Miara logarytmiczna. Decybele.

W połowie XIX wieku niemiecki fizjolog Ernst Heinrich Weber sformułował twierdzenie mówiące o tym, że zmysły człowieka reagują przyrostem wrażenia ΔW proporcjonalnym (stała doświadczalna k) do przyrostu bodźca ΔB ale w stosunku do bodźca B istniejącego wcześniej. To niby oczywiste prawo w dużej mierze (nie do końca dokładnie) sprawdziło się przy obiektywnych badaniach ludzkich zmysłów pobudzanych bodźcami fizycznie mierzalnymi, tzn. wzroku i słuchu. Należy przypuszczać, że również pozostałe zmysły reagują w ten sposób, choć nie można zmierzyć obiektywnie, technicznie np. natężenia zapachu a wydzielana adrenalina zaburza chwilowo wrażenia bólu. Prawo Webera dało się zapisać w formie:

$$\boldsymbol{\Delta W = (k \cdot \Delta B)/B} \qquad (2.6.1)$$

którą po dwudziestu latach zcałkował Fechner i, po lekkich zawirowaniach dotyczących stałej całkowania, zapisuje się je dzisiaj jako prawo Webera-Fechnera:

$$\boldsymbol{W = k \cdot \ln B} \qquad (2.6.2)$$

z którym bezpośrednio związana jest używana długo, zwłaszcza w telekomunikacji przewodowej, jednostka Neper [Np] nazwana tak na cześć Szkota Johna Napiera – po zlatynizowaniu Nepera – który stworzył podstawy logarytmowania). Stworzeniem jednostki [Np] prawo to zostało zaadaptowane w technice zwłaszcza z wygodniejszą (a różniącą się tylko współczynnikiem) jednostką zawierającą w sobie logarytm dziesiętny *($\ln x = 2{,}3 \log x$)* czyli **decybelem [dB].** Na początek, na cześć twórcy telefonii A.G. Bella zdefiniowano dość potężną jednostkę Bel: K[B] $= 100 \log (P/P_O)$ w której pod logarytmem tkwi stosunek mocy lub wielkości z nią powiązanych a indeks $_O$ oznacza wielkość do której odnosi się mierzoną wielkość z mianownika. W praktyce używana jest zgrabniejsza, 10x mniejsza jednostka **decybel [dB]:**

$$\boldsymbol{K}\,\textbf{[dB]} = 10 \log (P\,[\cancel{W}] / P_o[\cancel{W}]) = \boldsymbol{10 \log (P/P_o)} \qquad (2.6.3)$$

Jej zgrabność polega na tym, że z jednej strony rzadko trzeba używać ułamków (w popularnych sytuacjach, np. gdy coś jest większe 2x od odniesienia i log 2 ≈ 0,3 ale współczynnik 10 powoduje, że jest większe o 3dB) a z drugiej strony w zasadzie wystarczy zapamiętać ile jest log2 a ile log3 a także parę własności działań na logarytmach, by w pamięci z grubsza obliczać wszystkie decybele. Z trzeciej – przy wielkiej dynamice opisywanych decybelami zjawisk liczby decybeli korespondują dość sensownie z weberowsko – fechnerowskimi odczuciami. Możemy sobie bowiem wyobrazić nasze sensowne reakcje na coś, co odczuwamy, że zmienia się np. 100 czy 140 razy i to już oznacza „dużo", ale nie na 10 milionów razy (cyfra w zasadzie w tym miejscu nie do wyobrażenia), a z taką dynamiką bodźców, w mierze liniowej, muszą radzić sobie nasze biedne zmysły. Wzrok - od światła świecy z kilometra w przejrzystym powietrzu (0dB) po słońce, daj Boże trochę zamglone, by dało się na nie rzucić okiem bez przykrych konsekwencji (140dB). Słuch - komar nad niepluszczącym jeziorem (0dB) i ryk startującego blisko odrzutowca (140dB – tzw. słyszenie bolesne).

I równie biedne, jak nasze zmysły, są przetworniki takich wielkości fizycznych na sygnały elektryczne oraz biedne dalsze układy elektroniczne nie radzące sobie, mówiąc otwarcie, z taką dynamiką. I nie ma co się dziwić, bo zmysły mały wiele czasu na dopracowanie swych działań, a elektronicy tylko kilkadziesiąt lat. Świętym obowiązkiem konstruktorów odbiorników są więc starania o jak wcześniejsze ograniczenie dynamiki w strukturach torów odbiorczych np. przez ściągnięcie z natury pomysłu wzmacniaczy logarytmicznych lub przez dalej opisaną zasięgową regulację wzmocnienia w torach. Można się też ewentualnie załamać i dopuszczać do zatykania i nasycania układów nazywając to delikatnie nieliniowym ograniczaniem dynamiki.

Warto zwrócić uwagę na nomenklaturę: dowolna **wielkość w mierze liniowej** (np. natężenie) w mierze decybelowej staje się **poziomem tej wielkości** (np. poziomem natężenia).

Jak pokazuje definicyjny wzór (2.6.3)skala decybelowa jest pomyślana w zasadzie dla wielkości związanych liniowo z fundamentalną wielkością fizyczną - mocą. Są to np. natężenie pola jakiegokolwiek (gęstość mocy), moc elektryczna czy akustyczna a do obliczania decybeli jest koniecznie potrzebna znajomość wielkości odniesienia (np. 1W czy $1W/m^2$). Operacja liczenia decybeli nieco się zmienia, gdy mierzymy wielkość *M,* która dopiero po podniesieniu do kwadratu jest proporcjonalna przez *k* do mocy lub gęstości mocy – natężenia. Może to być napięcie $(P = U^2/R)$ czy natężenie prądu $(P = I^2R)$ lub też ciśnienie akustyczne p_a ze wzoru 2.5.5. Wówczas – z własności działań na logarytmach:

$$K[dB] = 10 \log (\cancel{k}M^2/\cancel{k}M_o^2) = \mathbf{20 \log (M/M_o)} \qquad (2.6.4)$$

i liczba decybeli nie zmienia się w stosunku do logarytmowania mocy wg 2.6.3.

Nie ma w zasadzie przeszkód, by skala decybelowa mogła być stosowana do wszelkich jednostek fizycznych – np. czasu, prędkości, pieniędzy itp. Nie mówi się jednak: mam 35,5637dB czasu a mówi się: mam godzinę czasu (10log [3600s/1s] = właśnie 35,5637) tak, jak nie mówi się: mam 30dB dolarów (1000$), czy: biegnę z prędkością 10dB (10m/s – będąc prawie mistrzem świata). Oblicza się jednak np. decybele powierzchni odbijającej falę w odniesieniu do $1m^2$ (w porządnej, kontynentalnej Europie z systemem SI) lub do $1yarda^2$, $stopy^2$ lub $cala^2$ (w mniej zasadniczych co do standardów krajach). Takie obliczenia są jednakże powiązane z mocą, bowiem zwiększenie tej powierzchni oznacza możliwość zmniejszenia mocy impulsu sondującego sonaru bez pogorszenia warunków wykrywania celu. Podobnie jest z innymi wielkościami tworzącymi tzw. równanie zasięgu systemu telekomunikacyjnego (niekoniecznie sonaru).