



Neistoty merania elektrických veličín (4)

Kým predchádzajúce články tejto série venované neistotám meraní elektrických veličín boli venované jednoduchým meraniam, ktorých výsledok mal jednotku z SI sústavy, v tomto článku sa pokúsime nazrieť na problematiku neistôt pri pomeroch jednotkách – decibeloch. Používanie takýchto jednotiek je v elektrotechnickej praxi pomerne časté, či už vezmeme do úvahy oblasť vysokofrekvenčnej (vf) techniky, akustiky, telekomunikácií a iné. Aj preto sa pokúsime pomôcť inžinierom pracujúcim v týchto oblastiach s potenciálnym výpočtom neistôt ich meraní.

Decibel

Decibel (skr. dB) je logaritmická jednotka vyjadrujúca veľkosť fyzikálnej veličiny v pomere k stanovenej alebo predpokladanej referenčnej úrovni. Inými slovami, vyjadruje pomer medzi dvoma veličinami s rovnakou jednotkou.

Decibel je jedna desatina jednotky bel, jednotky, ktorú zaviedli inžinieri v Bell Telephone Laboratories na vyjadrenie poklesu úrovne zvuku pri prenose signálu cez štandardný telefónny kábel s dĺžkou 1,609 km (1 míľa) a nazvali na počesť A. G. Bella, vynálezcu telefónu. Pretože jednotka 1 bel je dostatočne veľká, používa sa častejšie jeho desatinná časť – decibel. V roku 2003 Medzinárodný úrad pre miery a váhy akceptoval decibel ako jednotku, ktorú možno pri meraní používať, ale zároveň rozhodol, že decibel nebude SI jednotkou.

Jeden decibel je definovaný ako desaťnásobok dekadického logaritmu pomeru dvoch výkonov:

$$P_{dB} = 10 \log \frac{P}{P_0} \quad (66)$$

pričom P aj P_0 musia mať rovnaké rozmery aj jednotky. Ak $P = P_0$, potom platí $P_{dB} = 0$. Podobne sa dá decibel použiť aj pre pomery napätí. Vzhľadom na to, že výkon na konštantnej impedancii je druhou mocninou napätia, po zlogaritmovaní sa exponent prenáša do konštanty pred logaritmom a platí:

$$U_{dB} = 20 \log \frac{U}{U_0} \quad (67)$$

V menovateli zlomku (66) aj (67) sa nachádza tzv. referenčná hodnota, čo je zvolená konštanta. Aj keď pri decibeloch vždy ide o relatívny údaj k referenčnej hodnote, ak je referenčná hodnota pre danú oblasť pevne stanovená (normou, predpisom, napr. dBm pre referenčnú hodnotu výkonu $P_0 = 1 \text{ mW}$), miera v decibeloch je absolútna. Ak je to pre konkrétne použitie zvolená hodnota (napr. zosilnenie zosilňovača v dB), hovoríme o tzv. relatívnej miere v decibeloch.

Použitie decibelov sa rozšírilo medzi elektrotechnickými inžiniermi v čase, keď ešte kalkulačky a osobné počítače neboli k dispozícii. Bolo totiž omnoho praktickejšie sčítavať a odčítavať logaritmy dvoch čísiel ako násobiť či deliť. Dnes v ére počítačov už táto výhoda zmizla, avšak použitie decibelov pretrvalo najmä pre jeho výhody:

- Logaritmická podstata decibelov znamená, že veľký rozsah pomerov možno zapísať pohodlným číslom (jednotky, desiatky), čo umožňuje zrejme znázornenie aj malých zmien sledovaných veličín.

- Matematická vlastnosť logaritmu znamená, že výsledný zisk reťazca, ktorý je daný ako súčin ziskov jednotlivých modulov, možno jednoducho vypočítať ako súčet ziskov modulov vyjadrených v decibeloch. To je možné, pretože platí:

$$\log(A \times B \times C) = \log(A) + \log(B) + \log(C) \quad (68)$$

- Človek má tendenciu vnímať zvýšenie intenzity (zvuku, svetla) tak, že zdvojnásobenie aktuálnej intenzity je vždy spôsobené zvýšením o istú rovnakú úroveň bez ohľadu na pôvodnú úroveň. Zdvojnásobenie výkonu vyjadrené v decibeloch ako zvýšenie pôvodnej hodnoty o 3 dB spĺňa aj takéto predpoklad.

Príklad 10:

Prostredníctvom selektívneho vf voltmetra sme na frekvencii $f = 10 \text{ MHz}$ zmerali hodnotu napätia U_V na výstupe vf zosilňovača $U_V = 14 \text{ dBm}$. Aby sme náhodou nepoškodili prístroj, pri meraní sme použili atenuátor s útlmom $L = 6 \text{ dB}$. Akú hodnotu napätia U_Z vlastne máme na výstupe zosilňovača?

Výhodou decibelov je, že výsledok získame jednoduchým súčtom

$$U_Z = U_V + L = 14 + 6 = 20 \text{ dBm} \quad (69)$$

Výsledkom je napätie 20 dBm alebo vyjadrené vo voltoch $U_Z = 2,236 \text{ V}$, ak vieme, že výkon je daný vzťahom

$$P = \frac{U^2}{Z_0} \quad (70)$$

kde odpor Z_0 je charakteristická impedancia vf obvodov 50Ω . (Vstupné aj výstupné obvody použitých zariadení musia byť takto impedančne prispôbené.)

Celý článok „Neistoty merania (4)“ s uvedením dvoch konkrétnych príkladov s použitím uvedených vzťahov si môžete prečítať na www.atpjournal.sk pri odkaze na tento článok.

Ing. Mikuláš Bittera, PhD.

Slovenská technická univerzita
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra merania
Laboratórium elektromagnetickej kompatibility
Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava
e-mail: mikulas.bittera@stuba.sk