

הדציבל

dB or not dB



מהיכן זה מתחיל?

הצליל שאנו שומעים נובע משינויי לחץ אוויר. ככול שהשינויים גדולים יותר נשמע עוצמה גבוהה יותר, ככול שהשינויים קטנים יותר העוצמה תהיה נמוכה יותר. העוצמה המיזערית אותה אנו מסוגלים לשמוע (סף השמע של האדם) נקבע ל- $20 \cdot 10^{-6}$ פסקל ($1 \text{ pa} = 1 \text{ N} / \text{m}^2$) פסקל היא יחידת לחץ). העוצמה המרבית אותה אנו מסוגלים לשמוע עם כאב באוזניים (סף הכאב) נקבע כ- 200 פסקל. היחס בין שתי העוצמות הללו הוא עשרה מיליון (10,000,000). תחום זה הוא מאוד גדול. קבוצת עבודה במעבדות Bell החליטו להציג את אותו התחום במספרים קטנים יותר. הקבוצה הגדירה יחידת מדידה חדשה הנקראת Bel על שמו של ממציא הטלפון אברהם גרהם בל.

ה-בל הינה יחידת מדידה של לוגריתמוס היחס בין שני הספקים. כדי למצוא יחס הספקים המבוטא ביחידות בל יש להשתמש בנוסחה:

$$N_{(bel)} = \log\left(\frac{power1}{power2}\right)$$

מטרת הקבוצה הושגה מעבר למשוער. היחידה שהתקבלה יצאה כל כך קטנה שלא היה נוח לעבוד איתה, לכן הוחלט שבמקום להשתמש ביחידת ה-בל נשתמש ביחידת ה-דציבל או dB. ביחידת בל אחת נמצאים 10 דציבלים לכן:

$$1 \text{ dB} = \frac{1 \text{ Bel}}{10}$$

$$N(\text{dB}) = 10 * \log\left(\frac{Power1}{Power2}\right)$$

בואו נעשה חשבון

נניח שיש לנו שני מגברי שמע המזינים רמקולים. האחד מספק הספק לרמקול הראשון בהספק P1 והשני P2.

אם הספק הרמקול השני גדול מהראשון פי 2 אז הבדלי ההספק המבוטאים בדציבלים יהיה:

$$N = 10 * \log\left(\frac{p2}{p1}\right) = 10 * \log 2 = 3 \text{ dB}$$

אם הספק הרמקול השני יהיה פי 10 מהספק הראשון, ההבדל בדציבלים יהיה:

$$N = 10 * \log\left(\frac{p^2}{p^1}\right) = 10 * \log 10 = 10dB$$

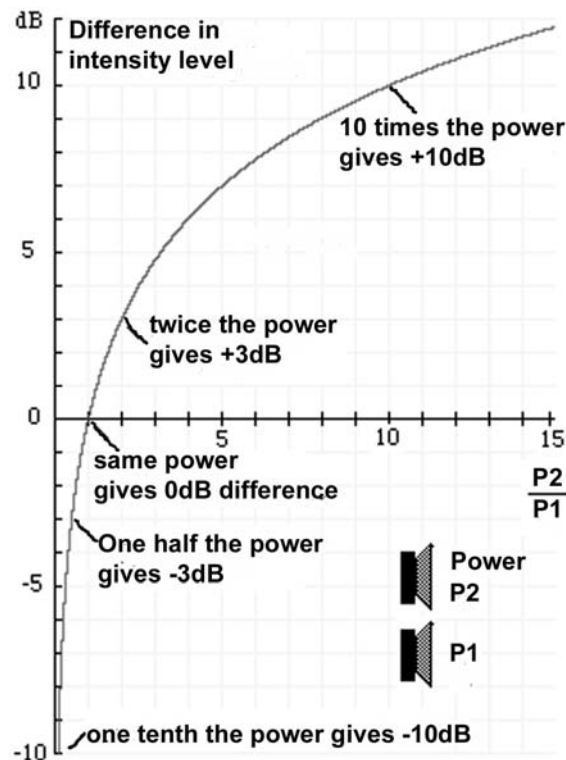
אם הספק הרמקול השני יהיה פי מיליון גבוה משל הראשון, ההבדל בדציבלים יהיה:

$$N = 10 * \log\left(\frac{p^2}{p^1}\right) = 10 * \log 1,000,000 = 60dB$$

דוגמאות אלו מציגות יפה את תכונת ההגדרה של הדציבל, המספרים הופכים קטנים יותר, יפים יותר ונוחים יותר לביטוי ועבודה.

1,000,000	100,000	10,000	1,000	100	10	2	1	יחס הספקים
60	50	40	30	20	10	3	0	הערך בדציבל

האיור הבא מבטא גרפית את הערך בדציבלים כפונקציה של יחס ההספקים P2 ל-P1.



ערכי dB שליליים

בדוגמאות הנ"ל ערכי P2 גדולים מערכי P1. מה קורה אם P2 קטן מ-P1? במקרה זה לוגריתמוס של מספר הקטן מיחידה הוא מספר שלילי, והערך בדציבלים יהיה שלילי.

לדוגמה: נניח שהספק הכניסה לקו קואקס מהמסדר הינו P1. ההספק שמגיע לאנטנה P2, קטן פי 2 מהספק הכניסה. מהו יחס ההספקים בדציבלים?

$$N = 10 * \log\left(\frac{P_2}{P_1}\right) = 10 * \log\frac{1}{2} = -3dB$$

נסכם מספר ערכים בטבלה:

1/100,000	1/10,000	1/1000	1/100	1/10	1/2	1	יחס הספקים
-50	-40	-30	-20	-10	-3	0	הערך בדציבל

באילו מקרים יהיה ערך הדציבלים חיובי ובאילו שלילי?
במערכות בהן ההספק מוגבר, P2 (הספק המוצא) גבוה מ-P1 (הספק המבוא) הערך יהיה תמיד חיובי.

במערכות בהן הספק המוצא נמוך מהספק המבוא, כמו קווי זינה ומנחתים, יהיה יחס ההספקים בדציבלים, שלילי תמיד.

ערכים יחסיים

והיה ונשאלתם "מה גובה גג הבניין, עליו מותקנת האנטנה שלכם?". תשובתכם תתייחס לבטח לגובה הגג מפני הכביש. האם התשובה עונה במדויק על השאלה? האם לא עדיף להגדיר את הגובה כלפי נקודת יחוס שתאים לכל החובבים? ורק אז נוכל להשוות בין הגבהים השונים? התשובה ברורה, ולא אחת אנו מתייחסים לגובה יחסית לגובה פני הים שהוא נקודת היחוס שלנו למדידת גבהים.

עד עתה דנו במצב בו נתונים ערכי הספק המבוא והספק המוצא של המערכת. לא אחת אנו מעדיפים להתייחס במדידות כלפי ערך יחוס כלשהו.

dBW – ערך היחוס עבור חישוב ההספק הוא 1 ווט, לכן הנוסחה לחישוב תהיה:

$$N(dBW) = 10 * \log\left(\frac{P_2}{1watt}\right)$$

דוגמה: ברשותנו מגבר הספק של 100dBW. מהו הספקו בוואטים?

$$N = 100dBW$$

$$100 = 10 * \log\left(\frac{P_2}{1}\right)$$

$$10 = \log(P_2)$$

$$P_2 = 1Watt$$

dBm – ערך היחוס הוא 1 מיליווט, לכן ערכי ההספקים שיוזנו לנוסחה יהיו במיליוואטים.

$$N(dBm) = 10 * \log\left(\frac{P}{1mWatt}\right)$$

דוגמה: הספק יציאה של מיקרופון לפי דפי הנתונים הוא -50dBm מהו ההספק בוטים?

$$N = -50dBm$$

$$-50 = 10 * \log\left(\frac{P}{1mW}\right)$$

$$-5 = \log P$$

$$P = 0.01mW$$

ערכי ה- dB הוגדרו במילי, לכן גם התוצאה מתקבלת במיליווט.

מתחים וזרמים בדציבלים

עד עתה הגדרנו את הדציבל עבור יחס הספקים. האם ניתן לבטא גם יחס מתחים בדציבלים?

לצורך זה נעזר בידע המוקדם שלנו בחשמל ומתמטיקה, כזכור $P = \frac{V^2}{R}$ וכמו כן

ידועים הקשרים $\log(a^b) = b * \log(a)$ ו- $\log(a * b) = \log(a) + \log(b)$ לכן:

$$N(dB) = 10 * \log\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$$

$$N(dB) = 10 * \log\left(\frac{\frac{V_2^2}{R_2}}{\frac{V_1^2}{R_1}}\right) = 10 * \log\left(\frac{V_2^2}{V_1^2} * \frac{R_1}{R_2}\right)$$

$$N(dB) = 10 * \log\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 + 10 * \log\left(\frac{R_1}{R_2}\right)$$

$$N(dB) = 20 * \log\left(\frac{V_2}{V_1}\right) + 10 * \log\left(\frac{R_1}{R_2}\right)$$

התוצאה שהתקבלה נראית מורכבת למדי. למזלנו, בתקשורת אנו עוסקים, ובתקשורת לרוב $R_1 = R_2$. במקרה כזה (ורק כזה) ערכו של האיבר הימני הוא אפס (מפני שלוג של 1 הוא אפס) ולכן מתקבל:

$$N(dB) = 20 * \log\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

באופן דומה ועם ההנחה ש- $R_2 = R_1$ ניתן להוכיח כי:

$$N(dB) = 20 * \log\left(\frac{I_2}{I_1}\right)$$

גם כאן ניתן להשתמש בהגדרות היחוס עליהן דובר בעבר.

דוגמה: מודד ה-S שלנו מכויל להורות 50 מיקרו-וולט עבור קריאת S9. מהו ערכו של המתח במבוא המקלט ביחידות $\mu V dB$?

$$N(dB_{\mu V}) = 20 * \log\left(\frac{V_{ant}}{1_{\mu V}}\right) = 20 * \log \frac{50}{1} =$$

$$N(dB_{\mu V}) = 20 * 1.7 = 34 dB_{\mu V}$$

הגבר אנטנה

הגבר אנטנה ניתן להגדיר במספר אופנים.

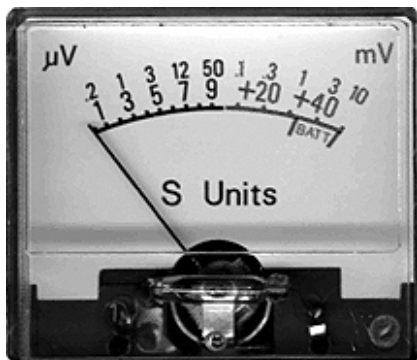
א. dBd הגבר יחסית לאנטנת דיפול – זהו היחס בין עוצמת הקליטה של האנטנה המדוברת לעוצמת הקליטה של אנטנת דו-קוטב (דיפול), באותם תנאי קליטה ושידור. אנו מעדיפים להגדיר יחס זה ביחידות dB. כדי להבחין שמדובר על הגבר יחסית לדיפול נסמן את היחידה ב- dBd .

$$A(dBd) = 20 * \log\left(\frac{V_{antenna}}{V_{dipol}}\right)$$

ב. dB_i הגבר יחסית לאנטנה איזוטרופית - כדי "לשפר" למראית עין את התוצאה, נוהגות חלק מהחברות להגדיר את הגבר האנטנה יחסית לאנטנה דימיונית, זוהי אנטנה איזוטרופית. אנטנה דימיונית זו "נראית" כנקודה בחלל והיא מקרינה לכל הכוונים באותה מידה. שימוש בהגדרת הגבר אנטנה יחסית לאנטנה איזוטרופית מוסיף 2.14 דציבל להגבר, יחסית לדיפול. מציינים הגבר זה כ- dB_i (i-isotropic).

מד עוצמת קליטה S-Meter

מד עוצמת הקליטה במקלטי הרדיו הוא מכשיר המודד את הזרם בקו בקר ההגבר האוטומטי של המקלט (AGC). המכשיר נותן לנו קריאות יחסיות של עוצמת הקליטה. עד היום לא קיים תקן לכיול המודד (יש המלצות בלבד), אי לכך אין זהות בין קריאות המכשירים שנמצאים במקלטים השונים. הקריאות משתנות בין תחומי התדרים ותלויות מאוד ברוחב הפס של המקלט.



המכשיר מכויל ביחידות S בין S1 ל-S9, מעבר לערך זה הכיול הוא בדציבלים. רוב החברות נוהגות להקצות 6 דציבלים ליחידת S אחת, ולכייל את S9 לעוצמת קליטה של 50 מיקרו-וולט באנטנה. יש להדגיש כי ערכים אלו הם המלצה בלבד, בנוסף לכך אם המקלט כויל לערכים אלו

בתחום ה-20 מטר, אין זה אומר שהכיוול ישאר כך גם בתדרי הקליטה האחרים.

המכשיר אינו מדויק, אין להשוות את עוצמת הקליטה לפי מודד זה בין מקלטי רדיו שונים. הוא שימושי למדידה יחסית עבור מקלט הרדיו שברשותך בלבד, לאנטנה שלך, במיקום הנתון שלה ועל הגל עליו אתה מאזין עכשיו.

באיור מוצג מד עוצמת קליטה המכויל בנוסף ליחידות S גם לערכי מתח האנטנה, יש להתחשב באותן הסתייגויות שהוזכרו.

בכנס IARU שנערך בשנת 1978 אומצה ההחלטה לקבוע ערך של 6 דציבל ליחידת S, ערך זה הועבר כהמלצה ליצרניות ציוד החובבים.

בכנס IARU 1989 בועדת VHF/UHF/SHF אומצה ההחלטה שרמת המתח במבוא המקלט (מעל 30 מה"ץ) עבור אות של S9 יהיה -93dBm ערך זה נמוך ב- 20dBm מהערך בתחום ה-HF. הנימוק להחלטה זו הוא שממוצע טמפרטורת הרעש של האנטנה נמוך יותר בתחום זה.

הטבלה הבאה מציגה את הערכים המומלצים של ערכי S ועוצמות המתח התואמות בתחומי התדר השונים. יש לשים לב להבדלי הרמות של 20dBm בין התחומים השונים.

S-Meter Standard					
IARU Region 1					
יחידות S		מתחת ל- 30 MHz		מעל 30 MHz	
		dBm	מתח	dBm	מתח
S 9	+40dB	-33	5,00 mV	-53	500,00 μ V
S 9	+30dB	-43	1,60 mV	-63	160,00 μ V
S 9	+20dB	-53	500,00 μ V	-73	50,00 μ V
S 9	+10dB	-63	160,00 μ V	-83	16,00 μ V
S 9	-	-73	50,15 μ V	-93	5,01 μ V
S 8	-	-79	25,13 μ V	-99	2,51 μ V
S 7	-	-85	12,60 μ V	-105	1,26 μ V
S 6	-	-91	6,31 μ V	-111	631,32 nV
S 5	-	-97	3,16 μ V	-117	316,41 nV
S 4	-	-103	1,59 μ V	-123	156,58 nV
S 3	-	-109	0,79 μ V	-129	79,48 nV
S 2	-	-115	0,40 μ V	-135	39,83 nV
S 1	-	-121	0,20 μ V	-141	19,96 nV