

DESIBELIT TUTUKSI, perusteet

Signaaleita ja järjestelmiä tutkittaessa ja mitattaessa esiintyy hyvin pieniä ja suuria jännite- ja tehoarvoja. Esimerkiksi vahvistimen tulojännite voi olla 1 nV ja lähtöjännite 10 V. Silloin absoluuttinen jännitevahvistus on 1000000000 eli $10 \cdot 10^9$. Jännite- tai tehoarvoja joudutaan vertaamaan toisiinsa jännite- tai tehoarvoihin. Jotta vertailu olisi helpompaa, käytetään desibelejä apuna. Desibelien yhteen/vähennyslasku kun on helpompaa kuin absoluuttiarvojen kerto/jakolasku.

Peruslähtökohtana on verrata kahta tehoa keskenään, ja muuntaa suhde desibeleiksi eli

$$G(\text{dB}) = 10 \cdot \log \frac{P_1}{P_2}$$

Jos saatu dB-arvo on positiivinen, puhutaan vahvistuksesta (gain, amplification). Jos dB-arvo on negatiivinen, puhutaan vaimennuksesta (attenuation). Eli vahvistus(dB) = - vaimennus(dB).

Usein dB-arvo koskee myös jännitesuhteita. Jos järjestelmän tulo- ja lähtöimpedanssit ovat samansuuruiset, pätee

$$P_1 = \frac{U_1^2}{Z} \text{ ja } P_2 = \frac{U_2^2}{Z}$$

$$\begin{aligned} G(\text{dB}) &= 10 \cdot \log \frac{P_1}{P_2} = 10 \cdot \log \frac{\frac{U_1^2}{Z}}{\frac{U_2^2}{Z}} = 10 \cdot \log \frac{U_1^2}{U_2^2} = 10 \cdot \log \left(\frac{U_1}{U_2} \right)^2 \\ &= 20 \cdot \log \frac{U_1}{U_2} \end{aligned}$$

Seuraavaksi esitetään muutamia muistisääntöjä:

3 dB = tehon 2-kertainen muutos, esim. 1 mW → 2 mW
 6 dB = 3 dB + 3 dB = tehon 2·2 = 4-kertainen muutos
 9 dB = 3 dB + 3 dB + 3 dB = tehon 2·2·2 = 8-kertainen muutos

10 dB = tehon 10-kertainen muutos
 20 dB = tehon 10·10 = 100-kertainen muutos
 30 dB = tehon 10·10·10 = 1000-kertainen muutos

-3 dB = tehon puolittuminen (vahvistus ½), esim. 1 mW → 0,5 mW
 -6 dB = tehon ½·½ = 0,25-kertainen muutos, esim. 1 mW → 0,25 mW
 jne.

Desibelien yhteenlasku vastaa siis kertolaskua ja desibelien vähennyslasku jakolaskua.

Esimerkkejä:

26 dB = 10 dB + 10 dB + 3 dB + 3 dB = tehon 10·10·2·2 = 400-kertainen muutos
 17 dB = 10 dB + 10 dB - 3 dB = tehon 10·10/2 = 50-kertainen muutos
 4 dB = 10 dB - 3 dB - 3 dB = tehon 10/4 = 2,5-kertainen muutos
 1 dB = 4 dB - 3 dB = tehon 2,5/2 = 1,25-kertainen muutos
 -2 dB = 1 dB - 3 dB = tehon 1,25/2 = 0,675-kertainen muutos (siis vaimennus)

Harjoitus 1 (oikeat vastaukset sivulla 2):

33 dB = tehon	a) 200	b) 2000	c) 120	-kertainen muutos
46 dB = tehon	a) 4600	b) 46000	c) 40000	-kertainen muutos
-9 dB = tehon	a) 0,9	b) 0,09	c) 0,125	-kertainen muutos

Usein vertailukohtaksi valitaan tietty teho tai jännite. Seuraavassa taulukossa on esitetty tavallisia vertailukohteita dB-merkintöineen.

Merkintä	Vertailukohde
dBW	1 W
dBm	1 mW
dBf	1 fW
dBV	1 V (tehollisarvo)
dBμV	1 μV (tehollisarvo)

Esimerkki:

Järjestelmän tuloteho (P_{in}) on 2 mW ja lähtöteho (P_{out}) 10 W.

$$P_{in} (dBm) = 10 \cdot \log \frac{P_{in}}{1 mW} = 10 \cdot \log \frac{2 mW}{1 mW} = +3 dBm$$

$$P_{out} (dBm) = 10 \cdot \log \frac{P_{out}}{1 mW} = 10 \cdot \log \frac{10 W}{1 mW} = +40 dBm$$

$$G(dB) = 10 \cdot \log \frac{P_{out}}{P_{in}} = 10 \cdot \log \frac{10 W}{2 mW} = +37 dB$$

$$= P_{out} (dBm) - P_{in} (dBm)$$

Koska sekaannusta wattien, volttien ja dB-arvojen kesken ei synny, ei ole väärin sanoa, että $P_1 = +3 dBm$ ja niin edelleen.

Monesti kiinnostaa tietää tehon, jännitteen tai vahvistuksen absoluuttiarvot. Seuraavista kaavoista voi olla hyötyä laskemisessa (Z:n paikalle tietysti sopisi R paremmin, jottei syntyisi hämmennystä):

$$G(dB) = 10 \cdot \log \frac{P_1}{P_2} \Rightarrow G(abs) = \frac{P_1}{P_2} = 10^{\frac{G(dB)}{10}} \Rightarrow P_1 = P_2 \cdot 10^{\frac{G(dB)}{10}}$$

$$G(dB) = 20 \cdot \log \frac{U_1}{U_2} \Rightarrow G(abs) = \frac{U_1}{U_2} = 10^{\frac{G(dB)}{20}} \Rightarrow U_1 = U_2 \cdot 10^{\frac{G(dB)}{20}}$$

$$P = \frac{U^2}{Z} \Rightarrow U = \sqrt{P \cdot Z}$$

Vertailukohtaan P_2 tai U_2 tilalle voi tietysti sijoittaa esimerkiksi 1 mW (dBm), 1 V (dBV) ja niin edelleen.

Esimerkki:

50-ohmin järjestelmässä lähtöteho on +13 dBm, jolloin

$$P_{out} = 1 mW \cdot 10^{\frac{13}{10}} = 20 mW \quad ja$$

$$U_{out} = \sqrt{20 mW \cdot 50 \Omega} = 1 V$$

Harjoitus 2 (vastaukset sivun 1 yläosassa). Oletetaan, että järjestelmän impedanssitason ovat samat tulossa ja lähdössä:

1. Jos (teho)vahvistus on 10 dB, on absoluuttinen jännitevahvistus 10? a) totta b) tarua
2. Jos 1 watin tehoa vaimennetaan 20-kertaisesti, on vaimennus 13 dB a) totta b) tarua
3. +37 dBm vastaa 5 watin tehoa a) totta b) tarua
4. Jos (teho)vahvistus on 30 dB, on absoluuttinen jännitevahvistus 30? a) totta b) tarua

Vastaukset harjoitukseen 1: b,c,c