

INLEIDING: HiFi TECHNIEK

Algemeen

Bij een muziekinstallatie - een begrip dat beter voldoet dan geluidsinstallatie - gaat het om High Fidelity en stereofonie of eventueel Surround Sound, de op TV en de volgens het Dolby Surround Sound principe gecodeerde geluidskanalen bij speelfilms geënte vorm van quadrafonie, die in zijn oorspronkelijke audiovorm gedurende de jaren zeventig even opkwam, doch snel sneuvelde.

Idealiter is van High Fidelity (HiFi) sprake, wanneer het door de muziekinstallatie thuis weergegeven geluid alleen nog met behulp van exacte metingen te onderscheiden is van het origineel in de zaal, kerk of opnamestudio. Dan zijn de onherroepelijk optredende afwijkingen dermate klein, dat ze onder de waarnemingsdrempel van het menselijk gehoor vallen en niet of alleen in directe A-B vergelijkingen waarneembaar zijn.

Deze definitie kent echter een beperking. De thans ter beschikking staande technische hulpmiddelen maken het mogelijk om de klank van het origineel zodanig te corrigeren of te veranderen, dat bijvoorbeeld akoestische tekortkomingen tijdens de opname kunnen worden gecamoufleerd of gecorrigeerd.

Om aan deze strenge kwaliteitseisen te voldoen, moet elke schakel uit de apparatuurketen en elk proces van de geluidsverwerking in het traject van opnameruimte tot huiskamer aan de strengst mogelijke criteria voldoen. Microfoons, mengtafels, kabels, magneetband, harde computerschijven, multipliecerinstallaties om LP's, CD's, musicassettes, voorbespeelde dcc cassettes, voorbespeelde DAT bandjes en MD's aan de ene kant en de HiFi weergave apparatuur aan de andere kant.

"Een ketting is zo sterk als zijn zwakste schakel" geldt voor de totale geluidsketen en dus ook voor die schakels, waarvan de gebruiker zelf de kwaliteit kan bepalen: de HiFi installatie thuis.

De programmabronnen

Tot de programmabronnen rekenen we in chronologische volgorde van hun uitvinding de platenspeler (met arm en pickup element), de radio-ontvanger (tuner), de spoelenrecorder, het cassettedeck, de PCM adapter in combinatie met de videorecorder, de CD speler, de DAT recorder, de digitale compact cassette recorder en de MD (minidisc) recorder.

Met uitzondering van de tuner zijn deze programmabronnen gespecialiseerd in één ding: de op geluidsdragers (plaat, schijf of band) vastgelegde geluidsinformatie af te tasten, uit te lezen en op één of andere manier tenslotte in analoge, precies met de muziek overeenkomstige elektrische signalen om te zetten. Voor verdere verwerking worden die signalen aan de versterker doorgegeven.

De versterker

De versterker is de stuur-, regel- en krachtcentrale van elke HiFi installatie: hart en zenuwstelsel tegelijk. Gerekend naar de functie is hij in twee gedeelten te splitsen; niet zelden is die splitsing in een correctie voorversterker en een (kracht) eindversterker ook lijfelijk doorgevoerd. We spreken dan van een losse voor- en eindversterker. In een enkel geval is ook de netvoeding in een aparte behuizing ondergebracht. Wanneer voor- en eindversterker in één behuizing zijn ondergebracht, is sprake van een geïntegreerde versterker.

In de voorversterker worden de door de diverse programmabronnen geleverde elektrische signalen om te beginnen (voor)versterkt. De pickup ingang(en) hebben een of twee extra versterkertrappen, omdat magnetodynamische (MD) pickup elementen een circa 100x zwakkere spanning (enkele millivolts) afgeven dan de gangbare andere programmabronnen; het gemiddelde elektrody-namische p.u. element (MC voor Moving Coil) geeft slechts een spanning af, die op zijn beurt een factor 10 geringer is - en in microvolt wordt gerekend - dan bij een MD element. Extra versterking of de tussenkomst van een transformator is dan nodig.

De overige programmabronnen leveren spanningen in de orde van 750mV tot ruim 2V, eigenlijk genoeg om ze rechtstreeks op een eindversterker aan te sluiten.

De voorversterker doet echter meer. Behalve een schakelaar om de diverse programmabronnen te kiezen en kopiëren van banden met behulp van meerdere recorders mogelijk te maken, heeft hij regelaars voor het geluidsvolume, de stereo klankbalans en de hoge- plus lage- (soms zelfs ook de midden-) tonen.

Ook kunnen die signalen worden aangepast en gecorrigeerd. Bij LP weergave is dat een absolute noodzaak; daar moeten de hoge tonen worden verzwakt en de lage tonen bekrachtigd volgens de RIAA karakteristiek om het frequentieverloop te lineariseren. Een voorziening die is ingebouwd en die automatisch werkt.

Andere bedieningsorganen zijn bijvoorbeeld een "loudness" schakelaar, een fysiologische volumeregeling, die op lage volumeniveaus de luidsterkte aanpast aan de oorgevoeligheid en de "muting" knop, die het hele geluidsniveau 20dB verzwakt. Verder zijn er meestal filters: een ruis-, rumble- en soms subsonisch filter. En last but not least zijn er natuurlijk de diverse ingangen en uitgangen, waaronder eentje voor hoofdtelefoon.

Behalve de netschakelaar hebben de meeste eindversterkers nauwelijks bedieningsorganen. Hooguit nog eens een volume- en balansregeling en VU meters. Zijn taak bestaat uit het dusdanig versterken van de door de voorversterker geleverde gecorrigeerde signaalspanningen, dat het elektrisch vermogen met de nodige reserve groot genoeg is om met de luidsprekers de elektrische signaalsvorm weer in de mechanisch hoorbare vorm om te zetten.

De CD speler

Bij de CD speler hebben we als belangrijkste te maken met onderdelen als loopwerk, servosturing, optiek, D/A omzetter, filters, foutcorrectie en versterking.

Het cassettedeck

onderscheiden we in loopwerk (motoren, aandrijfas, bandgeleiding en kopjes), opname/correctieversterker, weergave/correctieversterker en ruisonderdrukkings schakelingen: Dolby B, C en sinds een paar jaar S; andere Amerikaanse en Duitse dynamiekverbeteraars als dbx hebben het niet gehaald. Ook de (Dolby) HX pro schakeling levert een bijdrage tot uitwisselbare kwaliteitsverbetering.

De DAT recorder

Ook bij de DAT recorder hebben we met een - complexer - loopwerk met correctieschakeling (ATF) te maken. En met een sampling generator, kwantiseringschakelingen, A/D en D/A omzetters, filters en versterkers.

De platenspeler en het spoelendeck

In dit relaas laten we de met geleidelijk uitsterven bedreigde platenspeler en de analoge spoelenrecorder buiten beschouwing.

De tuner en microfoon

In ons verhaal wordt geen aandacht aan de tuner en de microfoon besteed.

De luidspreker en hoofdtelefoon

De luidspreker is de moeilijkste component in de HiFi installatie. Het blijkt geen sinecure te zijn om het hele muziekspectrum in de juiste amplitude/frequentie verhouding homogeen, onvervormd en onverkleurd over te dragen. Geen wonder dat allerlei werkingsprincipes en bouwwijzen worden toegepast. In het algemeen geldt - naar analogie van orgelpijpen - dat de luidspreker groter moet zijn naarmate hij een betere basweergave moet leveren.

Het beoordelen van luidsprekerkwaliteit in de diverse detaildisciplines is het beste mogelijk tijdens directe A-B vergelijkingen. De evolutie van luidsprekers verliep naar verhouding langzamer dan die van de overige programmabronnen, waar de ontwikkelingen soms stormachtig verliepen, getuige de CD speler..

De **hoofdtelefoon** met zijn kenmerken van open/halfopen/gesloten constructie, zijn werking (elektrodynamisch, elektrostatisch, magnetostatisch) en zijn afwijkende impedanties (laag/middel/hoogohmig) vormt een onderdeel van de luidsprekerbijdrage.

De equalizer

Het kenmerk van de ware HiFi installatie is, dat hij onder andere alle hoorbare frequenties gelijk behandelt, dat hij met andere woorden lineair werkt. Menige luidspreker en heel wat

luisterruimtes vertonen eigenschappen, die in laatste instantie afbreuk doen aan het klinkend resultaat. Luidsprekers met een ongelukkige frequentiekaracteristiek, karig gemeubileerde ruimtes met veel beton, glas, parket of juist kamers met dikke, zachte vloerbedekking, kurk en dikke gordijnen aan de wanden, bezaaid met gepolsterd meubilair. In het ene geval is het klankbeeld kaal, hard, scherp, reflecterend, in het andere juist dof, zonder glans en brille. Bovendien zijn er meestal eigenrresonanties van luisterruimtes, die niet met een eenvoudige toonregeling kunnen worden gecorrigeerd. Daartoe moeten smalle frequentiebanden, bijvoorbeeld rond de 80Hz flink worden verzwakt en andere, hogere, mogelijk worden bekrachtigd.

Een equalizer maakt dergelijke correcties mogelijk. Dergelijke apparaten verdelen het frequentiebereik van 20-20.000Hz bijvoorbeeld in twintig delen, die elk afzonderlijk kunnen worden versterkt en verzwakt.

We onderscheiden zg. grafische en parametrische equalizers. Laatstgenoemde zijn de beste. Daarmee is namelijk niet alleen de steilheid van de versterking instelbaar, maar kan ook de frequentieband, waarin hij werkzaam is glijdend worden ingesteld. Wil men geen nieuwe niet-lineariteiten scheppen, is het nodig de instelling van zo'n equalizer te begeleiden met goede meetapparatuur. Om dergelijke kamerakoestische tekortkomingen te corrigeren of om voor bewuste weergave met een krom frequentieverloop bandjes voor weergave in de auto te kopiëren, kan een equalizer goed dienen. Anders is zo'n equalizer alleen maar leuk om gekke effecten te realiseren: met één handomdraai de hele Maastrichter Staar castreren....

Digitale cassetterecorder en Mini Disc recorder

Dit tweetal nieuwkomers komt aan de orde als sluitstuk - als praktische toepassing - van het hoofdstuk over datareductie.

De HiFi installatie

In minstens twee opzichten zijn HiFi installaties en modeltreinen vergelijkbaar: ze zijn in een veelvoud van onderdelen en aanvullingen leverbaar en hoe groter en geraffineerder ze zijn, des te meer geld kosten ze.

De meest gangbare bouwstenen van een muziekinstallatie bestaan thans uit versterker, tuner, CD speler en analoog cassette-deck. Uitbreiding met bijvoorbeeld een platenspeler, DAT recorder, dcc dito, MD recorder, satelliet tuner, Surround Sound combinatie, HiFi videorecorder en PCM processor behoort tot de mogelijkheden.

Er is vrijwel geen bouwsteencombinatie, die niet ooit is geprobeerd. De Preceiver bijvoorbeeld: een radio-ontvanger met ingebouwde voorversterker. Of zg. actieve luidsprekers: een luidspreker met ingebouwde eindversterker.

Aanvankelijk waren alle losse componenten uitgevoerd in een semi-professionele (19 inch rack) 42cm breedte. Integratie en

miniaturisatie van vooral elektronische bouwstenen en het dankzij de digitale technieken eclipsen van onderdelen als afstemschalen en -condensatoren + -spoelen bij radio's maakte het mogelijk om de apparatuur te verkleinen, eerst tot midi-formaat (30-36cm breedte), daarna tot mini (20cm).

De ware liefhebber bleef tot nu toe de grote breedte en de afzonderlijke componenten trouw. Ze hebben meer HiFi allure, presteren vaak beter, zeker als het om versterkers als echte krachtbronnen met de daarvoor noodzakelijke, royaal gedimensioneerde netvoeding gaat. Losse componenten zijn makkelijker te vervangen (ook bij reparatie), uit te wisselen, op te waarderen en aan te passen dan combi-apparaten en deels gebundelde torentjes.

Achtergrond

Het begrip HiFi dateert al uit de dertiger jaren, maar kreeg pas echte inhoud tijdens de voor geluidsheergave eerste revolutiejaren, zo tussen 1950 en 1970. Het was toen nog een vrij vaag begrip. Alle elektro-akoestische componenten, die gevoelsmatig een grote weergavekwaliteit bezaten, werden als HiFi spul gekwalificeerd.

Om wat orde op zaken te stellen, werden in die tijd her en der wat minimumvoorwaarden opgesteld, om het begrip te beschermen en op te waarderen. Tevens werden meetprocedures beschreven om het HiFi gehalte van apparatuur te kunnen bepalen en getalsmatig te kunnen beschrijven. De fabrieksspecificaties gingen zich ook daarnaar richten.

Zo stelde men bijvoorbeeld vast, welk frequentiebereik, hoeveel vervorming en zweving de diverse componenten binnen zekere toleranties moesten of mochten bezitten om als HiFi erkend te worden. In continentaal Europa werden vooral de DIN bladen 45.500 e.v. bekend. Momenteel is het de IEC, die de normen bepaalt en opwaardeert.

Zoals dat doorgaans met wetgeving het geval is: deze loopt meestal achter bij de feiten. Het bleek geleidelijk aan steeds eenvoudiger om aan die minimumvoorwaarden te voldoen, zodat het belang van die normen steeds geringer werd. De doodsklap was de introductie van digitale technieken in de audiowereld.

Bovendien viel deze samen met de geleidelijke verdwijning van platenspeler en pickup element - twee lastige onderdelen als het om kwaliteitsbeheersing gaat - en met het dankzij meer uniformiteit en verbetering bij de bandsoorten, ruisonderdrukking en stabielere loopwerken ook HiFi waardig worden van het cassettedeck.

HiFi normbepalende instanties

- DIN (Deutsche Industrie Norm, bladen 45.500 e.v.)
- ISO (International Standards Organisation)
- FTC (Federal Trade Committee)
- IEC (International Electrotechnical Commission)
- RIAA (Record Industries of America Association)

- NBS (National Bureau of Standards)
- IFPI (International Federation of Phonogram and Videogram Producers)
- SMPTE (Society of Motion Picture and Television Engineers)
- MPEG (Motion Picture Expert Group)
- EBU (European Broadcast Union)
- JTC (Japan Trade Commission)
- AES (Audio Engineering Society)

	UKW-Empfangsteil (Tuner) Blatt 2	Verstärker- Anlagen Blatt 6	Magnetband- geräte Blatt 4	Plattenspieler Blatt 3	Lautsprecher Blatt 7	Mikrofone Blatt 5
Klirrfaktor	$\leq 2\%$ bei 1 kHz u. 40 kHz Hub	$\leq 1\%$ 40-12500 Hz bei Leistungs- abfall auf 50 % an den Bereichs- enden	$\leq 3\%$ bei 333 Hz Voll- aussteuerung		$\leq 3\%$ 250-1000 Hz < 1 % ab 2 kHz	$\leq 1\%$ bei 10 Pa (= 100 μ b) 250-8000 Hz
Übertragungsbereich	min. 40-12500 Hz	min. 40-16000 Hz	min. 40-12500 Hz	min. 40-12500 Hz	min. 50-12500 Hz	min. 50-12500 Hz
Intermodulation		3 % mit 250 Hz und 8 kHz bei Vollaussteuerung Amplitudenverh. 4:1		< 1 % Frequenz- intermodulation bei -6 dB		
Kanalungleichheit	≤ 3 dB 250-6300 Hz	≤ 3 dB 250-6300 Hz		≤ 2 dB bei 1 kHz		≤ 3 dB 250-8000 Hz
Übersprech- dämpfung	≥ 26 dB 250-6300 Hz ≥ 15 dB 6300-12500 Hz	> 40 dB bei 1 kHz > 30 dB bei 250-10000 Hz	> 60 dB bei Mono-Doppel- spur > 25 dB bei Stereo (500-6300 Hz)	≥ 20 dB bei 1 kHz ≥ 15 dB bei 500-6300 Hz		
Fremdspannungs- abstand	≥ 46 dB	≥ 50 dB bei 100 mW 40-15000 Hz	≥ 43 dB	≥ 35 dB bei 1 kHz		
Geräusch- spannungsabstand	≥ 54 dB		≥ 48 dB	Rumpeln ≥ 55 dB		
Geschwindigkeits- abweichung			$\leq \pm 1,5\%$	+ 1,5 % - 1,0 %		
Gleichlauf- schwankungen			$\pm 0,2\%$	$\pm 0,2\%$		

Tabel met minimumeisen voor de kwaliteitscriteria van de diverse audiocomponenten volgens DIN 45 500.

Beletselen bij HiFi weergave

In het ideale geval zou het geluid op zijn weg door de elektro-akoestische keten van microfoon tot luidspreker of hoofdtelefoon geen averij mogen oplopen en in de huiskamer even fraai moeten klinken als in de zaal of de opnamestudio. Dat ideaal is onbereikbaar, omdat een aantal handicaps bestaat bij de signaalverwerking en -doorgifte.

Het ergste is vervorming. Van vervorming is sprake wanneer het frequentieverloop van het oorspronkelijke geluid na het doorlopen van de keten een afwijking ten opzichte van het origi-

neel vertoont. Men onderscheidt lineaire en niet-lineaire vervorming.

Lineaire en niet-lineaire vervorming

In elke component van de opname- en weergaveketen treedt vervorming op. Van lineaire vervorming is sprake, wanneer afwijkingen van het idealiter rechte, of anders tevoren op bepaalde gronden gekozen frequentieverloop van 20-20.000Hz sprake is. Met een equalizer en een toonregeling worden bijvoorbeeld bewust - naar smaak of ter correctie - dergelijke elementaire non-lineariteiten gecreëerd. Vooral oudere apparatuur met een begrensd frequentiebereik vertoont nogal lineaire vervorming. Bij pickup elementen, cassettedecks en luidsprekers zijn ze onvermijdelijk, bij versterkers en digitale programmabronnen kunnen ze verwaarloosbaar gering zijn.

Lineaire vervorming wordt vooral veroorzaakt door frequentie-afhankelijke elektronica onderdelen zoals condensatoren en spoelen, die afzonderlijk of in combinatie afwijkingen van die lineariteit veroorzaken.

Eigenlijk vorm de eis van een lineaire frequentiekenarakteristiek de meest elementaire in de HiFi wereld. Een aan één der versterkingen aangeboden sinustoon met constante amplitude, die per toongenerator het hele frequentiebereik van 20 tot 20.000Hz doorloopt, ziet er in het frequentie/amplitude diagram uit als parallel van de frequentie-as.

Het frequentieverloop van die versterker is dan lineair, wanneer ook aan de luidsprekeruitgang dat glijdende sinussignaal weer als exacte parallel op het oscilloscoopscherm verschijnt.

Bij de meeste puur elektronische componenten is dat tegenwoordig met een tolerantie van enige honderden van een dB het geval.

De lineariteit van een pickup element is vooral afhankelijk van de snoerlengte en -dikte en meer nog van de juiste keuze van de afsluitimpedantie en -capaciteit.

Recorders kunnen vaak nodeloos lineariteits afwijkingen vertonen. Inregeling op de gebruikte bandsoort en afstelling van het werkpunt en de Dolby gevoeligheid dragen bij tot linearisatie.

De luidspreker als schepper van wezensvreemde formanten

Moeilijker en vrijwel onoplosbaar is de situatie bij luidsprekers en hoofdtelefoons. Bij luidsprekers moeten we het frequentieverloop vertalen in geluidsdrukcurve. De ideale luidspreker zou onder andere de glijdende sinus moeten omzetten in een rechte geluidsdrukcurve. Een luidspreker, die aan deze voorwaarde voldoet, bestaat nog niet.

Met name treden in het basgebied uitgesproken resonanties op, die onherroepelijk tot klankvervalsing leiden.

Heel kritisch reageert het oor op non-lineariteiten in het gebied tussen 1000 en 5000Hz. Daardoor worden formanten geac-

centueerd of juist verdoezeld, verkleurt een fluit richting hobo en verandert het timbre van een zangstem. Bach zei al "Maak de kwint zuiver", de luidsprekerontwikkelaar moet vooral zorgen, dat "het middengebied zuiver is".

Van niet-lineaire vervorming is sprake wanneer kunstmatige boventonen ontstaan, die in het oorspronkelijke geluid niet voorhanden waren. Niet-lineaire vervorming is kwalijker dan lineaire vervorming, omdat hij nauwelijks kan worden gecorrigeerd. Omdat de amplitudes en de verdeling van dergelijke boventonen de klankkleur van een muziekinstrument bepalen, veranderen dergelijke kunstmatige boventonen die klankkleur. Gelukkig gebeurt dat pas wanneer die boventonen afzonderlijk of in hun totaliteit bepaalde drempelwaardes overschrijden; ze zijn storender naarmate ze van hogere orde zijn.

Niet-lineaire vervorming ontstaat in elektronische onderdelen met niet-lineaire karakteristiek, zoals radiobuizen, transistoren, maar ook luidsprekers. Worden dergelijke componenten met een zuivere sinus aangestuurd, dan is de uitgangsspanning niet meer sinusvormig: er zijn nieuwe spanningen met andere frequenties toegevoegd.

Een maat voor deze kunstmatige boventonen zijn de via verschillende meetmethodes bepaalde harmonische vervorming, intermodulatie vervorming (IM), en transient intermodulatie vervorming (TIM) als belangrijkste vormen. Van harmonische vervorming is sprake wanneer het om hele veelvouden van de grondtoonfrequentie gaat. De grootte van de vervorming wordt aangegeven als verhoudingspercentage van die harmonische spanningen tot de totale spanning aan de uitgang van het apparaat wanneer aan de ingang een zuivere sinustoon wordt gevoed (doorgaans van 1kHz). Deze verhouding wordt harmonische vervorming genoemd (E THD Total Harmonic Distortion en D Klirrfaktor) en dus in % uitgedrukt.

effectieve waarde van alle boventonen
 Harmonische verv. $k = \frac{\text{eff. waarde van grondtoon + boventonen}}{\text{eff. waarde van grondtoon + boventonen}}$

$$k = \frac{\sqrt{U^2(2f) + U^2(3f) + \dots + U^2(n \cdot f)}}{\sqrt{U^2(f) + U^2(2f) + U^2(3f) + \dots + U^2(n \cdot f)}} \cdot 100\%$$

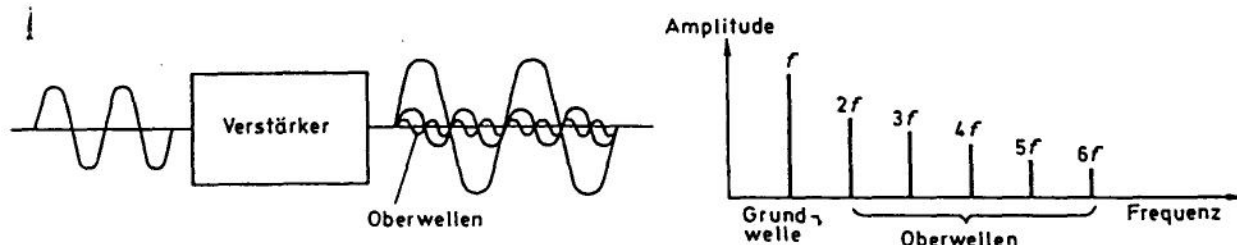


Fig. 1. Principeschets van een frequentiespectrum ter verklaring van het ontstaan van harmonische vervorming.

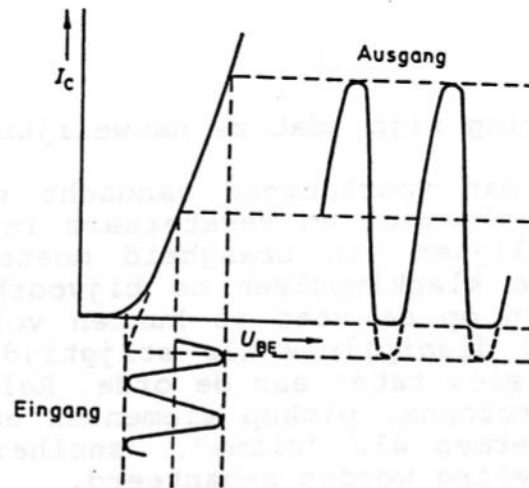


Fig. 2. Wanneer een kromme stroom/spanningssignaal wordt aangestuurd met een zuivere sinus, loopt het uitgangssignaal vervorming op.

Een harmonische vervormingswaarde van 3% betekent, dat het aandeel ongewenste boventoonamplitudes in de totale spanning 3% bedraagt.

Wanneer - wat bij muziekweergave altijd het geval is - twee of meer frequenties gelijktijdig worden verwerkt, treden in de genoemde componenten ook combinatie-tonen, som- en verschil-tonen - op. Bij grondtonen van bijvoorbeeld 4kHz en 400Hz kunnen bv. tonen met een frequentie van $4\text{kHz} + 400\text{Hz} = 4,4\text{kHz}$ en/of $4\text{kHz} - 400\text{Hz} = 3,6\text{kHz}$ ontstaan.

Omdat het hier om onharmonische vervorming gaat, is bij IM vervorming van een ernstige signaalvervuiling sprake.

$$\text{IM vervorming } m = \frac{\text{eff. w. v.d. som van alle mengproducten}}{\text{eff. waarde van de spanningsmeting}}$$

$$m = \frac{\sqrt{[U(f_2 - f_1) + U(f_2 + f_1)]^2 + [U(f_2 - 2f_1) + U(f_2 + 2f_1)]^2}}{U(f_2)} \cdot 100\%$$

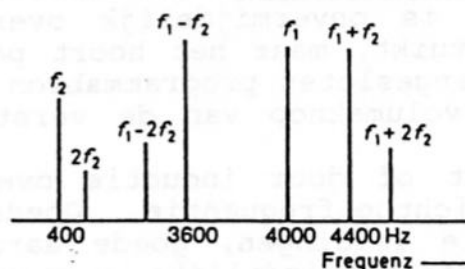


Fig. 3. Frequentiespectrum bij intermodulatievervorming.

TIM vervorming treedt met name op bij (sommige slecht geconci-pieerde) versterkers en is heel impopulair, omdat hij in de vorm van schril geluid al hoorbaar kan worden, wanneer de

amplitudes nog zo gering zijn, dat ze nauwelijks met zekerheid meetbaar zijn.

Een ander probleem, dat voortdurend aandacht vraagt, is dat transducenten in het algemeen en versterkers in het bijzonder razendvlug, zonder blijken van traagheid moeten reageren op het aanbod van steile klankimpulsen om bijvoorbeeld de inzet van muziekinstrumenten op de voet te kunnen volgen. Bij versterkers zijn daarbij disciplines als stijgtijd, impulsvermogen, "DC Offset" en "slew rate" aan de orde. Relatief moeilijker ligt het bij microfoons, pickup elementen en vooral luidsprekers, waar ook termen als "ritme", "snelheid" en "temperament" bij de beoordeling worden gehanteerd.

Bij pickup elementen kenden we het fenomeen van de FIM: frequentie-intermodulatie vervorming; zo bestaan nog wel meer toegespitste varianten.

Om dergelijke kunstmatige boventonen te verhinderen of ze tenminste zo gering te houden, dat ze zich niet hoorbaar manifesteren, zijn sinds jaar en dag mensen uit de ontwikkelingslaboratoria van de HiFi industrie in de weer.

Versterkers vertonen bij oversturing een verschijnsel, dat clipping wordt genoemd. Omdat de netvoeding en de eindtransistoren het energie-aanbod niet kunnen verwerken, raakt - om het meest simpele voorbeeld te kiezen - de zuivere sinusvorm van het golfpatroon aangetast: de sinussen worden afgeplat, wat een heel gemeen klinkend geluid tot gevolg heeft. In de meest dramatische vorm wordt zo'n sinus zover afgeplat, dat inplaats van een wisselspanning een gelijkspanning aan de versterker uitgang ontstaat. Dat nu is fataal voor een luidspreker, die dan mooi in rook opgaat.

Ook elders leiden oversturing of overmodulatie tot hinderlijk hoorbare vervorming. Overmodulatie bij grammofoonplaten (Tschaikovsky's Ouverture 1812 door Kunzel op Telarc) leidt tot groefspringen; ook bij bandopnamen moet men liefst niet te ver uitsturen om vervorming te voorkomen.

Geringere euvels in de HiFi weergave zijn het optreden van ruis, brom en hoogfrequentstoringen. Een meestal verwaarloosbaar klein ruisaandeel is onvermijdelijk overal daar, waar transistoren worden gebruikt, maar het hoort pas waarneembaar te worden wanneer bij aangesloten programmabron zonder dat van weergave sprake is de volumeknop van de versterker helemaal "open" staat.

Brom bestaat uit direct of door inductie overgedragen 50Hz componenten van de lichtnetfrequentie. Goede afscherming, vermijden van parallelle leidingen, goede aarding (of juist niet: dat is een proefondervindelijke vaststelling via de methode van trial and error), voorkomen van aardlussen biedt meestal uitkomst. Van een aardlus is sprake, wanneer twee apparaten onderling meervoudig zijn geaard en een potentiaalverschil tussen beide aardpunten optreedt en wanneer brom wordt opgepikt van LF magnetische velden.

Naarmate het lichtnet in toenemende mate de gevraagde

230V/50Hz wisselspanning vervuult, kan het nuttig zijn een effectief, goed opgezet netfilter te gebruiken.

Hoogfrequent instraling zorgde vroeger bij topklasse versterkers met een bandbreedte tot aan het MHz bereik wel, dat via de pickup ingang niet alleen LP weergave kon worden beluisterd, maar bijvoorbeeld ook Radio Cyprus. Toepassing van ferrietkralen of ferriet filters aan de ingang verhinderde dat. Ferrietfilters kunnen om netsnoeren en signaalkabels worden aangebracht om radiozenders en andere HF stoorbronnen te weren.

Schakelklikken van belendende apparatuur - vaatwassers, wasmachines, de verwarmingsthermostaat e.d. - kunnen meestal aan de bron worden bestreden door een condensator over de schakelaar in kwestie te monteren.

HiFi en de sociale woningbouw

Zoals we elders zagen, is het oor een allesbehalve ideale HiFi ontvanger. Geen spoor van lineariteit en hoe geringer de luidsterkte, des te minder de waarneming van de hoogste en laagste tonen: de klankbalans wordt naar het middengebied verschoven.

Eén van de eerste beperkende consequenties van dit gegeven is, dat het ideaal van HiFi weergave alleen bij ongeveer de oorspronkelijke luidsterkte mogelijk is. Dat is een onmogelijkheid, want niemand kan zich veroorloven om zijn popmuziek, zijn Mahlersymfonie, Puccini-opera of Liszt pianotranscriptie via een Bösendorfer Imperialvleugel met een pittige 80, 90 en tijdens de geluidspieken zelfs 100 foon weer te geven zonder de buurt op stelten te zetten.

Het maakt wel, dat verkoopleuzen als "De concertzaal thuis" met de nodige korrelen zouts moeten worden gerelativeerd.

Fysiologische sterkteregeling

Om in spiegelbeeld het effect van het verloop van de isofonen te corrigeren, bevat menige versterker een "Loudness" schakelaar. Een misleidende naam, die suggereert, dat het een pure, extra volumeknop is. De gemiddelde loudness schakeling werkt los van de volumeregeling en haalt de laagste en hoogste tonen op vrij grove wijze op.

Mooier is een echte, in de volumeregeling geïntegreerde fysiologische sterkteregeling, die continu en goed aangepast dit effect subtieler bereikt.

Minder bekend is, dat wie luider dan het origineel afluistert, ook moet corrigeren. In het basbereik scholen de isofonen samen, waardoor in het lage tonen gebied een niveauverandering aan de baskant een grotere verandering van de luidheid veroorzaakt dan in de hogere frequenties.

Een toename van het geluidsdrukniveau bij 50Hz van 60 tot 90dB komt overeen met een toename van de luidsterkte van 35 tot 75 foon, maar daarentegen bij 1kHz van slechts 60 tot 90 foon. Het gevolg is, dat bij erg hoge geluidsniveaus de luidspre-

kerweergave te basrijk wordt, zonder dat de luidsprekers daar wat aan kunnen doen.

De concertzaal thuis

We stelden al vast, dat "De concertzaal thuis" een utopie is. Het drievoudig pianissimo van een volledig bezet symfonie orkest gaat doorgaans onder in de akoestisch stoorniveau van een concertzaal (verkeerslawaaï, airconditioning, zaalrumble). Zelfs als het altijd onrustig publiek extreem gedisciplineerd is, daalt dat niveau nauwelijks onder de 40dB.

Bij fortissimo uitbarstingen van dat orkest bereikt het geluidsniveau's van meer dan 100dB. De dynamiekomvang is daarom ruim 60dB.

Bij Compact Disc en DAT bedraagt de dynamiekomvang voor weergave 80dB, die echter zelden ten volle wordt benut. Maar mits de versterker krachtig genoeg is en de luidsprekers hoog belastbaar zijn, is het in principe mogelijk om deze dynamiekomvang in de huiskamer te reproduceren.

Geen wonder, dat al tijdens de opname wordt gezorgd voor een aangepaste "huiskamer dynamiek". Dat is natuurlijk heel eenvoudig mogelijk door comprimatatie toe te passen: de luidste gedeelten worden verzwakt, de zachtste om toch een dramaturgisch effect te bewaren, versterkt. Op deze manier blijft de psycho-akoestische werking van de dynamiek in een compromis oplossing tenminste behouden.

Metten is weten; filters zorgen voor oorcorrecties

De enige zuiver objectieve vergelijkingsmogelijkheid tussen HiFi componenten wordt geboden door metingen. Om dat op een bruikbare en realistische manier te doen voor het gemiddelde oor, moet gebruik worden gemaakt van filters.

Zo zijn onze oren het gevoeligst voor zweving (toonhoogtefluctuaties) als de modulatiefrequentie 4Hz bedraagt. Zwevingswaarden hierboven of hieronder registreert het oor minder kritisch. Als ze boven de 4Hz liggen, horen we dat als een verruwing van de klank.

Verder is bekend, dat het oor het gevoeligst voor zweving is, als deze zich voordoet in het frequentiegebied van 1 tot 4kHz.

Daarom gebeurt de zwevingsmeting van platenspelers en analoge spoelen- en cassetterecorders met een draagfrequentie van 3.150Hz, waarbij tussen het meetapparaat en het te meten object een weegfilter is opgenomen.

Tot de standaard meetapparatuur behoren een toongenerator, meetmicrofoons, meetzender, digitale multimeter, frequentie analysator, filters en zware afsluitweerstand, dubbelstraals oscilloscoop, test- en meet CD's en banden.

Fig. 4. laat de karakteristiek van dat weegfilter zien. Het laat een zweving van 3 tot 4Hz ongemoeid door, maar zwakt hogere en lagere waarden progressief af overeenkomstig de oorgevoeligheid.

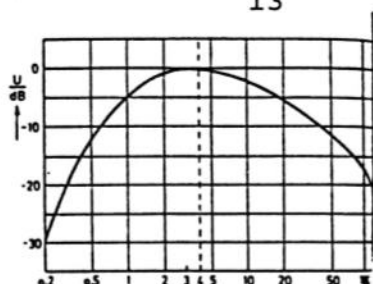


Fig. 4. Karakteristiek van het weegfilter bij zwevingsmeting.

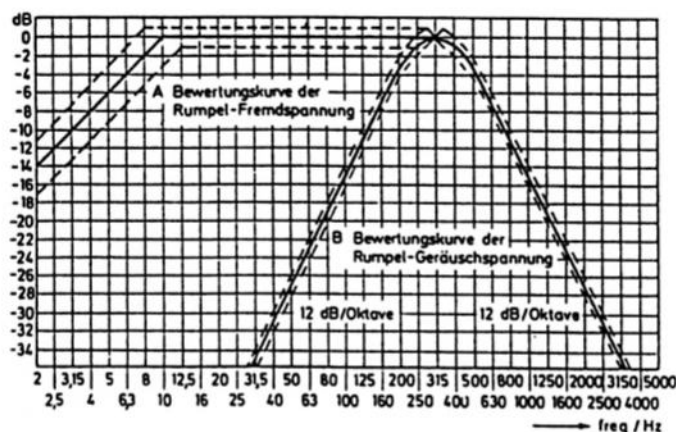


Fig. 5. Karakteristieken van de filters bij het meten van rumble lineair en gewogen.

Fig. 5. illustreert, dat ook bij het meten van rumble aan platenspelers een filter te pas komt. Er is een lineaire en een gewogen meting. Bij de voor onze ooreigenschappen gecorrigeerde gewogen meting laat het filter rumblespanningen tussen 250 en maximaal 400Hz naar het meetapparaat door, terwijl het de voor het oor minder relevante hogere en lagere frequenties met een flanksteilheid van 12dB/octaaf verzwakt.

De meting van de lineaire rumble houdt geen rekening met de afnemende oorgevoeligheid naar de laagste frequenties toe. Daarom blijft het filter tot 8Hz lineair werken. In het algemeen worden alle "gewogen" signaal/ruisverhouding metingen in afhankelijkheid van het oor uitgevoerd, terwijl daarmee bij de lineaire metingen geen rekening wordt gehouden. Vandaar, dat de altijd ettelijke dB hoger uitkomende gewogen S/R waarden er altijd gunstiger, "mooier" uitzien, dan de lineaire.