

## Hoofstuk 11- Desibelstelsel

In amateurradio gebruik ons dikwels drywingsverhoudings. Byvoorbeeld: die *wins* van 'n versterker is die verhouding van sy uitsetkrag tot sy insetkrag. Hierdie verhouding kan baie groot of baie klein wees. Byvoorbeeld, die wins van 'n tipiese amateurradio-ontvanger is die verhouding tussen die uitsetkrag na die luidspreker of oorfone tot die insetkrag vanaf die antenna en is ongeveer 100 000 000 000 000. Dit is 'n versterking van honderd triljoen keer. Terwyl ons 'n wetenskaplike skryfwyse kan gebruik om hierdie groot syfers aan te dui, (bg. is  $10^{14}$ ) is daar ook 'n ander manier om kragverhoudings aan te dui. Dit is die *desibel*. Die eenheid *bel* was oorspronklik deur die ingenieurs by die Bell laboratoriums gebruik (nou AT&T) en is dit na Alexander Bell (1847 – 1922) vernoem. Hy was die uitvinder van die telefoon en stigter van die Bell laboratoriums.

Die *desibel* is een-tiende van 'n *bel*, wat 'n meer bruikbare grootte is. Een desibel verteenwoordig ongeveer die minimum waarneembare verandering in hardheid van 'n oudiosein. Die afkorting vir die desibel is *dB* wat ook dikwels in gesprekke gebruik word bv. Jou sein is S9 plus 20 dB.

'n Verhouding van twee kragte kan soos volg in desibel uitgedruk word:

$$dB = 10 \times \log_{10}(PR)$$

Waar PR die verhouding van twee kragte is (bv.  $PR = p_1/p_2$ ), DB is dieselfde verhouding uitgedruk in desibel,  $\log_{10}$  dui aan die wiskundige logaritme tot die basis 10. Indien jy nie vertrou is met logaritmes is nie, moenie vrees nie, want nadat ons 'n paar eienskappe van desibels bereken het, sal ons sien dat daar 'n maklike manier is om baie algemene waardes te bereken.

### Optel van Desibels.

'n Basiese eienskap van desibels is dat wanneer twee verhoudings uitgedruk in desibels bymekaar getel word, is dit gelyk aan die vermenigvuldiging van die twee kragte. Bv. 'n verhouding van 2 maal is 3 dB en 'n verhouding van 10 maal is 10 dB. As ons die bg. dBs optel is dit  $3 \text{ dB} + 10 \text{ dB} = 13 \text{ dB}$  wat gelykstaande is aan die verhouding van 20 maal. Dit is dieselfde as ons die twee verhoudings vermenigvuldig  $2 \times 10 = 20$ . Dit is moontlik deur die gebruik van die logaritmiëse funksie in die definisie van die desibel.

### Voorbeeld.

Die radiofrekwensieversterker (RF) in 'n radio-ontvanger het 'n wins van 6 dB, die tussenfrekwensieversterker (TF) het 'n wins van 110 dB en die oudiofrekwensieversterker (OF) het 'n wins van 20 dB. Wat is die totale wins van die ontvanger?

Indien die winste van die versterkers uitgedruk was in verhoudings ( $P_{\text{uit}} / P_{\text{in}}$ ) dan moet ons die verhoudings vermenigvuldig om die totale wins te bereken. Omdat die winste egter in desibels aangedui word, tel ons hulle saam om die totale wins te bereken. In hierdie geval is die wins  $6 \text{ dB} + 110 \text{ dB} + 20 \text{ dB} = 136 \text{ dB}$ .

### Voorstelling van Verliese

Die desibel kan ook gebruik word om verliese te bereken d.i. toestande waarin 'n sein swakker word. As jy die gelykstaande desibel bereken van 'n verhouding minder as 1, dan

lewer die formule 'n *negatiewe* waarde. Byv. ons bereken die gelykstaande desibel van 'n kragverhouding van 0,1 soos volg:

$$\begin{aligned}
 dB &= 10 \times \log_{10}(PR) \\
 &= 10 \times \log_{10}(0,1) \\
 &= 10 \times -1 \\
 &= -10 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

'n Verswakker byvoorbeeld wat 'n sein tot 'n tiende van sy oorspronklike waarde verlaag kan beskryf word as 'n wins van -10 dB. Die minusteken dui aan dat die sein eintlik swakker gemaak word. Dieselfde verswakker kan ook beskryf word deur 'n *verlies van 10 dB*, en 'n minusteken word nie gebruik nie omdat dit 'n verlies is.

Indien jy egter desibels saam tel (soos voorheen aangedui gelykstaande is aan vermenigvuldiging van die verhoudings) dan moet jy al die verhoudings in *óf* wins *óf* in verliese rangskik en dan by mekaar tel. 'n Mens kan nie desibels wat wins en verliese voorstel by mekaar tel nie.

### Voorbeeld

'n Verswakker met 6 dB verlies word voor die RF-versterker in 'n ontvanger ingeskakel. Voordat die verswakker ingeskakel word is die wins van die ontvanger 136 dB. Wat is die totale wins van die ontvanger nadat die verswakker ingeskakel is?

Omdat ons nie die verswakker se verlies van 6 dB by die ontvanger se wins van 136 dB kan tel nie moet ons eers die verswakker in terme van wins uitdruk. Die verswakker se wins word nou as -6 dB aangedui. Dus die totale wins van die ontvanger is  $-6\text{dB} + 136\text{dB} = 130\text{dB}$ .

Laastens, 'n wins van 1 (d.i. 'n sein wat nog sterker nog swakker word) word as 0 dB aangedui. Dit maak sin, want bytel van 0 dB by 'n verhouding in desibels sal niks verander nie, omdat 'n verhouding met 1 te vermenigvuldig sal die resultaat ook nie verander nie.

### Vinnig en maklike Desibelomsettings

Sommige algemene verhoudings in gebruik word maklik omgeskakel na desibels. Hulle word in die tabel aangedui:

#### Verhoudings na Desibels.

<i>Verhouding</i>	<i>Desibel</i>	<i>Verhouding</i>	<i>Desibel</i>
1 000 000	60 dB	0,000 001	-60 dB
100 000	50 dB	0,000 01	-50 dB
10 000	40 dB	0,000 1	-40 dB
1 000	30 dB	0,001	-30 dB
100	20 dB	0,01	-20 dB
10	10 dB	0,1	-10 dB
5	7 dB	0,2	-7 dB
4	6 dB	0,25	-6 dB
2	3 dB	0,5	-3 dB
1	0 dB		

Jy hoef nie al die magte van tien te onthou nie (die syfers 10, 100, 1000 ens.). As 'n verhouding van 1 gevolg deur 'n aantal nulle, word dit omgeskakel na desibels deur die aantal nulle met tien te vermenigvuldig. By voorbeeld 1 000 000 het 6 nulle dus is dit gelyk aan 60 dB. (die aantal nulle maal tien).

Gebruik hierdie waardes om maklik die desibels van baie ander gewone verhoudings te bereken.

Voorbeeld: Waaraan is die desibel gelyk in 'n verhouding van 20? 20 verskyn nie in die tabel maar wel 2 en 10 en  $20 = 2 \times 10$ . Ons weet egter dat vermenigvuldiging van verhoudings is dieselfde as optel van desibelekwivalente, dus die desibelekwivalent van 20 moet die desibel ekwivalent van 2 plus die desibel ekwivalent van 10 wees. Die antwoord is

$$3 \text{ dB} + 10 \text{ dB} = 13 \text{ dB}$$

Dit werk ook andersom. Veronderstel ons wil die verhouding van 27 dB bereken. Hoewel 27 dB nie in die tabel verskyn nie, weet ons dat  $27 \text{ dB} = 20 \text{ dB} + 7 \text{ dB}$  en albei waardes verskyn in die tabel. Omdat optel van desibels gelyk is aan vermenigvuldig van verhoudings. Die verhouding van 27 dB is die verhouding van 20 dB maal die verhouding van 7 dB. Die antwoord is  $100 \times 5 = 500$ .

## Berekening van Spanningverhoudings as Desibels.

Dwarsdeur hierdie module het ek benadruk dat desibelaanduiding gebruik word om die verhouding tussen twee drywingskragte aan te dui. Omdat daar egter 'n verwantskap tussen spanning en drywingskrag bestaan kan desibels ook aangewend word om die verhouding tussen twee spannings te bereken. Die verwantskap tussen spanning en krag word aangedui deur:

$$P = V^2 \div R$$

Omdat drywingskrag eweredig is tot die spanning kwadraat, sal die drywingskrag viervoudig vermeerder as die spanning verdubbel word. As die spanning met 'n faktor 10 verhoog word, dan vermeerder die drywingskrag 100 maal. (Dit bly waar solank die weerstand dieselfde bly). Daarom verander die formula as 'n verhouding van spannings in desibels bereken word.

$$dB = 20 \times \log_{10}(V1 \div V2)$$

Waar V1 en V2 die verhouding van twee spannings is en in dB bereken word. Merk op dat die konstante "10" in die formule vir drywingskragverhoudings nou "20" word in die formule vir spanningsverhoudings. Dit is om die  $V^2$  faktor in berekening te bring in die formule vir drywing. M.a.w. wanneer spanningsverhouding in desibel bereken word, dan word die verhouding steeds tussen twee drywings bereken.

Indien jy 'n spanningsverhouding in desibels wil bereken en die vinnige en maklike manier soos hierbo aangedui, wil gebruik, dan moet jy die kwadraat van die spanningsverhouding gebruik (spanning vermenigvuldig met homself) om die spanningsverhouding na kragverhouding om te skakel voordat dit in desibels bereken word. Met ander woorde, wanneer ons spanningsverhoudings gebruik om desibel te bereken, het ons steeds te doen met 'n drywingsverhouding. Dit is egter net 'n geval van 'n drywing wat oor een of ander (onbekende) las verbruik word indien die toepaslike spanning daarvoor geplaas word.

Let daarop om met spanningsverhoudings te werk moontlik tot verwarring kan lei en misleidend kan wees. Waar moontlik, gebruik drywingskragverhoudings en nie spanningsverhoudings nie.

Voorbeeld: Die insetspanning by 'n versterker is  $10 \mu\text{V}$  en die uitgangspanning is  $1 \text{ mV}$  en die ingang- en uitgangsweerstand is  $50 \text{ ohm}$ . Ons wil graag die wins van die versterker in desibel bereken.

Die inset- en uitsetkrag kan soos volg bereken word:

$$\begin{aligned} P_{\text{IN}} &= V^2 \div R \\ &= (10 \times 10^{-6})^2 \div 50 \\ &= 2 \text{ pW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{OUT}} &= V^2 \div R \\ &= (10^{-3})^2 \div 50 \\ &= 20 \text{ nW} \end{aligned}$$

Na die kragte bereken is kan dit uitgedruk word as 'n verhouding en dan omgeskakel word na desibel.

$$\begin{aligned} P_{\text{OUT}} \div P_{\text{IN}} &= 20 \text{ nW} \div 2 \text{ pW} \\ &= 10\,000 \\ &= 40 \text{ dB} \end{aligned}$$

'n Ander manier om dieselfde antwoord te bereik is:

$$\begin{aligned} V_1 \div V_2 &= 1 \text{ mV} \div 10 \mu\text{V} \\ &= 100 \end{aligned}$$

Kwadreer hierdie verhouding om drywing te verteenwoordig.

$$PR = 100^2$$

In desibel uitgedruk is dit

$$\begin{aligned} \text{DB} &= 10 \times \log_{10} (PR) \\ &= 10 \times \log_{10} (100^2) \\ &= 40 \text{ dB} \end{aligned}$$

Kan ook soos volg gedoen word:

$$\begin{aligned} \text{dB} &= 20 \log V_1 \div V_2 \\ &= 20 \times \log 100 \\ &= 20 \times 2 \\ &= 40 \text{ dB} \end{aligned}$$

Hierdie metode werk egter slegs as die inset- en uitsetimpedansies dieselfde is. Die eerste metode - om die werklike inset- en uitsetdrywings te bereken - is egter geldig vir enige weerstand, solank jy weet wat dit is. -

## Berekening van drywingskragvlakke in dBW en dBm

In die nuwe radioregulasies word die kragvlakke m.b.t. amateuruitsendings nie soos voorheen in watt aangedui nie maar in dBW. Die eenheid dBW beteken "desibels met verwysing na 1 watt." Dit is 'n manier om werklike krag in desibels uit te druk. Merk op dat mens nie werklike krag bv.  $100 \text{ W}$  in desibels uitdruk nie want desibels word gebruik om die verhouding van twee kragte uit te druk. As jy egter een van die twee kragte die standaard verwysingsvlak maak, kan jy van 'n werklike kragvlak praat. Een van die algemene verwysingsvlakke is 1 watt en die eenheid word as die afkorting dBW aangedui. Bv. die maksimum toelaatbare kragvlak vir 'n klas A1 (ZS) -lisensie is 26 dBW. Dit beteken 26 dB meer as 1 watt. Aangesien 26 dB 'n verhouding van 400 is, sal 26 dBW 400 watt wees.

‘n Verwante eenheid is desibels meer as 1 mW met afkorting dBm. Bv. die sensitiviteit van meeste amateurontvangers is ongeveer –130 dBm, wat 130 dB minder as 1 mW is. (Die minusteken dui aan dat die vlak minder as die verwysingsvlak van 1 mW is) Dit is gelyk aan die ongelooflike klein waarde van  $10^{-16}$  W is of 0,1 femtowatt.

## Opsomming

Die desibel is ‘n logaritmiese eenheid wat die verhouding van twee drywingsvlakke aandui. Die verhouding van twee drywingskragte kan omgeset word in desibel deur die volgende formule:

$$dB = 10 \times \log_{10}(PR)$$

Die som van twee kragte in desibel uitgedruk is gelyk aan die vermenigvuldiging van die twee verhoudings.

Albei syfers wat saamgetel word moet egter in of wins of verlies aangedui word; jy kan nie ‘n wins by ‘n verlies saamtel nie. Om ‘n wins as ‘n verlies aan te dui plaas ‘n minus voor die getal. As ‘n verhouding met ‘n 1 begin, gevolg deur ‘n aantal nulle, word dit na desibels omgeset deur die nulle met tien te vermenigvuldig.

‘n verhouding van twee spannings in desibel aan te dui gebruik die formule:

$$dB = 20 \times \log_{10}(VR)$$

Dit is dieselfde as om die spanningsverhouding na kragverhouding om te skakel deur die kwadraat van die krag verhouding in desibels te bereken. Dit sal alleen die regte resultaat wees indien beide spannings oor dieselfde impedansie verskyn.

Hoewel absolute drywingskragte nie in desibels aangedui word nie, kan dit in dBW bereken word (desibels verwys na 1 watt) of dBm (verwys na 1 mW).

## Hersieningsvrae

**1 ‘n Verhoging in drywingskrag van 0,25 watt na 1,25 watt is gelyk aan ‘n wins van:**

- a. 3 dB.
- b. 7 dB.
- c. 10 dB.
- d. 1 dB.

**2 ‘n Sender se uitsetkrag is 100 W en is verbind aan ‘n antenna met 11 dB wins deur ‘n koaksiale kabel met ‘n verlies van 1 dB. Wat is die effektiewe uitgestraalde krag? (EUK of ERP in Engels).**

- a. 11 W.
- b. 111 W.
- c. 1 000 W.
- d. 2 000 W.

**3 ‘n 20 dB verswakker word in ‘n lyn met ‘n 40 V WGK (RMS) sein verbind. Aanvaar dat die impedansies dieselfde is, wat sal die verlaagde seinvlak wees?**

- a. 2 V.
- b. 10 V.
- c. 20 V.
- d. 4 V.

**4 'n Kragwins van 4 is gelyk aan:**

- a. 3 dB.
- b. 6 dB.
- c. 10 dB.
- d. 16 dB.

**5 'n 1 mW Sein word by die ingang van 'n versterker met 'n wins van 13 dB aangelê. Die uitsetsein sal wees:**

- a. 5 mW
- b. 10 mW
- c. 20 mW
- d. 100 mW