

Decibel

V technické fyzikální praxi se velmi často používá pojmu **decibel**, ve zkratce dB. Decibel *není* fyzikální veličina, je to hodnota vyjadřující *poměr dvou výkonových úrovní*. Poměr výkonových úrovní se může pohybovat v rozmezí mnoha řádů; tak například intenzita optického záření na přijímací straně optické komunikační linky se typicky pohybuje v řádu nanowattů, zatímco na vysílací straně do vlákna vstupuje výkon řádu desítek až stovek miliwattů. Úroveň šumu může být řádu pikowattů, zatímco výkonové lasery generují optické záření o výkonu kilowattů, v krátkém pulsu až petawattů. Aby bylo možno tak velká řádová rozpětí jednoduše vyjádřit, je poměr výkonů P_1 a P_2 vyjádřen v decibelech v *logaritmickém měřítku*, jako

$$10 \log \frac{P_1}{P_2} \text{ [dB]}.$$

Původně se vyjadřoval poměr v *belech* jako $\log(P_1/P_2)$, ale poněvadž bylo potřeba jemnější dělení, zavedl se *decibel* jako *desetina belu*. (Pro vyjádření stejného poměru je třeba 10× víc decibelů než belů 😊).

Když se budeme zajímat o výkon spotřebovaný konstantní ohmickou zátěží R , bude určen vztahem

$$P_1 = RI_1^2,$$

kde I_1 je elektrický proud tekoucí zátěží R . Při proudu I_2 spotřebuje stejná zátěž výkon $P_2 = RI_2^2$. Poměr obou výkonů v decibelech je pak zřejmě

$$10 \log \frac{P_1}{P_2} = 20 \log \frac{I_1}{I_2}.$$

Decibelové vyjádření se *vždy* vztahuje *k poměru výkonů*, proto je třeba u poměru *amplitudových veličin* (proud, napětí, intenzita el. nebo mag. pole apod) hodnotu násobit dvěma (výkon je úměrný *kvadrátu* proudu, napětí, el. pole...), proto se hodnota dB počítá jako *dvacetinásobek* logaritmu poměru proudů (napětí, el. pole atd.).

V komunikační technice (včetně optické) se velmi často používá *výkonová jednotka* dBm; to je *fyzikální veličina* označující *hodnotu výkonu* v poměru vůči výkonu 1 mW. Výkon 0 dBm odpovídá tedy výkonu 1 mW, 10 dBm je 10 mW, 20 dBm je 100 mW atd.

V decibelech se zpravidla uvádí výkonové zesílení optických vláknových zesilovačů. Výkonové zesílení je poměr mezi výstupním a vstupním výkonem. Zesílení 10 dB je tedy zesílení desetinásobné ($10 \log(10) = 10 \text{ dB}$), zesílení 40 dB znamená zvýšení výkonu o 4 řády ($10 \log(10^4) = 40 \text{ dB}$). (Je užitečné si pamatovat, že poměr 2:1 vyjádřený v decibelech je $10 \log(2) \doteq 3.0103 \doteq 3 \text{ dB}$.)

Na každém vedení (vlnovodu, včetně optického) dochází k útlumu. *Útlum* vedení délky L vyjádřený v decibelech je

$$10 \log \frac{P_{in}}{P_{out}} \text{ [dB]},$$

kde P_{in} a P_{out} jsou výkony na vstupu a výstupu vedení (vlnovodu). *Měrný útlum* je pak hodnota útlumu vztažená *na jednotku délky vedení*, tedy

$$b = 10 \frac{\log(P_{in}/P_{out})}{L} \text{ [dB/m]}.$$

Odtud můžeme vyjádřit poměr výkonů vztahem

$$\frac{P_{in}}{P_{out}} = 10^{(b/10)L}.$$

Činitel (koeficient) útlumu se často vyjadřuje v jednotkách 1/m (případně 1/km), které vycházejí ze skutečnosti, že výkon na konci vedení klesá exponenciálně délkou vedení L :

$$\frac{P_{out}}{P_{in}} = \exp(-2\alpha L).$$

Konstanta α je přitom činitel útlumu intenzity elektrického nebo magnetického pole ve vlnovodu, případně proudu nebo napětí na vedení. Jelikož přenášený výkon je úměrný kvadrátu intenzity pole (případně napětí či proudu), je výkonový činitel útlumu 2α . Vztah mezi měrným útlumem b vyjádřeným v dB/m a činitelem útlumu (pole, napětí, proudu) α získáme z rovnosti

$$\frac{P_{in}}{P_{out}} = e^{-2\alpha L} = 10^{-(b/10)L}, \text{ neboli } b \text{ [dB/m]} = 20 \log(e) \cdot \alpha \doteq 8.6859 \alpha \text{ [1/m]}.$$

Výkonový činitel útlumu $2\alpha = \ln(P_{in}/P_{out})/L$ se ve starší literatuře někdy uvádí „v jednotkách“ Np/m (neper na metr). (Poměr výkonů vyjádřený v neperech je tedy dán přirozeným logaritmem jejich poměru, zatímco bel je založen na dekadickém logaritmu).

Situaci zdánlivě komplikuje skutečnost, že (některé) polovodičové detektory optického záření generují elektrický proud úměrný výkonu dopadajícího optického záření. Když je stupnice detektoru uváděna v dBm, znamená to, že udává de facto hodnotu $10 \log(I/I_{1mW})$, kde I_{1mW} je hodnota proudu generovaného dopadajícím výkonem optického záření 1 mW. Přestože jde o poměr proudů, hodnota se počítá jako desetinásobek logaritmu poměru výkonů a nikoli dvacetinásobek. (Na toto je třeba dávat velký pozor, pokud např. v laboratoři připojíme měřič proudu kalibrovaný v dB, k fotodiodě, jejíž proudový výstup je úměrný výkonu optického záření. Pak totiž měřič proudu udává v dB (chybně) hodnotu dvojnásobnou).

Výjimkou z pravidla, že jednotka dB nemá fyzikální rozměr, má měření hodnot úrovně zvuku (hluku), který se uvádí v dB, bez uvedení „vztažné jednotky“. V tomto případě se za „vztažnou jednotku“ považuje hluk o výkonovém toku 1 pW/m^2 , což se považuje za práh slyšitelnosti. Hluk 0 dB znamená tedy hluk o výkonovém toku 1 pW/m^2 . Ostatní hlukové úrovně se standardně vyjadřují v dB podle vztahu

$$10 \log \frac{P \text{ [W/m}^2\text{]}}{10^{-12} \text{ [W/m}^2\text{]}} \text{ [dB]}.$$

Hluk 10 dB odpovídá tedy výkonovému toku 10 pW/m^2 , hodnota 120 dB (neboli 1 W/m^2) je považována za práh bolestivosti.