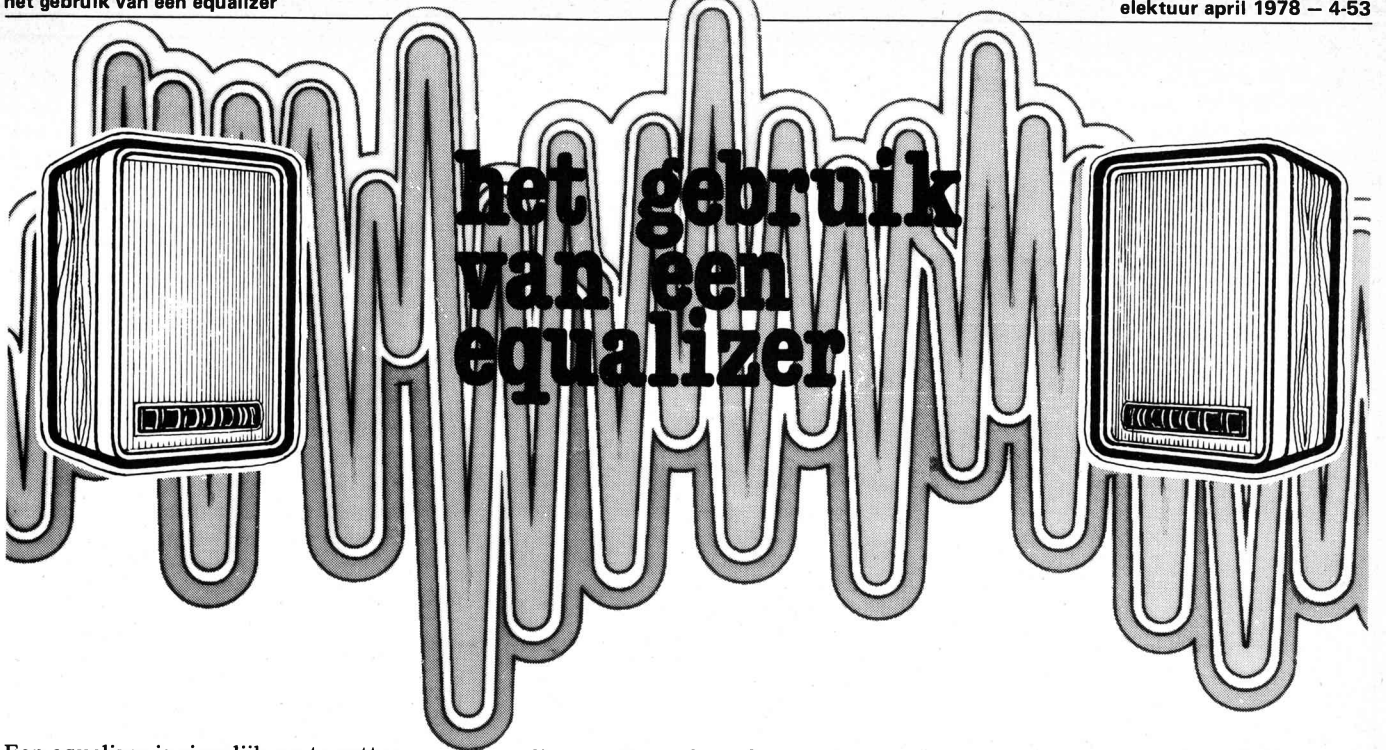


het gebruik van een equalizer



Een equalizer is eigenlijk op te vatten als een super-toonregeling. Een normale toonregeling is slechts in staat om aan de grenzen van het audio frekwentiegebied de karakteristiek een beetje op te zwiepen of juist af te laten vallen (vandaar de naam 'kwispel-regeling'). Met een equalizer daarentegen kan veel drastischer ingegrepen worden: op nagenoeg willekeurige frekwenties binnen de gehele audioband kunnen pieken en dips worden weggevoerd (vandaar de naam 'equalizer' of 'gelijkmaker'), óf juist moedwillig ingebracht.

Het oorspronkelijke toepassingsgebied van de equalizer is de professionele (opname-) studio. Ofschoon menige audiofiel van mening is dat juist dáár misbruik regel is, blijft die toepassing hier buiten beschouwing. In dit artikel meer over 'amateur' gebruik.

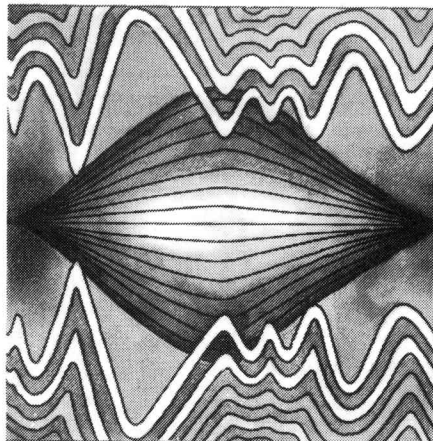
In de huiskamer

De laatste jaren is het gebruik van een equalizer in de huiskamer in elk geval in de publiciteit, zo niet in zwang gekomen. Verschillende gerenommeerde fabrikanten en akoestisch-adviesburo's hebben zich op dit thema geworpen. Brüel & Kjaer heeft een meet- en afregelsysteem voor huiskamers; Philips meet haar luidsprekerkasten tegenwoordig in een 'gemiddelde woonkamer'; J. Moir heeft in een artikel in *Wireless World* gepleit voor het schuiven met de luidsprekers om een optimale klank te verkrijgen; en ga zo maar door . . .

In elk geval is men het erover eens dat de woonkamer de kwaliteit van de geluidswaergave voor een belangrijk deel mede bepaalt. Dit is ook wel begrijpelijk. Ieder hifi-liefhebber weet hoeveel zorg er besteed is aan het binnenwerk van een luidsprekerkast (verstevigingsribben, dempingsmateriaal, goed luchtdicht maken, enz.). Een goede, gesloten luidsprekerkast is kva werking vergelijkbaar met een 'oneindig grote'

Equalizers zijn er in vele soorten en variëteiten, maar alle met hetzelfde toepassingsgebied: het min of meer ingrijpend veranderen van de frekwentiekarakteristiek van een geluidsinstallatie. Voor dit doel is een equalizer een machtig wapen, maar zoals alle wapens wordt ook dit maar al te vaak misbruikt.

Toch kunnen equalizers in vele toepassingen nuttige diensten bewijzen. In dit artikel wordt een aantal mogelijkheden besproken. Bij de diverse 'gebruiksaanwijzingen' zal dankbaar gebruik gemaakt worden van de elders in dit nummer beschreven analyzer.



muur met een gat waarin de luidspreker is aangebracht. Aan één kant van die muur zit de binnenkant van de luidsprekerkast; aan de andere kant van die muur is de woonkamer. In feite is de woonkamer dus een grote luidsprekerkast, waar de luisteraar middenin zit! En aan die kast is weinig of niets gedaan . . .

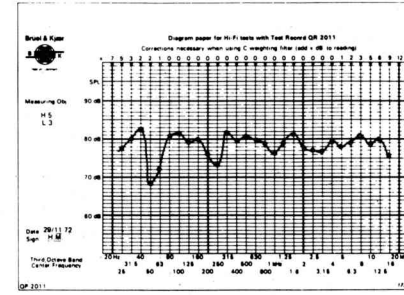
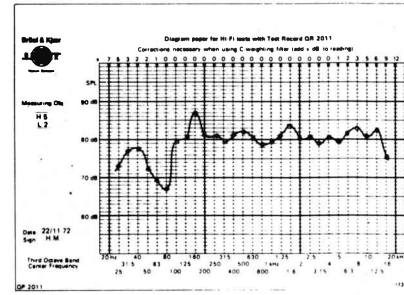
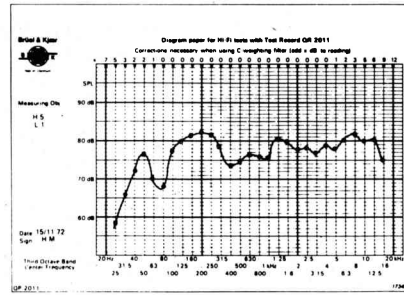
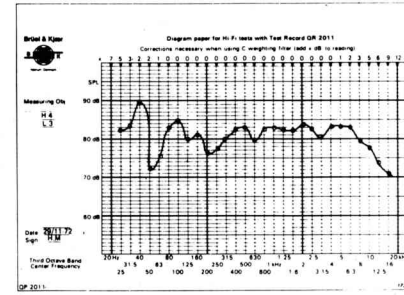
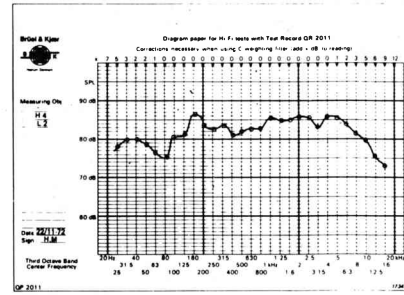
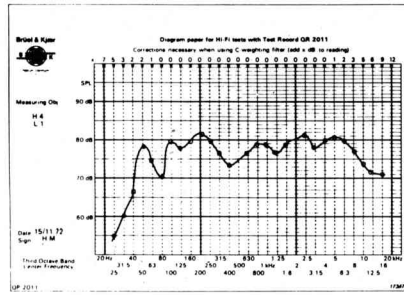
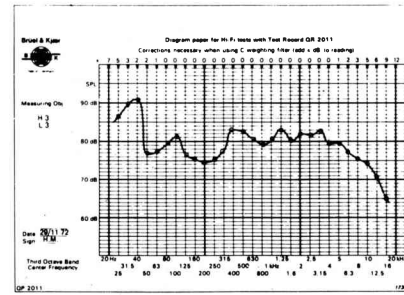
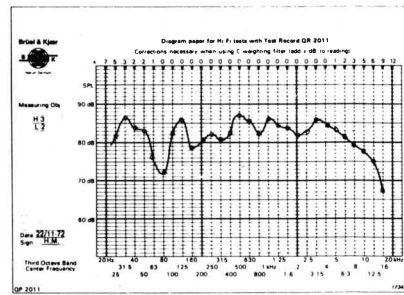
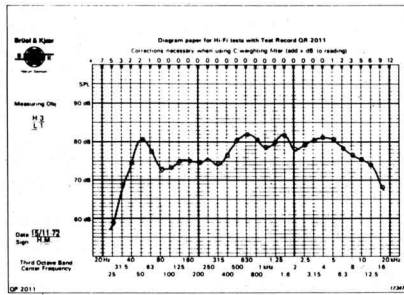
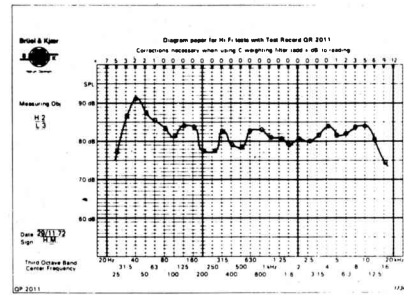
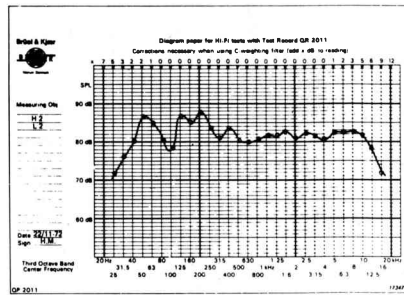
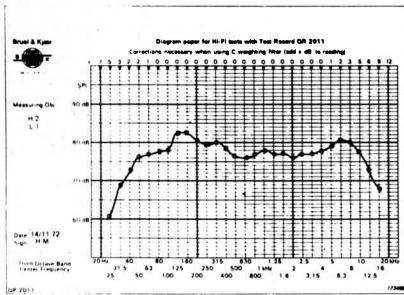
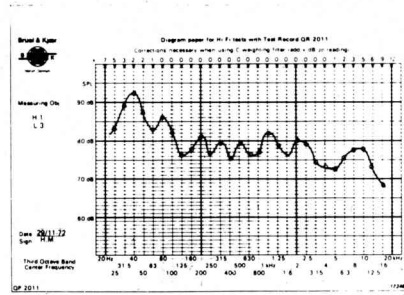
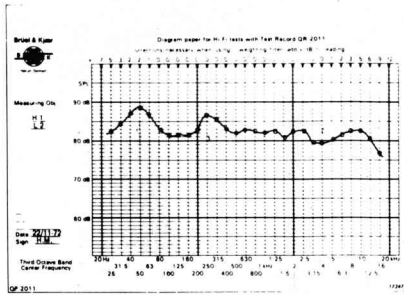
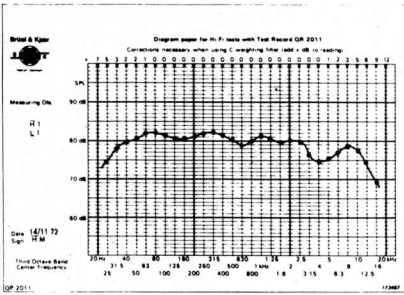
Nu is het geen eenvoudige zaak om de akoestiek van een woonkamer (zeg maar: de frekwentiekarakteristiek) te verbeteren. De gordijnen kunnen vervangen worden en de vloerbedekking kan vervangen worden; de luidsprekers kunnen verschoven worden in een poging om staande golven kwijt te raken, en het bankstel kan verschoven worden in een poging om de beste luisterplaats te vinden. Of het eindresultaat nog verenigbaar is met het begrip *woonkamer* is dan echter de vraag.

Een heel andere aanpak is het gebruiken van een equalizer. De basisgedachte daarbij is eenvoudig: láát die kamer een kromme frekwentiekarakteristiek hebben, door de geluidsinstallatie een anti-kromme karakteristiek te geven moet het toch mogelijk zijn om alle oneffenheden weg te werken?

Stel bijvoorbeeld dat de karakteristiek van de huiskamer er uit ziet zoals figuur 2a. De omgekeerde karakteristiek (figuur 2b) is met een equalizer te realiseren: 'dips' bij 50 Hz en 250 Hz en 'bulten' bij 1600 Hz en 4 kHz, voor de perfectionist aangevuld met 'hoogop' boven 10 kHz. Als nu de aldus afgeregelde equalizer in de hifi-installatie wordt ingebouwd, moet de totale weergeefkarakteristiek eruit zien zoals in figuur 2c: recht van 20 Hz tot 20 kHz!

Toch zit er een addertje onder het gras. Bij geluidswaergave wordt onderscheid gemaakt tussen het zogenaamde 'direkte' en het 'indirekte' geluid. Het direkte geluid is datgene wat rechtstreeks van de luidspreker naar

1



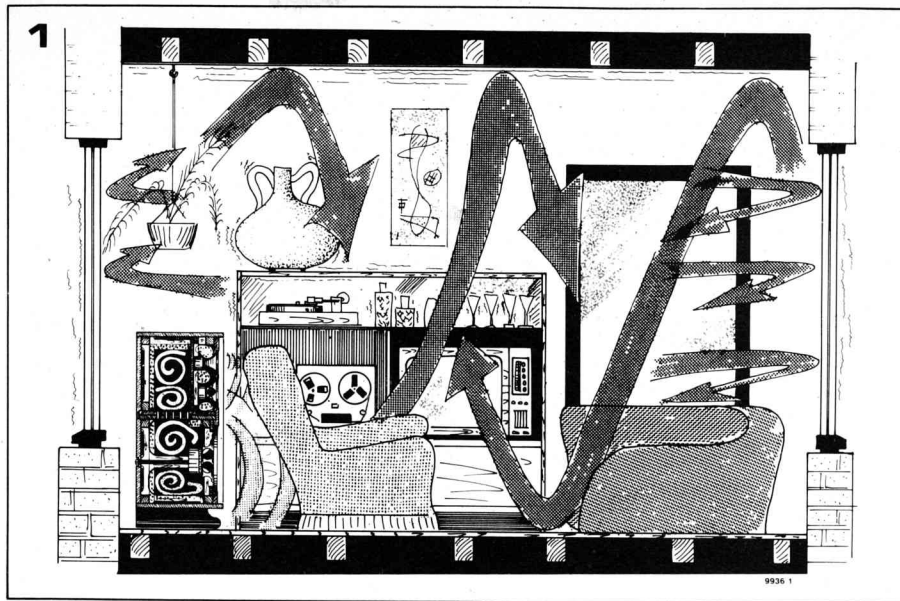
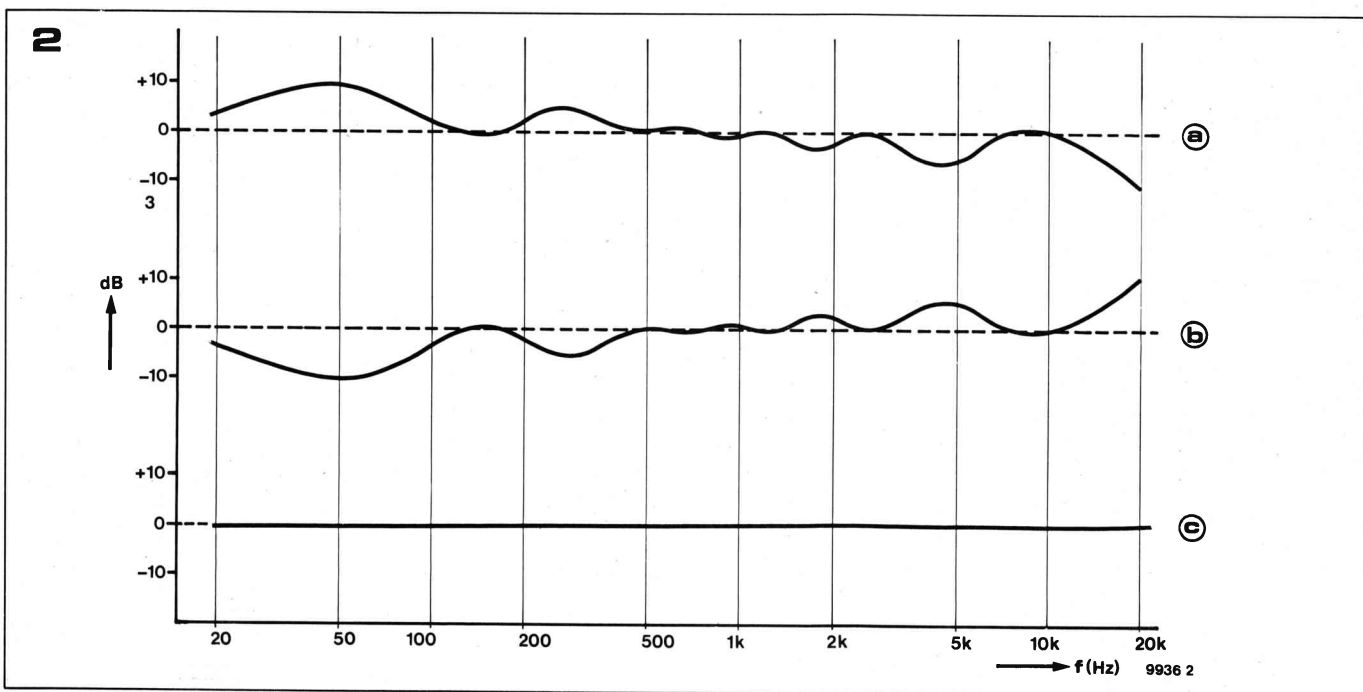


Foto 1. Een mooie pagina uit de Brüel & Kjaer application note 13-101: meetresultaten van 5 verschillende luidsprekers in 3 verschillende woonkamers!

Figuur 1. Aan het binnenwerk van een luidsprekerkast is heel wat meer zorg besteed dan aan de akoestiek van de luisterruimte. . .

Figuur 2. Een voorbeeld van volledige korrektie door middel van een equalizer. De 'kromme' frekwentiekarakteristiek van figuur 2a kan in principe door de 'antikromme' equalizer karakteristiek van figuur 2b veranderd worden in de 'ideale' karakteristiek van figuur 2c.



de luisteraar komt, terwijl indirect geluid de oren bereikt via weerkaatsing door muren, vloer, plafond of andere obstakels. Het directe geluid is niet door de kamerakoestiek 'gekleurd', het indirecte geluid wél. Dit simpele feit heeft een tweetal venijnige consequenties:

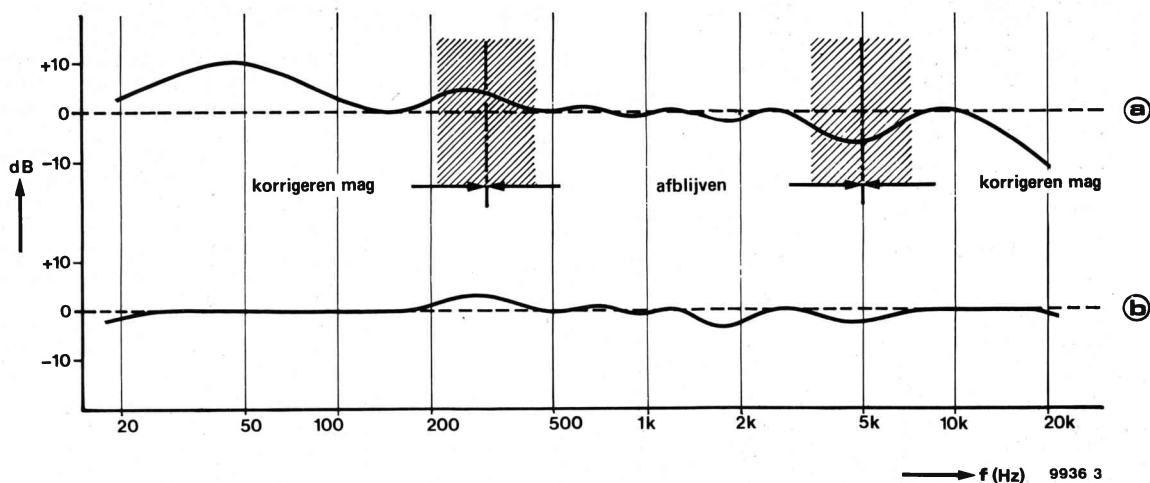
- Het geluid dat de luisteraar bereikt is een mengsel van 'gekleurd' en 'ongekleurd' geluid. Bij een meting zal dus een soort 'gemiddelde kleuring' gevonden worden. Deze gemiddelde frekwentiekarakteristiek kan met behulp van een equalizer gecorrigeerd worden. Het grote probleem hierbij is echter dat de 'mengverhouding' op verschillende punten in de kamer anders is! Dit houdt in dat slechts op één plaats optimaal gecorrigeerd kan worden.
- Het menselijk gehoor hecht aan direct en indirect geluid verschillende waarde, vooral voor frekwenties binnen de 'spraakband' - pakweg van 300 Hz tot 5 kHz. Het directe geluid wordt voornamelijk herkend als ken-

merkend voor de 'kwaliteit' van de geluidsbron, terwijl het indirecte geluid een indruk geeft van de aard van de luisterruimte. Overdreven gebruik van een equalizer kan dan ook een zeer ongewenst effect hebben: het directe geluid kan sterk gekleurd worden in een poging om het indirecte geluid 'mooi' te maken. In zo'n geval is het niet ondenkbaar dat een opname van Thijs van Leer, weergegeven in een houten schuur, gaat klinken als een opname van een plastic kinderfluit - maar dan wel weergegeven in het Concertgebouw! Bij het gebruik van equalizers staat één ding dus voorop: overdaad schaadt. Toch mag uit het voorgaande niet de konklusie getrokken worden dat het gebruik van een equalizer in een hifi-installatie taboe is. Integendeel! Dan zouden immers ook 'gewone' toonregelaars taboe zijn. (Weliswaar zijn er hifi-puristen die die mening inderdaad zijn toegedaan, maar dat is hier niet aan de orde.)

Een nadere beschouwing van de huiskamerakoestiek van figuur 2a kan het nut van een equalizer duidelijk maken. In figuur 3a is deze karakteristiek nogmaals getekend, maar nu zijn ook een aantal 'kritische gebieden' aangegeven. Voor het gebied tussen ongeveer 300 Hz en 5 kHz geldt in het algemeen: afblijven. Pieken en dips in de frekwentiekarakteristiek buiten deze band kunnen echter met een equalizer 'gladgestreken' worden; in de overganggebieden rond 300 Hz en rond 5 kHz kan een gedeeltelijke korrektie soms zinvol zijn. Voor de karakteristiek van figuur 3a houdt dit in:

- de grote bult rond 50 Hz mag zonder meer weggedraaid worden (dat in dit geval tevens de signaal-brom-verhouding met 10 dB verbeterd is een toevalligheid - maar wel mooi meegenomen!).
- de kleinere bult rond 250 Hz ligt in het overganggebied. Eventueel mag het dus gedeeltelijk gecorrigeerd worden, maar hierbij is het wel zaak om kritisch te luisteren. Het is verstandig om de

3



kwaliteit van muziekweergave met en zonder deze correctie te vergelijken.

- het dipje bij 900 Hz is eigenlijk te klein om over te praten, en bovendien ligt het in het kritische middengebiet. Konklusie: afblijven.

- de dip bij 1600 Hz ligt ook in het kritische gebied, zodat eigenlijk geldt: niet korrigeren. Er is echter één uitzondering op deze regel mogelijk: als de dip veroorzaakt wordt door de luidspreker (en dus niet veroorzaakt wordt door de kamerakoestiek) mag deze wel weggeregeld worden. Hoe hierover uitsluitend verkregen kan worden komt verderop aan de orde.

- de dip bij ca. 5 kHz ligt in een overgangsbied, en mag dus eventueel gedeeltelijk gekorrigeerd worden.

- de afvallende karakteristiek boven 10 kHz mag gekorrigeerd worden. In dit geval mag weliswaar niet al te fanatiek opgehaald worden (er bestaat anders kans op sneuvelende tweeters), maar dat is in dit geval gelukkig ook niet nodig.

Na het inbrengen van deze correcties (en met de veronderstelling dat de dip bij 1600 Hz aan de kamer ligt) zou de uiteindelijke karakteristiek er uit kunnen zien zoals in figuur 3b is weergegeven. Dit ziet er niet alleen mooi uit — het zal waarschijnlijk ook wel mooi klinken! In totaal zijn hier drie resonantiefilters en één 'kwispel' voor nodig en het toepassen van de zogenaamde 'parametrische equalizer' (zie elders in dit nummer) ligt dan ook voor de hand. Hóe zo'n equalizer dan afgeregeld moet worden komt nog aan de orde.

In spraakinstallaties

Spraakinstallaties in zalen en andere ontmoetingscentra worden vaak tot de professionele sektor gerekend. Aangezien het echter slechts voor exploitanten van zeer grote zalen weggelegd zal zijn om installatie, afregeling en onderhoud volledig in professionele handen te geven, wordt ook hier de amateur meer en meer ingeschakeld. Deze wordt

dan meestal al zeer snel gekonfronteerd met de overbekende klachten: 'het is niet goed verstaanbaar', 'Het moet harder' en 'Het gaat steeds rondzingen'. Bij diverse praktische proefnemingen, o.a. uitgevoerd door Philips, is gebleken dat ook hier de (parametrische) equalizer een bijzonder effectief hulpmiddel kan zijn. Hieraan wordt (uiteraard!) in dit artikel de meeste aandacht gewijd, maar toch zijn eerst enige algemene opmerkingen op hun plaats. Bij spraakinstallaties is 'natuurgetrouwe weergave' niet het hoofddoel, in tegenstelling tot de situatie bij hifi-installaties. Bij een spraakinstallatie gaat het om 'optimale verstaanbaarheid'. Vaak wordt dit in de praktijk verward met een geheel ander begrip: 'maximale herrie'! Uiteraard kan in sommige gevallen de verstaanbaarheid beter worden naarmate het geluidsnivo stijgt, maar bij een slechte installatie leidt het opdraaien van de volumeregelaar meestal eerder tot rondzingen. . . Verbetering van een spraakinstallatie kan dan ook op twee manieren tot stand komen: onderdrukken van het rondzingen en verhoging van de verstaanbaarheid met andere middelen dan de volumeregelaar. Om met het eerste te beginnen: rondzingen — of, exakter uitgedrukt, akoestische terugkoppeling — ontstaat doordat de mikrofoon(s) de luidspreker(s) kan (kunnen) 'horen'. Het geluid dat door de luidsprekers weergegeven wordt komt terug bij de mikrofoon(s), zowel rechtstreeks als na weerkaatsing via muren, plafonds, enz. Het wordt dan versterkt en opnieuw door de luidsprekers weergegeven, komt dan weer terug bij de mikrofoons, wordt weer versterkt. . . het woord *rondzingen* is zeker toepasselijk! Om de versterker 'harder te kunnen zetten' moet ervoor gezorgd worden dat er minder geluid van de luidsprekers terugkomt bij de mikrofoon. Dit kan op verschillende manieren:

- toepassen van richtingsgevoelige mikrofoons (zogenaamde cardioïde

mikrofoons). Deze zijn minder gevoelig voor geluid dat van achteren komt.

- toepassen van luidsprekers met een richtingskarakteristiek. Het is weliswaar niet zo bekend, maar er bestaan ook zogenaamde cardioïde luidsprekerzuilen. Als deze 'met de rug naar de mikrofoons' opgesteld worden kan dit een merkbare verbetering geven.

- geen luidsprekers dichtbij de mikrofoons opstellen. Dit klinkt misschien vanzelfsprekend, maar het is een fout die zeer vaak gemaakt wordt!

- de luidsprekers die het dichtst bij de mikrofoons staan op een lager nivo instellen dan de luidsprekers achterin de zaal. Op veel luidsprekerzuilen is een spanningscarrousel aangebracht; door deze op een hogere spanning in te stellen wordt het weergegeven nivo verminderd. Met een (kleine) serie-weerstand is uiteraard een soortgelijk effect te bereiken. Dit lijkt misschien precies het tegendeel van wat gewenst wordt, maar het geeft de mogelijkheid om de volumeregelaar op de versterker iets verder open te draaien: de voorste luidsprekers komen dan terug op hun oorspronkelijk nivo, maar de achterste luidsprekers klinken harder.

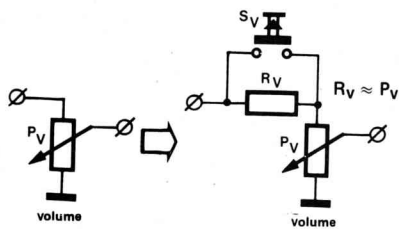
- niet méér mikrofoons inschakelen dan op dat moment nodig zijn. Als slechts één man spreekt, hoeft er ook slechts één mikrofoon in gebruik te zijn. Eventuele ander mikrofoons versterken dan uitsluitend de neiging tot rondzingen.

- de volumeregelaar goed afstellen. . . Dit is weliswaar vanzelfsprekend, maar in de praktijk blijkt niet altijd even eenvoudig. Twee praktijktips kunnen hierbij helpen:

- in een lege zaal gaat een installatie eerder rondzingen dan in een volle. Vaak is het om deze reden al voldoende om de installatie bij een lege zaal 'op de rand van rondzingen' in te stellen; in een volle zaal is de instelling dan precies goed.

- het verschil tussen 'net-gaan-rondzingen' en 'goed afgeregeld' is 3 à 6 dB. Bedenk hierbij wel dat een installatie

4



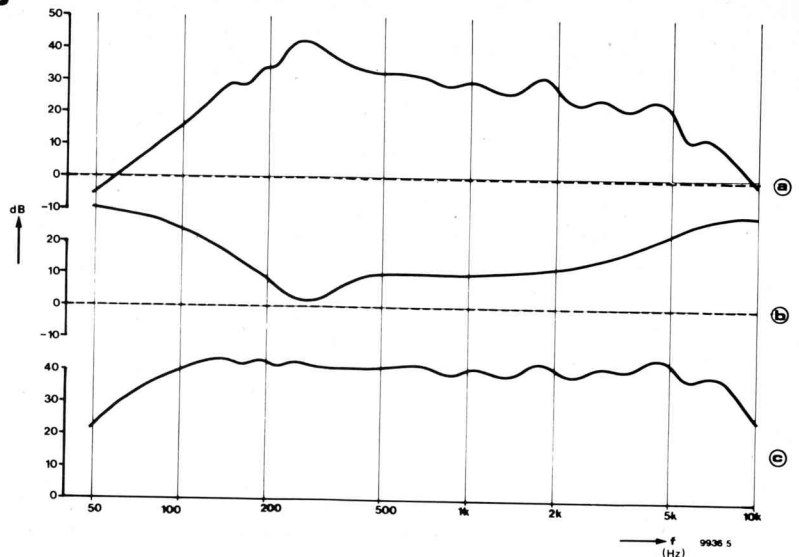
9936 4

Figuur 3. In de praktijk moet, voor een hifi-installatie altans, met een geringere correctie worden volstaan. In het middengebiet mag de karakteristiek in het algemeen niet gecorrigeerd worden, zodat een goede uiteindelijke karakteristiek meer op figuur 3b zal lijken dan op figuur 2c!

Figuur 4. Een uitschakelbare 6 dB verzwakker is meestal vrij eenvoudig aan een spraakinstallatie toe te voegen. In serie met de oorspronkelijke volumeregelaar in de versterker (P_V) wordt een weerstand (R_V) toegevoegd met ongeveer dezelfde weerstandswaarde als die volumeregelaar. Parallel aan de weerstand wordt een druktoets S_V opgenomen, waarmee de verzwakking opgeheven kan worden tijdens afregeling van de installatie.

Figuur 5. De frekwentiekarakteristiek van een normale spraakinstallatie is meestal vrij slecht, zoals in figuur 5a weergegeven. Bij deze installatie is een zeer eenvoudige equalizer-karakteristiek volgens figuur 5c toegevoegd; het eindresultaat (figuur 5c) was een verbluffende verbetering ten opzichte van de oorspronkelijke situatie!

5



die dicht tegen rondzingen aan staat hinderlijk gaat 'nazingen'; als dit in iets mindere mate optreedt lijkt het meer op een kunstmatige verlenging van de nagalmtijd. Van deze wetenschap kan door zelfbouwers gebruik worden gemaakt: door een uitschakelbare 3 à 6 dB verzwakker ($0,7x$ à $0,5x$, zie figuur 4) in de versterker in te bouwen is een eenvoudige en snelle afregeling mogelijk. De verzwakker wordt daartoe eerst uitgeschakeld, waarna de volumeregelaar wordt opgedraaid totdat de installatie net gaat rondzingen (bedenk hierbij wel dat rondzingen vrij langzaam opbouwt! Deze afregeling moet dus vooral langzaam plaatsvinden).

Vervolgens wordt de verzwakker ingeschakeld, en de installatie is klaar voor gebruik. (Het is toch merkwaardig dat een dergelijke voorziening op geen enkele, ons bekende, 'Public Address' installatie standaard is aangebracht. . .).

De tweede methode om een geluidsinstallatie te verbeteren is, zoals gezegd, 'het verhogen van de verstaanbaarheid met andere middelen dan de volumeregelaar'. Hierbij valt aan twee zaken te denken: vermindering van galm en verbetering van de geluidskwaliteit. Het eerste vergt in het algemeen een dure investering in zware gordijnen, akoestische tegels en dikke vloerbedekking; het tweede ligt duidelijk meer op elektronisch terrein.

De geluidskwaliteit speelt een veel grotere rol in de verstaanbaarheid dan over het algemeen wordt verondersteld. Het is in de praktijk meermalen gebleken dat een vlakke frekwentiekarakteristiek over een vrij brede band - ongeveer van 100 Hz tot 10 kHz! - tot een veel betere verstaanbaarheid leidt van de gemiddelde spraakinstallatie. Helaas zijn er op dit gebied een aantal hardnekkige misvattingen die leiden tot ondingen als 'spraauschakelaars' ('bass cut': laag-af beneden 200, 300 of zelfs 400 Hz), 'spraak (luidspreker)zuilen' (met een

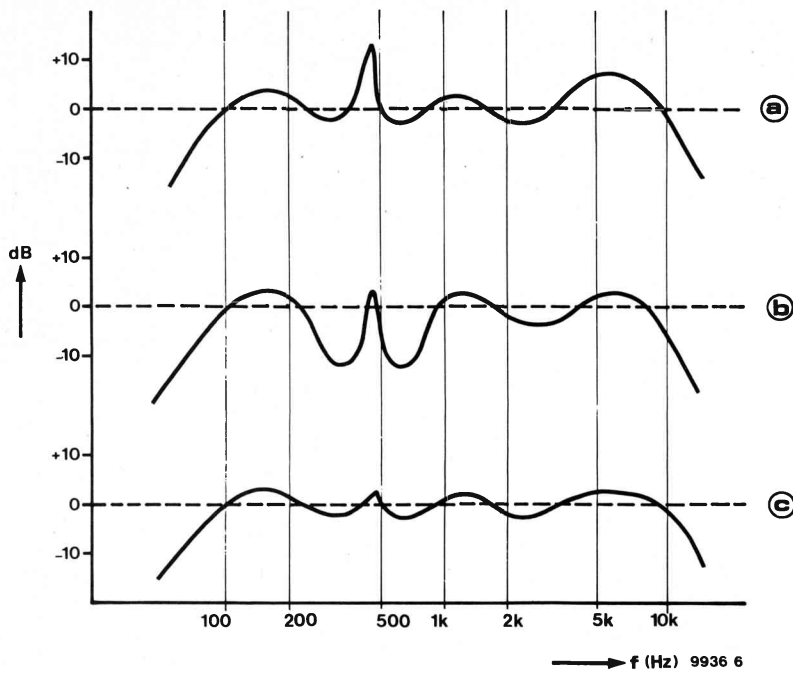
vaak afgrijselijke frekwentiekarakteristiek), en 'spraakmikrofoons' (die vaak niet beter zijn dan de luidsprekers). Als dan tot overmaat van ramp de laagregelaar van de versterker op minimum ingesteld wordt en een eventuele 'presence'-filter wordt ingeschakeld, is de ravage niet meer te overzien.

In figuur 5a is de gemeten frekwentiekarakteristiek van zo'n 'spraakinstallatie' weergegeven. De toonregelaars op de versterker waren daarbij nog in de middenstand ingesteld. Vervolgens is ernaar gestreefd om met een eenvoudige parametrische equalizer deze karakteristiek recht te trekken. De toegepaste filterkarakteristiek is in figuur 5b weergegeven; het bereikte resultaat in figuur 5c. De verbeterde verstaanbaarheid was verbluffend! Was oorspronkelijk zelfs in een doodstille zaal de spreker nauwelijks te verstaan, ná deze ingreep kwam zelfs in een zeer rumoerige zaal elk woord duidelijk over.

Een equalizer is in deze toepassing dus zondermeer zinvol te noemen. Het beoogde doel is echter duidelijk anders dan in de huiskamer. Voor een hifi-installatie hebben wij gesteld dat voor het gebied tussen ongeveer 300 Hz en 5 kHz gold: afblijven. Voor een spraakinstallatie geldt bijna exakt het tegenovergestelde: juist het gebied tussen 300 Hz en 5 kHz - of, iets ruimer nog, tussen ongeveer 100 Hz en 10 kHz - moet hier aangepakt worden. Het extreem laag en het extreem hoog is hier minder belangrijk.

Bovendien is het in deze toepassing iets minder belangrijk of de bereikte karakteristiek volledig vlak verloopt. Dips tot zelfs 4 à 5 dB zijn nog nauwelijks merkbaar. Met eventuele pieken ligt de situatie anders: de hoogste piek bepaalt namelijk de hoogste stand van de volumeregelaar die zonder rondzingen bereikt kan worden! Het is dus verstandig om de equalizer zó af te regelen dat alle pieken op één lijn liggen. Dit is in figuur 6 geïllustreerd:

6



de karakteristiek zoals in figuur 6a weergegeven lijkt misschien mooier, maar de karakteristiek van figuur 6b zal in de praktijk beter voldoen! Hiermee is overigens nog niet gezegd dat deze tweede karakteristiek 'het einde' zou zijn: met dezelfde filters, en iets meer geduld en 'feeling', is ook de karakteristiek van figuur 6c in dit geval haalbaar.

Voor diegenen die misschien nog twifelen aan het nut van een equalizer in deze toepassing, nog één opmerking: de kosten van een (zelfbouw-)equalizer zinken in het niet vergeleken bij de kosten van nieuwe microfoons en luidsprekers!

Bij elektronische muziek

Over deze toepassing kunnen wij vrij kort zijn. Diegenen die zich met elektronische muziek bezighouden zullen het nut van een 'super-toonregeling' vermoedelijk zondermeer inzien. Bij synthesizers, zoals de Elektuur Formant, zijn instelbare 'resonantiefilters' nuttige hulpschakelingen. Ook bij duurdere elektronische orgels worden dergelijke filters vaak toegepast, om over 'puur elektronische' muziek nog maar te zwijgen. . .

Bij dergelijke toepassingen gaat het, in tegenstelling tot de reeds besprokene, niet om éénmalige afregelingen. Integendeel, de filterinstellingen worden nagenoeg continu veranderd. Een goede kalibratie van de diverse regelaars is dan ook noodzakelijk, en hier is de zogenaamde 'grafische' equalizer enigszins in het voordeel. Weliswaar is deze term in Elektuur nog niet zo vaak genoemd, maar in wezen gaat het hier om een bepaalde uitvoering van de reeds uitvoerig besproken oktaaf- of tertsequalizer. Bij dit type is een groot aantal filters beschikbaar, elk met een

vast ingestelde centrale frekwentie en bandbreedte. De enige instelling die overblijft is die voor de hoogte van de bijbehorende piek of dip. Door voor deze instelling schuifpotentiometers te gebruiken, die voor de verschillende filters naast elkaar worden opgesteld, ontstaat de mogelijkheid om 'op het oog' de gewenste frekwentie-karakteristiek snel in te stellen (zie figuur 7).

Toch heeft ook de parametrische equalizer in deze toepassing een aparte bekooring. Met minder elektronica, en soms zelfs met minder regelaars, wordt een betere beheersing van de frekwentie-karakteristiek gegeven. Weliswaar is dit moeilijker met een kalibratie op de knoppen aan te geven, maar een rechtgeaard musicus hoort toch wat hij doet?! En voor diegenen die het optimum willen: er is niets op tegen om zowel een grafische als een parametrische equalizer in één installatie op te nemen!

Afregeling van equalizers

Het instellen van een equalizer bij toepassing in elektronische muziek laten wij graag aan de musicus zelf over. Voor de andere twee toepassingen, in de huiskamer en in spraakinstallaties, zijn allereerst enige algemene regels te geven. Daarna kan op de specifieke problemen van deze twee toepassingen afzonderlijk worden ingegaan.

De eerste voorwaarde voor het goed afregelen van een equalizer is dat de te corrigeren karakteristiek bekend is. Zoals eerder gesteld: een equalizer is een machtig wapen. Lukraak, of 'op het gehoor', draaien aan de diverse instellingen zal dan ook in de meeste gevallen slechts tot een teleurstelling leiden. Het middel is dan erger dan de kwaal. Nee, er zal gemeten moeten worden.

Figuur 6. Bij een spraakinstallatie moet een equalizer zo afgeregeld worden dat alle toppen ongeveer op één lijn liggen. De karakteristiek volgens figuur 6a mag er dan 'mooier' uitzien, de karakteristiek volgens figuur 6b zal in de praktijk beter voldoen! Waarmee overigens niet gezegd is dat een karakteristiek zoals in figuur 6c (met dezelfde filters haalbaar!) niet nog beter zou zijn.

Figuur 7. De 'grafische equalizer' dankt zijn naam aan het feit dat een geschikte opstelling van de (schuif-)regelaars de mogelijkheid biedt om schijnbaar de ingestelde frekwentie-karakteristiek in één oogopslag te overzien.

Figuur 8. Alvorens een equalizer in een spraakinstallatie op te nemen, moet de equalizer eerst op een rechte karakteristiek worden ingesteld. Dit kan met deze meetopstelling.

Figuur 9. In de versterker zal een geschikt aansluitpunt voor de equalizer gevonden moeten worden. In het algemeen is een dergelijk punt in de buurt van de volumeregelaar(s) te vinden.

Nu klinkt dit weliswaar dreigend, 'insiders' denken wellicht aan Brüel & Kjaer installaties van vele tienduizenden guldens, maar zó erg is het ook weer niet. Met de (elders in dit nummer beschreven) 'audio-analyzer' en een beetje 'feeling' gaat het ook wel. Uitgangspunten daarbij zijn dat een super-exakte instelling (binnen $\pm 0,5$ dB) niet nodig is, en dat het ook niet nodig is om de frekwentie-karakteristiek exakt te kennen! Dit laatste klinkt misschien vreemd. Het zal echter duidelijk zijn dat het niet zo belangrijk is om te weten of een bepaalde piek of dip precies bij 225 Hz ligt - het gaat erom die piek of dip 'weg te regelen'. Met andere woorden: als de pieken en dips maar opgespoord kunnen worden (zonder daarbij te weten bij welke frekwentie ze precies liggen) en vervolgens te corrigeren zijn is het gewenste doel bereikt. Frekwentie-karakteristieken zoals in figuur 2, 3, 5 en 6 weergegeven zijn voor deskundigen wel interessant, maar voor de uiteindelijke gebruiker is alleen het eindresultaat van belang: een goed-klinkende hifi-installatie of een goed bruikbare spraak-

installatie! Het meten en vervolgens corrigeren van een woonkamer kan op meerdere manieren gebeuren. De grote lijnen van de afregelprocedure zijn weliswaar steeds dezelfde, maar er kunnen verschillende hulpmiddelen gebruikt worden: op de eerste plaats de analyzer, maar verder ook een meetmikrofoon of een hoofdtelefoon en bepaalde testplaten. De verschillende mogelijkheden hebben alle hun specifieke vóór- en nadelen, en deze komen vooral tot uiting in de bijbehorende afregelprocedures. Bij spraakinstallaties liggen de zaken duidelijk eenvoudiger: het ligt voor de hand om de (toch al aanwezige) mikrofoon te gebruiken, en in combinatie met de analyzer leidt dit tot één afregelprocedure. Aangezien deze procedure tevens als uitgangspunt dient voor de diverse procedures in de woonkamer, kan het beste eerst de afregeling van een spraakinstallatie bekeken worden; de huiskamer komt onmiddellijk daarna aan de orde.

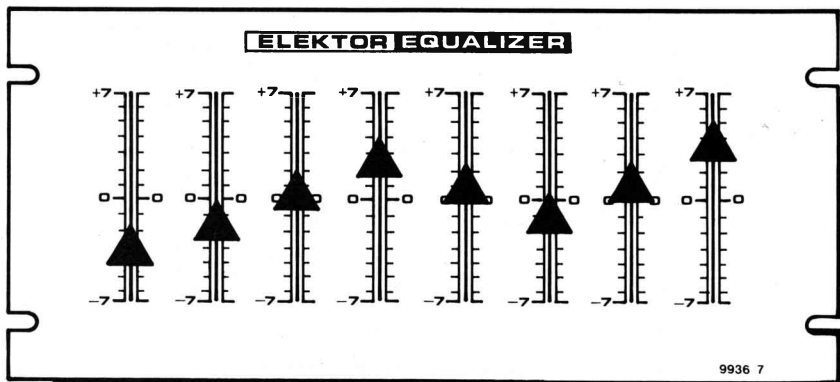
Spraakinstallaties

Uiteraard is het verstandig om eerst de

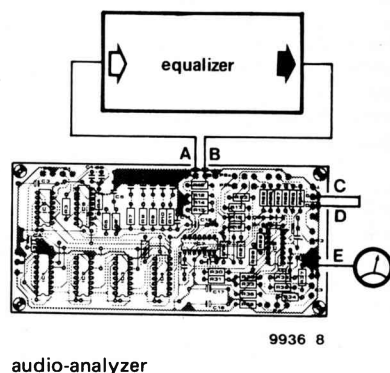
bestaande installatie zo goed mogelijk in orde te brengen. Daarna kan een equalizer toegevoegd worden. De hoofdpunten zijn al eerder aan de orde gekomen: liefst cardioïde mikrofoons toepassen, zorgen voor een goede mikrofoon- en luidsprekeropstelling, en eventueel de voorste luidsprekers op een lager nivo instellen dan de overige. Al deze punten kunnen een invloed hebben op de frekwentie-karakteristiek, zodat het tevoren afregelen van een equalizer weinig zinvol is! Nu kan de equalizer toegevoegd en afgeregeld worden. Bij deze afregelprocedure wordt ervan uitgegaan dat een parametrische equalizer en de (elders in dit nummer beschreven) analyzer ter beschikking staan. Bij toepassing van een oktaaf- of tertsequalizer is de procedure in grote lijnen dezelfde; de verschillen worden waar nodig apart toegelicht. De werkwijze is als volgt:

1. De equalizer afregelen tot deze een rechte frekwentiekarakteristiek heeft. Hiertoe wordt de ruisgenerator rechtstreeks op de ingang van de equalizer aangesloten; het meetfilter en indikatie-

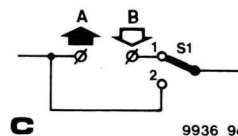
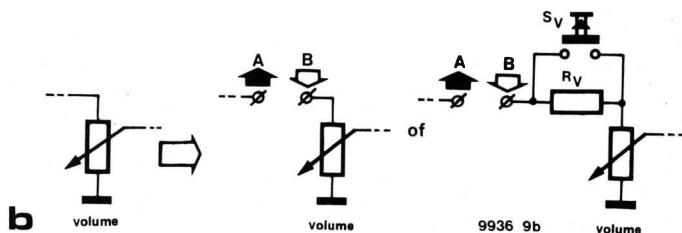
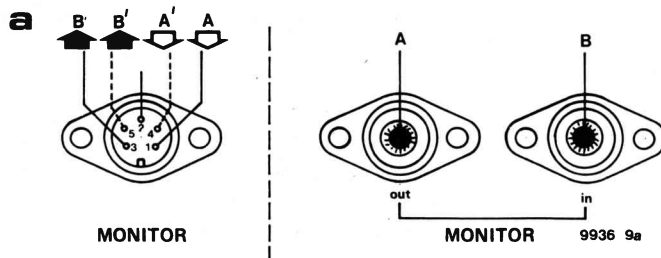
7

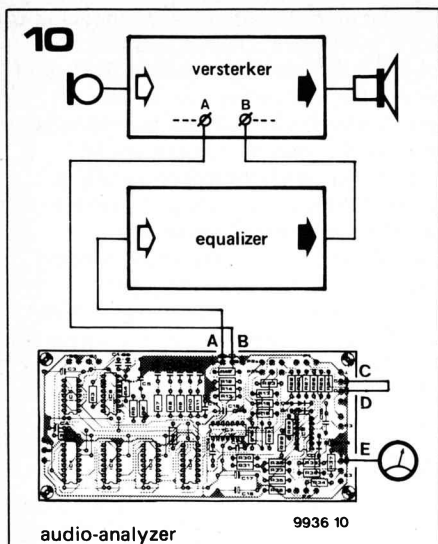


8



9

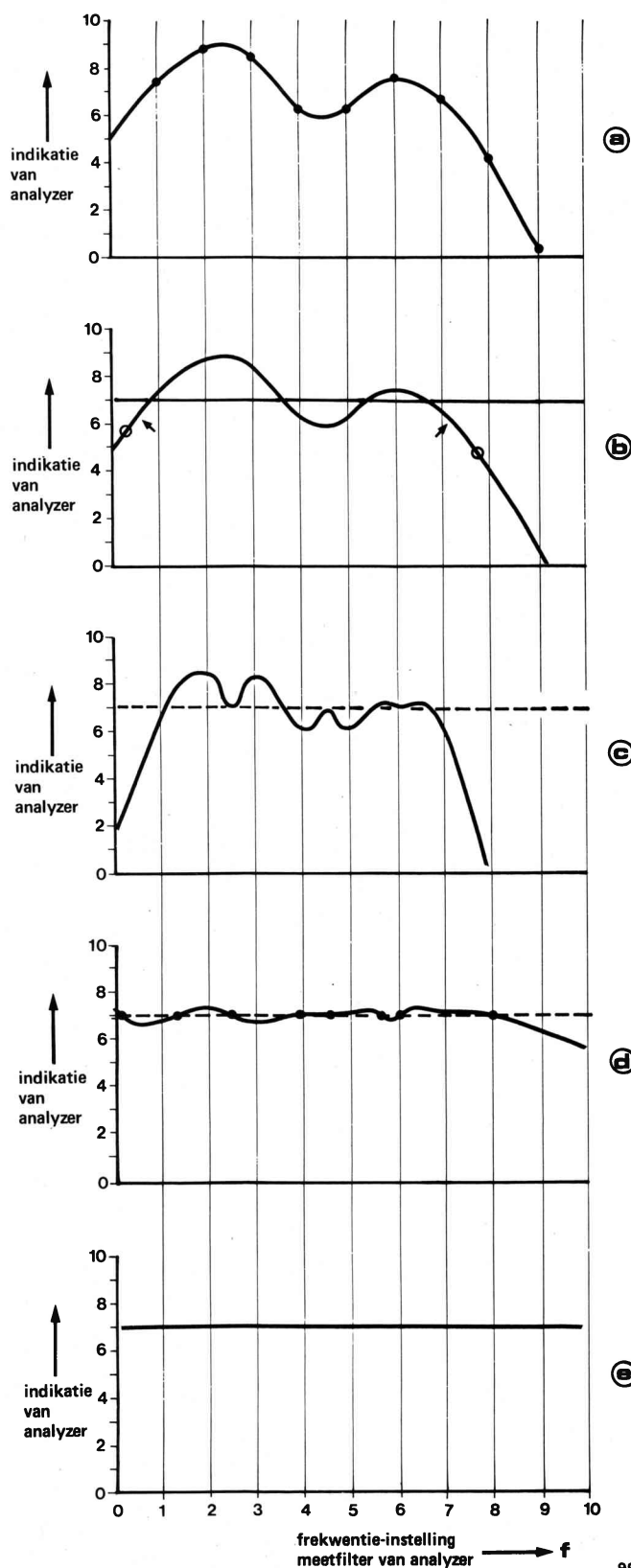




Figuur 10. Na het 'recht' afregelen van de equalizer en het maken van een aansluitpunt in de versterker kan de definitieve meetopstelling volgens deze figuur worden opgebouwd.

Figuur 11. Diverse stappen bij het meten en afregelen van een spraakinstallatie met behulp van een parametrische equalizer. In figuur 11a is de oorspronkelijk gemeten karakteristiek weergegeven; in figuur 11b is hier de 'ideale' karakteristiek doorheen getrokken; in figuur 11c is de karakteristiek geschetst zoals deze halverwege de afregelprocedure gemeten zou kunnen worden en in figuur 11d een karakteristiek waarin nog een aantal schoonheidsfoutjes te zien zijn die voor nakorrektie in aanmerking komen. Figuur 11e tenslotte toont de karakteristiek na een volledig geslaagde afregeling. . .

Figuur 12. Met een terts- of oktaafequalizer kan alleen in terts- of oktaafstappen gekorrigeerd worden. Het heeft dan ook geen zin om nauwkeuriger te meten. Met terts- of oktaafmeetfilters kan de karakteristiek gemeten worden zoals in figuur 11a; in figuur 11b is hier weer de 'ideale' lijn doorheen getrokken; in figuur 11c het bereikte eindresultaat na optimale afregeling van de equalizer. De overgebleven slingers zijn niet te corrigeren met een dergelijke equalizer, maar in de praktijk zijn zij niet of nauwelijks waarneembaar.

11

gedeelte van de analyzer worden rechtstreeks aan de uitgang aangesloten (zie figuur 8). Voor het meetfilter van de analyzer moet de 'maximale Q' versie ($1/12$ oktaaf) gekozen worden. Eventuele pieken of dips tengevolge van de tussengeschakelde equalizer kunnen nu gemakkelijk opgespoord en wegeregeld worden (bij een terts- of oktaaf-equalizer worden de filters één voor één afgeregeld).

2. In de versterker een geschikt aansluitpunt voor de equalizer zoeken.

Als de versterker beschikt over een 'monitor' uitgang is deze meestal zondermeer te gebruiken (figuur 9a).

In de figuren 9b en 9c is aangegeven hoe men zo'n 'monitor'-uitgang eventueel zelf kan maken. Dit, alsmede het gebruik van zo'n uitgang, wordt elders uitvoerig behandeld; zie 'Het maken van een monitor-uitgang'.

3. De uitgang van de equalizer aansluiten op punt B in figuur 9; de ruisgenerator aansluiten op de ingang van de equalizer; het meetfilter en indikatiedeelte van de analyzer aansluiten op punt A in figuur 9. Deze meetopstelling is in figuur 10 weergegeven.

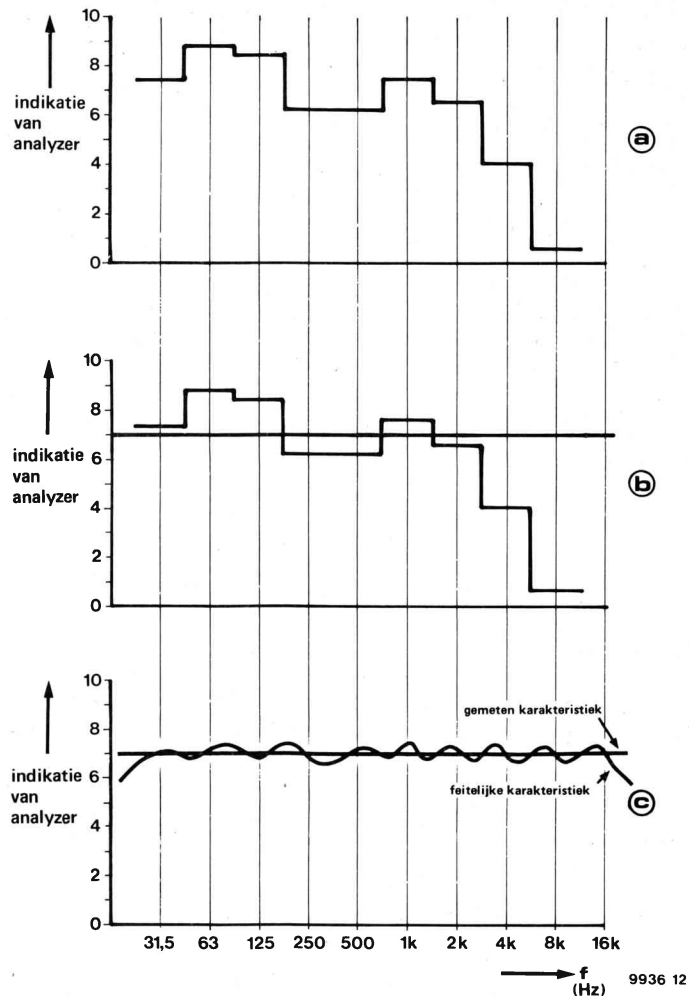
4. De frekwentiekarakteristiek van de installatie kan nu gemeten worden. Van het meetfilter van de analyzer moet de knop voor frekwentie-afregeling voorzien zijn van een schaalverdeling (bijvoorbeeld lopend van 1 ... 10).

Als bij een installatie meerdere microfoons gebruikt worden, wordt voorlopig slechts één microfoon ingeschakeld: de 'hoofdmicrofoon'. Dit is de microfoon die het meeste gebruikt wordt. De karakteristiek wordt nu punt voor punt opgemeten en in een grafiek weergegeven, waarbij vooral de hoogste punten van de pieken en de laagste punten van de dips van belang zijn. Het resultaat zou er ongeveer uit kunnen zien zoals figuur 11a. Bij een terts- of oktaaf-equalizer moet ook een (omschakelbaar) terts- of oktaaf-meetfilter gebruikt worden; van alle meetbandjes worden dan de verkregen indikaties in grafiekvorm weergegeven (figuur 12a).

5. Met een lineaal kan nu een lijn getrokken worden, ongeveer halverwege tussen de uiterste pieken en dips (figuren 11b en 12b). Dit is de 'ideale' karakteristiek! De noodzakelijke correcties zijn hiermee dus bekend.

6. Van de parametrische equalizer worden alle bandfilters op maximale Q ingesteld. (Voor een terts- of oktaaf-equalizer kunnen de punten 6 t/m 13 overgeslagen worden). Met het meetfilter van de analyzer wordt de eerste piek of dip opgespoord (in figuur 11b is dit de piek tussen punten 2 en 3). Omdat het een piek is, wordt het eerste bandfilter van de equalizer op maximale verzwakking ingesteld. De centrale frekwentie van dit filter wordt nu langzaam veranderd totdat de indicatie van de analyzer (vrij plotseling) terugvalt. Voorzichtig wordt de centrale

12



frekwentie van het (equalizer)bandfilter bijgeregeld tot de minimumuitslag van de meter bereikt wordt. Tenslotte wordt de verzwakking van het bandfilter zover verminderd dat deze uitslag net met de gewenste 'nullijn' overeenkomt.

7. Met het meetfilter van de analyzer wordt de volgende dip of piek opgespoord. Het tweede bandfilter van de equalizer wordt nu op deze frekwentie afgeregeld. Als het een dip betreft, zoals in figuur 11b, moet het bandfilter voor deze afregeling op maximale versterking ingesteld zijn; vervolgens deze versterking terugdraaien tot de 'nullijn'.

8. Op gelijke wijze worden (voor zover nodig) de overige bandfilters op eventuele overblijvende pieken of dips afgeregeld.

9. Het meetfilter van de analyzer wordt nu afgeregeld op die frekwentie waar de frekwentiekarakteristiek in het laag net duidelijk gaat afvallen. In figuur 11b is dit punt met een pijl aangegeven.

Vervolgens het lage 'kwispelfilter' van de equalizer instellen op maximale verzwakking en zijn kantelfrekwentie zó instellen dat de meteruitslag van de analyzer tot 0,7x zijn oorspronkelijke waarde terugvalt.

10. Op dezelfde wijze het kantelpunt van de hoge 'kwispel' van de equalizer afregelen. Als hierna de totale frekwentiekarakteristiek nogmaals gemeten zou worden (hetgeen overigens niet nodig is!), zou dit er ongeveer uitzien zoals in figuur 11c weergegeven.

11. Het meetfilter van de analyzer op een lage frekwentie instellen, 'een stuk lager' dan het eerder gekozen afregelpunt voor de lage kwispel (met een cirkeltje aangegeven in figuur 11b). De versterking van dit filter kan nu opgedraaid worden tot de gewenste 'nullijn' bereikt wordt. Op dezelfde manier wordt de hoge kwispel afgeregeld.

12. Het meetfilter wordt op een frekwentie 'op de flank' van de eerste piek (of dip) afgeregeld, waarna de Q van het bijbehorende (eerste) equalizer bandfilter wordt verkleind tot ook hier de nullijn wordt bereikt. Op dezelfde wijze worden de overige bandfilters eveneens afgeregeld.

13. In het ideale geval zou de equalizer nu volledig afgeregeld zijn, en zou de karakteristiek eruit zien zoals in figuur 11e: (nagenoeg) recht binnen het volledige meetbereik van de analyzer. Dit is echter nauwelijks te verwachten! In het algemeen zal de volledige afregel-

procedure vanaf punt 4 nogmaals nage-
lopen moeten worden, met een paar
varianten. Dit kan verduidelijkt worden
aan de hand van figuur 11d: de
frekwentiekarakteristiek zoals deze nu
gemeten zou kunnen worden. Hierin
zijn de volgende 'fouten' te
herkennen:

- Het kantelpunt van de lage kwispel
is te laag gekozen, en mede hierdoor is
de bijbehorende helling te steil.
Oplossing: het kantelpunt iets hoger
kiezen en de versterking verminderen.
- De centrale frekwentie van het eerste
bandfilter is te hoog gekozen. Als gevolg
hiervan is de verzwakking te groot en de
Q te klein afgeregeld. Oplossing: alle
instellingen enigszins bijregelen.
- Het tweede bandfilter is goed, maar
van het derde is de centrale frekwentie
juist te laag afgeregeld. Gevolg: een te
grote verzwakking en een te hoge Q.
- Het kantelpunt van de hoge kwispel
is te laag gekozen, met als gevolg dat de
bijbehorende helling te slap is. Ook dit
vergt dus enige bijstelling.

14. Voor een terts- of oktaaf-equalizer
is de afregeling beduidend eenvoudiger
– dit is dan ook het grote voordeel van
dit type equalizer! Als meetfilter wordt
in dit geval een omschakelbaar terts-
(of oktaaf-) filter gebruikt. Het
afregelen bestaat uit niets meer dan het
één voor één inschakelen van de terts-
(of oktaaf-) meetfilters en het
vervolgens bijregelen van de versterking
of verzwakking van de bijbehorende
equalizer filter tot de 'nullijn' bereikt
wordt. Ofschoon het eindresultaat
(figuur 12c) enige schommelingen zal
blijven vertonen, is dit voor deze toe-
passing minder belangrijk.

15. Voor beide typen equalizer moet na
bovenstaande afregelprocedure nog een
eindcontrole plaatsvinden. Uiteindelijk
gaat het immers om een goed werkende
geluidsinstallatie – niet om een 'mooie'
gemeten frekwentiekarakteristiek!
Weliswaar zijn deze twee doeleinden
nauw verwant, maar zij zijn niet
identiek. De geluidsinstallatie moet nu
in zijn definitieve vorm gebracht

worden: punt A in figuur 9 wordt met
de ingang van de equalizer verbonden,
de ruisgenerator wordt losgekoppeld,
maar het meetfilter en indikatiegedeelte
van de analyzer blijven voorlopig nog
op punt A aangesloten (zie figuur 13).
De volumeregelaar van de versterker
wordt nu zover opgedraaid tot de
installatie nèt gaat rondzingen. Met het
meetfilter wordt de 'rondzing-
frekwentie' opgespoord, waarna het bij-
behorende equalizerfilter een fraktie
teruggedraaid wordt. De installatie moet
nu op een andere (of op meerdere)
frekwentie(s) gaan rondzingen. Als dit
inderdaad het geval is, is de equalizer
optimaal afgeregeld. Mocht echter
(onverhoopt!) dit filter teruggedraaid
moeten worden, dan is de afregeling
niet optimaal geweest. Het zal dan ook
opnieuw gecontroleerd moeten
worden . . .

16. Als meerdere microfoons gebruikt
worden, is bovenstaande afregeling
alleen met de hoofdmicrofoon uitge-
voerd. Met elk van de andere
microfoons afzonderlijk moet de karak-
teristiek nu nogmaals, zoals bij punt 4
beschreven, gemeten worden. Als deze
karakteristieken (ongeveer) vlak blijken
te zijn, is de installatie klaar voor
gebruik. Zo niet, is enige verdere
korrektie op zijn plaats. Hiervoor zijn
er meerdere mogelijkheden. Als een
(afwijkende) microfoon van een ander
type is dan de hoofdmicrofoon moet
vervanging overwogen worden. . . Bij
minder drastische verschillen kan een
eenvoudige korrektie (één equalizer
bandfilter) per microfoon uitkomst
bieden. Let wel: een eventuele dip in
de karakteristiek bij de andere mikro-
foons is niet zo hinderlijk als een piek!
Tenslotte is ook een 'gemiddelde'
korrektie soms mogelijk: alle mikro-
foons inschakelen, en de afregeling van
de equalizer voor deze situatie optima-
liseren.

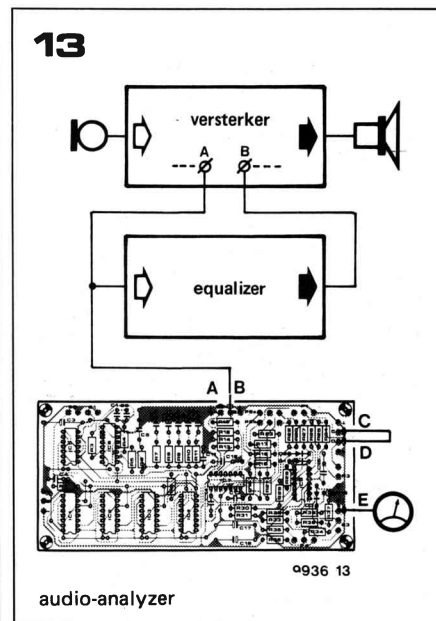
Een laatste opmerking is wel op zijn
plaats. Tot nog toe is steeds sprake
geweest van een ruisgenerator als

Figuur 13. Eindcontrole van de afregeling bij
een spraakinstallatie kan met deze meet-
opstelling doorgevoerd worden.

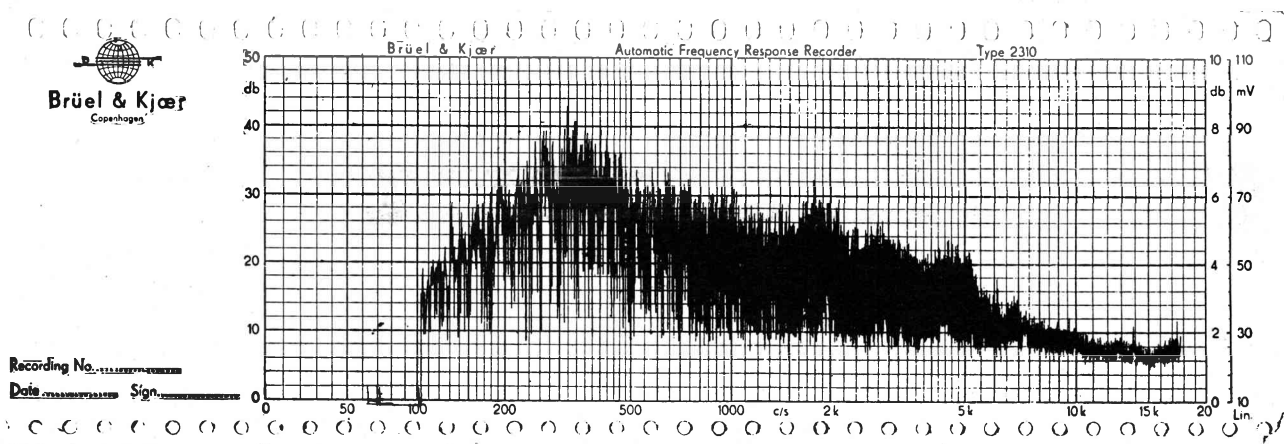
Figuur 14. Tot nog toe zijn 'geïdealiseerde'
frekwentiekarakteristieken getekend. Als
hélél langzaam (15 à 30 minuten voor één
volledige karakteristiek) met een sinus-
generator gemeten wordt, ziet de karak-
teristiek van figuur 5a er heel anders uit! De hier
weergegeven scherpe pieken en dips zijn
echter niet te corrigeren, zodat meten ervan
ook geen zin heeft. Bij meting met een ruis-
generator wordt de karakteristiek 'uitge-
middeld', hetgeen voor praktische toe-
passingen veel zinvoller is.

Figuur 15. Meetopstelling bij een hifi-
installatie, als men de beschikking heeft over
een betrouwbare meetmicrofoon.

Figuur 16. Bij de meting met een hoofd-
telefoon moet de mogelijkheid aanwezig
zijn om de weergavenivo's van luidspreker en
hoofdtelefoon gelijk te maken, en om tussen
deze beide om te schakelen. Met dit hulp-
schema zijn beide doeleinden te bereiken.



14



9936 14

signaalbron. En niet zonder reden! Bij meting met een sinusgenerator zou de karakteristiek van figuur 5a er heel anders uitzien, zoals weergegeven in figuur 14. Deze frekwentiekarakteristiek bestaat uit een reeks pieken en dips, met een frekwentieverschil van een paar hertz en een nivoverschil 20 à 30 dB! Dergelijke pieken en dips zijn principieel, en niet te corrigeren. Als er dus met een sinusgenerator gemeten wordt (zoals in dit geval met een Brüel & Kjaer installatie) moeten de toppen van de pieken worden doorverbonden om de 'frekwentiekarakteristiek' te bepalen. Zowel de 'gemiddelde' karakteristiek als de dalen zijn weinigzeggend: een geluidsinstallatie gaat op de toppen van de pieken rondzingen! Vandaar ook de opmerking onder punt 15: bij meting met een ruisgenerator zal in het algemeen een juiste afregeling verkregen worden, maar extreme pieken worden daarbij 'over het hoofd gezien'. Meting met een sinusgenerator is nauwkeuriger, maar wel ontzettend tijdrovend. . . Bovendien moet er daarbij op gelet worden dat alleen de pieken in grafiek gebracht worden.

De woonkamer

Om een equalizer in een geluidsinstallatie te kunnen toepassen moet evenals bij spraakinstallaties eerst een aansluitpunt gevonden of gemaakt worden. Bij vele hifi-installaties is een 'monitor'-aansluiting aanwezig en, zoals al eerder gezegd, is deze vrijwel altijd geschikt. Ontbreekt zo'n aansluiting, dan kan deze op de elders beschreven manier worden gemaakt. In hifi-installaties krijgen we te maken met een stereo equalizer, welke bestaat uit twee, volledig onafhankelijke equalizers: één voor elk van de (stereo) kanalen. Quadrofieel kunnen gerust zijn: over het algemeen heeft toepassing van een equalizer voor de 'achterkanalen' van de quadrofonie-installatie vrij weinig zin. Eenmaal geïnstalleerd, kan de equalizer

op meerdere manieren afgeregeld worden. Het gemakkelijkste is die afregeling waarbij men de beschikking heeft over de volledige (elders beschreven) analyzer en een meetmikrofoon. Er zijn echter ook alternatieve afregelprocedures te bedenken, waarbij men slechts de beschikking heeft over een deel van de analyzer (of zelfs helemaal niets daaruit) en een goede hoofdtelefoon. Deze mogelijkheden worden in het navolgende puntsgewijze behandeld.

a. Met analyzer en meetmikrofoon

Deze afregelprocedure is in wezen identiek aan de eerder beschreven afregeling voor spraakinstallaties. Onder 'meetmikrofoon' wordt hier verstaan een mikrofoon waarvan de frekwentiekarakteristiek voldoende recht is, zodat deze geen fouten in de meting introduceert. Een aantal van de 'betere' bandreorder-microfoons beantwoordt aan deze eis, en ook de in Elektuur (oktober 1977) beschreven electret-mikrofoon met voorversterker is meestal wel bruikbaar.

In dit geval wordt de meetopstelling opgebouwd zoals in figuur 15 weergegeven is. De mikrofoon moet opgesteld worden op de 'ideale' luisterplaats, en eventuele echtgenote en/of kinderen worden tot stilte gemaand. Vervolgens kan dezelfde afregelprocedure gevolgd worden als voor een spraakinstallatie, met één belangrijke uitzondering: zoals eerder gesteld, mogen pieken en dips tussen ca. 300 Hz en 5 kHz in het algemeen niet gecorrigeerd worden. Tot nog toe is er echter vanuit gegaan dat de frekwentieschaal van de analyzer niet gekalibreerd was, zodat de plaats van deze 300 Hz en 5 kHz grenzen niet bekend is! Gelukkig zijn zij op vele manieren voldoende nauwkeurig te bepalen. Op vele testplaten zijn sinussen of ruisbandjes opgenomen met bekende frekwenties; op een piano (of bij een 8' register van een elektronisch orgel) komt 300 Hz ongeveer overeen met d¹, de d boven de middelste c, en komt

5 kHz ongeveer overeen met e⁵, de e die vier oktaven hoger ligt.

In figuur 3a was een dip getekend bij ca. 1600 Hz. Als deze te wijten is aan de huiskamer-akoestiek mag hij niet gecorrigeerd worden; als hij een gevolg is van een fout in de luidsprekerkarakteristiek wél. Hierover is in het algemeen uitsluitel te krijgen door dezelfde luidspreker in een andere ruimte te meten. Akoestisch is hiervoor de badkamer zeer geschikt, maar dan moet wel bijzonder goed op elektrische veiligheid worden gelet! Mocht dezelfde dip ook daar optreden, dan kan men gevoelig aannemen dat de luidspreker zelf de schuldige is en dat er dus gecorrigeerd mag worden.

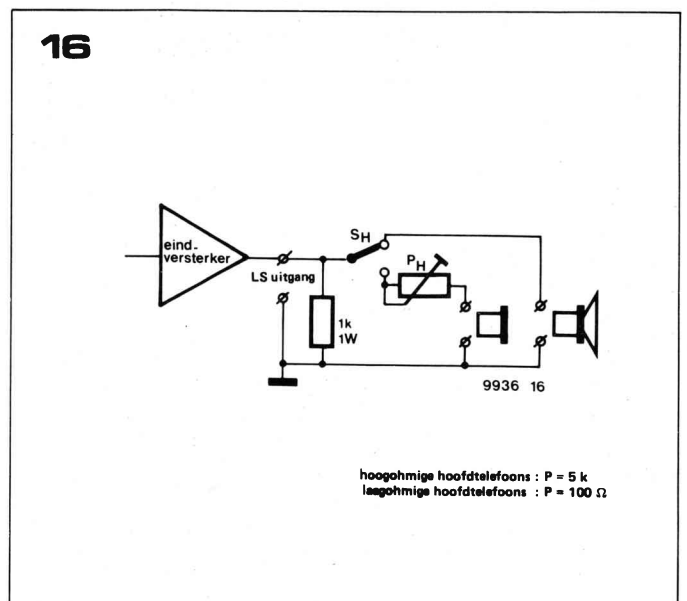
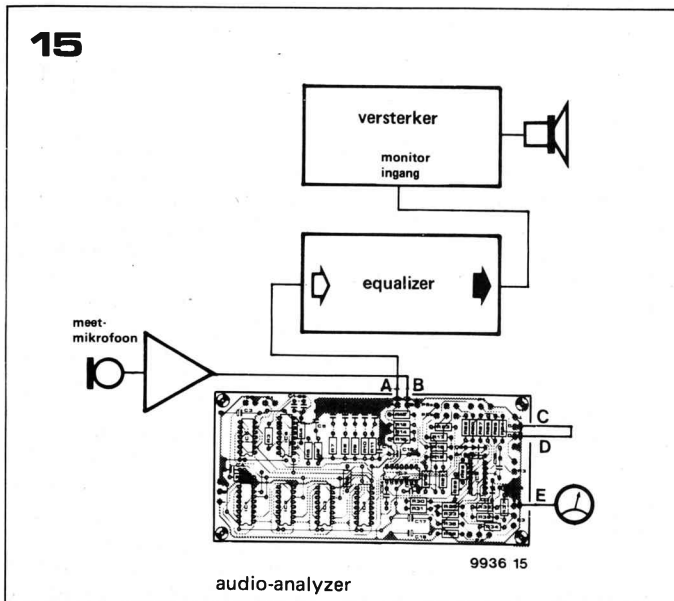
In feite bestaat een stereo-equalizer uit twee mono-equalizers. De afregelprocedure moet dan ook tweemaal doorgevoerd worden: eenmaal voor het linker kanaal, waarbij het rechterkanaal volledig (!) buiten bedrijf is, en eenmaal voor het rechterkanaal, waarbij het linker kanaal buiten bedrijf wordt gesteld. In het algemeen kan volstaan worden met het toevoeren van het ruis signaal aan het gewenste kanaal, waarbij tevens de balansregelaar volledig 'naar die kant' wordt gedraaid. Eventuele ongewenste overspraak tussen de kanalen zal de metingen dan nauwelijks merkbaar beïnvloeden.

b. Met testplaatruis

Er zijn diverse testplaten in de de handel waarop ook rose ruisbandjes zijn opgenomen. In principe kunnen deze ook gebruikt worden in plaats van de ruisgenerator van de analyzer. De afregeling wordt dan wel wat moeilijker, doordat steeds de juiste plaats op de plaat opgezocht moet worden. De meetnauwkeurigheid hoeft hier niet onder te lijden, het meetgemak echter wél.

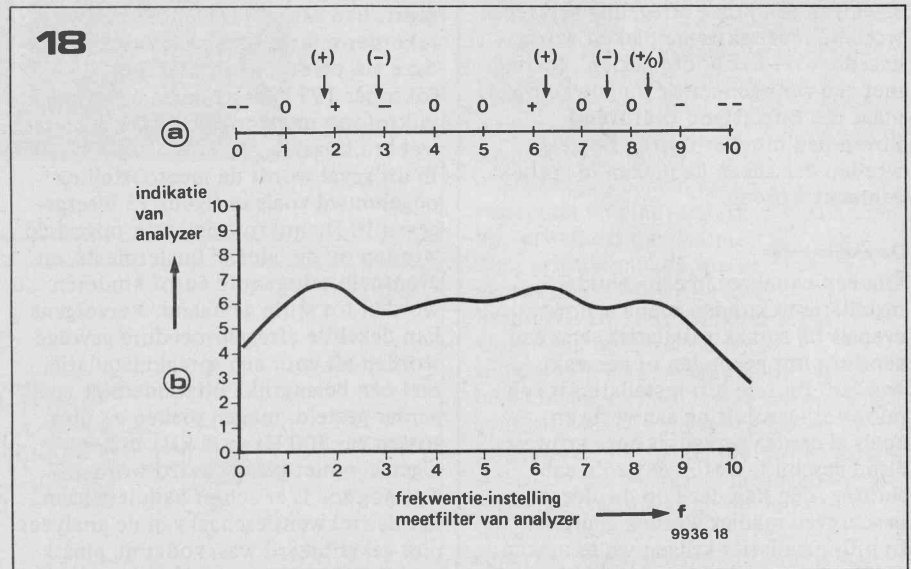
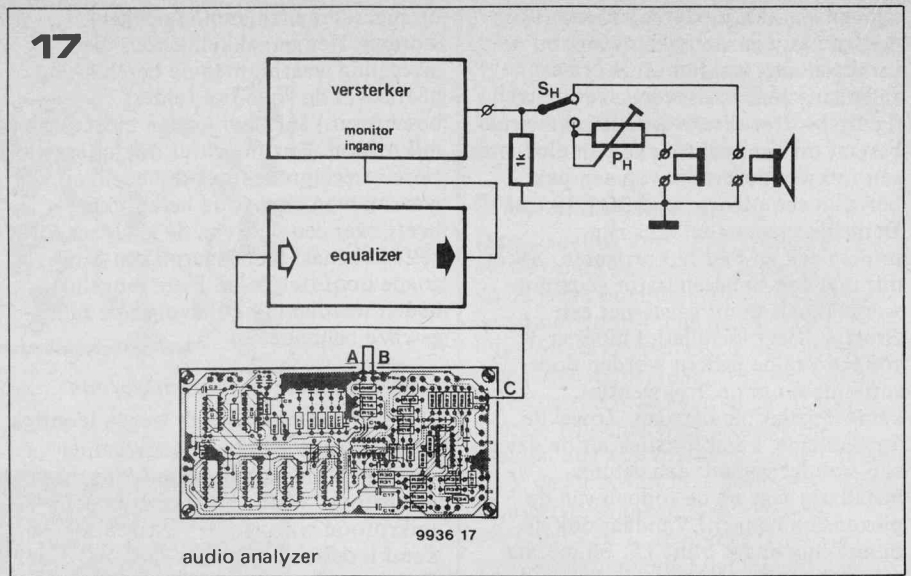
c. Met zuivere sinussen

In principe kan ook een sinusgenerator, of een testplaat met 'zuivere sinussen' als signaalbron gebruikt worden. Dit is echter niet aan te raden. Bij de spraak-



Figuur 17. Met deze meetopstelling is het mogelijk om de equalizer met behulp van een hoofdtelefoon af te regelen.

Figuur 18. Bij het afregelen met behulp van een hoofdtelefoon is uiteraard geen exakte indicatie van de hoogte van pieken en dips aangegeven. Deze zullen dan ook genoteerd moeten worden zoals in figuur 18a: ++ voor 'luidspreker veel harder dan hoofdtelefoon', 0 voor 'beide even hard', enz. Tevens moeten de toppen van pieken en dips aangegeven worden met pijlen. De 'feitelijke' karakteristiek waar deze notatie van afgeleid is zal ongeveer uitzien zoals in figuur 18b.



installatie is reeds aangegeven dat de *feitelijke* frekwentiekarakteristiek uit een opvolging van pieken en dips bestaat (figuur 14). Als een sinusgenerator als signaalbron gebruikt wordt zullen deze pieken en dips ook werkelijk gemeten worden. Het is dan zaak om een 'gemiddelde' frekwentiekarakteristiek te bepalen en te corrigeren, waarbij een kleine drift of verkeerde afstelling van de sinusgenerator meteen 5 à 10 dB verschil kan maken. Men moet dus zeer zorgvuldig te werk gaan. Beter nog: niet doen.

d. Met een hoofdtelefoon

Veel mensen zullen opzien tegen de aanschaf van een meetmikrofoon met bijbehorende voorversterker, alleen om hun equalizer af te kunnen regelen. Het aanschaffen van een goede hoofdtelefoon ligt vaak meer voor de hand. Gelukkig is het inderdaad mogelijk om ook hiermee een equalizer redelijk goed af te regelen. Het minst moeilijk is de afregeling met een zogenaamde 'open' hoofdtelefoon: dit is een type waarbij de oren niet volledig afgesloten worden, zodat ook ander geluid dan dat uit de hoofdtelefoons goed en 'ongekleurd' te horen is.

De hoofdtelefoon wordt aangesloten zoals in figuur 16 weergegeven. Hierbij is de mogelijkheid namelijk aanwezig om gemakkelijk om te schakelen tussen luidspreker en hoofdtelefoon, waarbij tevens de nivo's van beide 'op het gehoor' gelijk ingesteld kunnen worden. Hierbij moeten wel 'dikke' snoeren gebruikt worden die lang genoeg zijn om de schakelaar vanuit de gewenste luisterplaats te kunnen bedienen. De meetopstelling is in figuur 17 geschetst. Ook hier kan een testplaat met ruisbandjes gebruikt worden in plaats van de ruisgenerator en meetfilter van de analyzer, ofschoon dit minder gemakkelijk werkt. Het indikatiedeelte van de analyzer wordt hier niet gebruikt — er is immers geen meetmikrofoon ter beschikking! Deze functie wordt door het gehoor overgenomen. Dit vraagt wel gekoncentreerde aandacht, maar blijkt in de praktijk goed doenlijk. De afregeling verloopt in dit geval als volgt:

1. Het meetfilter van de analyzer ongeveer in het midden van zijn bereik instellen. Met de schakelaar S_H (figuur 17) in de stand 'luidspreker' het ruissignaal op een 'redelijk' nivo

instellen — beslist niet te hard, dat is alleen maar storend voor de burens en gevaarlijk voor de luidsprekers!

2. De seriepotentiometer P_H op maximale weerstand instellen, schakelaar S_H in de stand 'hoofdtelefoon' zetten en P_H vervolgens afregelen tot het signaal uit de hoofdtelefoon even hard klinkt als het signaal uit de luidsprekers.

3. Met het meetfilter van de analyzer langzaam het hele frekwentiegebied 'doorfluiten' en punt voor punt het signaal uit de luidsprekers met dat uit de hoofdtelefoon vergelijken. Hierbij de 'indrukken' noteren 'luidsprekers veel harder', 'harder', 'even hard', enz. Tevens de hoogste punten van de pieken en de laagste punten van de dalen aangeven. Een goede methode om dit alles te noteren is in figuur 18a weergegeven; figuur 18b is de daarbij behorende 'feitelijke' karakteristiek. De equalizer kan nu op de eerder beschreven wijze worden afgeregeld, waarbij in dit geval de nullijn (waar luidsprekers en hoofdtelefoon even hard klinken) als 'ideale' karakteristiek dient. Zoals eerder gesteld mag het middengebied in het algemeen niet gecorrigeerd worden. Kort samengevat verloopt de

rest van de afregelprocedure dus als volgt:

4. Alle bandfilters van de equalizer op maximale Q instellen. Met het meetfilter van de analyzer de eerste piek opzoeken (tussen punten 1 en 2 in figuur 18); het eerste bandfilter van de equalizer op maximale verzwakking instellen en vervolgens midden op deze piek afregelen; de verzwakking van dit filter zo instellen dat luidspreker en hoofdtelefoon net even hard klinken. Op dezelfde manier andere bandfilters op eventuele andere pieken of dips in het extreme laag of hoog instellen (in figuur 18 zullen de overige pieken en dips vermoedelijk alle in het middengebiet vallen).

5. Met het meetfilter die lage frekwentie opzoeken waar de luidspreker net merkbaar zachter klinkt dan de hoofdtelefoon (net onder '1' in figuur 18); de lage kwispel van de equalizer op minimale frekwentie en maximale verzwakking instellen; vervolgens de frekwentie van dit filter langzaam verhogen tot de luidspreker net nog iets zachter gaat klinken. Op dezelfde wijze ook de hoge kwispel instellen (het meetpunt zal in figuur 18 ongeveer bij punt 9 liggen).

6. Het meetfilter op zijn laagste frekwentie instellen en de versterking van de lage kwispel zover opdraaien tot luidspreker en hoofdtelefoon even hard klinken. Op dezelfde wijze de hoge kwispel afregelen.

7. Aan weerszijden van de oorspronkelijke eerste piek zullen nu twee nieuwe pieken te vinden zijn. Het meetfilter op één van deze twee instellen, en de Q van het eerste bandfilter zover terugdraaien tot deze piek net verdwenen is. Eventuele overige bandfilters op dezelfde manier afregelen.

8. Met het meetfilter nogmaals langzaam door de hele band afstemmen en controleren of alle afregelingen juist zijn. Een aantal kleine nakorrektingen zullen meestal wel noodzakelijk blijken! De equalizer is nu klaar voor gebruik. De belangrijkste en doorslaggevendste eendst kan nu dus plaatsvinden: goede muziek opzetten en luisteren of dit ook werkelijk goed klinkt!

Literatuur:

J. Moir: Interactions of loudspeakers and rooms. Wireless World, juni 1977.

Brüel & Kjaer: Relevant Hi-Fi tests at home. Paper at the 47th Audio Engineering Society Convention.

Tevens verkrijgbaar als Brüel & Kjaer application note.

Brüel & Kjaer: Hi-Fi tests with 1/3 octave, pink weighted, random noise. Brüel & Kjaer application note no. 13-101.

Philips: Sound equalization using Philips K and Q-filters. ELA application note 17.8100.35.331011.

Diverse artikelen in Elektuur, juni '77, september '77 en elders in dit nummer.



korrektes op aanvullingen voor ervaringen met elektuur-publikaties

Elektornado

Uit lezersreacties blijkt dat de Elektornado (januari '78) nogal eens oscillatieneigingen vertoont. Dit wordt verholpen door een weerstand van 220Ω in serie met de basis van T1 (T1') en T2 (T2') op te nemen.

Wat betreft de ruststroom: $30 \dots 50 \text{ mA}$ is voldoende. Voordat de spanning ingeschakeld wordt en de afregelingsplaats vindt, dient P1 (P1') geheel linksom gedraaid te worden.

De drivers T1 (T1') en T2 (T2') mogen van een klein koelplaatje worden voorzien (aluminium $30 \times 30 \text{ mm}$, 1 à 2 mm dik).

Kwart-gigahertz-teller

Teneinde de poort N18 (IC3) van de kwart-gigahertz-teller (zie Elektuur maart '78, pag. 3-43) niet te zwaar te belasten, is het noodzakelijk een weerstand van $8k2$ op te nemen tussen de uitgang van deze poort en de basis van T14. Deze weerstand (Rx) kan zonder problemen worden geplaatst op de display-print en wel in plaats van de draadbrug die links boven het aansluitpunt CA is aangegeven. De EPS-prints zijn van een nieuwe opdruk voorzien.

Funktiegenerator

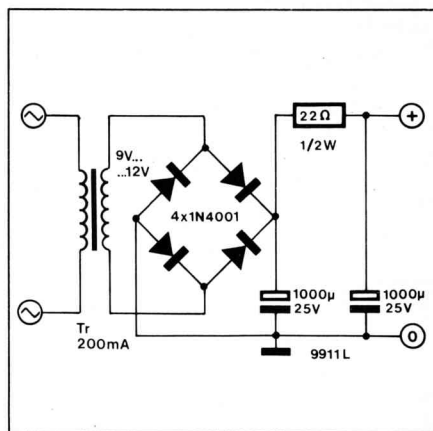
Helaas is in dit artikel (Elektuur dec. 1977, pag. 12-48) de waarde van P6 in de onderdelenlijst verkeerd aangegeven, de juiste waarde is 100Ω zoals ook in het schema is aangegeven.

P7 is in de onderdelenlijst vergeten; de waarde daarvan moet de bewuste 10 k lin. zijn.

Tenslotte blijken er wat misverstanden te bestaan over de lineariteit: deze geldt alléén voor de symmetrische spanningvormen. Bij zaagtand en pulsform treedt frekwentieverdubbeling op.

Moving-coil voorversterker

Op de printopdruk van deze in februari '78 gepubliceerde voorversterker is de polariteit van elko C20' helaas verkeerd aangegeven. Uit lezersreacties is voorts gebleken dat bij gebruik van componenten van te hoge tolerantie soms bromproblemen kunnen ontstaan als gevolg van het feit dat de op de print aanwezige voedingsstabilisatie dan in bepaalde gevallen niet meer in staat is de benodigde (hogere!) stroom te leveren. Dit kan worden verholpen door R29 te verlagen tot 6Ω . Misschien ten overvloede vestigen we er nog even de aandacht op dat bij gebruik van een losse voeding wél gezorgd dient te worden voor voldoende afvlakking. Aan te bevelen is daarom bijvoorbeeld een voeding volgens onderstaande opzet:



Digitale nagalm

Tot onze stomme verbazing blijkt er in de printopdruk van de basisprint (Elektuur feb. 1978, pag. 2-41) een onmogelijke fout te zitten. De wisselspanningsaansluitingen van 9 V en 18 V zijn verwisseld, in het schema van figuur 11 is deze fout gelukkig niet gemaakt. Hoewel de print onmiddellijk is voorzien van een begeleidend schrijven kan het zijn dat bij diegenen die de print zelf hebben vervaardigd C21 en/of B1 aan vervanging toe zijn. IC9 zal dankzij de termische beveiliging niet beschadigd zijn, evenmin als de rest van de schakeling die immers via T4 is beveiligd tegen overspanningen.