

Welke luidspreker(s) hebben we nodig?

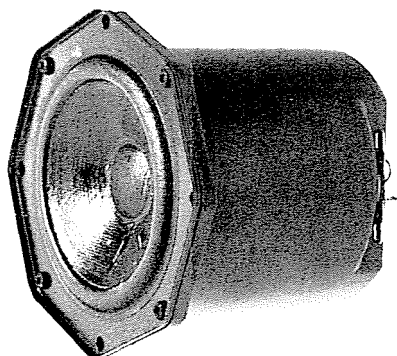
Een groot gedeelte van het geluid waardoor de moderne mens is omringd, komt van luidsprekers. De hoeveelheid decibels die deze toestellen met elkaar produceren moet tot een angstwekkende hoogte stijgen. In elk huis zal wel tenminste één radio staan, en meestal een TV-toestel en een afzonderlijke geluidsinstallatie. In auto's, winkels, kantoren, fabrieken, op sportterreinen, in elk café, restaurant, hotelkamers, noemt u maar op. En of dat alles nog niet genoeg is, wordt er ook nog geluid geproduceerd door draagbare toestellen. Op vakantie, op het werk, gewoon wandelend op straat. Al dat geluid wordt vrijwel zonder uitzondering door luidsprekers voortgebracht.

Het is logisch dat er bij zulk een verscheidenheid in gebruik ook een grote verscheidenheid in „speakers” bestaat, waaruit het niet altijd even makkelijk lijkt om een juiste keuze te maken. In dit en een volgend artikel willen we wat nader ingaan op de vraag welke luidspreker gekozen moet of kan worden voor een bepaalde toepassing. Voor die lezers die zich voor het eerst met deze materie bezig houden zeggen we eerst iets over het principe van de luidspreker.

Ideaal en vervorming

We weten dat elektrische trillingen op zichzelf geen geluid voortbrengen. Soms lijkt dat wel zo, bij voorbeeld bij het „zoemen” van een transformator, maar er is dan altijd een medium, een tussenstof die in trilling wordt gebracht en die deze trilling weer overdraagt aan de lucht. En als de lucht in regelmatige trilling wordt gebracht dan spreken we van geluid als het aantal trillingen per seconde van die aard is dat het menselijk oor ze kan waarnemen. Ruwweg is dat van 20 tot 18 000 trillingen per seconde (Hertz of Hz), ofschoon een jong kind daaromtrent sterk van mening kan verschillen met z'n grootouders, vooral waar het de hoge tonen betreft.

Aan de uitgang van een versterker is een signaal beschikbaar dat in ideale toestand exact de geluidsinformatie bevat die we voor de geluidsreproductie nodig hebben. Wederom ideaal zou het zijn als de elektrische trillingen op exact synchrone wijze in geluidstrillingen konden worden omgezet. De kwaliteit van een luidspreker of luidsprekercombinatie wordt eigenlijk voornamelijk bepaald door de mate waarin dat ideaal benaderd wordt. Iedere afwij-



Het frequentiegebied van deze speciale middentonenluidspreker („squawker”) loopt van 500 . . . 3500 Hz.. De resonantiefrequentie ligt bij 210 Hz.

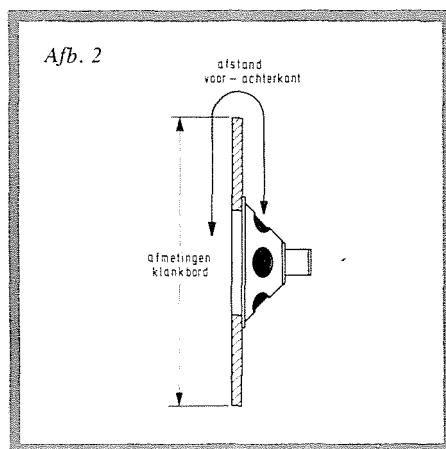
king van dit ideaal duiden we aan met de naam „vervorming”.

De luidspreker bestaat altijd uit twee delen. In het eerste deel wordt de elektrische trilling in een mechanische omgezet. Dit is het aandrijfsysteem. In het tweede deel (het akoestische systeem) wordt de mechanische trilling zo gunstig mogelijk in een luchtrilling omgezet.

Er zijn verschillende manieren om de mechanische trillingen in het aandrijfsysteem op te wekken. We kennen bij voorbeeld

elektromagnetische en elektrostatische systemen. Verreweg het meest komt de elektrodynamische luidspreker voor en van dit type is dan hier ook steeds sprake. Het aandrijfsysteem bij een elektrodynamische luidspreker bestaat uit een heel licht, beweeglijk spoeltje, dat in het veld van een permanente magneet is opgenomen. Wanneer door dat zogenaamde spreekspoeltje een elektrische stroom gaat, dan zal, afhankelijk van de grootte en de richting van die stroom, het spoeltje op en neer gaan. Dit in het ritme van het aangelegde signaal bewegende spreekspoeltje wordt verbonden met de conus van de luidspreker, die de mechanische trillingen omzet in luchtrillingen: geluid.

Het akoestisch systeem van de luidspreker De luidsprekerconus, die vrijwel altijd van papier is, kan natuurlijk niet zomaar aan het spreekspoeltje in de lucht blijven hangen. Afbeelding 1 laat zien hoe de conus „overeind” wordt gehouden. Namelijk door ondersteuning bij de centreerring, aan de top van de kegel en aan de conusrand, die bevestigd wordt aan een freem, dat meestal van metaal is. Vanzelfspre-



kend wordt de nauwkeurigheid waarmee de mechanische trillingen worden overgedragen voor een aanzienlijk deel bepaald door de eigenschappen van deze conus.

We zien hier al de eerste beoordelingspunten om de hoek kijken voor de beantwoording van de vraag :welke luidspreker?"

Er zijn om te beginnen twee mogelijkheden om de geluidsweergave met de conus te beïnvloeden. We kijken eerst naar de omvang. Het is logisch dat een conus met een grote diameter zich „log-ger" laat voortbewegen door de spreekspoel dan een conus met een kleine diameter. De snelle opeenvolging van trillingen, dus de hoge tonen, zullen vei-houdingsgewijs minder goed worden gevolgd dan de langzame trillingen. De lage tonen worden hier relatief goed weergegeven. Met een kleine conus is het uiteraard precies andersom: lief voor de hoge tonen, slechter voor de lage.

Ook met de diepte van de conus kunnen we wat doen. Een diepe conus kan beter hoge tonen weergeven dan een ondiepe. We zien hieruit dus al dat een ondiepe grote conus zijn uiterste best zal doen om de lage tonen te reproduceren, terwijl de diepe, kleine conus zich voor-namelijk in de hoge tonen uitleeft. Er blijkt ook nog een geheel ander feit uit: dat het nauwelijks denkbaar is om een conus te maken die tegelijk groot en klein, diep en ondiep is. Precies: de luidspreker die over het gehele toongebied alle trillingen in de juiste ver-

houding exact reproduceert, is zonder meer niet met het conusprincipe te realiseren.

Er zijn weliswaar „universele" luidsprekers die over een aanzienlijk deel van dat gebied een uitstekende weergavekwaliteit bereiken, maar de ideale luidspreker van zeer laag tot zeer hoog is er gewoon niet. Niettemin kan door een verstandige keuze van luidspi-ekers-in-combinatie dat ideaal zeer dicht benaderd worden.

Maai-is dat altijd nodig? Beslist niet. Een luidspreker voor een AM-radio bij voorbeeld hoeft geen tonen weer te geven boven ongeveer 4500 Hz. want tot zover reikt het frequentiegebied waarin wordt uitgezonden. Alles wat daarboven nog op de luidspreker komt is vervorming en veroorzaakt niet alleen onaangename bijgeluiden, maar ook extra belasting, dus extra verbruik.

In het algemeen gesteld: de beste luidspreker-is die, welke zo goed mogelijk past bij de mogelijkheden van de voorafgaande elektronische apparatuur.

't Is niet de luidspreker alleen

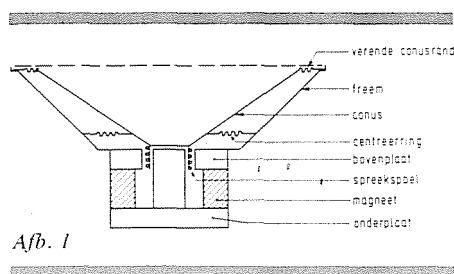
De „naakte" luidsprekergeeft, zoals ieder wel eens gehoord heeft, niet zo'n plezierig geluid. Het klinkt wat blikkerig en kennelijk is er vooral met de lage tonen iets aan de hand. In het lagetonengebied hebben we inderdaad een probleem; daar hebben we namelijk te maken met de zogenaamde akoestische kortsluiting. Als de conus heen en weer wordt bewogen dan ontstaat aan de ene kant een luchtverdichting door de traagheid van de luchtdeeltjes. Tegelijkertijd ontstaat er een luchtverdunding aan de andere kant van de conus. Er zijn dus luchtdrukvariaties ontstaan die aan elkaar tegengesteld zijn en die zich beide voortplanten, elk langs één zijde van de conus tot ze elkaar aan de rand ontmoeten . . . en dan elkaar opheffen. Nu blijkt dus alle moeite voor niets geweest te zijn, want als trillingen elkaar opheffen dan blijft er geen geluid meer over. Maar, zo dramatisch is

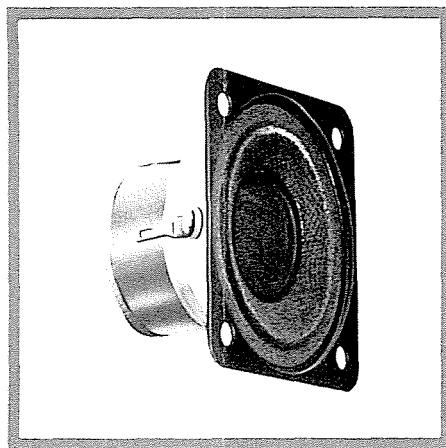
dit ook weer niet, want de hogere tonen doen aan dit spelletje nauwelijks mee. Die volgen elkaar zo snel op, dat de luchtveranderingen voor en achter de conus niet de tijd krijgen om te egaliseren. Maar de lage tonen krijgen het zwaar te verduren en om die toch ook de gelegenheid te geven nog een toontje lager te zingen moeten we die luchtdrukveiplaatsingen voor en achter goed van elkaar te zien te scheiden. We bedenken daarbij dat we de trillingen aan de achterkant van de conus helemaal niet nodig hebben om aan de voorzijde goed geluid te krijgen, dus zetten we een scherm tussen voor- en achterkant: het klankbord (zie afbeelding I). Hierbij moet worden aangetekend dat het verschijnsel van de akoestische kortsluiting in wezen gecompliceerde~ is dan hier vermeld, maar binnen het kader van dit artikel zou een volledige verklaring wat te ver voeren.

Van bord naar kast

Zo'n bord is bepaald niet niks. Men kan berekenen wat het effect van een bepaald formaat klankbord is bij een bepaalde frequentie. Als we bij voorbeeld een frequentie van 50 Hz nog redelijk goed willen reproduceren, dan zou dat klankbord zo'n kleine 3.5 meter middellijn moeten hebben om ervoor te zorgen dat de golven voor en achter de conus elkaar niet lastig vallen. Dit nu stuit veelal op enige praktische bezwaren, omdat dan de luidspreker het enige meubilair in een flink vertrek zou zijn, wat de meesten onder ons toch niet voor een goede lagetonenweergave over hebben. Over de problemen bij stereo-weergave, dus met twee luidsprekers, praten we dan maar helemaal niet.

Wat doen we dus? We sluiten de trillingen aan de achterkant geheel af van die van de voorkant, waardoor ze geen kwaad kunnen veroorzaken. Dit doen we door de randen van het klankbord als het ware zo om te buigen, dat een doos ontstaat. We kunnen dan een luchtdichte luidsprekerkast krijgen. Zo'n akoestische box is





tegenwoordig de meest gebruikte luidsprekerkast.

We kennen ook de zogenaamde basreflexkast, die erop gebouwd is de luchttrillingen van de achterkant van de conus een dusdanige weglengte (en dus tijdsduur) te geven, dat de trillingen elkaar niet tegenwerken maar juist ondersteunen. Basreflexkasten behoeven een nauwkeurige berekening en uitvoering en worden niet zoveel meer toegepast, te meer omdat met de luchtdichte luidsprekerkast, mits aan bepaalde voorwaarden wordt voldaan, uitstekende resultaten kunnen worden bereikt.

De grootte van de luidsprekerkast

Net als we iets onder de knie dreigen te hebben, doemt er weer een ander probleempje op. De conus die nu aan de achterkant in z'n luchtdichte kastje opgesloten zit, veroorzaakt in de luidsprekerkast afwisselend een onder- en een overdruk die weer een bepaalde invloed hebben, namelijk de verhoging van de resonantiefrequentie, een verschijnsel waar we verderop nog nader op ingaan. We kunnen ons voorstellen dat bij een kleine kast of een naar verhouding grote conus de luchtdrukverschillen groter zijn dan bij grote kasten. Omdat beneden de resonantiefrequentie een duidelijk merkbare afval van de lagetonenweergave te horen is, zal men een grote kast nodig hebben om lage tonen goed weer te geven. Het blijkt, dat voor elke luidspreker een bepaalde kastgrootte een optimum betekent.

Naarmate meer stereo werd toegepast werden de toch wel grote kasten als hinderlijke obstakels ondervonden. Dit gold vooral omdat een enkele luidsprekerkast nog wel ergens is weg te stoppen of te camoufleren, maar twee kasten die een bepaalde positie ten opzichte van elkaar moeten innemen gaan toch wel te sterk domineren als de formaten te groot zijn. Daar is weer iets op gevonden door de constructie van kleine luidsprekers (bij voor-

beeld het type AD 5061/M4) die speciaal zijn ontworpen om het gehele audiogebied, inclusief de lage tonen, goed weer te geven. *mits* ze in een kleine kast worden gebouwd (met bij voorbeeld een maximale inhoud van 7 dm³, zoals bij de AD 5061). Het gevolg van deze speciale constructie geeft wel aanleiding tot een waarschuwing. Deze luidsprekers zijn namelijk zodanig gebouwd op het functioneren in een kleine box, dat een grotere kast een veel geringere belastbaarheid toestaat. Het is zelfs zo dat zo'n speciale luidspreker zonder kast maar belast niag worden met tien procent van het vermogen dat met kast is toegestaan.

Hoog en laag

De luidsprekertechniek heeft zich ontwikkeld in een richting die uitvoeringen voor speciale frequentiegebieden kent. Soms kan een beperkt frequentiegebied voor een bepaalde toepassing wenselijk zijn, dan weer is de mooiste oplossing om zoveel mogelijk van het gehele frequentiegebied weer te geven.

In grote trekken kunnen we drie categorieën luidsprekers onderscheiden:

- luidsprekers voor een zo groot mogelijk frequentiegebied, die universeel toepasbaar zijn. Het Philips luidsprekerprogramma biedt voor deze soort een uitgebreide keuze, van miniatuurtypen tot grote HiFi-luidsprekers.
- luidsprekers voor een groot frequentiegebied die in een kleine, speciale behuizing een uitstekende weergave bieden, ook van de lage tonen.
- luidsprekers uitsluitend geschikt voor meergave van een bepaald gedeelte van het frequentiegebied, die hierin ook zeer bijzondere resultaten geven in verhouding tot de afmetingen.

Deze luidsprekers kunnen alleen tot de juiste prestaties komen in een kast, waarvan de inhoud voor elk type wordt aangegeven. In deze categorie komen behalve luidsprekers voor lage tonen,

ook typen voor hoge tonen voor. Ook sommige van de ondergenoemde luidsprekers kunnen in bepaalde gevallen de functie van hogetonenluidspreker vervullen.

Het is begrijpelijk dat de prestaties van een combinatie van twee kleine luidsprekers uit categorie c achterblijft bij een HiFi-luidspreker van grotere afmetingen uit categorie a in een flinke kast. Met de luidsprekers uit categorie c kunnen echter resultaten worden verkregen die in verhouding tot de afmetingen van luidspreker en kast zeer opmerkelijk zijn. Bij hetzelfde kwaliteitsniveau zal een kast met luidsprekers uit categorie c aanzienlijk kleiner kunnen zijn dan een kast met luidsprekers uit categorie a. De mogelijkheden van de luidsprekers uit categorie b in kasten van middelmatige grootte houden het midden tussen die uit de categorieën a en c.

Men kan dus weer in het algemeen zeggen dat de kwaliteit bij elke categorie toeneemt met de afmetingen van de luidspreker en de (voorgeschreven) maten van de kast.

TECHNISCH BEOORDELINGSNORMEN

Er is, behalve de eigenschappen van kast en conus, nog een aantal gegevens die de kwaliteit en het toepassingsgebied van een luidspreker bepalen. De voornaamste daarvan laten we hier volgen.

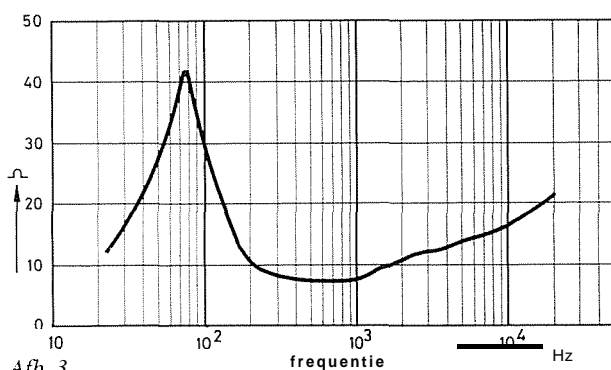
De impedantie en de impedantiekromme

De impedantie (Z), of wisselstroomweerstand, is een belangrijk gegeven omdat dit bepalend is voor een juiste aanpassing.

Een optimale energie-afgifte wordt bereikt wanneer de impedanties van stroombron en aangesloten verbruikselement gelijk zijn. Heeft de verbruiker, in dit geval dus de luidspreker, een hogere impedantie dan zal de energie-afgifte lager zijn. Is de impedantie lager dan zal dit tot ernstige vervorming en zelfs tot beschadiging van de versterker kunnen leiden.

Als we spreken over een wisselstroomweerstand dan moeten we eigenlijk wel weten bij welke frequentie die weerstand wel wordt gemeten, want die waarde kan nogal aanzienlijk verschillen bij voorbeeld bij 100 Hz of 5000 Hz. Er bestaat nu een voorschrift dat de fabrikant deze waarde moet bepalen in het gebied tussen 100 en 500 Hz, waar ook het maximale vermogen uit het gehele frequentiegebied voorkomt. De opgegeven waarde mag niet hoger zijn dan 20% boven de laagst gemeten impedantiewaarde in het aangegeven frequentiegebied.

Het is dus belangrijk bij de keuze van de



Afb. 3

luidspreker na te gaan of de opgegeven impedantie overeenkomt met de door de fabrikant van de versterker verlangde waarde. Meestal zal de impedantie 4 of 8 Ω bedragen. Vrijwel alle Philips luidsprekers kunnen in die beide impedantiewaarden worden geleverd of gemaakt.

Komen impedanties van versterker en luidspreker niet met elkaar overeen, dan kan een aanpassingstransformator nodig zijn om de juiste verhouding te krijgen.

Een dieper inzicht in de wisselstroomweerstand levert de zogenaamde impedantiecurve, waarbij over het gehele gangbare frequentiegebied de wisselstroomweerstand wordt opgetekend (zie afbeelding 3). We zien uit zo'n kromme niet alleen in welk frequentiegebied de impedantie waarde ongeveer gelijk blijft, maar ook waar pieken voorkomen die op een minde-e geschiktheid van de luidspreker in dat frequentiegebied kunnen duiden.

De belastbaarheid

Een stroombron waartoe we in dit geval ook een versterker kunnen rekenen, kan een bepaald vermogen maximaal afgeven. Een verbruiksapparaat kan een bepaald vermogen maximaal opnemen. Die waarde noemen we de belastbaarheid, abusievelijk ook wel eens als vermogen aangeduid. Deze belastbaarheid geeft aan dat dit de waarde is die opgenomen kan worden zonder kans op beschadiging: boven die aangegeven waarde is dat gevaar wel aanwezig, en wel erger naarmate de belasting verder boven de opgegeven waarde uitkomt. Wie wel eens het ongeluk heeft gehad per abuis een luidspreker op de netspanning aan te sluiten, weet dat aan de verbrande resten van de spreekspoel te zien is wat „overbelasting“ kan betekenen.

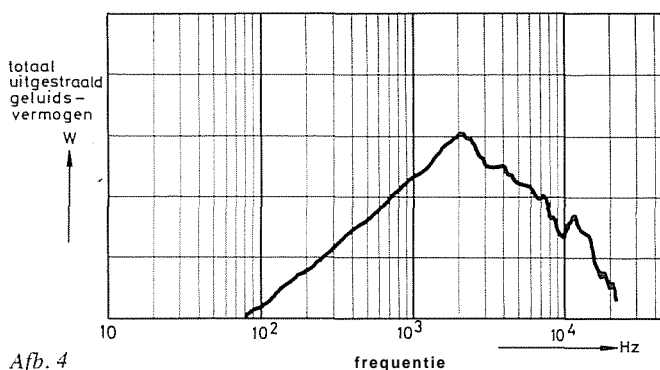
Opnieuw dus weer een belangrijk gegeven. Aangetekend moet worden dat het aansluiten van een veel te zware luidspreker (bij voorbeeld een 20-W-luidspreker op een 6-W-versterker) op zich nooit kwaad kan.

Het kan wel zonde van het geld zijn. Een luidspreker aansluiten op een versterker-uitgang met een te groot vermogen kan echter wel degelijk kwaad. Het beste is om de luidspreker iets overgedimensioneerd te hebben, dus hem bij voorbeeld zo te kiezen dat die nog wel een flinke marge laat tussen het maximale vermogen van de versterker en de maximale belastbaarheid van de luidspreker.

De vermogenskromme en het rendement

Zoals we bij de impedantiecurve bij een groot aantal frequenties de impedantie hebben gemeten, kunnen we ook bij die frequenties het *uitgestraalde* vermogen meten (hetgeen dus iets geheel anders is dan het opgenomen vermogen).

We kunnen hierbij niet, zoals bij de impedantie, met de opgave van één enkele waarde volstaan want daarvoor is



Afb. 4

het vermogen veel te frequentie-afhankelijk (zie afbeelding 4).

Voor een juiste meting wordt de spanning op de luidsprekeringang bij elke te meten frequentie gelijk gehouden en vervolgens wordt volgens een bepaalde methode het totale aan de omgeving afgestane vermogen gemeten. Nu is een luidspreker geen machientje waarvan een nuttig effect van zo'n 90% verwacht mag worden. De verhouding tussen het uitgestraalde vermogen is bij luidsprekers zo ongeveer 1 : 100 tot 1 : 15. De uitgevoerde meting geeft dus een maat voor het rendement dat we kunnen uitdrukken met

$$\eta = \frac{\text{akoestisch vermogen}}{\text{elektrisch vermogen}} \times 100\%$$

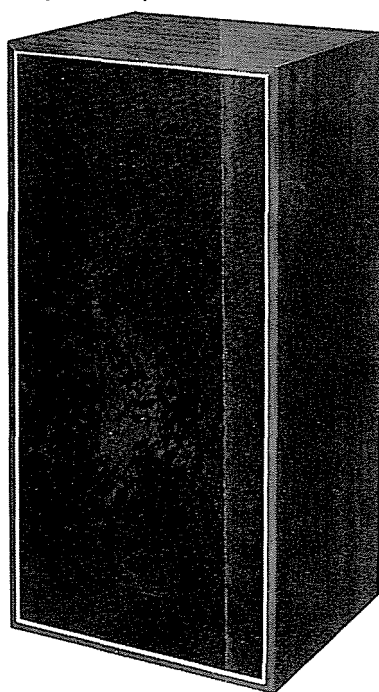
Zoals uit het voorafgaande bleek zal het rendement bij luidsprekers zich bevinden tussen 1 en 5 procent.

Uit het rendement weten we hoeveel geluidsenergie we de ruimte kunnen „inblazen“ als we het afgegeven vermogen van de versterker kennen. In het algemeen is deze wetenschap niet zo interessant als het om een enkelvoudig luidsprekersysteem gaat. We hebben immers meestal voldoende vermogen ter beschikking om het gewenste geluidsniveau te krijgen. Maar het wordt anders als een aantal luidsprekers wordt gecombineerd, al of niet in één kast. Als zich daarbij bij voorbeeld een speciale hogetonenluidspreker bevindt met een rendement dat duidelijk hoger ligt dan dat van de andere luidspreker(s), dan zullen die hoge tonen verhoudingsgewijs veel te luid klinken. Dergelijke verschillen in rendement kunnen eventueel met weerstanden worden gecorrigeerd.

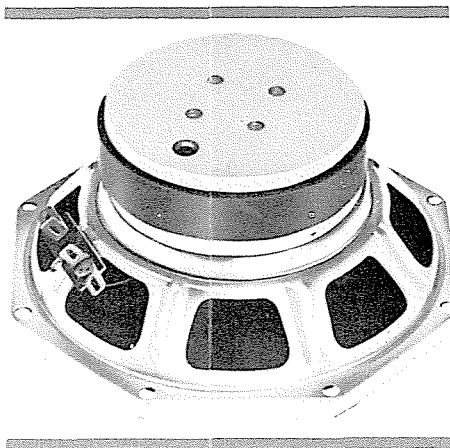
De frequentiekenarakteristiek

Als in de „dode kamer“ (waarin dus bijna geen geluiden van buiten doordringen en waar ook geen geluiden weerkaatst worden) een reeks frequenties met constante sterkte op de luidsprekerspoel wordt gezet en de geluidsdruk wordt op een vaste afstand vanaf de luidspreker gemeten, dan

De complete luidsprekerkast NL 35 K.



De resonantiefrequentie van de lagetonen-luidspreker („woofer”) AD 7066/W ligt bij 45 Hz.



ontstaat een curve die karakteristiek is voor dit bepaalde luidsprekertype: de frequentie karakteristiek (afbeelding 5). De geluidsdruk wordt gemeten via een zogenaamde meetmicrofoon, een goed geijkt instrument waardoor nauwkeurig de geluidssterkte op bij voorbeeld een vaste afstand van 50 centimeter van de luidspreker in dB kan worden opgetekend. Meestal wordt de nullijn van de geluidsdruk in dB gekozen op de grens juist boven een altijd aanwezig stoorniveau. Dit punt wordt met 0 dB aangegeven. We zien dan op de karakteristiek waar de geluidsdruk boven het stoorniveau uitstijgt en ook waar het maximum bereikt wordt, kortom hoe de „kale” luidspreker zich gedraagt.

Men moet bij het beoordelen van de luidsprekerkarakteristiek weten of inderdaad de luidspreker zonder kast of klankbord is gemeten en er dan rekening mee houden dat vooral voor de lage tonen de karakteristiek van een wel-behuisde luidspreker heel wat gunstiger kan zijn dan in de kromme tot uitdrukking komt.

De resonantiefrequentie

De resonantiefrequentie

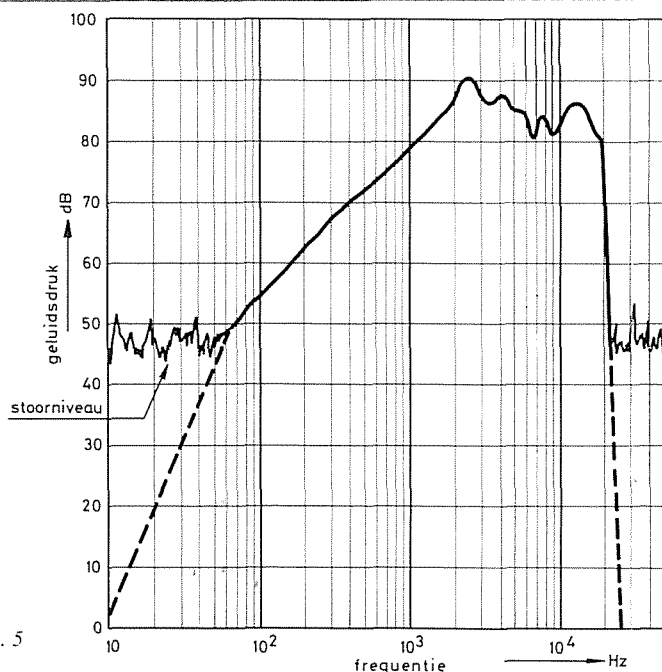
De luidsprekerconus heeft zoals alle verend opgehangen systemen een bepaalde eigen frequentie of resonantiefrequentie. Er is bij die frequentie dus maar weinig energie nodig om de conus in beweging te brengen. Uiteraard zien we dan ook bij een constant toegevoerd vermogen aan het systeem hier de grootste amplitude optreden.

Deze resonantiefrequentie (zie afbeelding 6) hangt af van de totale bewegende massa en de soepelheid waarmee die is opgehangen. Hierbij wordt aangetekend dat deze massa niet slechts het eigen gewicht van de conus betreft. Ook wordt meegerekend de zogenaamde „luchtbelasting”, dat is de belasting die de conus ondervindt door

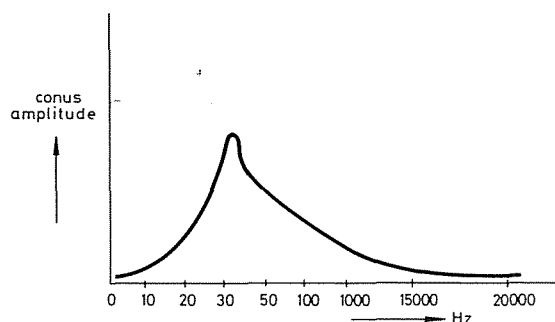
dat bij trilling ervan telkens de weerstand van de te verplaatsen lucht overwonnen moet worden. Het zal duidelijk zijn dat deze luchtbelasting in een gesloten kleine kast groter zal zijn dan in de open ruimte. Daardoor zal de resonantiefrequentie voor een luidspreker met kast ook anders – met name hoger – zijn dan zonder kast. Hoe kleiner de kast des te hoger de resonantiefrequentie.

Het is duidelijk dat de resonantiefrequentie een zeer belangrijk gegeven vormt. Beneden deze frequentie neemt de weergave al snel dusdanig af, dat we dit gebied wel als onbruikbaar kunnen beschouwen. Voor een speciale hogetonen-luidspreker zal men niet veel moeite doen om de resonantiefrequentie laag te houden. Maar bij een universele luidspreker en bij speciale lagetonenluidsprekers is een lage resonantiefrequentie van groot belang.

Wordt vervolgd



Afb. 5



Afb. 6