

Luidspreker voor Communicatiedoeleinden

PAoSU, H.L. Rutgers, Eindhoven,

Samenvatting

Een luidspreker met behuizing voor communicatiedoeleinden hoeft alleen maar goed te klinken in het spraakgebied. Toch zijn de eisen die gesteld worden niet gering. De keuze van de ongeveer tien centimeter grote luidspreker is belangrijk. Het kastje waar de luidspreker in komt te zitten mag geen resonanties vertonen. Dit laatste kan gemeten worden door de luidsprekerimpedantie te meten. Die impedantie mag niet meer dan een factor twee variëren.

Inleiding

Naar aanleiding van vragen in het Technonet (elke zaterdag om 15.30 uur op ongeveer 3750 kHz) en het verzoek van PAoSE, beschrijf ik hier hoe je op een verantwoorde manier een luidspreker kunt maken bestemd voor een transceiver of ontvanger.

Luidsprekers zijn tegenwoordig te koop in 4 en 8 Ω uitvoeringen. We noemen die 4 of 8 Ω de *nominale impedantie*. Welke van die twee gekozen wordt hangt af van de versterker (in ons geval de ontvanger) waarop hij moet worden aangesloten. Laten we aannemen dat we een luidspreker van 8 Ω nodig hebben. Die kunnen we altijd aansluiten op een 4 Ω -versterker. Het aansluiten van een 4 Ω -luidspreker op een 8 Ω uitgang is minder vriendelijk voor de lfeindversterker.

Als we de impedantie van een losse luidspreker meten, zien we dat deze bij de meeste frequenties nogal afwijkt van de nominale impedantie. In figuur 1 zien we een grafiek van die impedantie als functie van de frequentie. Bij 1000 Hz zal de impedantie ongeveer 8 Ω zijn. Bij hogere frequenties (10 kHz) neemt de impedantie toe door de zelfinductie van de spreekspoel. Hoeveel dat is hangt af van de kwaliteit van de luidspreker. Zogenaamde full range luidsprekers zullen daar weinig last van hebben. Een grote toename van de impedantie aan de hoge kant benadeelt namelijk de weergave van de hoge tonen.

Aan de lage kant komen we de zogenaamde eigen resonantie van de luidspreker tegen. Daar kan de impedantie, bij een losse luidspreker, wel tien keer zo groot zijn als de nominale impedantie. Je moet niet gek kijken als je bij een lagetonenluidspreker een impedantie van 70 Ω vindt bij ongeveer 30 Hz.

Keuze van de Luidspreker

Onze luidspreker moet goed klinken in het spraakgebied. Dit spraakgebied ligt tussen de 300 en de 3000 Hz. Om wat ruimer te gaan zitten maken we een luidspreker die resonantievrij is tussen de 200 en de 5000 Hz. Voordat we aan het bouwen gaan moeten we een voor dit doel goede luidspreker

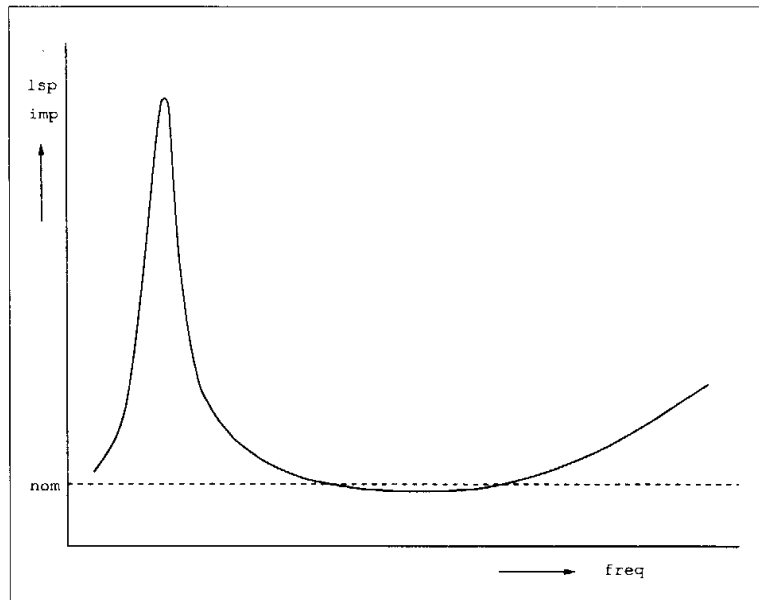


Fig. 1. De impedantie als functie van de frequentie van een losse luidspreker. Bij resonantie kan de impedantie wel 10 keer zo groot zijn als de nominale impedantie.

op de kop tikken. Nu kan ik wel een aantal typen gaan opnoemen, maar de kans is groot dat die niet aanwezig of niet verkrijgbaar is. Wat voor luidspreker moet het dan zijn? Wel een luidspreker die bedoeld is om het hele frequentiegebied weer te geven. Die kun je vinden in een oude TV, een oude transistorradio, of neem een luidspreker voor een autoradio. Zoek een ronde met een diameter van ongeveer 10 cm. Er mag geen zg. dubbelconus in zitten of een extra tweeter. Gewoon een simpele luidspreker die goed klinkt als je naar de nieuwsberichten luistert. De resonantiefrequentie van de losse luidspreker mag niet boven de 200 Hz liggen.

Metten van de Luidsprekerimpedantie

In figuur 2 zien we de schakeling voor het meten van de impedantie van een luidspreker. De spanning over de luidspreker is een directe aanwijzing voor de impedantie wanneer die met een stroom wordt gevoed. Als de uitgangsimpedantie van de toongenerator laag is moet er dus een weerstand (R_s) in serie geschakeld worden. Die moet 500 Ω of groter zijn.

De over de luidspreker geschakelde wisselspanningsmeter mag een universeelmeeter zijn als hij geschikt is voor frequenties van 50-5000 Hz. Bovendien moet hij gevoelig genoeg zijn. Er blijft immers niet veel spanning meer op de luidspreker over na de serie weerstand van 500 Ω . Een laagfrequent buisvoltmeter is altijd goed. Probeer eerst maar eens uit of het geheel wil werken met een weerstand: Zet in de

schakeling van figuur 2 in plaats van de luidspreker een weerstand van 8 Ω en kijk of de meter voldoende uitslaat. Draai de uitgangsspanning van de toongenerator helemaal op. Zet de frequentie op 1000 Hz en zet de voltmeter zo gevoelig dat hij voldoende uitslaat. Draai vervolgens aan de frequentieknop om te zien of de uitslag frequentieonafhankelijk is. We kijken daarbij niet op 10%.

Mocht de voltmeter niet gevoelig genoeg zijn, of de generator niet voldoende spanning geven dan kan er natuurlijk altijd een audio-versterker tussen de toongenerator en de rest van de schakeling gezet worden. Het is handig om met de 8 Ω -weerstand de meteruitslag op 8 te zetten. Het doet er niet toe of dat dan 80 mV of 0,8 V is. Vervangen we vervolgens de 8 Ω -weerstand door de luidspreker en komen we niet meer aan de *outputregelaar van de toongenerator*, dan kunnen we direct de impedantie van de luidspreker op de meter aflezen! Leg de luidspreker met de magneet op tafel (conus omhoog) en begin bij 1000 Hz. Daar moet de impedantie ongeveer 8 Ω zijn. Kijk vervolgens eens bij 5000 Hz. Je zult zien dat de impedantie dan wat oploopt. Bij een beetje luidspreker zal dat niet meer zijn dan 15 Ω . Nu gaan we eens bij lagere frequenties kijken: Al gauw zal de meter te ver willen uitslaan. Verander het meetbereik van de meter (niet de uitgangsspanning van de generator) en zoek de frequentie waarbij de meter maximaal uitslaat. Noteer deze frequentie en de bijbehorende impedantie. Je zult iets vinden in de buurt van 150 Hz en 50 Ω . Het is misschien best aardig om de hele impedantiekarakteristiek op te nemen

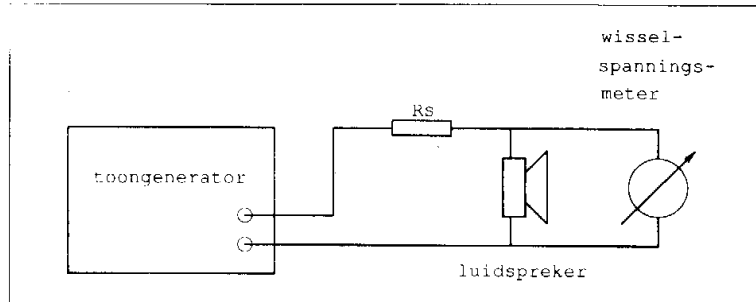


Fig. 2. De schakeling voor het meten van de impedantie van de luidspreker als functie van de frequentie. R_s moet 500 ohm of meer zijn. De wisselspanningsmeter moet geschikt zijn voor frequenties van 50 tot 5000 Hz.

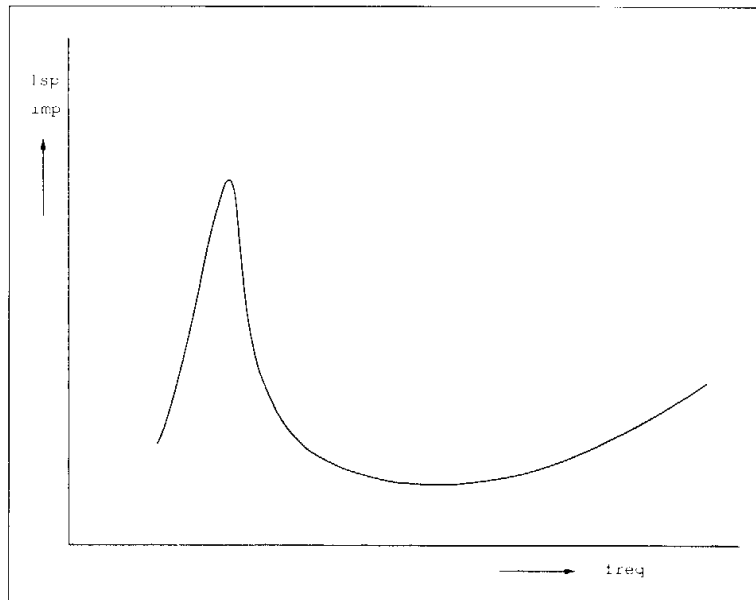


Fig. 3. De Impedantie als functie van de frequentie van een luidspreker in een 'kale' kast. De resonantiefrequentie zal hoger zijn dan van de losse luidspreker.

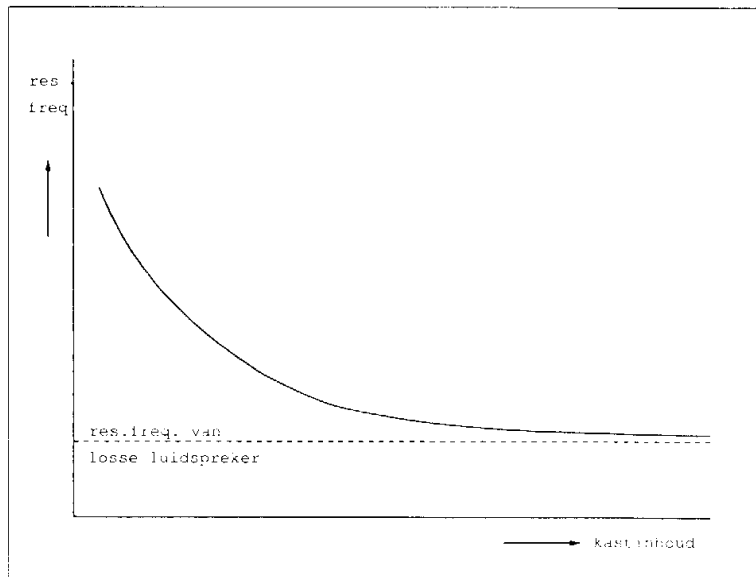


Fig. 4. De resonantiefrequentie van de luidspreker in een kast is afhankelijk van de kastinhoud. Deze resonantiefrequentie zal altijd hoger zijn dan die van een losse luidspreker.

en op een stuk enkellogaritmisch papier uit te zetten. Je vindt dan een grafiek die er uit ziet als figuur 1.

Luidspreker in Gesloten Kast

We gaan bij de bouw van onze communicatieluidspreker uit van een luidspreker in een gesloten kast. Alle andere constructies geven een minder goed geluid, neem dat van mij aan. Bij HiFi-installaties wordt er van alles bedacht om uit een zo klein mogelijke kast toch nog zo veel mogelijk laag te krijgen. Daar zijn wij nu helemaal niet op uit. Wij willen een luidsprekertje dat spraak met allerlei gekraak en gesputter zo goed mogelijk verstaanbaar weergeeft.

Als we de luidspreker in een gesloten kast(je) plaatsen zullen we een impedantie-kromme vinden zoals weergegeven in figuur 3. Die lijkt erg veel op figuur 1. De resonantiefrequentie van een luidspreker in een gesloten kast zal echter altijd hoger zijn dan die van de losse luidspreker. Bovendien zal de impedantiepiek wat lager uitvallen doordat de in de kast opgesloten lucht een beetje zal dempen. Hoeveel de resonantiefrequentie-met-kast zal stijgen hangt van de luidspreker maar vooral van de kastinhoud af.

De Kastinhoud

Bij professionele luidsprekers wordt de resonantiefrequentie van de luidspreker als functie van de kastinhoud gegeven. Een dergelijke grafiek is te vinden in figuur 4. Wij hebben die figuur niet voor ons luidsprekertje die we uit een TV gesloopt hebben. Dat is niet zo erg. Voor een 10 cm luidsprekertje is twee liter netto (dat wil zeggen de inwendige kastinhoud) voldoende. Misschien kan het kastje kleiner zijn. Hoe dan ook, de resonantie van de luidspreker in de kale kast mag niet hoger zijn dan 300 Hz.

Kastconstructie

Het kastje maken we van multiplex of spaanplaat. Ik werk graag met okumee multiplex. Dat is vrij zacht en dus makkelijk te bewerken.

De materiaaldikte moet minstens 16 mm zijn om te voorkomen dat de wanden van het kastje gaan meetrillen. Dat zou ongewenste geluidsstraling geven die in de regel pieken vertoont door de eigenresonantie van de wanden. Die resonanties kunnen gedempt worden door de wanden, in- of uitwendig, te bekleden met dempend materiaal (vastplakken met Bisonkit). Dat mag zijn: dakleer, linoleum of ander spul dat de paneeltjes dempt. Als je een los paneeltje ophangt aan een touwtje mag het niet 'klinken' als je er met een voorwerp tegenaan tikt. Til hier overigens niet al te zwaar aan. Als het materiaal dik genoeg is zal het wel loslopen. Dit is voor de fijnslippers.

De afmetingen van het kastje worden dus door de netto inhoud bepaald. Maak de verhoudingen tussen lengte, breedte en diepte niet te groot. De kubus-vorm is de beste, maar een verhouding van 1:1:2 is ook prima. In ieder geval niet verder gaan

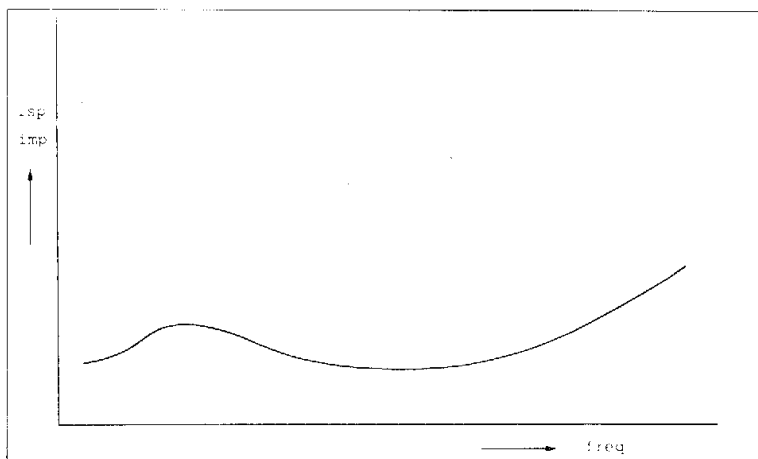


Fig. 5. De impedantie als functie van de frequentie van een luidspreker in dezelfde kast als in figuur 3, maar dan op de juiste manier gedempt met dempingsmateriaal.

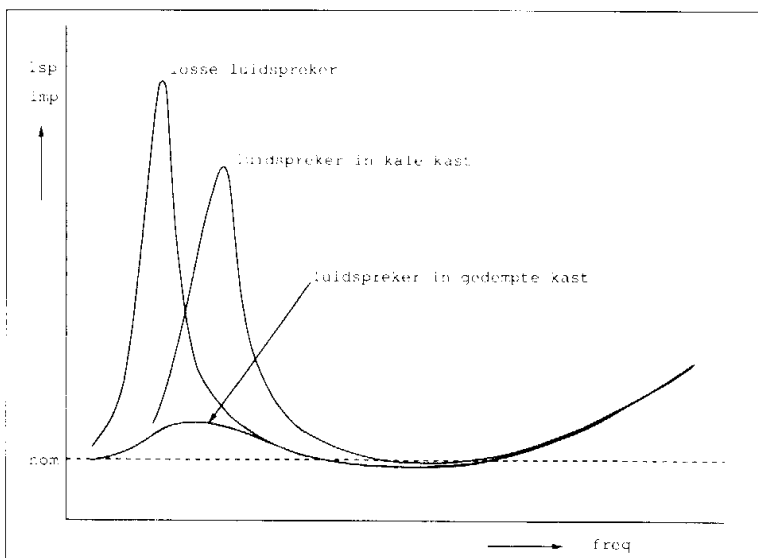


Fig. 6. Hier zijn de figuren 1, 3 en 5 nog eens op elkaar gelegd om beter te kunnen zien hoe de resonantiefrequenties ten opzichte van elkaar liggen. Let er op dat de kromme voor de gedempte kast niet hoger komt dan twee maal de nominale impedantie. De resonantiefrequentie van de luidspreker in de gedempte kast zal liggen tussen die van de losse luidspreker en die van de luidspreker in de kale kast.

dan 3 voor de verhouding tussen de kleinste en de grootste maat. De zaak moet goed pas gemaakt worden zodat er geen kieren overblijven. Lijm het kastje met goede houtlijm in elkaar (geen Bisonkit of zo). Bij gebrek aan lijmtangen kan het geheel met schroeven en lijm in elkaar gezet worden. In ieder geval niet spijkeren!

Ik monteer de luidspreker altijd 'vanaf de buitenkant': Het gat in het kastje wordt zo groot gemaakt dat de rand van de luidspreker er op valt. Voor het vastzetten van de luidspreker gebruik ik siliconenkit. Schroeven vind ik te link. Je schiet zo met de schroevendraaier door de conus. Als er toch geschroefd moet worden, neem dan messing schroeven. Wanneer er dan splinterjes van de schroeven afgaan bij het vastzetten komen die niet ergens in het magneetveld van de luidspreker te zitten. Kruisschroeven zijn te preferen omdat de

schroevendraaier dan minder gemakkelijk uitschiet.

Dempen van de Kast

Voordat de luidspreker gemonteerd wordt moeten we echter eerst dempend materiaal in het kastje aanbrengen. De demping waar het nu over gaat is heel iets anders als de demping van de panelen waar we het zoëven over hadden. Met deze demping wordt de lucht in het kastje dusdanig gedempt dat die, samen met de conus van de luidspreker, geen resonantie meer vertoont. *Deze demping is zeer belangrijk!* Als dempend materiaal kunnen we gebruik maken van glaswol, steenwol, ruwe schapenwol, watten, een kapotgeknipte oude wollen trui, etc. De hoeveelheid dempend materiaal hangt af van de impedantie die we met dat materiaal in de kast meten. Stop

het kastje vol met het dempingsmateriaal (niet aanstampen) en monteer de luidspreker tijdelijk (met lijmtangen of zo. Vervorm de luidspreker echter niet.) Meet nu weer de luidsprekerimpedantie als functie van de frequentie. We vinden dan een kromme als in figuur 5. De resonantiepiek is veel lager als bij de vorige metingen. De nieuwe 'resonantiefrequentie' komt tussen de resonantiefrequentie van de losse luidspreker en die van de luidspreker in de kale kast in te liggen (zie figuur 6). Met de hoeveelheid dempend materiaal moet wat geëxperimenteerd worden. De piek, in zoverre je daarvan nog kunt spreken, moet ongeveer 18Ω worden voor een 8Ω -luidspreker. Lager dan 15Ω en hoger dan 25Ω is niet goed.

Hebben we dat voor elkaar dan kan de luidspreker definitief gemonteerd worden. Pas op dat het dempingsmateriaal aan de binnenkant niet tegen de conus van de luidspreker aankomt. In noodgevallen kan op de achterkant van de luidspreker gaas gelijmd worden om dat te voorkomen. Op de een of andere manier moet de spleet tussen luidspreker en kast afgedicht worden. Met siliconenkit gaat dat uitstekend. Die krimpt niet en maakt losmaken nog mogelijk.

Controleer voordat de kit uitgehard is of het kastje wel goed dicht is: Druk de conus voorzichtig naar binnen door op het midden te drukken. Houdt hem enige seconden vast. Komt de conus, na loslaten, langzaam in de ruststand terug dan is het goed. Als dat snel gaat is 'de lek' te groot. Spoor dat lek op en smeer het dicht.

Eindcontrole

Wanneer alles droog is gaan we nog een keer de impedantie van het geheel meten. Voldoet die aan figuur 5 dan gaan we onze nieuwe luidspreker beluisteren. Sluit hem rechtstreeks op de toongenerator aan als die een paar watt kan leveren of hang hem aan een lf-versterker die door de toongenerator wordt gestuurd. Fluit het hele frequentiespectrum door van 50-5000 Hz en luister of er nergens een piekje zit. Elk rammetje of wat dan ook is verkeerd. Leg een vinger op de wanden van het kastje en voel of er geen frequenties zijn waarbij een van de wanden meertilt.

Hang hem vervolgens aan de HiFi-installatie en beluister gesproken woord. (Niet te hard, het luidsprekertje kan maar een paar watt hebben.) Als alles goed is moet er geen spoorje van resonanties te horen zijn. Veel laag komt er niet uit, maar wat er uitkomt klinkt gaaf en glad. Hang hem vervolgens aan de ontvanger en vergelijk hem met de dure luidspreker die bij de set geleverd wordt. Over het luidsprekertje in de bovenkant van de set zelf hebben we het helemaal maar niet. Luister eens bij moeilijke omstandigheden, bij wat kraakstoringen. Je zult versteld staan van het resultaat.

De afwerking van het kastje laat ik aan de fantasie van de bouwer over.

**Veel succes,
Herbert**