

# [PTB] - ćwiczenia 1.

## WZORKI

$$U_{sk} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt}$$

Obliczanie wzmacnień (i poziomów względnych)

$$K_u[dB] = 20 \lg \frac{U_2}{U_1}$$

$$\frac{U_2}{U_1} = 10^{\frac{K_u[dB]}{20}}$$

i odwrotnie

$$K_p[dB] = 10 \lg \frac{P_2}{P_1}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = 10^{\frac{K_p[dB]}{10}}$$

Jeśli napięcie  $U_1$  i moc  $P_1$  są miarami intensywności tego samego sygnału (oraz analogicznie -  $U_2$  i  $P_2$ ) to  $K_p[dB] = K_u[dB]$ .

dla  $Z_0 = R = 50 \Omega$

$$P[dBm] = 30 + 10 \lg P_1 [W]$$

$$U[dBm] = 13 + 20 \lg U_1 [V]$$

$$U[dB\mu V] = 120 + 20 \lg U_1 [V]$$

$$U[dB\mu V] = 107 + U [dBm]$$

$$P[dBm] = 10 \lg P[mW]$$

$$U[dB\mu V] = 20 \lg U[\mu V]$$

### Niepewność wyniku pomiaru

$$\delta[dB] = 10 \lg \frac{W_0}{W_u} = 10 \lg(1 + \delta)$$

Dla mocy, energii...

$$\delta[dB] \approx \delta[\%] \frac{1}{23}$$

$$\delta[dB] = 20 \lg \frac{W_0}{W_u} = 20 \lg(1 + \delta)$$

Dla napięcia, prądu, natężenia pola...

$$\delta[dB] \approx \delta[\%] \frac{1}{11,5}$$

### wybrane wartości napięć, mocy, poziomów:

(dla  $Z_0 = R = 50 \Omega$ )

P	U	P <sub>dBm</sub> [dBm]	U <sub>dBm</sub> [dBm]	U <sub>dBμV</sub> [dBμV]
1 mW	224 mV	0	0	107
2 mW	316 mV	3	3	110
4 mW	448 mV	6	6	113
5 mW	500 mV	7	7	114
10 mW	707 mV	10	10	117
20 mW	1 V	13	13	120
10 μW	22.4 mV	-20	-20	87
100 nW	2.24 mV	-40	-40	67
20 nW	1 mV	-47	-47	60
20 fW	1 μV	-107	-107	0

## Zadanie 1.

Rozwiążmy zadanie (1):

Proszę obliczyć wartość skuteczną napięcia  $3,81 \text{ mV}$  przebiegu okresowego złożonego z trzech składowych wiedząc, że  $\omega_b = 2 \omega_a$ ;  $\omega_c = 3 \omega_a$  a amplitudy poszczególnych składowych wynoszą:

Zestaw A: B, C, F, G

Zestaw B: H, K, M

Zestaw C: P

Zestaw D: L, S, T, W, Z

	$U_a$	$U_b$	$U_c$
zestaw danych A	4 [mV]	2 [mV]	3 [mV]
zestaw danych B	5 [mV]	4 [mV]	3 [mV]
zestaw danych C	5 [mV]	4 [mV]	8 [mV]
zestaw danych D	2 [mV]	5 [mV]	3 [mV]

Proszę obliczyć moc  $0,29 \mu\text{W}$ , która wydzieli się w oporniku o rezystancji  $50 \Omega$

Uwaga: proszę pamiętać o jednostkach !

$$u(t) = U_a \sin(\omega_a t) + U_b \sin(2\omega_a t) + U_c \sin(3\omega_a t)$$

$$U_{\text{sk}} = \frac{U_{\text{imax}}}{\sqrt{2}}$$

$$U_{\text{sk}}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^T [U_a \sin(\omega_a t) + U_b \sin(2\omega_a t) + U_c \sin(3\omega_a t)]^2 dt$$

$$U_{\text{sk}}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T [U_a^2 \sin^2(\omega_a t) + U_b^2 \sin^2(2\omega_a t) + U_c^2 \sin^2(3\omega_a t)] dt$$

$$U_{\text{sk}}^2 = \frac{1}{2} (U_a^2 + U_b^2 + U_c^2)$$

$$U_{\text{sk}} = \sqrt{\frac{U_a^2 + U_b^2 + U_c^2}{2}} = \sqrt{\frac{16 + 4 + 9}{2}} \text{ (mV)}^2$$

$$U_{\text{sk}} \approx 3,81 \text{ mV}$$

skipujemy mieszanki, bo jak  $f_1 \neq f_2$  to ich iloczyn w całości = 0

$$R = 50 \Omega$$

$$P = ?$$

$$P = \frac{U_{\text{sk}}^2}{R} = \frac{(3,81 \text{ mV})^2}{50 \Omega} = 0,29 \mu\text{W}$$

## Zadanie 2

### Rozwiążmy zadanie (2):

Wartość skuteczna napięcia na oporniku o rezystancji  $50 \Omega$  wynosi:

A: 200  $[\mu V]$

B: 4  $[mV]$

C: 0,5  $[mV]$

D: 2  $[mV]$

Proszę obliczyć:

- poziom sygnału 66...  $[dB\mu V]$
- poziom sygnału -41...  $[dBm]$
- moc wydzielaną w oporniku 80...  $[nW]$

Gdyby poziom sygnału został zwiększony o 12  $[dB]$  napięcie wyniosłoby 8...  $[mV]$ , a moc 1268...  $[nW]$

$$R = 50 \Omega$$

$$U_{sk} = 2 mV$$

$$U [dB\mu V] = 120 + 20 \lg(2 \cdot 10^{-3}) \approx \underline{66 dB\mu V}$$

$$U [dBm] = U [dB\mu V] - 107 = 66 - 107 [dBm] = \underline{-41 dBm}$$

$$P = \frac{U_{sk}^2}{R} = \frac{4 \cdot 10^{-6} [mV]^2}{50 \Omega} = \underline{80 nW}$$

$$\frac{U_2}{U_1} = 10^{\frac{K_u [dB]}{20}} \Rightarrow U_2 = U_1 \cdot 10^{\frac{K_u [dB]}{20}} = 2 mV \cdot 10^{\frac{12}{20}} \approx 7,36 mV \approx \underline{8 mV}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = 10^{\frac{K_P [dB]}{10}} \Rightarrow P_2 = P_1 \cdot 10^{\frac{K_P [dB]}{10}} = 80 nW \cdot 10^{\frac{12}{10}} \approx \underline{1268 nW}$$

② jeśli zwiększamy o 12 dB to: 3+3+3+3  $[dB]$   
ORAZ wzrost o 3 dB to dwukrotny wzrost mocy

↑  
ESTYMACJA

z tej tabeli:

P	U	P <sub>dBm</sub> [dBm]	U <sub>dBm</sub> [dBm]	U <sub>dBμV</sub> [dBμV]
1 mW	224 mV	0	0	107
2 mW	316 mV	3	3	110
4 mW	448 mV	6	6	113
5 mW	500 mV	7	7	114
10 mW	707 mV	10	10	117
20 mW	1 V	13	13	120
10 μW	22.4 mV	-20	-20	87
100 nW	2.24 mV	-40	-40	67
20 nW	1 mV	-47	-47	60
20 fW	1 μV	-107	-107	0

zatem:

$$\text{wzrost mocy: } 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 = 2^4 = 16 \text{ razy}$$

$$\underline{80 \text{ nW} \cdot 16 = 1280 \text{ nW}}$$

NAPIĘCIE: wzrost o 6 dB powoduje 2-krotne zwiększenie napięcia

$$\text{zatem: } 12 \text{ dB} = 6 \text{ dB} + 6 \text{ dB}$$

czyli wzrost 4-krotny napięcia:

$$\underline{2 \text{ mV} \cdot 4 = 8 \text{ mV}}$$

### Zadanie 3

Rozwiążmy zadanie (3):

Sygnał składa się z trzech składowych o poziomach:

zestaw danych A:	-3 [dBm]	+6 [dBm]	-3 [dBm]
zestaw danych B:	4 [dBm]	+3 [dBm]	+0 [dBm]
zestaw danych C:	-3 [dBm]	0 [dBm]	+3 [dBm]
zestaw danych C:	-3 [dBm]	0 [dBm]	+6 [dBm]

Proszę obliczyć moc ...5... [mW] i poziom całego sygnału ...7... [dBm]

$$P[\text{mW}] = 10^{\frac{P[\text{dBm}]}{10}}$$

$$P[\text{mW}] = 10^{\frac{-3}{10}} + 10^{\frac{6}{10}} + 10^{\frac{-3}{10}} = 2 \cdot 10^{\frac{-3}{10}} + 10^{\frac{3}{5}} \approx 4,98 \text{ mW} \approx \underline{5 \text{ mW}}$$

$$\log P[\text{mW}] = \log 10^{\frac{P[\text{dBm}]}{10}}$$

$$\log P[\text{mW}] = \frac{P[\text{dBm}]}{10} \cdot \frac{1}{\log 10} \Rightarrow P[\text{dBm}] = 10 \cdot \log P[\text{mW}]$$

$$P[\text{dBm}] = 10 \cdot \log 5 \approx \underline{7 \text{ dBm}}$$

### Zadanie 4.

#### Rozwiążmy zadanie (4):

Sygnał składa się z dwóch sinusoid o różnych częstotliwościach, poziom pierwszej składowej wynosi

-32 dBm   -40 dBm   -43 dBm   -50 dBm

a moc drugiej jest 16   20   10   40 razy **mniejsza** niż pierwszej.

Proszę podać bezwzględny ..... [dBm] i względny ..... [dB] poziom drugiej składowej.

Ww. sygnał podano na wejście pewnego wzmacniacza o wzmacnieniu 16 dB   13 dB   20 dB   23 dB.

Bezwzględne poziomy składowych na wyjściu wzmacniacza wynoszą: pierwszej ..... [dBm] i drugiej ..... [dBm]

$$P_1 = 100 \text{ nW}$$

$$P_2 = 5 \text{ nW}$$

$$\begin{aligned} & -53 \text{ dBm} + 13 \text{ dB} = -40 \text{ dBm} \\ & -40 \text{ dBm} + 13 \text{ dB} = -27 \text{ dBm} \end{aligned}$$

P	U	P <sub>dBm</sub> [dBm]	U <sub>dBm</sub> [dBm]	U <sub>dBμV</sub> [dBμV]
1 mW	224 mV	0	0	107
2 mW	316 mV	3	3	110
4 mW	448 mV	6	6	113
5 mW	500 mV	7	7	114
10 mW	707 mV	10	10	117
20 mW	1 V	13	13	120
10 μW	22.4 mV	-20	-20	87
100 nW	2.24 mV	-40	-40	67
20 nW	1 mV	-47	-47	60
20 fW	1 μV	-107	-107	0

$$\text{czyli: } -40 \text{ dBm} - 13 \text{ dB} = -53 \text{ dBm}$$

względny, czyli dB P<sub>0</sub>  
różnica po prostu

### Zadanie 5.

jak wychodzi nam 20 mV, to na minusie!

#### Rozwiążmy zadanie (5):

Wzorcowy woltomierz wskazał 10,24 mV, a wynik pomiaru naszym woltomierzem to 10 mV. Proszę podać wartości błędu pomiaru:

- 2,34... [%]
- 0,206 [dB]

(uwaga: znak jest bardzo ważny)

$$\frac{10,24 \text{ mV} - 10,24 \text{ mV}}{10,24 \text{ mV}} \approx -2,34\%$$

$$\textcircled{1} \delta[\text{dB}] \approx \delta[\%] \cdot \frac{1}{1,5} \approx -0,2\%$$

$$\textcircled{2} \delta[\text{dB}] = 20 \log \frac{U_0}{U_{\text{wzorcowa}}} = 20 \log \frac{10 \text{ mV}}{10,24 \text{ mV}} \approx \underline{-0,206 \text{ dB}}$$