

DECYBELE

W elektronice, a zwłaszcza w telekomunikacji często występuje potrzeba porównania ze sobą takich samych wielkości fizycznych, których wartości mogą się różnić od siebie o kilka lub nawet o kilkanaście rzędów. Aby uniknąć kłopotliwego operowania liczbami rzędu milionów czy miliardów, wygodne jest a czasami konieczne użycie zamiast ilorazu danej wielkości (czyli tzw. *stosunku bezwymiarowego*) - jego logarytmu.

Zastosowanie miary logarytmicznej ułatwia również graficzną prezentację wielkości fizycznych zmieniających się w bardzo szerokich granicach.

Miary logarytmiczne stosuje się najczęściej do określenia stosunku mocy, napięć lub prądów w dwóch punktach układu, urządzenia lub systemu.

Powszechnie stosowaną jednostką logarytmicznej miary stosunku dwóch wielkości jest decybel (w skrócie dB), równy 1/10 bela - jednostki nie stosowanej w praktyce.

Decybele nie tylko umożliwiają skrócony zapis bardzo dużych lub bardzo małych liczb, ale też upraszczają procedurę obliczeniową, gdyż zastępują mnożenie i dzielenie liczb wielocyfrowych dodawaniem lub odejmowaniem ich decybelowych równoważników.

Stosunek A (w dB) dwóch mocy P_1 i P_2 w mierze logarytmicznej jest równy:

$$A[dB] = 10 \log \frac{P_2}{P_1} \quad (1)$$

gdzie:

P_1 - wartość mocy na wejściu układu (tzw. mocy odniesienia),

P_2 - wartość mocy na jego wyjściu,

przy czym obie wielkości są wyrażone w watach (W) lub woltamperach (VA).

Jeśli: $P_2 > P_1$, to następuje wzmocnienie mocy sygnału w układzie,

jeśli $P_2 < P_1$ to układ tłumi sygnał.

Przy $P_1 = P_2$ wartość A jest równa 0 dB.

Zależność (1) jest często wykorzystywana do określenia stosunku sygnału (jest nim zwykle sygnał sinusoidalny) do szumu. W takim przypadku jest konieczne podanie szerokości pasma częstotliwości, przy jakim określa się ten stosunek. Dlatego przy określaniu stosunku sygnału do szumu są stosowane różnego rodzaju filtry częstotliwościowe, których charakterystyki są oznaczane literami A, B lub C. Na przykład w technice audio są stosowane filtry typu A o charakterystyce zbliżonej do charakterystyki częstotliwościowej ucha ludzkiego.

Miary logarytmiczne stosuje się również do wyrażania stosunków napięć lub prądów. Porównywane moce można wyrazić jako iloczyny odpowiednich napięć (U_1, U_2) i prądów (I_1, I_2). Jeśli te napięcia lub prądy mają taki sam kształt, np. są przebiegami sinusoidalnymi, to zależność (1) przyjmuje postać:

$$A[dB] = 10 \log \frac{U_2 I_2}{U_1 I_1} \quad (2)$$

Ponieważ moc w układzie wydziela się na określonej impedancji (Z_1, Z_2), tzn.:

$$P_1 = U_1 \cdot I_1 = \frac{U_1^2}{|Z|}$$

$$P_2 = U_2 \cdot I_2 = \frac{U_2^2}{|Z|}, \quad \text{oraz}$$

$$\log x^2 = 2 \log x$$

więc zależność (2) w przypadku, gdy moduły tych impedancji są sobie równe, może być przedstawiona w postaci stosunku napięć lub prądów:

$$A[dB] = 20 \log \frac{U_2}{U_1} \quad (3)$$

$$A[dB] = 20 \log \frac{I_2}{I_1} \quad (4)$$

Należy przy tym podkreślić, że dopóki obydwa sygnały mają taki sam kształt przebiegu (sinusoidalny), dopóty równania (1) oraz (3) i (4) dają taki sam wynik. Jeśli odnoszone względem siebie sygnały różnią się kształtem, to wtedy albo trzeba zastosować równanie (1), albo też można zastosować równania (3) i (4), zastępując amplitudy napięć lub prądów wartościami skutecznymi.

W przypadku gdy stosunek porównywanych wielkości w mierze liniowej jest mniejszy od jedności, to wówczas wyrażony w mierze logarytmicznej jest ujemny. Na przykład, gdy $U_2/U_1 = 0,5$, to $A = -6$ dB.

W tablicy 1 (załącznik) zebrano kilka typowych wartości stosunków mocy P_2/P_1 , stosunków napięć wyrażonych stosunkiem amplitud U_2/U_1 , oraz ich ekwiwalenty decybelowe.

Chociaż decybeli używa się zazwyczaj do określania stosunku poziomów mocy lub amplitud sygnałów, czasami stosuje się je jako miary **bezwzględne** tych wielkości. W takich przypadkach zakłada się, że wielkości P_1, U_1 lub I_1 reprezentują **pewne wartości odniesienia** i wtedy stosuje się dodatkowe **wyznaczniki literowe oznaczające przyjęcie tych wartości**. I tak:

dBW - oznacza stosunek mocy odniesiony do 1 W (0 dBW = 1 W, 10 dBW = 10 W, 20 dBW = 100 W);

dBm - oznacza stosunek mocy odniesiony do 1 mW (0 dBm = 1 mW), co odpowiada wartości skutecznej napięcia odniesienia ok. 0,775 V lub prądu odniesienia ok. 1,29 mA przy typowej impedancji 600Ω (30 dBm = 1 W,

50dBm = 100W). Dla impedancji równej 50 Ω wartość skuteczna napięcia odniesienia wynosi ok. 0,224 mV;

dBV - oznacza stosunek napięć odniesiony do 1 V (0 dBV = 1 V, 10 dBV = 20 V);

dBu - oznacza stosunek napięć odniesiony do ok. 0,775 V;

dBmV - oznacza stosunek napięć odniesiony do 1 mV;

dBμV - oznacza stosunek napięć odniesiony do 1 μV;

dB - oznacza stosunek prądów odniesiony do 1 A;

dBf - oznacza stosunek mocy sygnału odniesiony do mocy sygnału odniesienia równej 1 fW (0 dBf = 1 fW = 10⁻¹⁵W). W jednostkach dBf określa się czułość odbiorników radiofonicznych, zwłaszcza na zakresie UKF. Np. jeśli w warunkach dopasowania w antenie o impedancji 300 Ω indukuje się SEM = 1,1 μV, to sygnał przekazywany do odbiornika wynosi

$$P = \frac{\left(\frac{U}{2}\right)^2}{|Z|} = \frac{(1,1 \cdot 10^{-6})^2}{300 \cdot 4} = 1,008 \cdot 10^{-15} \text{ W} \approx 1 \text{ fW}$$

czyli 0 dBf.

Oprócz bezwzględnych poziomów odniesienia stosuje się **poziomy względny** i na ogół **dotyczą one poziomów mocy**.

Na przykład jeśli względny poziom mocy jest równy **-36 dBr**, to oznacza, że poziom mocy w tym punkcie jest o 36 dB mniejszy od poziomu w punkcie odniesienia, tzn. w punkcie, w którym poziom względny jest równy 0 dBr (indeks r oznacza "relative", czyli względny).

Inny przykład: **dBrnC** oznacza poziom sygnału względem szumowego sygnału odniesienia ważonego częstotliwościowo według charakterystyki typu C (indeks n oznacza "noise", czyli szum).

Przykłady obliczeniowe

Przykład 1. Jeżeli na wejście wzmacniacza napięciowego o wzmocnieniu

bezwzględnym równym: $K_U = 100 \frac{V}{V}$ podamy sygnał sinusoidalny o

amplitudzie 1mV, to na wyjściu tego wzmacniacza uzyskamy napięcie i amplitudzie 100mV. Aby podać ten stosunek napięć w decybelach, musimy skorzystać z wzoru (3):

$$K[\text{dB}] = 20 \log \frac{U_2}{U_1} = 20 \log \frac{100}{1} = 20 \log 100$$

Ponieważ wiemy, że jeżeli $a^b = c$, to $\log_a c = b$,
a symbol \log a oznacza $\log_{10} a$, zatem

$$\log 100 = 2, \text{ bo } 10^2 = 100, \text{ a } 20 \log 100 = 20 \cdot 2 = 40.$$

A więc wzmocnienie względne w decybelach będzie wynosić:

$$K_U[\text{dB}] = 20 \log 100 = 40 \text{ dB}.$$

Przykład 2. Z kolei jeżeli mamy informację, że wzmacnienie względne wzmacniacza mocy przy sygnale wejściowym 1mW wynosi 30dB, to oznacza, że:

$$K_p = 10 \log \frac{P_2}{P_1} = 30 \text{dB} . \text{ Skracamy przez } 10 \text{ i mamy:}$$

$$\log \frac{P_2}{P_1} = 3, \text{ zatem } \frac{P_2}{P_1} = 10^3, \text{ co oznacza że } P_2 = 1000P_1 = 1W$$

Zatem moc wyjściowa wynosi 1W.

Przykład 3. Jeżeli mamy urządzenie, które tłumí sygnał, czyli napięcie wyjściowe będzie mniejsze od wejściowego, np.:

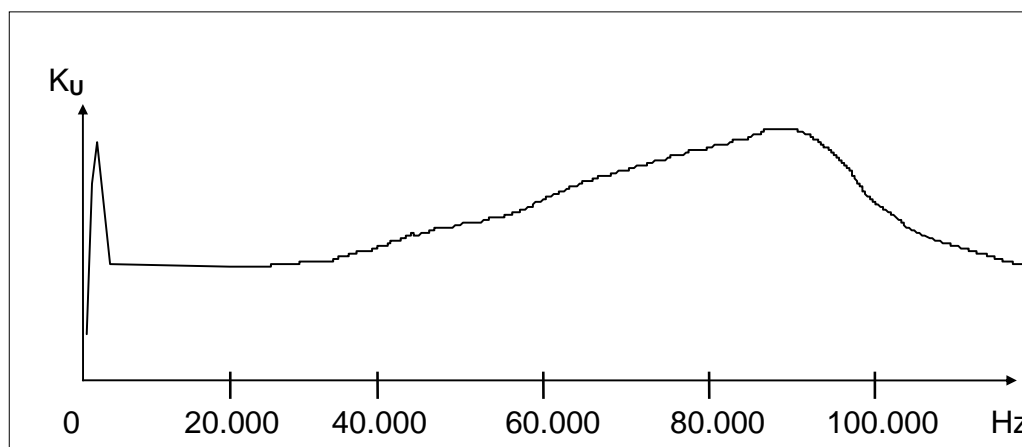
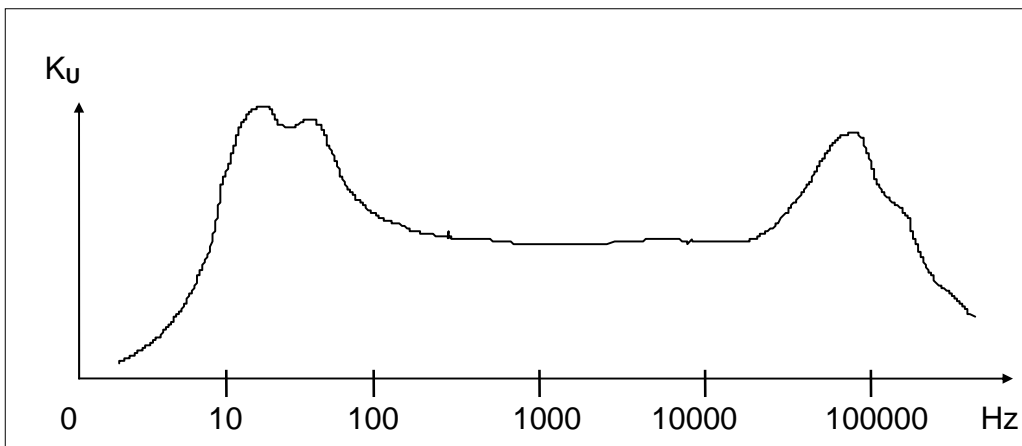
$$\frac{U_2}{U_1} = 0,5 \frac{V}{V}, \text{ to } K_u = 20 \log 0,5$$

$$\text{Ponieważ } \log 0,5 = -0,3, \text{ to}$$

$$K_u = 20 \log 0,5 = 20 \cdot (-0,3) = -6 \text{dB}$$

Jak widzimy, dla wzmacnienia < 1 (tłumienie) wartość wzmacnienia względnego wyrażonego w decybelach będzie ujemna.

Przy graficznym przedstawianiu niektórych funkcji miara logarytmiczna nie tylko ułatwia, ale w niektórych przypadkach jest jedyną możliwością obejrzenia wykresu w rozsądnym wymiarze rysunku. Na przykład weźmy przebieg charakterystyki częstotliwościowej jakiegoś wzmacniacza. Na wykresie ze skalą logarytmiczną będzie on wyglądał tak:



Stosunek napięć i mocy podany w decybelach
 dla napięć = $20\log(U2:U1)$, dla mocy = $10\log(P2:P1)$

U2:U1

U2:U1 w dB

P2:P1

P2:P1 w dB

| | | | |
|----------|------|----------|-----|
| 0,000001 | -120 | 0,000001 | -60 |
| 0,00001 | -100 | 0,00001 | -50 |
| 0,0001 | -80 | 0,0001 | -40 |
| 0,001 | -60 | 0,001 | -30 |
| 0,01 | -40 | 0,01 | -20 |
| 0,05 | -26 | 0,05 | -13 |
| 0,1 | -20 | 0,1 | -10 |
| 0,2 | -14 | 0,2 | -7 |
| 0,3 | -10 | 0,3 | -5 |
| 0,5 | -6 | 0,5 | -3 |
| 0,8 | -2 | 0,8 | -1 |
| 0,9 | -1 | 0,9 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1,5 | 4 | 1,5 | 2 |
| 2 | 6 | 2 | 3 |
| 3 | 10 | 3 | 5 |
| 4 | 12 | 4 | 6 |
| 6 | 16 | 6 | 8 |
| 8 | 18 | 8 | 9 |
| 10 | 20 | 10 | 10 |
| 16 | 24 | 16 | 12 |
| 20 | 26 | 20 | 13 |
| 30 | 30 | 30 | 15 |
| 40 | 32 | 40 | 16 |
| 50 | 34 | 50 | 17 |
| 60 | 36 | 60 | 18 |
| 70 | 37 | 70 | 18 |
| 80 | 38 | 80 | 19 |
| 90 | 39 | 90 | 20 |
| 100 | 40 | 100 | 20 |
| 1000 | 60 | 1000 | 30 |
| 10000 | 80 | 10000 | 40 |
| 100000 | 100 | 100000 | 50 |
| 1000000 | 120 | 1000000 | 60 |

Koniec