

Voor de zend / luister amateur.

Het berekenen van weerstand verzwakkers.

Regelmatig krijgen we in b.v. Electron en andere publicaties te maken met zaken als Hf (vermogens) verzwakkers. Tussen een oscillator en een mengtrap, of het ingangssignaal op de ontvanger is te "groot". Ook, een signaal vanuit een zender naar een meetinstrument of eind trap kan te groot zijn. Dan zie je in electron schema's en bouw voorbeelden voor de benodigde verzwakkers. Het komt natuurlijk ook voor dat je zo'n verzwakker nodig hebt voor een project, maar dat die toch net iets anders moet zijn dan in deze publicaties worden getoond. Dan is het toch wel handig als we zelf de benodigde weerstanden kunnen berekenen.

Hier hebben we te maken met weerstanden en die reageren alleen op spanningen zoals o.a. de spanningsval over een weerstand of de stroom door de weerstand enz. Het vermogen is een samengesteld getal. Uit het voorgaande blijkt dat als we deze weerstanden willen berekenen we eerst de spanningen over deze weerstanden moeten bepalen om van daaruit de verzwakker te kunnen berekenen. De bedoeling hierbij is, dat je altijd vanuit de ingang of de uitgang de zelfde weerstandswaarde ziet. Je moet de verzwakker a.h.w. kunnen omdraaien. Deze weerstand is afhankelijk van het doel van de verzwakker en de daarbij behorende *karakteristieke weerstand* R_k van, b.v. een coax kabel, of b.v. een ontvanger ingang. Voor de zend / luisteramateur is 50Ω een heel normale waarde. Voor de T.V. technicus is 75Ω of 300Ω weer normaal. In de audio techniek kunnen vele waarden voorkomen.

We willen graag de vermogens verzwakking /P demping aanduiden in decibels. Het staat nu eenmaal stoer als de verzwakking in dB's op het doosje geschreven staat, en dat dit nog klopt ook. We moeten dus uit gaan van vermogens in Watt om van daar uit het ingang en uitgang vermogen berekenen, om vast te stellen welke waarde, bij de door ons gewenste verzwakking hoort. Van daaruit kunnen we de bijbehorende spanningen berekenen. Het is echter handig om eerst een tabel te maken, waar de verschillen tussen ingangs en uitgangs vermogens direct in decibels en spanningen kunnen worden afgelezen. Ga hiervoor altijd uit van een ingangsspanning van 1 Volt en bereken van daaruit het bijbehorende vermogen in Watt. Hier een tabel van maken scheelt later een hoop rekenwerk.

Om onze weerstanden te kunnen berekenen hebben we nog een ander getal nodig n.l. de *spannings dempings factor d*. Deze dempingsfactor is de ingangsspanning gedeeld door de uitgangsspanning. $(d = \frac{\text{ingangsspanning}}{\text{uitgangsspanning}})$. Vandaar de waarde van 1 Volt. Dan heb je steeds een verhouding t.o.v. het getal "1".

Eerst van 1Volt over 50Ω het vermogen berekenen. Van uit dit vermogen het uitgangs vermogen berekenen dat bij het gewenste aantal dB demping past, en ook hier van de bijbehorende spanning over 50Ω berekenen.

Hier kan **de dempings factor d** uit berekent worden.

Het berekenen van de spanning uit vermogen is eenvoudig.

$U = \sqrt{P \times R_k}$. hier is P het vermogen en Rk de karakteristieke weerstand.

In dit geval is voor Rk= **50Ω** . gekozen.

(**U is altijd effectief**). Nu kan de **dempingsfactor d** berekend worden. Als we altijd uitgaan van het ingangs vermogen dat bij 1Volt hoort dan hoeven we die ook maar 1 maal te berekenen.

$$P = \frac{U^2}{R_k} . \text{ Voor 1Volt } \frac{1^2}{50} = 0.02 \text{ Watt} .$$

Door dit vermogen te delen door de vermogens versterkings / verzwakkings waarde die bij de door ons gewenste dB's hoort . Vinden we het uitgangs vermogen van 0,02Watt voor een verzwakking van b.v. 1dB.

(zie de tabellen in de power point presentatie van PA0 FWN. www.pa0fwn.nl)

$$P_{\text{uit}} = \frac{P_{\text{in}}}{1,258925} \text{ Het uitgangsvermogen wordt dan } \frac{0,02}{1,258925} = 0,015886569 \text{ Watt.}$$

De uitgangsspanning over 50Ω is

$$U_{\text{uit}} = \sqrt{(P_{\text{uit}} \times R_k)} = \sqrt{(0,0159 \times 50)} = 0,8916 \text{ Volt.}$$

$$\text{De dempings factor } d = \frac{1}{0,8916} = 1,12158$$

Je kunt natuurlijk allerlei spanningen kiezen aan de ingang, maar de antwoorden zullen altijd als hier beschreven uitkomen.

Hier kunnen we een tabel van maken voor een karakteristieke impedantie van 50Ω. 1Volt in = 0,02 Watt.

Omdat de ingangs spanning altijd 1 Volt is hoeven we deze niet in de tabel weer te geven.

U kunt natuurlijk voor alle standaard voorkomende impedanties zo'n tabel maken.

dB	verzw / verst factor.	P uit Watt	U uit Volt	<i>d.</i> voor P in = 0,02 Watt.
0	1	0,02	1	1
1	1,258925	0,0159	0,8916	1,12158.
2	1,58489	0,01262	0,794	1,2594.
3	1,995	0,010013	0,70756	1,41331.
4	2,512	0,007962	0,631	1,5848.
5	3,162278	0,00632455	0,56234	1,77828.
6	3,981072	0,005023772	0,5012	1,9952.
7	5,0119	0,0039905	0,44668	2,23874.
8	6,309573	0,00316978	0,3981	2,51193
9	7,94328	0,00251785	0,3548	2,8185.
10	10	0,002	0,31623	3,16225

Met deze tabel kunnen we nu eenvoudig de benodigde verzwakkers berekenen. Dit gaat vrij simpel omdat de bovenstaande tabel voor 50Ω alle informatie bevat die we nodig hebben.

Nu gaan we kennismaken met de verschillende typen weerstandsverzwakkers.

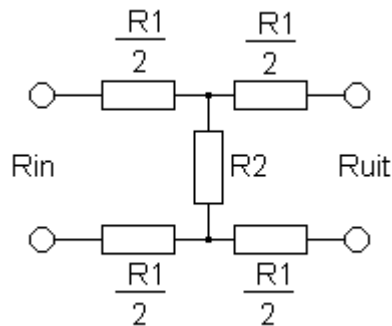


Fig.1 H netwerk

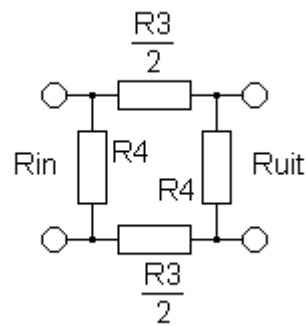


fig. 2 O netwerk

Zie fig.1 en fig. 2. Let goed op de nummering van de weerstanden, die komen n.l. terug in de formule. Deze twee verzwakkers worden gebruikt in symmetrische lijnen.

De formule voor $R1 = Rk \frac{d-1}{d+1}$. De formule voor $R2 = Rk \frac{2d}{d^2-1}$.

De formule voor $R3 = Rk \frac{d^2-1}{2d}$. De formule voor $R4 = Rk \frac{d+1}{d-1}$.

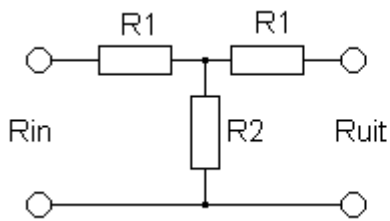


Fig.3 T. netwerk.

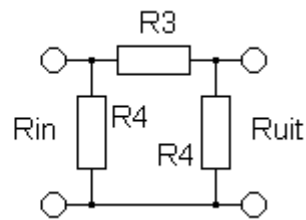


Fig.4 π. netwerk.

Fig.3 en fig.4 zijn voor asymmetrische lijnen b.v. coax.

Het π netwerk komt u zeker bekend voor omdat de meeste in Electron gepubliceerde verzwakkers van dit type zijn.

Hier gaan we als voorbeeld aan rekenen. We kiezen b.v. een vermogens demping van 5dB.

In de tabel lezen we af dat de verst/verzw. Factor =3,162278 x. (x=vermenigvuldigen of delen) De bijbehorende factor $d = 1,77828$. De rest is gewoon de formule invullen en berekenen.

$$\text{Voor } R_3 \text{ geldt; } R_k * \frac{d^2-1}{2d} = 50 * \frac{3,162279758-1}{3,55656} = 30,4\Omega.$$

$$\text{Voor } R_4 \text{ geldt; } R_k * \frac{d+1}{d-1} = 50 * \frac{2,77828}{0,77828} = 178,5\Omega .$$

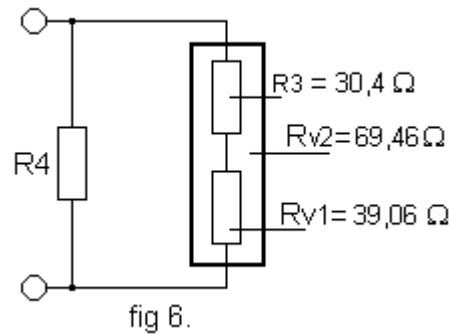
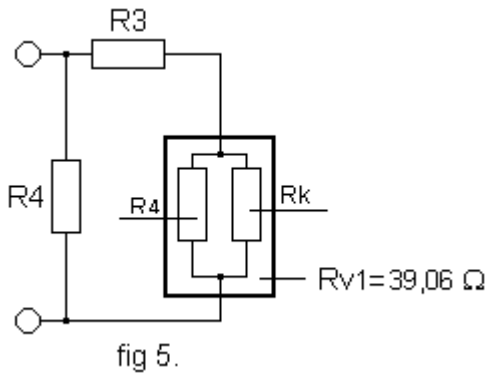
Nu controleren of de berekening klopt. Dat doen we door te berekenen of de ingang inderdaad 50Ω ziet.

We gaan er van uit dat de uitgang aan een 50Ω weerstand = R_k gekoppeld is.(zie figuren 5 en 6).

Hier voor berekenen we eerst de parallel schakeling van R_4 en R_k .

$$R_{v1} = R_4 // R_k = \frac{R_4 * R_k}{R_4 + R_k} = \frac{178,5 * 50}{178,5 + 50} = 39,06\Omega.$$

Nu R_{v1} in serie met R_3 ; $R_3 + R_{v1} = R_{v2} = 39,06 + 30,4 = R_{v2} = 69,46\Omega$. Deze waarde parallel aan de R_4 van de ingang(= $178,5\Omega$). $R_{v2} // R_4 \text{ in} = \frac{69,46 * 178,5}{69,46 + 178,5} = 50,00246\Omega$. =Nauwkeurig genoeg.



In boven staande figuren ziet u hoe de controle is opgebouwd. Nu nog het vermogen van de afzonderlijke weerstanden berekenen. De waarden zijn nu bekend.

Stel dat u 30 watt met 5dB wilt verzwakken. De spanning aan de ingang wordt dan

$$U = \sqrt{PxR} \quad U = \sqrt{30 \times 50} = 38,73 \text{ Volt. } P.R4_{in} = \frac{U^2}{R4} = \frac{38,73^2}{178,5} = 8,4 \text{ Watt}$$

$$\text{De spanningsval over } R3 = U_{in} - \frac{U_{in}}{d} = 38,73 - \frac{38,73}{1,77828} = 16,95 \text{ Volt.}$$

$$P.R3 = \frac{U^2 R3}{R3} = \frac{16,95^2}{30,4} = 9,45 \text{ Watt. Spanning over } Rv_1 = U_{in} - U_{R3} = 38,73 - 16,95 = 21,78 \text{ Volt.}$$

$$P.R4_{uit} = \frac{21,78^2}{178,5} = 2,66 \text{ Watt. } P_{uit} \text{ over } Rk = \frac{21,78^2}{50} = 9,5 \text{ Watt.}$$

Al deze vermogens bij elkaar geteld = 8,4 + 9,45 + 2,66 + 9,5 = 30,1 Watt. Het verschil komt door het naar boven afronden van de tussen waarden.

Omdat de verzwakker omkeerbaar moet zijn, moeten beide weerstanden R4 minstens 8,4 Watt zijn.

Nu kijken of dit ook met de dB's klopt. Ga naar de lijst en kijk in de 2^e kolom. We zien hier dat voor 5dB een vermogens verzwakking geldt van 3,162278x

$$P_{uit} = \frac{P_{in}}{Verzw} = \frac{30}{3,162278} = 9,5 \text{ Watt.}$$

Dit betekent dat er 30Watt – 9,5Watt = 20,5Watt in de verzwakker aan warmte moet worden afgevoerd. De weerstanden moeten dit dus aankunnen.

Soms is een thermische geleider in de vorm van trafo-olie of fijn zand met een bindmiddel nodig om de warmte naar buiten af te voeren.

De behuizing van de verzwakker moet dan van koelribben voorzien zijn. Dan kom je echter op het terrein van de professionals en dat valt buiten het bestek van dit betoog.

Bron: elektronisch vademecum 2^e druk 1968.

Formules en weerstands aanduidingen komen overeen met het elektronisch vademecum.

Succes 73 de Frans PA0FWN.