym. Stąd też ocenę taką przeprowadzamy w oparciu o średnią charakterystykę ucha ludzkiego. Mówimy wtedy o poziomach dźwięku A (zmierzone wartości poziomów dźwięku są skorygowane charakterystyką częstotliwościową A). Poziom dźwięku A w dowolnym paśmie tercjowym lub oktawowym jest:

$$L_{kj,A} = L_{kj} + KA(f) \quad \text{lub} \quad L_{k,A} = L_k + KA(f) \quad (7)$$

gdzie wartości $KA(f)$ dla pasm tercjowych i oktauwowych zebrano w tabeli 3.

Tabela 3. Poprawki korekcyjne A

f_0 [Hz]	KA [dB]	f_0 [Hz]	KA [dB]
12.5	-63.4	800	-0.8
16	-56.7	1000	0
20	-50.5	1250	0.6
25	-44.7	1600	1
31.5	-39.3	2000	1.2
40	-34.6	2500	1.3
50	-30.2	3150	1.2
63	-26.2	4000	1
80	-22.5	5000	0.5
100	-19.1	6300	-0.1
125	-16.1	8000	-1.1
160	-13.4	10000	-2.5
200	-10.9	12500	-4.3
250	-8.6	16000	-6.6
315	-6.6	20000	-9.3
400	-4.8		
500	-3.2		
630	-1.9		

W przypadku oceny globalnej określa się poziom dźwięku A - L_A [dB]. Wielkość tą mierzymy bezpośrednio lub możemy określić znając widmo tercjowe lub oktauwowe:

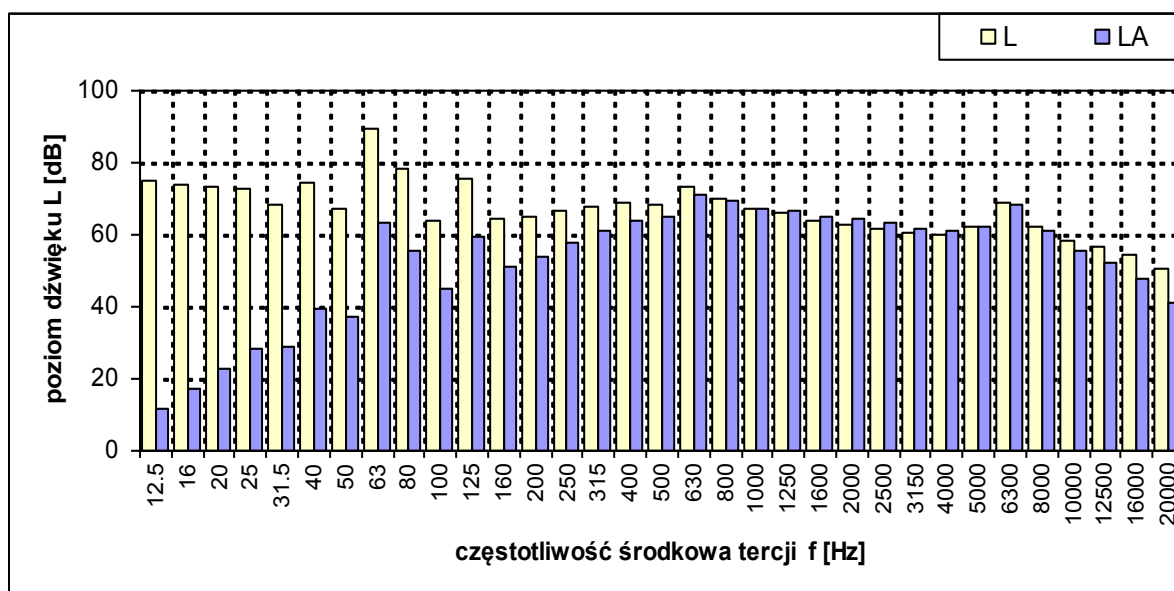
- na podstawie widma tercjowego

$$L_A = 10 \cdot \log \left[\sum_{k=1}^{11} \sum_{j=1}^3 10^{[(L_{kj}+KA)/10]} \right], \text{ [dB]} \quad (8)$$

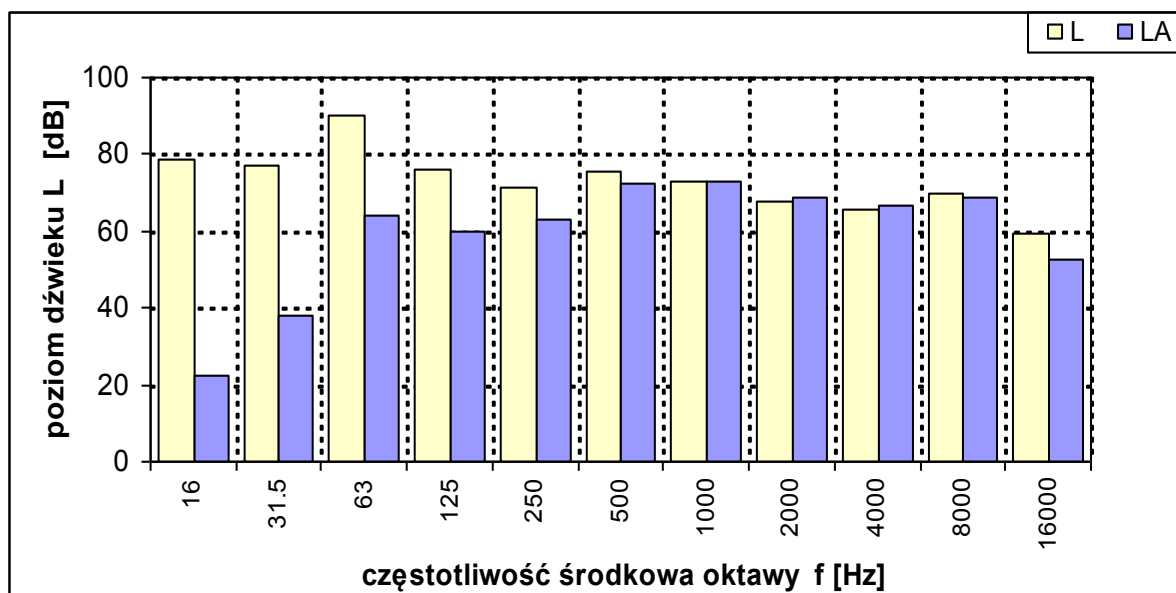
- na podstawie widma oktawowego

$$L_A = 10 \cdot \log \left[\sum_{k=1}^{11} 10^{[(L_k + K_A)/10]} \right], [\text{dB}] \quad (9)$$

Przykładowe widma tercjowe i oktawowe poziomu dźwięku i poziomu dźwięku A przejeżdżającego autobusu przedstawiono na rysunkach 2 i 3.

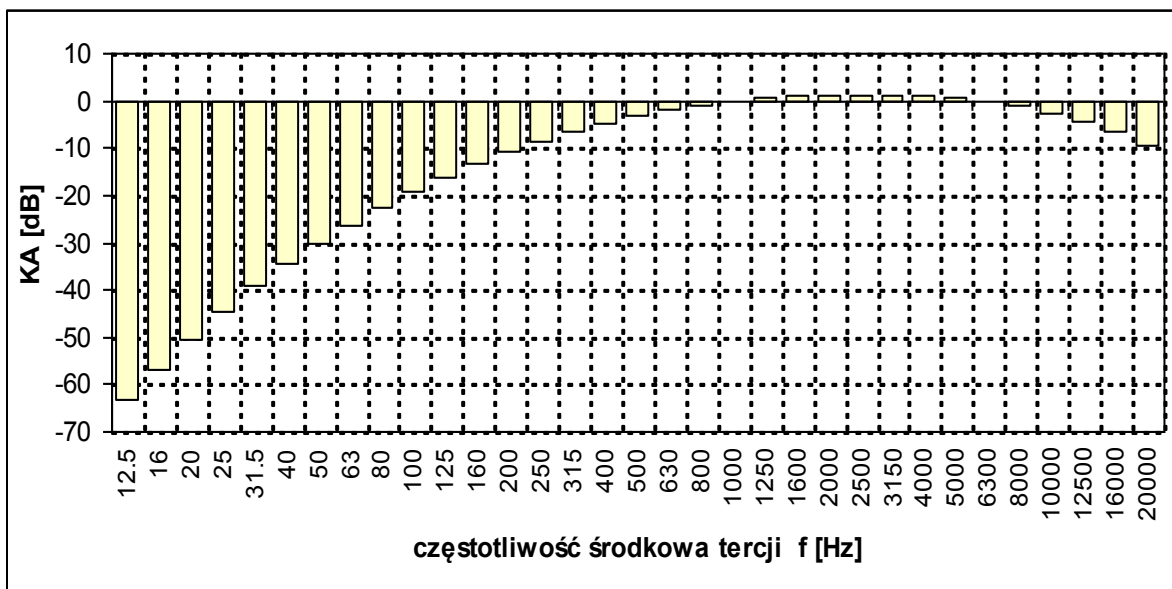


Rys. 2. Tercjowe widma dźwięku L i dźwięku A LA autobusu

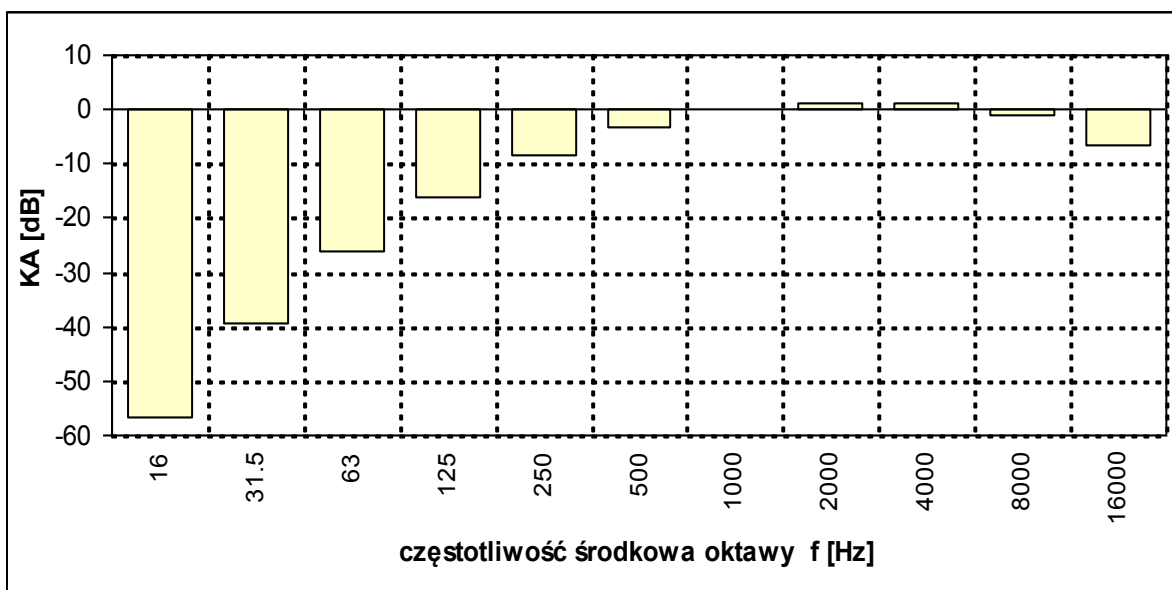


Rys. 3. Oktawowe widma dźwięku L i dźwięku A LA autobusu

Korzystając z wcześniej podanych zależności poziom liniowy dźwięku autobusu wynosi $L_{Lin} = 91.0 \text{ dB}$, a poziom dźwięku A jest równy $L_A = 78.0 \text{ dB}$.



Charakterystyka korekcyjna A w pasmach tercjowych



Charakterystyka korekcyjna A w pasmach oktaowych