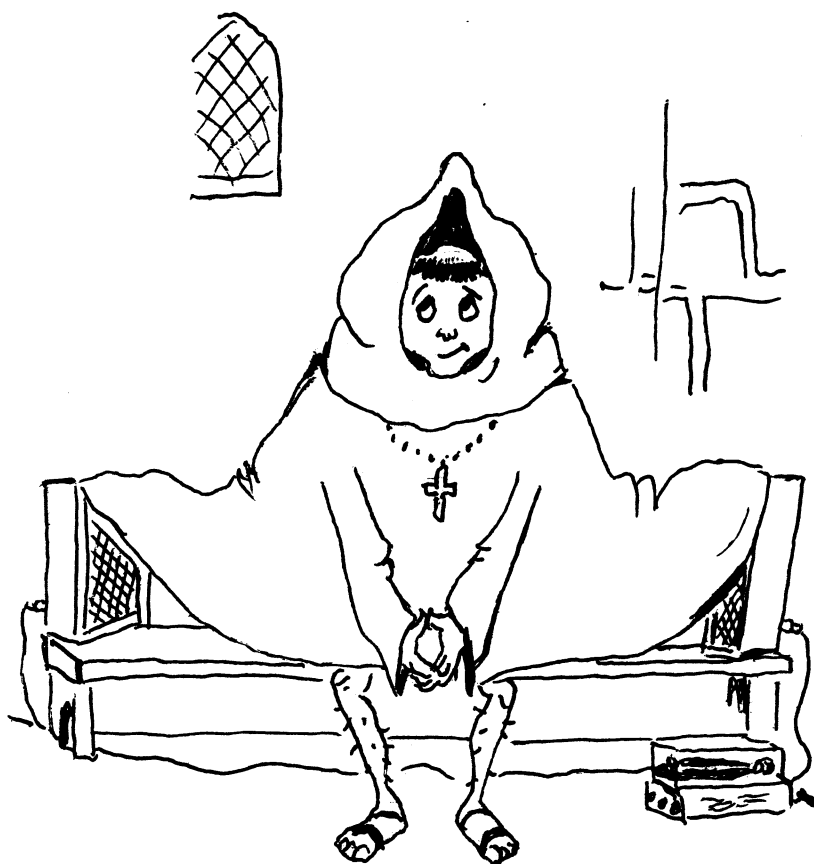


ORTOFON

HI-FI grundkursus I

ORTOFON

HI-FI grundkursus I



Copyright Ortofon 1972. Redaktion: Erik Toft.

Gengivelse helt eller i uddrag, må kun finde sted efter
skriftlig tilladelse.

Kompendiets kapitelfortegnelse.

Forord.

- Kapitel 1. Hi-Fi og stereo, Erik Toft, Ortofon
Kapitel 2. Opbygningen af et musikanlæg, Erik Toft, Ortofon.
Kapitel 3. Elementærkursus i elektronik, ing. H.Høffner, Ortofon
Erik Toft, Ortofon.
Kapitel 4. DIN 45500, Erik Toft, Ortofon.

Musikanlæggets komponenter:

- Kapitel 5. Forstærkere, overing. T.Vestergaard, Ortofon.
Kapitel 6. Tunere, red. Knud Søndergaard, Populær Elektronik.
Kapitel 7. Receivere, Erik Toft, Ortofon.
Kapitel 8. Pladespillere, ing. H.Høffner, Ortofon.
Kapitel 9. Båndoptagere, Peter Kristiansen, Populær Radio & TV.
Kapitel 10. Højttalere, Sten Rahbæk Nielsen, High Fidelity.
Kapitel 11. Pick-up'er, civ.ing. H.Schmidt Madsen, Ortofon.

Musikanlæggets sekundære komponenter:

- Kapitel 12. Dolby"B" systemet, overing. T.Vestergaard, Ortofon.
Kapitel 13. 4-kanal anlæg, Erik Toft, Ortofon.
Kapitel 14. Mikrofoner, civ.ing. H.Schmidt Madsen, Ortofon.
Kapitel 15. Hovedtelefoner, civ.ing. H.Schmidt Madsen.

Kapitel 16. Tilpasning af anlæg, Erik Toft, Ortofon.

Branchens soft-wares:

- Kapitel 17. Grammofonplader, overing. T.Vestergaard, Ortofon.
Kapitel 18. Bånd, overing. T.Vestergaard, Ortofon.

Kapitel 19. Hvad bringer fremtiden, Erik Toft, Ortofon.
Kapitel 20. Kursus i salgsteknik, Erik Toft, Ortofon.

Teknisk ordliste.

Tegnforklaring.

Litteraturliste.

Forord

Dette kompendium er undervisningsgrundlaget for de følgende 48 timers undervisning, men det er ment som mere end det. Det er udformet og disponeret, så det kan tjene som opslagsværk de næste mange år. Du vil under undervisningen og ved hjemmearbejdet i den grad "komme ind" i stoffet, at du i kompendiet i tvivlstilfælde i dit daglige arbejde hurtigt vil kunne finde svarene på de fleste af de problemer, der vil opstå. Denne basisviden vil virke som et fundament for dit salgsarbejde, en viden der vil give sig udslag i øget selvsikkerhed og dermed gøre dig til en bedre og mere tilfreds sælger.

Vi hos Ortofon tror ikke, at vi med dette Hi-Fi kursus har præsteret jordens ottende vidunder, vi vil tværtimod gerne have reaktioner og konstruktiv kritik.

Lad os høre fra dig, når kurset er afsluttet, og det hele er kommet lidt på afstand.

På den måde vil vi kunne komme frem til at lave et endnu bedre kursus.

Med venlig hilsen
Erik Toft, Ortofon

Kapitel 1

Hi-Fi og stereo

Hi-Fi begrebet

Lige siden de første grammofooner omkring århundredeskiftet begyndte at skratte deres første rustne budskaber i ørerne på en højst forbavset offentlighed, har der eksisteret en uafbrudt higen efter bedre, klarere og finere metoder til at optage og gengive lyd - som regel musik.

Ikke desto mindre er de virkelig afgørende nyskabelser dukket op indenfor de to sidste årtier, LP-pladen, stereofoni, FM-udsendelser, transistor- og solid-state-teknikken - og sidst 4-kanal gengivelse.

Vi er i dag nået til et stade, man ikke kunne forestille sig for tyve år siden - og det samme vil man sige om endnu tyve år. I mellemtiden har vi al god grund til at være tilfreds med det, der er nået.

Koncertsalen er endnu ikke rykket ind i dagligstuen, når man lægger "Svanesøen" på pladespilleren, men selv på et middelhøjt anlæg er der sket en pokkers god tilnærmelse.

Hi-Fi og stereo.

Her må man gøre en klar adskillelse af de to begreber, idet de ofte, ihvertfald af publikum, forveksles og sammenblandes.

High Fidelity eller i daglig tale Hi-Fi, hvilket nærmest må oversættes til "høj troværdighed", stiller samme krav som den der sværges af vidnerne i en amerikansk retssal: "the truth, the whole truth and nothing but the truth". Målet for Hi-Fi gengivelse er at optage og gengive lyd, hovedsagelig musik, nøjagtigt som det blev spillet af musikeren uden at tilføje noget og uden at undlade noget.

Hvor enkelt og nemt det end lyder, man er ikke nået dertil - endnu. Stereo derimod betyder, at lyden er optaget og bliver gengivet via to kanaler med henblik på at opnå en rumlig fornemmelse. Stereo er det samme for øret som 3-d film er for øjet. Eller for at fortsætte i samme analogi, Hi-Fi står for klare skarpe og uforvrængede billeder, stereo står for bredde og dybde, eller skal vi sige rumlig fornemmelse.

Desværre er disse tvende ikke siamesiske tvillinger.

Mindre end 30 % af Danmarks stereoanlæg kan leve op til betegnelsen Hi-Fi, såvel som der er monoanlæg - selv om de efterhånden er sjældne - der fuldt ud opfylder alle krav til at fortjene betegnelsen Hi-Fi. Det ideelle Hi-Fi anlæg er endnu ikke konstrueret, og det varer mange år før det sker. Mellem kunstneren i studiet og lytteren i sin stue er der en lang og kompliceret kommunikationskæde, der trækker lidt fra her og lægger lidt til der. Denne trækken fra og læggen til er netop, hvad det hele drejer sig om. For hvert teknologisk fremskridt kommer vi målet 100 % naturtro gengivelse nærmere.

Hi-Fi og "levende lyd".

Om dette mål kan nåes 100 %, og om det overhovedet er ønskeligt, er en anden sag. Hi-Fi, spillet på et godt anlæg, har noget, den "levende lyd", f.eks. hørt i en koncertsal, mangler - nemlig uafhængighed.

Den der ønsker at høre et stykke musik kan med et Hi-Fi anlæg selv bestemme hvor, hvornår, hvad, med hvem og hvor ofte. Set fra dette synspunkt er Hi-Fi ikke et alternativ til den "levende lyd", men et supplement.

Dette leder frem til en anden almindelig misopfattelse, der går igen i alt for mange annoncer: at et godt Hi-Fi anlæg bringer koncertsalen ind i dagligstuen. Det er simpelthen ikke rigtigt, og det ville være skidt, om det var. Det er nemlig således, at en meget stor del af verdens berømte musikstykker ikke er skrevet med henblik på at skulle præsenteres for publikum i en koncertsal. Kammermusik kræver det lille rums intime atmosfære. Bach skrev sine orgelværker som kirkemusik. Sousas marcher skal spilles under åben himmel ligesom Tchaikowskys 1812 ouvertur, hvor kanonbragene ville blæse vinduerne ud i alverdens koncertsale.

Nej - Hi-Fi skal ikke bringe koncertsalen ind i dagligstuen, den skal bringe musik derind, og det gør dagens Hi-Fi anlæg på fremragende vis.

Hvordan man vælger et Hi-Fi anlæg.

Medens vi er igang med at gøre op med misopfattelser, er der en anden, vi gerne vil have ramt en pæl igennem. Den lyder i folkmunde: "Når man skal vælge et Hi-Fi anlæg, er det bedre at stole på sit eget øre end fabrikkens specifikationer". Den er let at gøre op med. Fortæl simpelthen kunden, at han til hverdag er udsat for alle former for "low-fi". Juke-boxens basoverdrevne buldren,

billige transistorradioers brægen og almindelige radioer og TV-apparaters utilstrækkelige højttalere.

Hi-Fi novicen, førstegangskøberen - og ham er der flest af - har simpelthen ikke haft lejlighed til at træne og udvikle sit øre. Erfaringen viser, at han ofte vil foretrække et "imponerende" anlæg - for det meste med overdreven basgengivelse og dårlig brillians. Efterhånden som hans øre udvikles, og han får lejlighed til at sammenligne sit anlæg med andres, bedre, anlæg, vil han ønske at skifte ud. Sådan en udskiftning koster penge. O.K. fortæl førstegangskunden alt dette, sælg ham et ordentligt anlæg der passer til hans pengepung. Det skylder enhver ordentlig Hi-Fi sælger sig selv, sit firma og kunden. At sælge kunden et dårligt anlæg, for ikke at risikere en sikker handel, vil altid være en dårlig politik i det lange løb.

Med disse bemærkninger er vi nu nået til det egentlige i dette kompendium. Hvordan man som sælger hjælper kunder af enhver kategori og med enhver pengepung at vælge det rette anlæg. Vi, hos Ortofon, ønsker selvfølgelig at sælge Hi-Fi stereoudstyr på så seriøst et grundlag som muligt, og hensigten på kurset er at forsyne sælgeren i de forretninger, der er vore kunder, med netop så megen teknisk baggrund, at han til enhver tid kan give sine kunder mulighed for at træffe det rigtige valg.

I de følgende kapitler vil vi skridt for skridt behandle alle de emner, man kan komme ud for som sælger af Hi-Fi.

Vi har prøvet at undgå at blive alt for tekniske uden dog at overpopularisere problemerne.

Kapitel 2.

Opbygningen af et musikanlæg.

Hvad sker der med lyden, fra den bliver optaget i studiet og til den når lytteren i hans stue. En kort gennemgang af denne "kæde af begivenheder" opstillet i "Diagramform" kan nok være til nogen nytte om ikke for andet så for at henlede opmærksomheden på de mange transformationer - og de dermed ledsagende vanskeligheder - lyden må gennemgå.

Et musikanlæg - stereoanlæg - kan i princippet deles op i tre funktioner:

1. En lydkildefunktion
2. En forstærkerfunktion
3. En gengiverfunktion

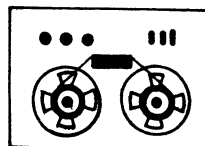
Disse funktioner kan igen yderligere deles op i forskellige udformninger:

ad 1. Lydkilden kan være en:

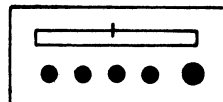
Pladespiller



Båndoptager



Tuner

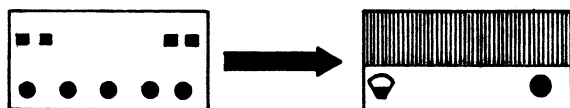


Mikrofon

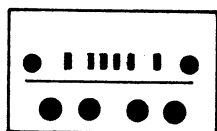


Det er de færreste audiophiler, eller skal vi sige Hi-Fi entusiaster, der nøjes med blot én af lydkilderne, som oftes har de flere eller alle.

ad 2. Forstærkeren kan enten være udformet som:

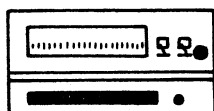


Separat for- og slutforstærker



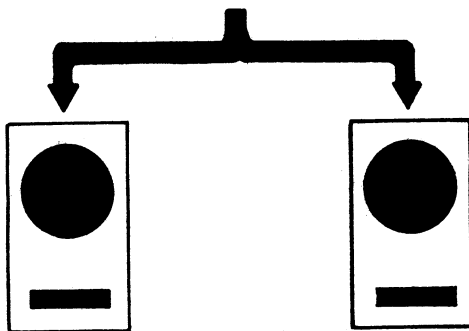
Integreret forstærker

eller det kan være en integreret forstærker bygget sammen med den ene af lydkilderne:



Tuneren - den moderne betegnelse for denne er en receiver.

ad 3. Gengivelse kan ske enten via:



to højttalere
eller



et sæt hovedtelefoner.

Et stereoanlæg kan som en naturlig følge af foranstående opbygges på flere forskellige måder, og vi vil her vise de vigtigste i diagramform:

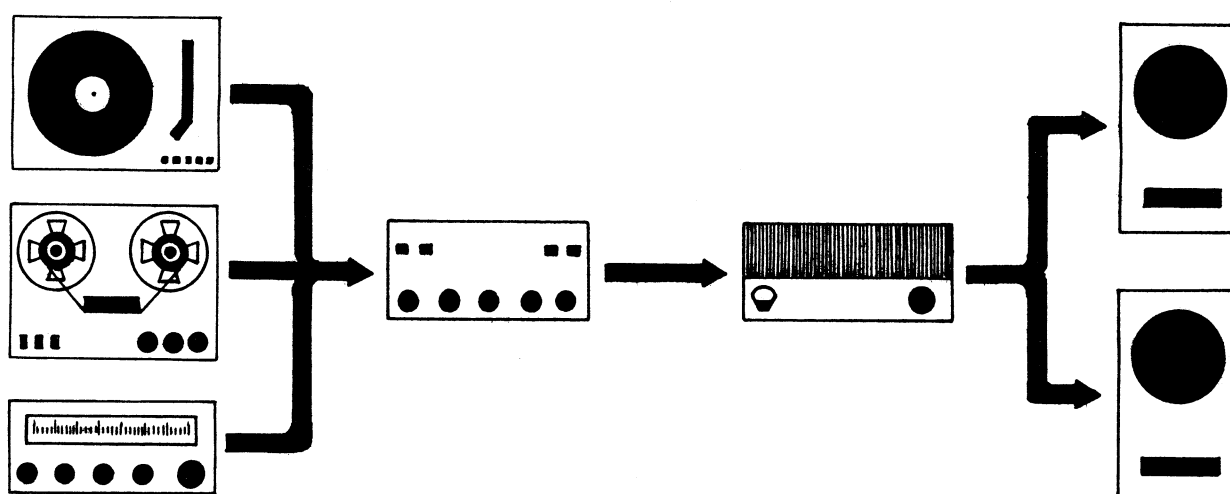


Fig. 1. Et stereoanlæg i sin mest opdelte form.

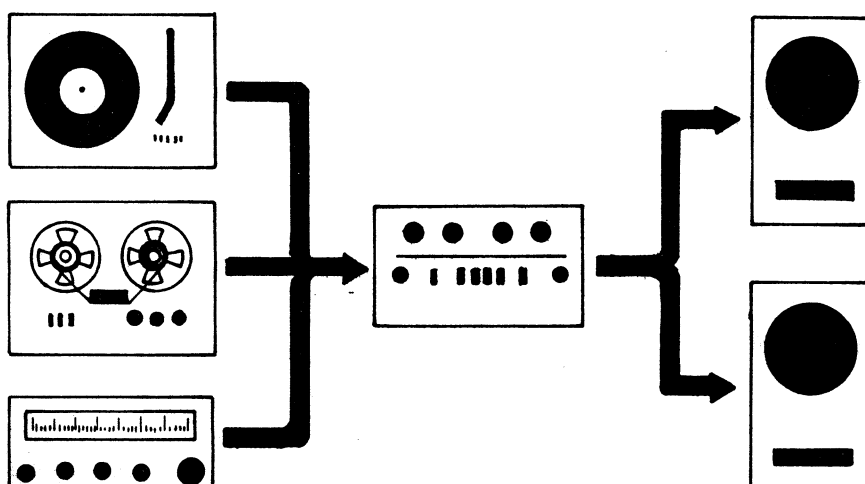


Fig. 2. Som ovenstående, men med integreret forstærker.

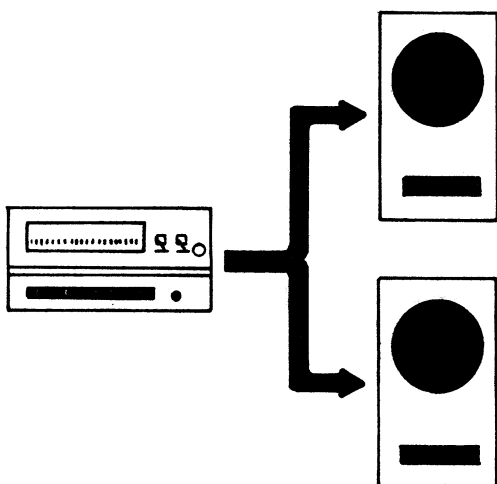


Fig. 3

Her er tuneren bygget sammen med forstærkeren således, at det er en receiver, der er hjertet i dette anlæg.

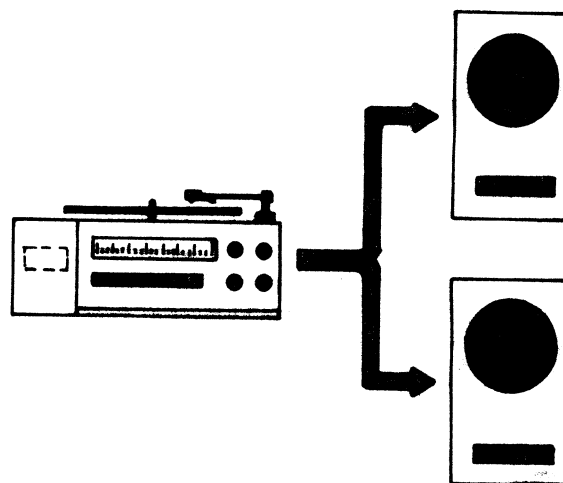


Fig. 4

Et anlæg som dette går under betegnelsen compact-anlæg. Disse anlæg er sjældent af høj kvalitet.

Hvilken af de ovenstående former man vælger er bl.a. et spørgsmål om grad af perfektionisme, smag, plads og økonomiske hensyn.

Det optimale er en separat forforstærker, et elektronisk delefilter og tre separate slutforstærkere. Det er en ret dyr løsning, og mindre kan vel gøre det. Den mest populære løsning er den som er vist i fig. 3 - og det med rette. Den er, hvad angår pris, plads og kvalitet, det bedste kompromis, og tendensen går mere og mere bort fra den separate forstærker til fordel for receiveren.

Et compactanlæg derimod kan ikke accepteres som rigtig high-fidelity. For det første er langt de fleste af de markedsførte compact-anlæg af ringe teknisk kvalitet, og for det andet byder systemet i sig selv på tekniske vanskeligheder, der ganske vist er set overkommet, men så har det ikke resulteret i en prisreduktion i forhold til separat receiver/pladespiller.

Vi vil i et af de følgende kapitler punkt for punkt gennemgå alle enhederne i et stereoanlæg, men først må vi tilegne os grundviden om elektronik og andre teoretiske forudsætninger, der er nødvendige for, på seriøs vis, at kunne betjene kunderne.

Kapitel 3.

Grundkursus i elektronik

Lige så lidt som man kan bygge selv det bedste og mest solide hus, uden at det står på et stærkt fundament, lige så lidt kan man bibringe mennesker, i dette tilfælde sælgere, af Hi-Fi, forståelsen af bare nogenlunde komplicerede problemer, uden en elementær grundviden.

Derfor er dette kapitel kursets vigtigste. Uden dette er det ikke muligt at tilegne sig en reel viden.

Hvad enten man kan lide det eller ej, involverer det at beskæftige sig med Hi-Fi brugen af begreber som forvrængning, effektbåndbredde, signal/støjforhold o.s.v., altså fysiske og matematiske forhold.

Vi vil i dette grundkursus prøve at holde os så jordnært som muligt, men forståelsen af disse fysiske og matematiske forhold er simpelthen en forudsætning for forståelsen af de senere kapitler.

Lydbølger.

At lytte til Hi-Fi er at høre lydbølger behandlet på en sådan måde, under optagelse - forstærkning og gengivelse, at gengivelsen er en ret god tilnærmelse til optagelsen. Hver ny opfindelse bringer fuld overensstemmelse mellem optaget og gengivet lyd lidt nærmere til hinanden. At søge at nå det fuldkomne er som at søge efter de vises sten, forjættende men ude af rækkevidde. Men hvert teknologisk fremskridt, hver lille stump forskning bringer os nærmere endemålet. I mellemtiden har vi idag musikgengivelse af en kvalitet, der var utænkelig for et par årtier siden.

Moderne Hi-Fi gengivelse består, som tidligere nævnt, af et arrangement af elektroniske og mekaniske enheder, der med tiden bliver mere og mere avancerede, men det starter i dag som før med - lyd. Lyd er en form for energi. Af andre energiformer kan nævnes lys, elektricitet, varme og bevægelse. Disse elementære energiformer kan indbyrdes omsættes, f.eks. bevægelse til varme, det sker i bremsetromler under opbremsning eller varme til bevægelse, som i dampmaskinen. Ved gengivelse af lyd, omdanner man først lyden til elektrisk energi for derefter at omdanne den til lyd igen.

Transducere.

Lydbølger, frembragt af f.eks. instrumenter, kan ændres til anden energiform, elektricitet af en mikrofon. Mikrofonen hører sammen med bl.a. pick-up'er og højttalere til den kategori, der benævnes transducere. En transducer er et instrument, der ændrer én energiform til en anden.

Hvordan frembringes lydbølger?

Det er let at frembringe lydbølger, det er faktisk næsten umuligt at lade være. Vi er konstant omgivet af lyde og kan ikke undgå det. Da det imidlertid er utåleligt konstant at være sig alle lyde bevidst, har vore hjerner udviklet en beskyttelsesmekanisme, der udelukker de fleste af dem.

Vi lever på bunden af et lufthav, hvor vi ånder og hører. Dette lufthav består af usynlige partikler, nemlig luftmolekyler på samme måde som en mursten eller for den sags skyld, enhver anden genstand ligeledes består af molekyler. Forskellen på molekylerne i luften og i murstenen ligger dels i tætheden, det kan udtrykkes i antallet af molekyler pr. kubikcentimeter, og dels i hvor høj grad disse molekyler kan bevæge sig. Molekylerne i luften har en høj grad af bevægelighed, og når de bevæges, frembringes lyd.

Lige ud over den tilfældige bevægelse af luftmolekyler, som en tilfældig vind eller brise er udtryk for, er det, vi forstår ved lyd en bevægelse af molekyler i store grupper som f.eks. en togstamme eller billardkugle lagt på en række, hvor den første støder til den næste, der igen støder til den næste, etc. Denne ophobning af molekyler, der forårsager større tæthed, kaldes fortætning. Men hvis vi fortætter molekylen, må vi tage den et sted fra, lyd skaber ikke molekyler. Som følge deraf må disse molekyler tages fra omgivelserne af den lydkilde, der forårsager fortætningen, hvorved der sker en formindskelse af tætheden, dette kaldes - selvfølgelig - fortynding. Lyd er med andre ord en fortætning og fortynding af luftmolekyler.

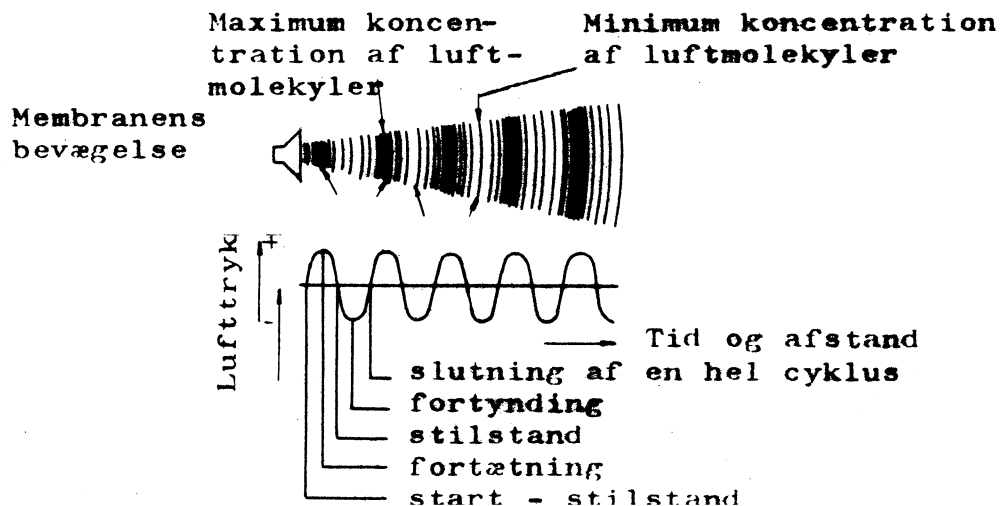


Fig. 5

Når violinisten stryger sin bue henover en streng, vil den vibrere. Denne vibration bevirker en fortætning og fortynding af luftmolekylerne - en lyd - der adskiller sig fra f.eks. lyden fra et slag på et trommeskind. I højttaleren frembringer membranen fortætning og fortynding af luftmolekylerne i rummet foran højttaleren af samme karakter, som de bevægelser lydkilden frembringer og gør det muligt at skelne mellem violinen og trommeslaget.

Hvis højttaleren og de øvrige komponenter i stereoanlægget er i stand til at gengive lydkilden "ret" korrekt, er det en high-fidelity gengivelse. Hvor meget "ret" er, er et yderst svømmende begreb. Der er opstillet normer for en lang række krav til musikanlæggets forskellige enheder. I Europa går vi efter DIN 45500 og i USA og en række andre lande efter amerikansk IHF standard. Iøvrigt vil vi i det følgende kalde fortætningen og fortyndingen af molekyler (dette er en ret så trekantet udtryksmåde) for lydbølger eller bare bølger.

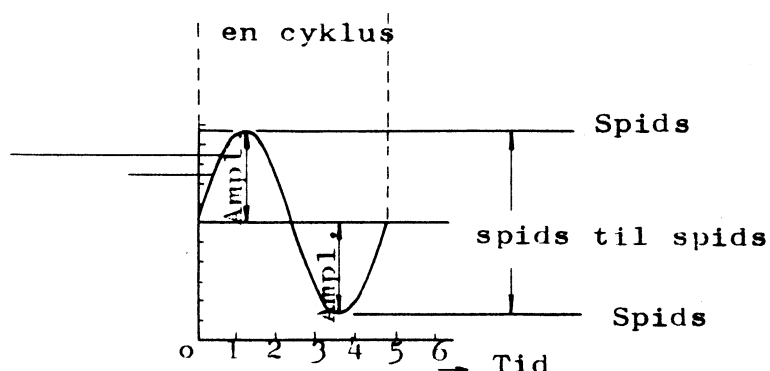


Fig. 6

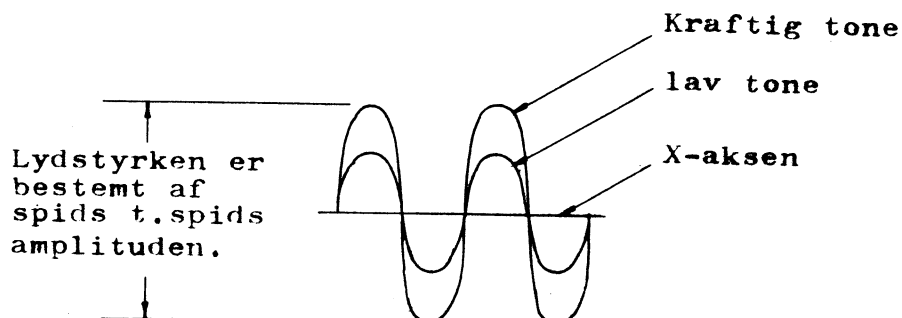


Fig. 7

Sinusbølgen.

Lydbølge i sin simpleste form har man valgt at benævne en sinusbølge og i gengivelse en sinustone. Teknisk er det en grafisk illustration af en aritmetisk/geometrisk funktion, der kaldes $y = \sin \omega \cdot t$ ikke så teknisk, er det en let tilgængelig (den er nem at frembringe) og nem forståelig form for en lydbølge, mod hvilken vi kan måle eller sammenligne andre lydbølger. Et apparat til at frembringe en sinustone kaldes en tonegenerator, det er meget vanskeligt at frembringe en sinustone med noget instrument, idet disse frembringer mere komplekse toner.

Den maximale afstand fra X-aksen (centeraksen) kaldes amplitude eller spidsværdi (fig.6). X-aksen deler sinusbølgen i to lige store dele, en øvre og en nedre. Den øvre del kaldes den positive halvdel og den nedre den negative halvdel. Disse benævnelser er rent arbitrære og er kun valgt for at kunne identificere de to halvdele. Amplituden er lig med lydstyrken og er bestemt ved forskellen mellem maksimal fortætning og maksimal fortynding (spids til spids amplitude)(fig.7).

Øjeblikkelige værdier.

Fuldførelsen af en hel sinusbølge tager tid. De to spidsværdier, den positive og den negative, udgør to øjeblikke i det tidsrum, der forløber for at fuldføre en hel sinusbølge. Men vi kan have andre øjeblikke. Vi kan standse de betingelser, der frembringer sinusbølgen, hvad øjeblik det skal være og måle amplituden netop i det øjeblik, hvorefter man så kender højden over X-aksen, dette kaldes den øjeblikkelige værdi.

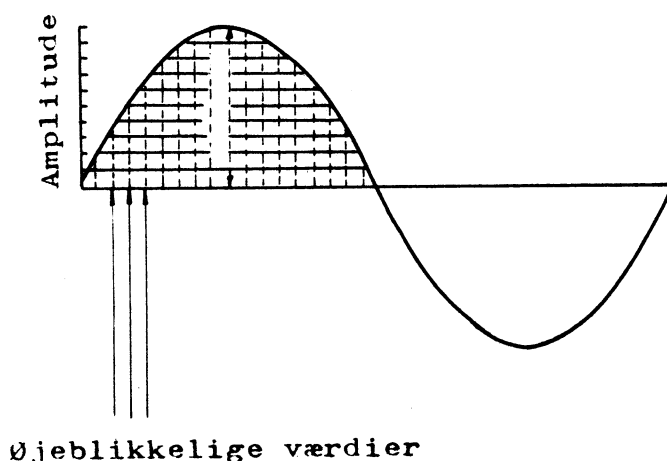


Fig. 8

Gennemsnits- og RMS værdier.

Da vi nu har valgt sinusbølgen som den elektroniske målestok for alle andre bølger - referencebølge eller referencetone - vil det kun, at identificere de positive og negative spidsværdier, være lige så mangelfuldt som at lave et målebånd, der kun var opdelt i halve centimetre. For at opnå en yderligere reference bruger man sommetider benævnelsen gennemsnitsværdier.

For at finde gennemsnitsværdien vælger vi et tilfældigt antal værdier målt enten på den positive eller den negative halvdel af bølgen. Lad os vælge 100 øjeblikke, hvor vi vil "fryse" tiden og tage en måling på afstanden fra X-aksen til bølgeformen. Når disse værdier lægges sammen og divideres med antallet af målinger, får vi gennemsnitsværdien, der er ca. 63% af spidsværdien.

En anden måling, der især benyttes i USA er RMS værdien (RMS for root-mean - square, hvilket betyder gennemsnitskvadratroden).

En RMS måling af en sinusbølge er en variation af en gennemsnitsmåling. I stedet for at lægge hver øjeblikkelig værdi sammen, løftes de til anden potens, antallet af målinger = antallet af potenser lægges sammen, og af denne sum uddrages kvadratroden. RMS værdien er ca. 70,7% af spidsværdien.

Frekvenser.

Antallet af sinusbølger pr. sekund betegnes som frekvens. En hel sinusbølge, en svingning (fig. 9) pr. sekund svarer til frekvensen én hertz, normalt forkortet til Hz, opkaldt efter fysikeren Heinrich Hertz, 440 svingninger pr. sekund = kammertonen svarer til 440 Hz og så fremdeles. Det menneskelige øre opfatter ved 20 års alderen frekvenser mellem ca. 16 Hz-18000 Hz.

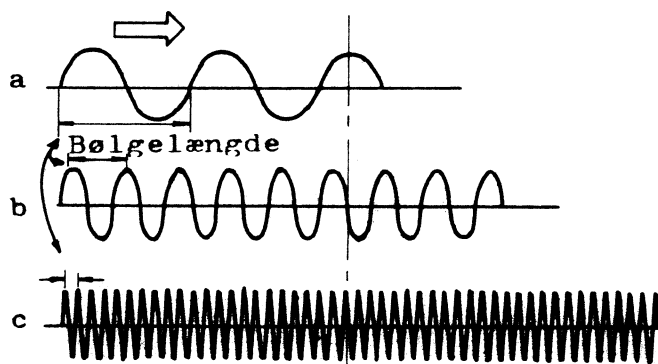


Fig. 9

Bølgelængden er afstanden fra start til slut af en hel bølgeform. Frekvensen er antallet af hele bølger pr. sekund. I fig. 9 er frekvensen stigende fra a til b og fra b til c.

Rene toner og overtoner.

Da vi har valgt at benytte sinustonen som referencetone, er det fysisk logisk at kalde den en overtone, men det er ikke den eneste begrundelse for betegnelsen. Den er en ren tone, fordi den ikke er tilknyttet andre toner. Det er teoretisk muligt at frembringe en ren tone på en violin, såfremt strengen stryges nøjagtigt på midten. I praksis er det vanskeligt - uønskeligt.

Musikeren frembringer med vilje en ikke ren tone bl.a. ved at tilføje strengen vibrato samtidig med, at den stryges. Resultatet er en ren tone plus et antal overtoner, og det er disse, der giver musikken karakteristisk og skønhed. Det er antallet af overtoner, deres amplitude og andre forhold, der giver den eftertragede karakteristisk. Sættningen af grundsinustoner og overtoner frembringer en sammensat tone. Hver overtone er faktisk også en sinustone, men sammen med grundtonen udgør summen af toner alt andet end en sinustone.

Forvrængning.

Forvrængning i sin bredeste betydning refererer til alt det et Hi-Fi anlæg ikke burde gøre. Derfor kan man sige, at det er et kvalitetsmål for et anlæg, når det har en lav grad af forvrængning. Men hvor lidt er "lav" grad, og hvilken form for forvrængning - der findes nemlig flere. Der er tre former for forvrængning:

- 1) Bølgeformforvrængning.
- 2) Frekvensforvrængning og transienter
- 3) Bevægelsesforvrængning.

I DIN 45500 normerne er den tilladte grad af forvrængning fastsat. Vi vil i det følgende beskrive de tre former for forvrængning og deres betydning for lydgengivelsen.

Bølgeformforvrængning.

Der er to former for bølgeformforvrængning med den deraf følgende forringelse af lydbilledet, harmonisk forvrængning og intermodulær forvrængning også kaldet I.M. Begge disse former er til stede, i større eller mindre grad, i ethvert lydanlæg og er udtryk for en mangel på lighed mellem input og output. Den eneste forskel burde være i graden af størrelse på bølgen, en proportionel forskel, men derimod ikke nogen forskel på selve bølgens form før og efter forstærkning. Forvrængning tilfører falske eller uøgte toner, der ikke var til stede i det oprindelige signal. Det hørbare resultat af en bølgeformforvrængning kan variere fra en svag mangel på renhed til

en uudholdelig mudren. Graden af forvrængning er udtrykt ved forholdet mellem output af uægte toner og det totale output, udtrykt i procent. Af de to former for bølgeformforvrængning refererer "harmonisk" til en serie af toner, tilføjet den oprindelige tone. Intermodulær forvrængning, I.M., refererer til uægte toner, der er et resultat af den vekselvirkning, der opstår i systemet, når to toner af forskellig frekvens skal gengives samtidigt. I.M. anses for at være af større ulempe, fordi de her opståede uægte toner ikke er i harmonisk forhold til de oprindelige toner.

Mange videnskabsmænd har igennem årene gennemført undersøgelser over det menneskelige øres evne til at opfatte forvrængning.

Resultatet viser, at grænsen for det hørbare ligger mellem 0,5 til 1,0%. Dette gælder dog kun for de mellemste og de høje frekvenser. For de laveste frekvensers vedkommende kan forvrængningen gå helt op til 25%, før den bliver hørbar for de fleste.

Dette forklarer jo også, hvorfor højttalere, der forvrænger meget i basområdet, alligevel af mange opfattes som fremragende - indtil de ser måleresultatet.

Harmonisk forvrængning.

En ren sinustone indeholder ingen harmoniske overtoner. Ved harmonisk forvrængning tilføjes grundtonen et antal harmoniske overtoner. Hvis grundtonen f.eks. er 440 Hz, er den anden harmoniske 880 Hz, den tredje harmoniske 1320 Hz, etc.

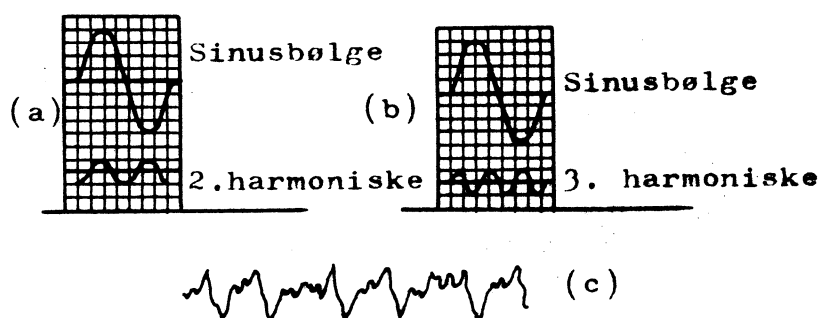


Fig.10

Komplekse bølger består af grundtoner plus tilhørende harmoniske overtoner. Kombinationen af disse bølger resulterer i en kompleksbølgeform (fig.10 (c)). En sådan kan altså opløses i en sinustone plus tilhørende overtoner.

Harmonisk forvrængning kan få musik til at lyde kunstig ved gengivelse. THD, total harmonisk forvrængning, er summen af alle harmoniske toner frembragt under en forvrængning og kan som før nævnt måles ved at sende en ren sinustone igennem et anlæg for derefter at måle amplituden af grundtonen. 1% harmonisk forvrængning betyder med andre ord, at amplituden af harmoniske overtoner udgør 1/100 af den oprindelige sinusgrundtone.

IM, intermodulær forvrængning.

IM er frembringelsen af falske sum- og differencefrekvenser, når to eller flere frekvenser passerer igennem.

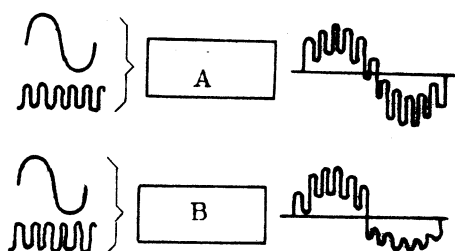


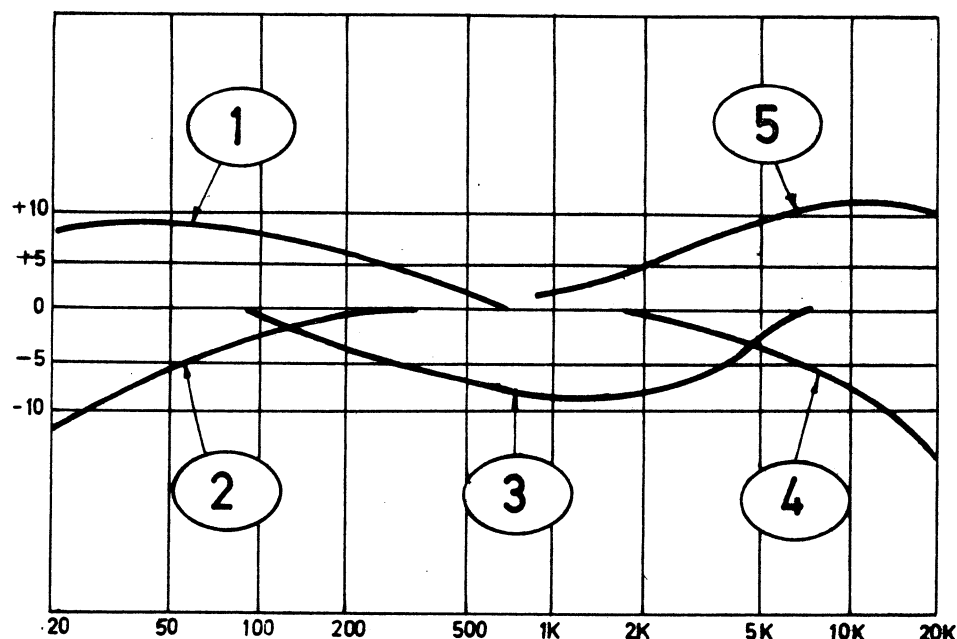
Fig. 11

Fig. 11 viser en 50 Hz og 1000 Hz tone, der sendes samtidig gennem forstærkeren A. Den er af høj kvalitet, og den resulterende bølgeform (yderst til højre) er næsten ren. Hvis vi nu sender de samme to frekvenser gennem en forstærker af lavere kvalitet (B) og forudsætter, at 50 Hz tonen er så kraftig, at den af forstærkeren ikke kan behandles uden resulterende forvrængning, d.v.s. reagerer ikke lineært, så vil der ske følgende: 50 Hz tonen er stærkest, når amplituden er størst (maximal positiv og negativ, se fig. 10) og vil forvrænge mest i disse intervaller. Men 1000 Hz tonen vil have et andet antal max. imellem positive og negative udsving på det tidspunkt, hvor 50 Hz tonen forvrænges og vil således også blive forvrænget. Herunder frembringes en hel serie sum- og differencefrekvenser, 1050, 950, 1100 etc. Det er dette fænomen, der kaldes intermodulforvrængning. Disse falske frekvenser ødelægger gengivelsen, idet de ikke har harmonisk relation til de oprindelige to toner. IM forvrængning måles af et apparatur, der er konstrueret til at modtage to signaler, et lavt- og et højfrekvent signal. Udgangssignalet måles for mængden af lavfrekvenssignaler i højfrekvenssignalet, udtrykt i procent. En IM forvrængning på 2% af lavfrekvenssignalet er blevet en del af højfrekvenssignalet. IM forvrængning anses for en større ulempe end harmonisk forvrængning, idet effekten er mere fremtrædende og generende. En kvalitetsforstærker bør ikke have større forvrængning end 0,3% ved 10.000 Hz og bør ikke have over 1,5% i noget område ved sin max. udgangseffekt.

Frekvensforvrængning og transienter.

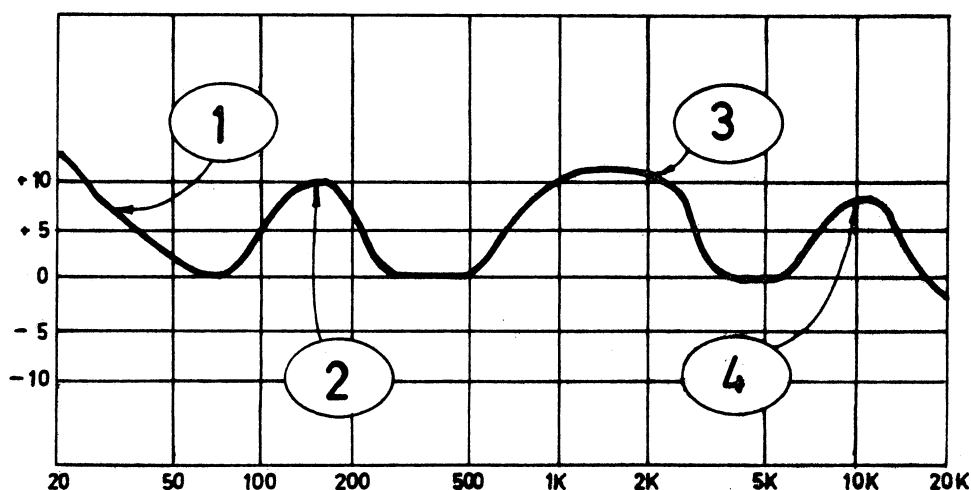
En anden stor kilde til forvrængning er fejl i frekvensgengivelsen. Denne fejlkilde kan deles op i tre former: 1) frekvensubalance, beskrevet i fig. 12, 2) frekvensspidser, fig. 13 og 3) transienter, fig. 14.

Fig. 12, Frekvensubalance



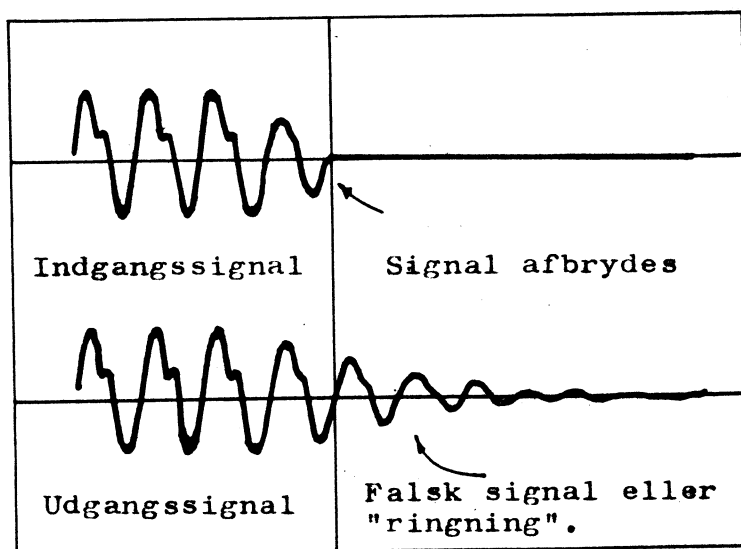
- (1) Overdreven basgengivelse, lyden bliver tung og buldrende.
- (2) Svag basgengivelse, musikken lyder tynd, rytmeinstrumenterne bliver undertrykket, visse grundtoner går tabt.
- (3) Svagt mellemområde gengivelse, lyden bliver tilbagetrukken, musikken mangler resonans, også her kan der gå grundtoner tabt.
- (4) Svag diskantgengivelse, visse overtoner går tabt, musikken mangler klarhed og "bid".
- (5) Overdreven diskantgengivelse, lyden bliver skinger.

Fig. 13, Frekvensspidser.



- (1) Spids i det dybe basområde, forstærker rummel, kan forårsage, at pick-up'en ikke sporer, vil desuden ofte overbelaste forstærkeren og højttaleren.
- (2) Spids i det mellemste basområde, giver rungende lyd, og afsvækker bastonerne.
- (3) Spids i mellemområdet, giver tilbøjelighed til udflydende lydbillede og maskerer detaljer i bas- og diskant.
- (4) Spids i diskantområdet, giver et skrattende og skingert lydbillede, og diskanten mangler detailler.

Fig.14, Transienter



Transientforvrængning kan indtræffe, når et musikanlæg skal gengive et momentant kraftigt signal. Når højttalermembranen ved en transient er sat i kraftig bevægelse, sker det ofte, at denne bevægelse ikke standser i samme moment som signalet ophører. Herved tilføres gengivelsen et ikke tilsigtet element, og det er dette, der benævnes transientforvrængning.

Bevægelsesforvrængning

Den tredje form for forvrængning er bevægelsesforvrængning (se fig 74 i kapitlet om pladespillere), som det kan være tilfældet med bånd og plader. Bevægelsesforvrængningen kan være konstant for høj eller for lav hastighed i forhold til idealhastigheden, hvorved tonehøjden ændres, f.eks. vil 6% for hurtigt betyde, at gengivelsen er en halvtone over originaltonen. Bevægelsesforandringerne kan også være varierende, wow og flutter. Wow er langsomme bevægelsesforandringer, flutter er hurtige (flere gange pr. sek.) DIN 45500 stiller det krav til udstyret, at wow og flutter skal være under 0,15%, men kvalitetsprodukterne ligger gerne under 0,1%, hvilket iøvrigt er hørbart for trænede ører.

Koordinatsystemet.

For at illustrere en størrelses afhængighed af en anden, anvendes ofte et koordinatsystem.

Følgende formel: $y = f(x)$

betyder, at y er en funktion af x , hvor x kaldes den uafhængige variable, d.v.s. den størrelse, man selv kan vælge frit, mens y er den afhængige variable, d.v.s., y er givet fra formelen, når x er valgt. Figuren viser et koordinatsystem med $y = f(x)$ indtegnet. x betegnes normalt ordinaten og y abscissen.

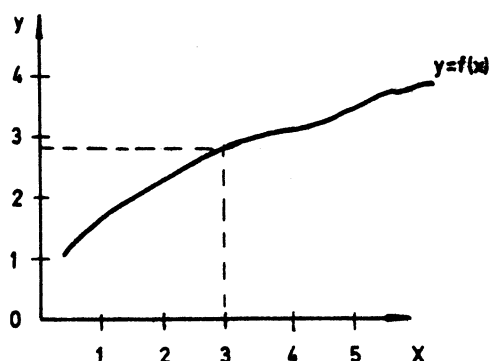


Fig. 15

Vælges $x = 3$ ses det, at $y = 2,8$. Et ofte anvendt afhængighedsforhold inden for audio er frekvenskarakteristikken, nemlig output som funktion af frekvensen. Er det en pick-up det drejer sig om, er out-put en spænding, mens det er lydtryk for en højttaler. x af-sættes som logaritmen til frekvensen, og out-put angives i dB.

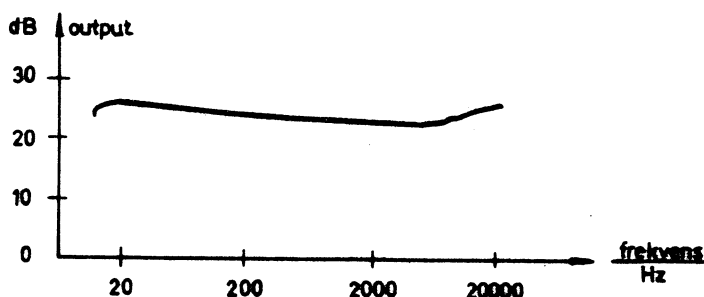


Fig. 16

Frekvenskarakteristik

Decibel.

Udtrykket decibel (dB) er en logaritmisk enhed, der gør det muligt at udtrykke meget store størrelsesforhold på en kompakt lineær skala. En decibel er en tiendedel Bel. (En enhed der er opkaldt efter opfinderen af telefonen).

Definitionen på dB lyder:

$$\text{dB} = 10 \log \frac{W_2}{W}$$

hvor W_2 er effekter på indgangen af en forstærker, og W er effekten på udgangen af samme forstærker.

Denne formel kan ved en matematisk omskrivning udtrykkes:

$$\text{dB} = 20 \log \frac{V_2}{V_1}$$

hvor V_2 og V_1 er spændinger på henholdsvis ud- og indgang af samme forstærker. Dette kan også siges på en anden måde. For at omskrive en given effekt til dB skal $\log 10$ til denne effekt ganges med 10, og for at omskrive spænding eller strøm til dB, skal \log_{10} hertil ganges med 20.

I elektronikken er det almindeligt, at et forhold mellem spænding, effekt og lydtryk forholder sig som 1 til 1000 eller 10000.

Det fremgår af koordinatsystemets lodrette akse i fig. 17 Det vil bemærkes, at disse uhåndterlige store forhold bliver meget nemmere at arbejde med, når de omsættes til decibel (koordinatsystemets vandrette akse). En fordobling af spændingen vil, som det også fremgår af fig. 17 betyde en firedobling af effekt, altså effekter varierer med kvadratet på spændingen. De to linier i koordinatsystemet repræsenterer de korresponderende forhold og deres tilsvarende decibelværdier.

Fig. 17 kan benyttes til at opnå decibel ekvivalenten til effekt, spænding og strømstyrke med ca. en dB's nøjagtighed, medens tabellen i fig. 18 giver de nøjagtige forhold for små dB værdier samt for nogle af de mest almindelige større værdier. En sætning skal helst være brændt ind i hjernen, da den meget ofte kan benyttes:

" 3 dB er lig 1,4 gange spændingen og 2 gange effekten, og 6 dB er lig med 2 gange spændingen og 4 gange effekten".

Det hensigtsmæssige i at benytte decibel som basisenhed for målinger forøges ved visse fysiske forhold vedrørende den menneskelige hørelse. Øret "oversætter" forandringer i lydstyrke på en, man kan næsten sige, logaritmisk måde. De fleste mennesker vil f.eks. bedømme en 10 dB's forøgelse af et givet lydtryk som en fordobling af dette.

Effekt og spænding/dB skema

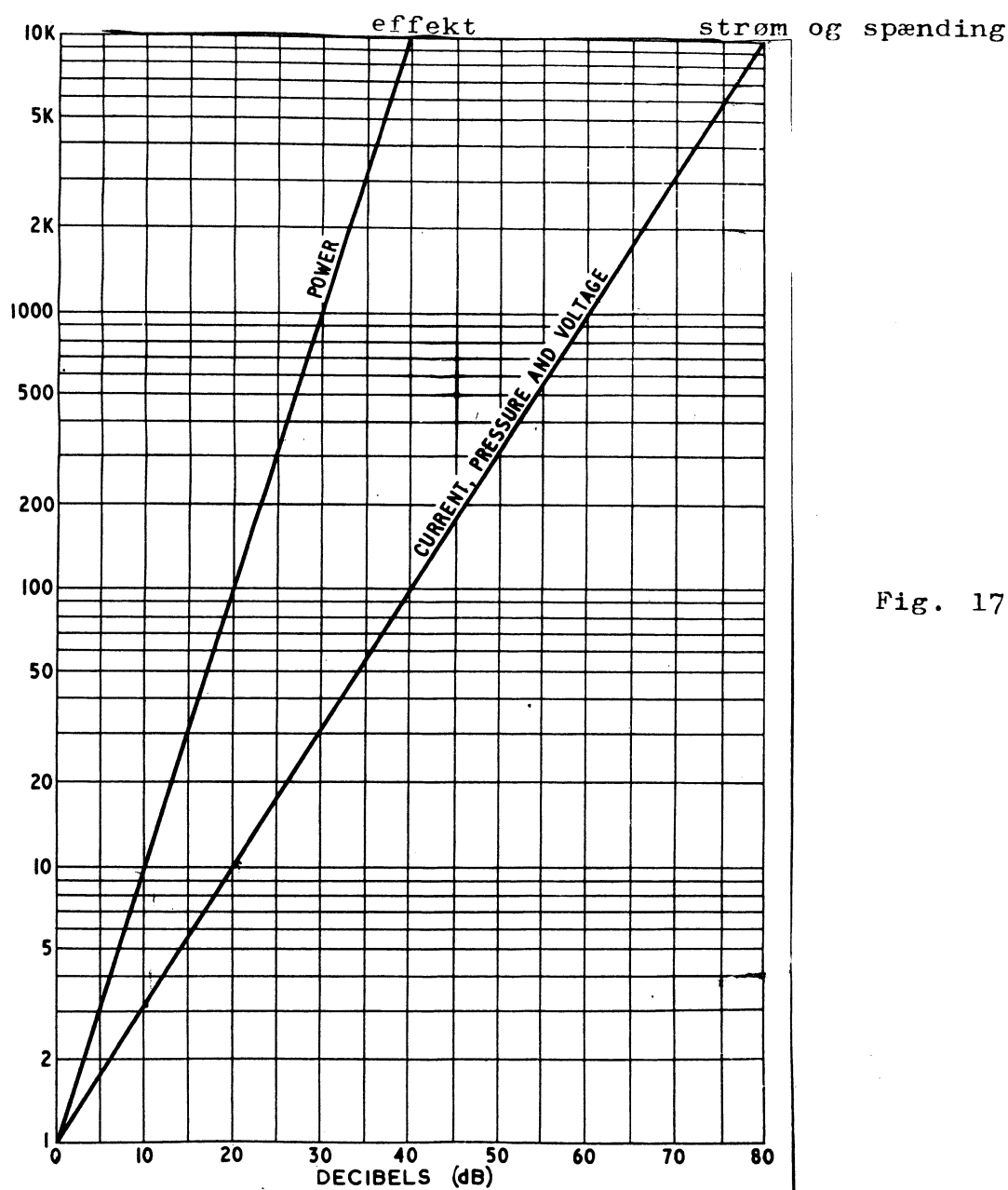


Fig. 17

dB	spænding eller strøm	Effekt
1	1.122	1.259
2	1.259	1.585
3	1.413	1.995
4	1.585	2.512
5	1.778	3.162
6	1.995	3.980
7	2.239	5.012
8	2.512	6.310
9	2.818	7.943
10	3.162	10.00
11	3.548	12.59
12	3.981	15.85
20	10.00	100.00
26	19.95	398.11
30	31.62	1000
40	100.00	10000

Fig. 18

En anden interessant dB værdi, der hyppigt går igen, er 3 dB. Det er således, at en spændingsvariation på 3dB, omsat til akustisk energi, er den mindste forskel i lydtryk, det menneskelige øre kan opfatte.

Ydermere kan man, ved at vælge passende størrelsesforhold i koordinatsystemer og andre grafiske afbildninger af forhold mellem frekvenser, amplituder og forvrængninger, opnå at give læseren en visuel indikation af overensstemmelse med det han hører. Adskillige Hi-Fi magasiner benytter i deres anmeldelser koordinatsystemer efter disse principper.



"HVA' SIR' DU SÅ !!
OP TIL 200 dB SOM EN MIS!"

Elektronik.

Efter at have behandlet afsnittet og lyd og lydbølger, måske lidt for grundigt, men det er jo det, det hele drejer sig om, vil vi gå over til at behandle de fysiske eller elektroniske sider af emnet. Lad os begynde med:

Atomet.

Atomet er græsk og betyder udeleligt. Denne definition har udviklingen (måske desværre) gjort forældet.

Et atom består af en atomkerne, der er bygget op af positive partikler, protoner og neutrale partikler - neutroner. Uden om atomkernen cirkulerer fra én til over hundrede (afhængig af, hvilket grundstof atomet stammer fra) elektroner. Disse elektroner cirkulerer om kernen på samme måde, som planeterne om solen.

Fig. 19 viser et brintatom, det simpleste af alle, bestående af et proton og et neutron. Disse udgør atomkernen og én elektron, der kredser om denne kerne.

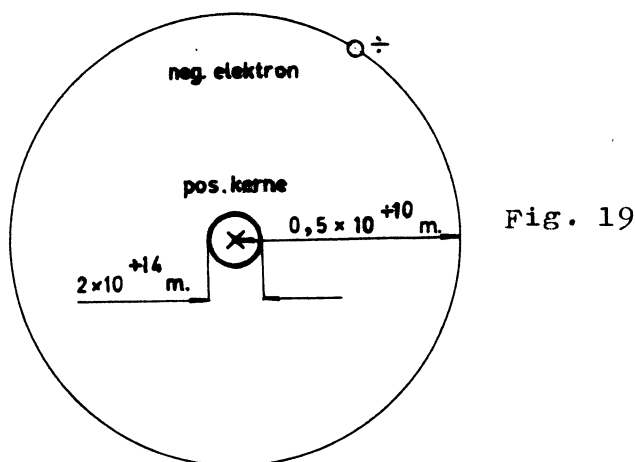


Fig. 19

Fig. 20 viser et Heliumatom, der består af to protoner, to neutroner samt to elektroner.

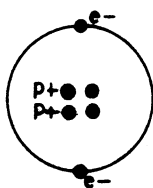


Fig. 20

Med andre ord, alle andre grundstoffer end brint har flere elektroner kredsende om kernen. Når der nu skal kredse flere elektroner i samme afstand fra kernen, må vi tænke os, at cirklerne forestiller kugleskaller. I den inderste skal er der kun plads til to elektroner. Lithiumatomet, fig.21 har tre elektroner, hvorfor det tredje elektron må rykke ud i næste skal, hvor der er plads til op til otte elektroner, når disse er fyldt ud, altså flere end ti elektroner rykker det elvte ud i tredje skal og så fremdeles.

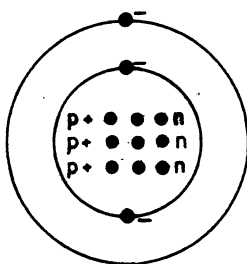


Fig. 21

Atomer med otte elektroner i skallen er stabile. Underskud eller overskud på elektroner vil give anledning til "huller" eller "buler" - altså ustabile atomer.

Elektricitet, en elektrisk strøm, er en vandring af løse elektroner, der stammer fra et sådant underskud i et ledende materiale. Lad os tage en metalstang, A fig.22. Denne vil normalt være elektrisk neutral. Metaller er således opbygget af et eller flere elektroner ved hvert atom, er løst bundet og kan gå på vandring i metallet. Forbinder vi nu en ledning til et materiale med underskud af elektroner, vil der ske en ladningstransport, således at løse elektroner i ledningen vil strømme hen og udfylde underskudet. Hvis ledningen i den anden ende forbindes til et materiale med overskud af elektroner, vil disse strømme hen til de huller, der er opstået, hvilket vil sige, at der går en strøm.

Elektroner går fra $-$ til $+$, medens vi, som et levn fra elektronikkens barndom, regner strømmen for at gå den modsatte vej, fra $+$ til $-$.

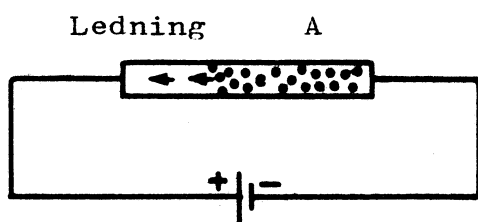


Fig. 22

Volt og ampere.

Ordet Volt = spænding bruges til at identificere en fysisk tilstand, men det beskriver ikke denne. Spænding er betegnelsen på den forskel der er mellem overskud og underskud af elektroner, som netop blev beskrevet i forestående afsnit. Når der sker en mulighed for udligning af forskellen, f.eks. når en ledning forbindes mellem overskud og underskud, sker der en vandring af elektroner. Dette benævnes som en strøm. Strøm betyder, at der løber elektroner fra et sted til et andet. Størrelsen af strømmen er lig mængden af elektroner pr. sek. Strømmen måles i ampere. En strøm på én ampere betyder, at der løber 6×10^{18} elektroner gennem en given ledning pr. sek. Spænding og strøm er således begreber knyttet til hinanden. Man kan have en spændingsforskel uden strøm, lige så vel som man kan have et fysisk "pres" uden bevægelse.

Ved elektricitetsfremstilling skiller vi elektroner ud fra de atomer, de før var knyttet til og holder dem samlet et sted, så de ikke kan løbe tilbage for på et tidspunkt, ved hjælp af ledningen, at lede strømmen hen, hvor vi ønsker at bruge den.

Dette kan f.eks. ske ved hjælp af et batteri.

Batteriet.

Et batteri er en kemisk metode til at fjerne elektroner fra et stof, transportere og oplagre det i et andet. To ens metalplader i et glas vand frembringer ingen spænding, idet antallet af elektroner i begge plader er det samme. Lad så pladerne (fig.23) være af forskelligt metal, udskift vandet med en syre og straks har vi et spændingsproducerende apparat. Væsken, kaldet en elektrolyt, fravriver den ene af pladerne elektroner og transporterer dem over til den anden plade. Da elektronerne er negativt ladede, vil den elektronopladede plade - eller elektrode - blive negativ. Den anden plade, fravristet mange af sine elektroner, vil være mindre negativ, hvilket vil sige det samme som positiv. Der eksisterer nu en elektrisk spændingsforskel mellem de to elektrodens terminaler.

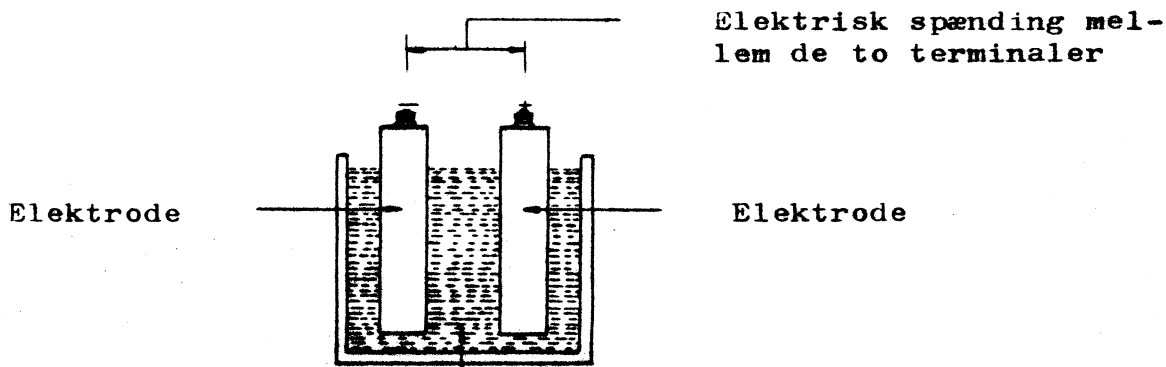
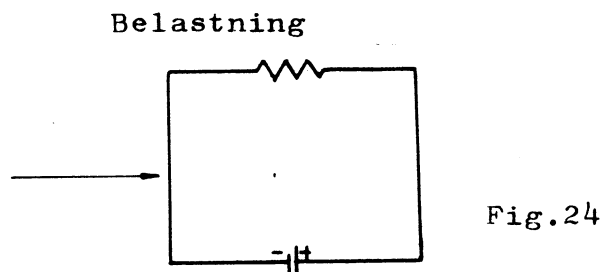


Fig.23 Elektrolyt

Mere strøm, mere spænding eller begge dele.

I fig.24 ser vi, hvorledes en belastning, et strømforbrug, forbindes til et batteri.



Elektroniske symboler

Batteri		Fig.25
Ledning		
Belastning		

Hvis vi ønsker højere spænding skal batterierne forbindes i serie, et arrangement, hvor + terminalen på det ene batteri forbindes med + terminalen på det næste. Fig. 26

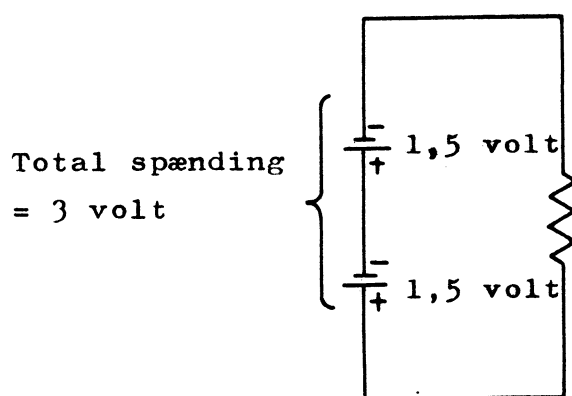


Fig.26

Ønsker vi derimod større strømstyrke, skal batterierne parallelt forbindes som i fig. 27

Når cellerne er parallelforbundne er spændingen den samme, medens strømstyrken er tre-doblet.

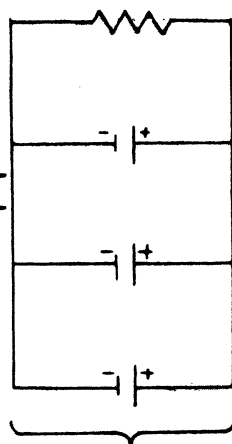


Fig. 27

Total 1,5 volt

For at få både højere spænding og større strømstyrke, kombineres serie/parallel forbindelsen som i fig. 28

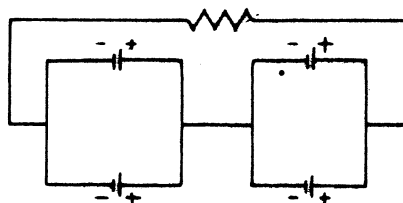


Fig. 28

Modstand.

Når en strøm bevæger sig, ligegyldigt gennem hvilket materiale, vil der være en vis modstand. Et stof der har en lav modstand siges at have en høj ledningsevne eller at være en leder. Men selv blandt stoffer, der er gode ledere, som f.eks. kobber eller sølv, er der forskel på den modstand strømmen møder. Modstanden varierer også med arealet af ledningens tværsnit. Det dobbelte areal giver den halve modstand.

Nu er hele meningen med at frembringe strøm at kunne bruge den til et nyttigt formål, som f.eks. at få en pære til at lyse. Dette ses i diagramform i fig. 29

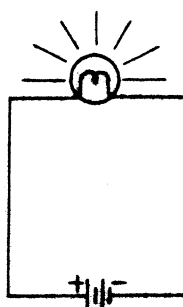


Fig. 29

Modstandstyper.

Modstande findes i forskellige typer, faste og variable og i forskellige konstruktioner.

Den mest almindelige konstruktion er at udfælde et modstandsmateriale - oftest kul - på en keramikstav. En anden fremstillingsmåde er at vikle tynd metaltråd om et isoleret rør. Denne konstruktion egner sig bedst til effekter på 1 watt og derover. Kullet tåler ikke kraftig varme.

Modstande benyttes som før nævnt til at regulere en elektrisk strøm. For at kunne opfylde dette krav i forskellige elektroniske kredsløb, må man have modstande af forskellige ohm værdier, og det er hverken den ydre form eller størrelse, der bestemmer denne værdi, der iøvrigt i fagsprog hedder resistansen, det gør udelukkende konstruktionsmåden og modstandsmaterialet.

Når modstande har forskellig størrelse, er det et kapacitetshensyn. Der er for hver modstand en øvre grænse for, hvor stor effekt, spænding og strømstyrke den kan belastes med uden at brænde over. Denne grænseværdi opgives i watt, og generelt kan det siges, at jo større en modstands ydre mål er, desto større effekt kan den tåle. Der er vedtaget en række standardværdier for faste modstande, der gør det muligt at opnå alle mellemliggende værdier ved kombinationer af serie og parallelforbindelser.

I stedet for at opgive ohm værdien i tal, er det almindeligt at mærke den med farvede ringe.

Det er imidlertid dog tilstrækkeligt at have faste modstande til rådighed. Derfor har man konstrueret den variable modstand, potentiometret. Et eksempel på en sådan variabel modstand er volumenkontrollen i en forstærker, der benyttes til at hæve og sænke lydstyrken. Et andet eksempel er trimmepotentiometret, der ikke kan stilles udefra. Det er små variable modstande, der som navnet angiver bruges til at trimme - finjustere - et elektronisk kredsløb.

Strømkontrol.

For at tillade strømmen at bevæge sig fra et punkt til et andet med et minimum af modstand, forbinder vi disse punkter med en kobberledning. Kobber er som nævnt en fremragende leder. Kun få materialer er bedre, og de er for dyre til normalt brug. Det er imidlertid ikke altid, man ønsker den fulde strømstyrke som en strømkilde, f.eks. et batteri, kan afgive. Modstande er simple komponenter, der tillader at regulere strømstyrken. De er ofte lavet af kulstof, der er presset sammen med et bindemiddel. De kan også være lavet af en speciel legering, som tråden i en brødrister.

Under alle omstændigheder kan modstanden regulere strømmen ganske effektivt. Jo stærkere modstand desto mindre strøm. Et stof som tillader meget ringe eller ingen passage af strøm kaldes en isolator. Modstanden måles i enheden ohm. Signaturen herfor er det græske bogstav omega = Ω

Ohm's lov.

Vi skulle nu have en så god forståelse af elektronikkens elementære forhold, at vi kan "kaste os ud" i Ohms lov.

Uden fuld forståelse af Ohms lov kommer vi ikke videre, den skal kunnes i alle variationer, forfra og bagfra, den skal sidde i rygmarven. Den skal simpelthen kunnes. Lad os rekapitulere det vi har lært. Strøm, ampere, betyder, at der løber elektroner fra et sted til et andet. Spænding, Volt, er et mål for overskud eller underskud af elektroner, en slags elektrontryk. Jo større forskel, desto større spænding.

Modstand, ohm, er en "elektronbremse", der indsættes i et elektrisk kredsløb for at fastlægge eller regulere strømmen. Hvis spændingen er stor, vil der drives mange elektroner igennem en given modstand. Er spændingen lille, vil der drives færre elektroner igennem samme modstand.

Denne fysiske lovmæssighed udtrykkes i Ohms lov:

$$\begin{array}{rcl} E & = & R \times I, \text{ hvor spændingen} = E \\ & & \text{modstand} = R \\ & \text{og} & \text{strømmen} = I \end{array}$$

Disse tre størrelser er uløseligt forbundne. Ændrer man én af dem, ændres resultatet. Formlen $E = R \times I$ kan udtrykkes på to andre måder: $R = \frac{E}{I}$ og $I = \frac{E}{R}$ således, at kender man to af størrelserne, kan man altid udregne den tredje.

Modstandsforbindelser.

Modstande kan kobles sammen enten i serie eller i parallellitet. Ved seriekoblede modstande er den samlede modstand lig summen af modstande. Fig. 30

Serieforbindelser

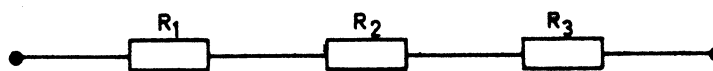


Fig.30

Den samlede modstand $R_x = R_1 + R_2 + R_3$
 R_x = den resulterende modstand.

Formlen for modstand i parallel forbindelse er:

$$\frac{1}{R_x} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad \text{o.s.v.}$$

Det er lettest at forstå, hvis man forestiller sig, at modstande i parallel leder hver sin del elektroner igennem. Det er indlysende, at der derved ledes flere elektroner igennem end ved en enkelt af forbindelsens to modstande. Fig. 31

Parallelforbindelser

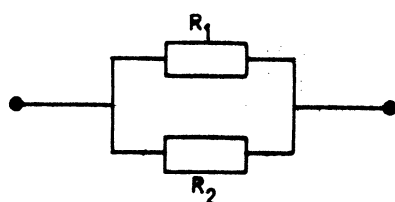


Fig.31

$$\frac{I}{R_x} = \frac{I}{R_1} + \frac{I}{R_2}$$

$\frac{I}{R_x}$ = den resulterende modstand.

Denne aritmetiske udregning kan også foretages på en simplere måde, der kun kræver, at man ganger og dividerer. Reglen hedder "værdien" af de to modstande ganges, og man dividerer dette tal med summen af de to modstande". Et eksempel:

$$R_1 = 6 \text{ ohm og } R_2 = 3 \text{ ohm} \quad R_x = \frac{6 \times 3}{6 + 3} = \frac{18}{9} = 2 \text{ ohm}$$

Kondensatorer.

I selv de mest avancerede elektroniske kredsløb, indgår der ikke mere end tyve forskellige komponenter.

Disse kan så være udformet på et utal af forskellige måder.

Principielt kan alle komponenter eller elementer deles op i to grupper. Passive og aktive.

De passive kan karakteriseres ved, at de ikke forstærker et tilført signal, som f.eks. radiorør og transistorer.

Modstande er passive komponenter, andre passive der vil blive behandlet i kompendiet er kondensatorer og spoler.

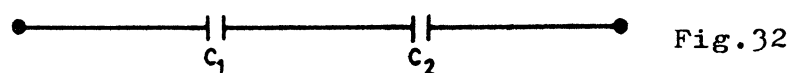
En kondensator består i princippet af to metalplader adskilt af et lag isolerende materiale. Kondensatorer indgår i næsten selv det mest elementære kredsløb. Kondensatorens størrelse eller kapacitet (C) måles i Farad, der er udtryk for dens elektriske størrelse eller sagt på en anden måde, hvor stor en ladning den kan akkumulere.

Kapaciteten er afhængig af pladernes areal, deres afstand fra hinanden samt det benyttede isolationsmateriale. Kondensatorens værdi kan enten være påtrykt eller angivet ved hjælp af farveringe.

Kondensatorer kan i lighed med modstand forbindes i serie eller parallel og kan være faste eller variable.

Kondensatorforbindelser.

En serieforbindelse af to ens faste kondensatorer (fig.32)



udregnes på samme måde som en parallellforbindelse af modstande og kan sammenlignes med en kondensator, hvor pladerne har den dobbelte afstand, svarende til den halve kapacitet,

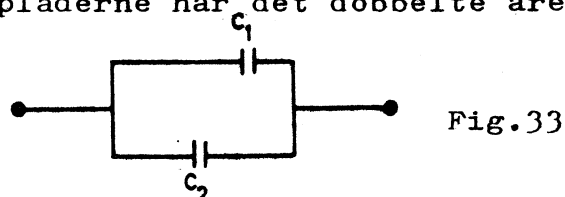
$$\frac{1}{C_x} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

der omskrives til:

$$C_x = \frac{C_1 + C_2}{C_1 \times C_2}$$

C_x = den resulterende kapacitet.

En parallel forbindelse af to ens kondensatorer kan sammenlignes med en, hvor pladerne har det dobbelte areal. En parallellforbindelse (fig. 33)



udregnes efter formelen: $C_x = C_1 + C_2$. C_x = den resulterende kapacitet. Kapaciteten, der måles i Farad, udtrykkes ved præfixer (se afsnittet om præfix og signaturforklaring), såsom μ , nano og picofarad, da en farad er en meget stor enhed.

Variable kondensatorer.

Variable kondensatorer kan f.eks. benyttes til at indstille en tuner på en bestemt station.

Den variable kondensator består af en række faste plader, statorplader samt af en række bevægelige plader, rotorplader. Disse rotorplader kan ved drejning skydes ind mellem statorpladerne. Jo større et areal af rotorpladerne der dækkes af statorpladerne, desto større er kapaciteten.

Kondensatoren som modstand.

Da der ikke er en ledende forbindelse mellem pladerne i en kondensator, vil den, skudt ind i et jævnstrømskredsløb, virke som en afbryder.

Anderledes stiller det sig i et vekselstrømskredsløb. Her vil pladerne skifte polaritet (op- og aflades) i takt med frekvensen. Hvis man skyder et amperemeter ind i kredsløbet, vil man kun aflæse, at strømmen vil være afhængig af 3 forhold, kondensatorens kapacitet, frekvensen samt af spændingen. Dette beviser, at kondensatoren virker som en slags modstand. Denne modstand, der specielt har relation til kondensatorer, kaldes kapacitansen og måles i ohm. Den udregnes efter formlen:

$$X_c = \frac{I}{2\pi \times f \times C} \quad \text{Ohm}$$

X_c = den resulterende kapacitans

f = frekvensen i Hz

C = kapaciteten i farad.

Spoler.

Den sidste af de 3 passive komponenter, vi skal gennemgå, er spolen. Mere teknisk korrekt selvinduktionsspolen. Den anvendes f.eks. sammen med kondensatoren til afstemning i tunere og virker i vekselstrømskredsløb som en modstand.

En spoles elektriske størrelse benævnes selvinduktion og måles i Henry.

Selvinduktion er afhængig af antallet af vindinger, deres tæthed og spolens radius. En forøgelse af disse 3 forhold giver forøgelse af selvinduktionen. Placeres der en jernkerne inde i spolen, forøges selvinduktionen yderligere. En spole uden jernkerne kaldes en luftspole.

Spolen som modstand.

En spole der er skudt ind i et vekselstrømskredsløb vil virke som en modstand. Dette skyldes, at der vil blive dannet magnetfelter, der skifter polaritet i takt med frekvensen. En måling vil vise, at der medgår energi hertil, og at denne energi svarer til, at der var skudt en slags modstand ind i kredsløbet. Denne tilsyneladende modstand benævnes induktans og måles, ligesom kapacitans i ohm.

Formlen for induktans ser således ud:

$$X_L = 2 \times \pi \times f \times L$$

$$X_L = \text{den resulterende induktans}$$

$$f = \text{frekvens i Hz}$$

$$L = \text{selvinduktionen i Henry.}$$

Impedans.

I et vekselstrømskredsløb har kondensatorer og spoler, som vi lige har gennemgået, en tilsyneladende modstand. Denne modstand, for kondensatorer kaldet kapacitansen og for spoler induktansen, har fået en fælles særlig betegnelse - impedans. Denne kan nedsættes i grundformlen og de deraf afledte formler for Ohms lov. I grundformlen får vi:

$$E = I \times X_C$$

og

$$E = I \times X_L$$

Den fælles betegnelse for X_C og X_L er reaktansen, og til trods for at ovenstående forhold ikke ser særlig vanskelig ud, er det i realiteten lidt mere indviklet.

Dette skyldes bl.a., at formlerne gælder for komponenter uden tab, og disse findes kun på papiret. Derfor må man i beregninger af kredsløb tage hensyn til tab. Dette vil med andre ord sige, at et kredsløbs samlede modstand - impedansen - altid er en kombination af almindelig ohmsk modstand og reaktans.

For kondensatorer gælder formelen:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

hvor Z er den resulterende impedans i ohm.

$$R = \text{modstanden i ohm}$$

$$X_C = \text{kapacitansen i ohm}$$

for spoler gælder formelen:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

hvor Z er den resulterende impedans i ohm.

$$R = \text{modstanden i ohm}$$

$$X_L = \text{induktansen i ohm}$$

I begge tilfælde er spændingen iflg. Ohms lov: $E = I \times Z$, idet Z nu blot står for et kredsløb med indbygget spole eller kondensator.

Effekt.

Der er forskellige former for energi: kemisk, varme, lys, elektrisk. Kraft, eller skal vi sige effekt, er den grad af energi en given energikilde frembringer, eller den grad af energi der forbruges af en energiforbruger. Enheden for elektrisk effekt er watt. Der er forskellige måder at udregne elektrisk kraft. Basisformlen ser således ud:

$$W = E \times I, \text{ altså}$$

effekt = spænding gange strømstyrke.

Hvis man f.eks. kun kender spændingen og modstanden, kan man i formelen $W = E \times I$, hvor I er ukendt, men hvor man kender spændingen E og modstanden R , indsætte den af variationerne fra Ohms lov:

$$I = \frac{E}{R}, \text{ herved fremkommer}$$

$$W = E \times \frac{E}{R}, \text{ der udregnet bliver}$$

$$W = \frac{E^2}{R}$$

Der kan ialt udregnes 12 udtryk ved kombination af effektformlen og Ohms lov, fig. 34

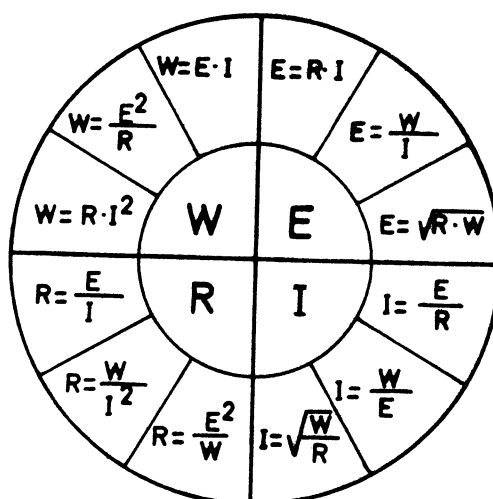


Fig. 34

Jævnstrøm

Bevægelsen af elektrisk strøm uden for et batteris to terminaler er ukompliceret. Den bevæger sig altid fra den negative terminal gennem ledningen til den strømforbrugende enhed, f.eks. en pære, (se fig. 24) og tilbage til batteriets positive terminal. Strømretningen er den samme, uanset hvilke komponenter der indsky-

des i kredsløbet. Som følge heraf kaldes denne for strøm, direkte strøm eller d.c. (afledt af den engelske betegnelse direct current). Den spænding der frembringer en jævnstrøm kaldes jævnspænding eller d.c.-spænding. En del af de strømme, der løber i et avanceret apparat som f.eks. en receiver, er jævnstrømme, andre er imidlertid af en anden karakter, idet de skifter retning periodisk.

Vekselstrøm.

Betegnelsen vekselstrøm eller a.c. (afledt af den engelske betegnelse alternating current) dækker en strøm, der periodisk skifter retning, altså varierer mellem positive og negative værdier. Man kan udmærket frembringe en vekselstrøm med et batteri som energikilde ved at trække strømme skiftevis fra batteriets to terminaler, men der er en nemmere måde at frembringe vekselstrøm på: nemlig ved hjælp af en generator. Den grundliggende ide i frembringelse af spænding ad mekanisk vej i stedet for kemisk (som et batteri) er ganske enkel. En magnet (se fig. 35) sænkes skiftevis ned i og løftes op af en spole, og denne proces gentages med en fastsat frekvens. Magnetens kraftfelt (de punkterede linier), der skiftevis går op og ned i den rørformede spole (en spole er et rør af et ikke ledende materiale, omvundet med tråd) forårsager, at elektronerne inden i spoletråden bevæger sig hen imod den ene ende, således at der opstår et overskud af elektroner og et underskud i den anden ende. Nu husker vi jo, at en vandring af elektroner er ensbetydende med frembringelse af en spænding. Når nu magneten løftes op af spolen, sker det samme, men med modsat fortegn. Den ende, hvor elektronerne var ophobet, minusterminalen, bliver til plusterminal, når elektronerne vandrer den modsatte vej. Bemærk, at spændingen ikke er forsvundet, men blot har fået modsat polaritet. Det er denne skiften af polaritet, der ligger til grund for betegnelsen vekselstrøm og den dermed forbundne vekselspænding.

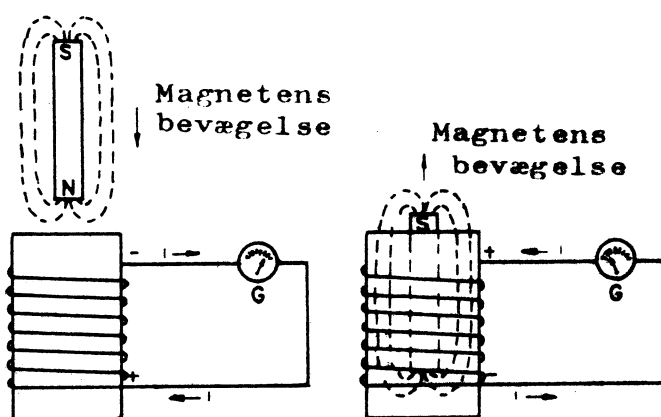
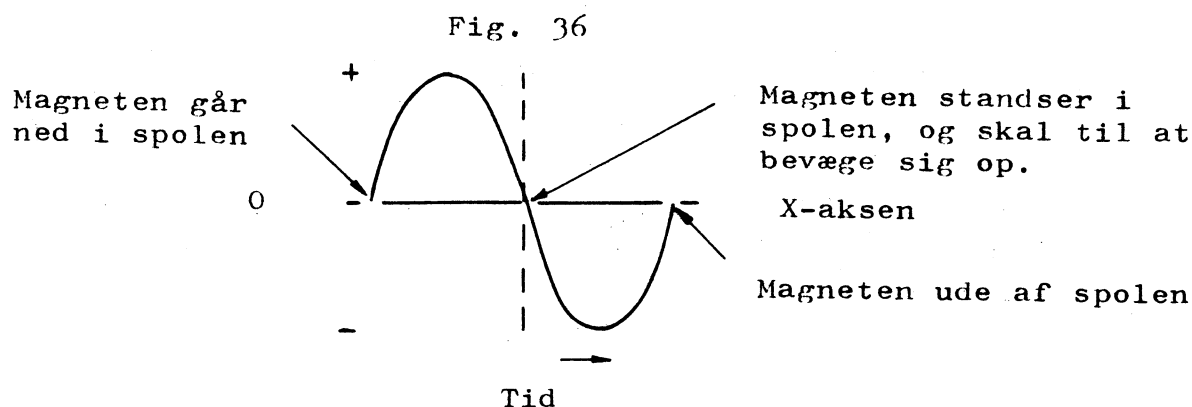


Fig. 35

Tilbage til sinusbølgen.

Bevægelsen af magneten op og ned i spolen resulterer i en sinusbølge. Når magneten bevæger sig ned i spolen, begynder der at gå en strøm igennem ledningen. Denne strøm når sit højdepunkt undervejs og har nul værdi, når magneten standser for at bevæge sig op igen (fig. 36)



Der er intet besynderligt ved denne sinusbølge. Den del af den der er over x-aksen angiver, at strømmen går i én retning, og den del der ligger under angiver, at strømmen går i den modsatte retning. Strømmen skifter polaritet.

Lysnettets sinusformede vekselspænding varierer i Danmark (der er forskellige normer herfor fra land til land) fra mellem + 310 volt og - 310 volt. Det skyldes, at vekselspændingen angives i effektiv værdi, d.v.s., den størrelse der kan udføre det samme arbejde som en jævnspænding ville gøre. Dette kan bedst forstås ved at betragte fig. 37. Toppens areal, der er skåret af, kan fyldes ned i de to skraverede felter. Den linie der nu kan trækkes parallelt med x-aksen er effektlinien, der ved 310 volt spidseffekt angiver en "strømstand" på 220 volt. For en sinusformet vekselspænding gælder, at spidsværdien er lig $1,4 \times$ effektivværdien ($V_2 \times$ effektivværdien). Dette er væsentligt at erindre sig.

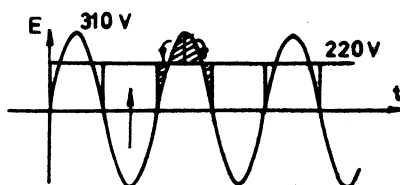


Fig. 37

Tilbage til frekvensen.

Jo hurtigere en magnet bevæges op og ned i en spole, jo oftere skifter polariteten, hvilket er en anden måde at sige, at frekvensen er højere.

Amplituden eller styrken af sinusbølgen er afhængig af magnetens styrke og antallet af spolens vindinger. Frekvensen på lysnettet i Danmark er 50 Hz, hvilket vil sige, at polariteten skifter 50 gange i sekundet.

Halvledere.

Af ikke ledende stoffer kender vi kvarts, glimmer og glas. De bedst ledende stoffer har vi også omtalt, det er bl.a. sølv, aluminium og kobber.

Imellem disse yderpunkter findes der en række stoffer, der går under betegnelsen halvledere (engelsk, semiconductor). Hermed menes stoffer, der ikke leder godt nok til at kunne betegnes ledere, men som heller ikke leder dårligt nok til at kunne anvendes som isolator. De vigtigste halvlederstoffer er germanium (Ge) og Silicium (Si). Det vil føre for vidt at komme ind på de fysiske forhold, der ligger til grund for halvlederteknikken. Vi må simpelthen postulere en række forhold og gemme den dybere forståelse af disse forhold til et senere kursus (II). Vi vil her behandle de to vigtigste halvledere, dioden og transistoren.

Dioden.

En diode er en komponent med en såkaldt P-N overgang. Et halvleder-materiale, f.eks. ren germanium vil, hvis det "forurenes" med et pentavalent grundstof som Arsen, få et overskud af elektroner, og en strøm, der passerer et sådant halvlederstof, vil blive båret af disse elektroner. Vi har nu, det der betegnes som et N-germanium. Det modsatte, et P-germanium, et halvlederstof med underskud af elektroner, får vi ved at tilsætte rent germanium, et trivalent stof som Indium. Dette er nok langt fra indlysende, men det vil som sagt føre for vidt at gå grundigere til værks.

I en diode der er forbundet som i fig.38 vil nogle af elektronerne i N-laget vandre mod den positive pol og "huller" fra P-laget og omvendt for hullerne i P-laget. Da der ikke vil opstå nye huller og elektroner i halvledermaterialerne, vil processen gå i stå, når der er opnået en ligevægtstilstand. Der er ingen frie elektroner til at bære strømmen, vi siger, at overgangen spærres. Vendes polariteten, vil der komme flere elektroner i N-laget og flere huller i P-laget. Dette betyder, at der vil blive stødt elektroner over i P-laget, og de vil, når de møder et hul, "falde i". På samme måde vil huller

blive stødt over i N-laget og gå i forbindelse med løse elektroner der. Elektroner og huller vil således ophæve hinanden. Der går nu en strøm, og P-N-overgangen leder.

Overgangen spærrer for positiv til N og negativ til P, medens den leder med positiv til P og negativ til N. Dette er vigtigt for forståelsen af transistoren. (fig. 38).

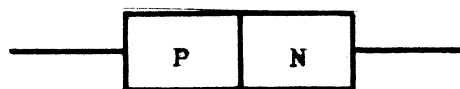


Fig. 38

En transistor består af 3 lag og kan enten være en P-N-P-transistor som i fig. 39 eller en N-P-N transistor

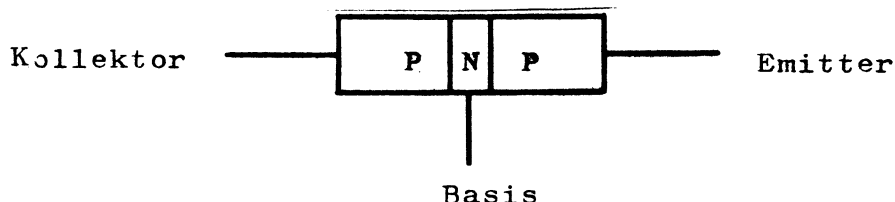


Fig. 39

Det ene P-lag benævnes emitter det andet kollektor, medens N-laget, der er meget tyndt, kaldes basis.

P-N-P-transistoren forbindes med emitter til plus og kollektor til minus. Sålange basis ikke er forbundet, vil der ikke gå nogen strøm, da der ikke tilføres elektroner.

Når basis forbindes til minus (igennem en modstand) får den tilført elektroner udefra, der tiltrækker nogle huller fra emitter.

Nu kommer det vigtigste:

Det tager et "stykke tid" for et hul at finde en elektron, og imens bevæger det sig lidt rundt. Hullet har da en chance for at komme ind over N-P overgangen til kollektor, som ikke spærrer for huller, men kun for elektroner fra basislaget.

Når basislaget er meget tyndt, vil der være stor chance for huller til at passere det, således at for hvert elektron der kommer ind i basis og finder et hul, er der måske 100 eller 200 huller, der går forgæves og videre over til kollektor. Der går en strøm i transistoren, og vi har opnået en strømforstærkning, fordi den lille basisstrøm medfører en større emitterkollektorstrøm. Det antal gange kollektorstrømmen er større end basisstrømmen benævnes strømforstærkningen. Opstillet matematisk:

$$\beta = \frac{I_c}{I_b}$$

hvor I_c er kollektorstrømmen
og I_b er basisstrømmen
og β er strømforstærkningen.

I en N-P-N transistor er lagtyperne det omvendte, og transistoren skal forbindes med emitter til minus og kollektor til plus.

Her er det huller, vi sender ind i basis. De tiltrækker elektroner fra emitter, og det er hovedparten af disse elektroner, der ikke kan finde et hul og derfor fortsætter videre til kollektor.

Strømforstærkningen udregnes på samme måde som for P-N-P transistoren.

Kapitel 4.

DIN 45500 normerne.

Hi-Fi står som bekendt for høj troværdighed ved musikgengivelse. Imidlertid er begrebet "høj troværdighed" så elastisk, at det må defineres nærmere. Der må med andre ord etableres nogle normer, hvor man fastsætter minimumsværdier for alle musikanlæggenes enheder og deres funktioner.

I Europa har de tyske DIN normer (Deutsche Industrie Normen) vundet indpas i de fleste lande, medens de amerikanske IHF(Institute of High Fidelity) stort set har vundet indpas i resten af verden. DIN normerne er udarbejdet i form af målblade med ægte tysk sans for grundighed. Den samlede beskrivelse er et digert værk på flere hundrede sider, der er udarbejdet efter løsbladesystemet. Dette er nødvendigt, da udviklingen medfører, at minimumskravene forældes og regelmæssigt erstattes af nye og strengere krav. Der er omstående indsat to eksempler på målbladene. Blad 1 er en beskrivelse af DIN 45500 og blad 4 er stamblad for båndoptagere. I slutningen af hvert kapitel om de enkelte enheder i musikanlægget er de vigtigste DIN normer angivet i et oversigtsblad.

Kapitel 5.

Forstærkerteknik.

Ordet forstærker bruges idag som fællesbetegnelse for en gruppe af tilsyneladende vidt forskellige apparater. De behøver ikke nødvendigvis at have noget med elektricitet at gøre. De kan være baseret på hydraulik, pneumatik eller ren og skær mekanik. Men disse enheder har dog et til fælles: En information tilført den ene ende kommer uforandret ud af den anden ende blot løftet op på et højere energitrin. Derfor må der tilføres energi ude fra, for at systemet kan fungere. Eksempel: Styremaskinen i et skib. Information ind: Rorgængerens manøvrer med rattet. Energikilde: damp eller dieselolie. Information ud: Det tunge rør drejes i overensstemmelse med rattets drejninger.

Musik, tale og billeder er informationer, der i dag opsamles ganske selvfølgelig af mikrofoner, pick-up's, kameraer etc., som videregiver dem omsat til elektriske signaler. Disse kan sendes via forskellige mellemlid direkte til modtageren, eller de kan oplagres på bånd, plade eller film til senere brug. I sidste ende skal de atter omsættes til deres oprindelige form: akustisk eller optiske informationer. De elektriske signaler, der udgår fra "opsamlerne", har som regel et lavt elektrisk energiindhold, men de repræsenterer dog de opsamlede informationer i form af en elektrisk spænding, der varierer i amplitude med stadig skiftende variationshastighed. Forstærkerens opgave er at opsamle disse svage informationer og give dem videre på et højere energiniveau uden at forvanske noget, uden at slette noget og uden at tilføje noget. Forstærkeren forbruger til gengæld elektrisk energi, som må skaffes til veje fra elforsyningen eller fra et batteri.

Forstærkere i en lydkæde.

Et meget stort antal forstærkere er involveret i moderne lydoverdragning. Vi kan blot tænke på processen: Musik indspilles på et mangesporet bånd. Herfra overføres den via en mixerpult til endnu et bånd, denne gang med to spor. Herfra overføres informationerne igen til grammofonplade. Denne afspilles senere fra et radiostudie, og informationerne passerer sender, luft og modtager, fra hvilken de måske indspilles på bånd. Herfra går de via hjemmets Hi-Fi anlæg til højttalerne, fra hvilken informationerne som noget ganske selvfølgelig forventes at udgå i den oprindelige form: svingninger i luften. Man tolererer ikke megen forvanskning i hele denne kæde, derfor forlanges der høj kvalitet i hvert led.

Det siger sig selv, at de forstærkere, der passerer i en funktions-

kæde som beskrevet, er vidt forskellige i deres praktiske opbygning. Vi vil koncentrere os om de typer, der indgår i et moderne gengivelsessystem. Som informationskilde kan vi tænke os en mikrofon, en pick-up, et tonehoved, en radioforsats samt, når vi skal være helt fuldkomne, den person, der betjener systemet.

Hvordan de forskellige signalkilder er indrettet, fortælles der om i andre lektioner. Her antager vi blot, at kildematerialet er to sæt elektriske signaler af ringe energiindhold, som vi skal have afgivet til to informationsformer: højttalere eller indspillehoved. De to signaler danner tilsammen et stereosystem. I fællesskab fortæller de om, hvorledes lydtrykket i studiet har varieret fra øjeblik til øjeblik. Forskellen mellem dem indeholder også et sæt informationer, som skal overføres, nemlig hvorledes de forskellige lydkilder har været placeret indbyrdes. Vi taler om stereoinformationer. Dette var det generelle, nu går vi over til det mere tekniske.

Forstærkerens grunddata.

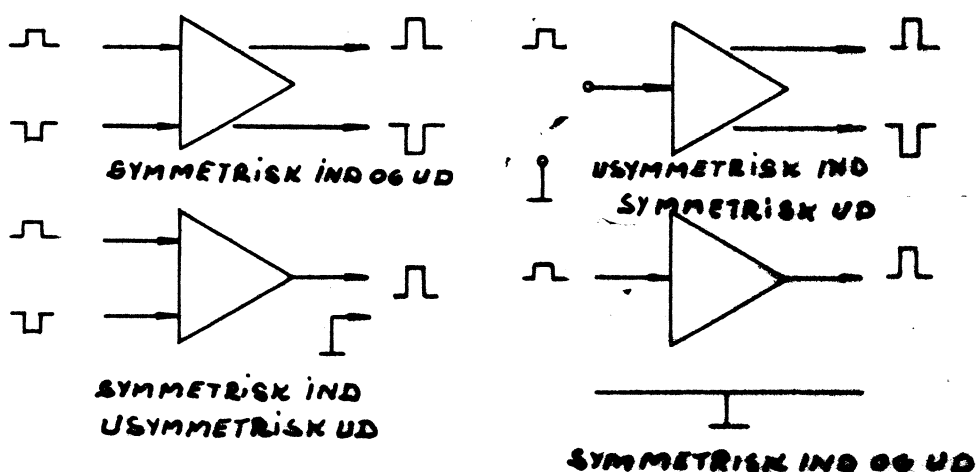


Fig. 40

Diagramsymbolet for en forstærker er en trekant (fig.40). Vi putter informationen ind i den tykke ende og tager den ud ved den tynde ende. Dette kan synes ulogisk, men sådan er det nu engang. Vi kan hjælpe symbolikken lidt på gлед ved at betragte trekanten som en pilespids. Al elektrisk overføring kræver to ledninger, derfor to indgange og to udgange. Informationen ligger i spændingsforskellen mellem disse to eller i den strøm, der flyder fra den ene til den anden eller i produktet af spænding og strøm, altså effekten. Pile- ne ved indgange og udgange angiver også informationernes flowretning og har altså heller ikke noget at gøre med den elektriske strømretning. I flere tilfælde antyder man kun en indgang og en udgang. Dermed fortæller man, at man har fælles referenceledning, der ofte er en jord- eller en stelforbindelse - altså en nul. Man bruger betegnelsen symmetrisk eller usymmetrisk.

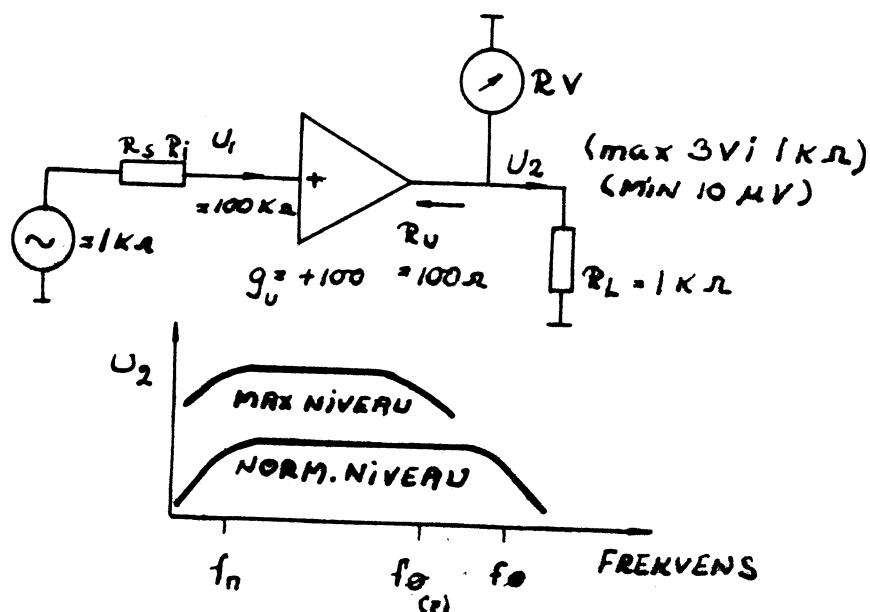


Fig. 41

Den første forstærker vi skal se på, er en sådan forstærker med fælles nul. (fig. 41). Vi bemærker det lille + ved indgangen. Det fortæller, at forstærkeren gengiver de indgåede signaler med samme øjeblikspolaritet fra sin udgang. Stod der \div , betød det, at informationen godt nok kom forstærket ud, men polariteten var omvendt. Man siger, at forstærkeren fasevender. Hvis vi sender musik ind i forstærkeren og lytter f.eks. med en hovedtelefon på udgangen, betyder det normalt intet, om signalet er fasevendt eller ej. Men lytter vi på et stereosystem bestående af to forstærkere tilsluttet samme stereolydkilde, må man være konsekvent og enten fasevende begge, eller lade begge være faserene, for stereoinformationen er jo netop differencen mellem signalerne.

Impedanser.

Vi skal høre mere om disse plusser og minusser om lidt. Foreløbig ser vi på vores lille forstærker og vil finde ud af, hvilke data vi må have for at kunne bruge den til et bestemt formål. Som signalkilde har vi en pick-up med en indre modstand på $1 \text{ k}\Omega$. Vi tænker os, at pick-up'en afgiver en vekselspænding, der ubelastet er på 1 mV og hidhører fra en testplade. Vores forstærker har en vis indgangsmodstand, f.eks. $100 \text{ k}\Omega$ mellem sin indgangsklemme og nul. g står for gain, altså forstærkning, og vi kan tilføje et lille u for at markere, at der er tale om spændingsforstærkning. $g_u = +100$ betyder, at forstærkeren ubelastet afgiver en spænding, der er 100 gange større end indgangssignalet. Vi skal altså tænke os om, hvad vi slutter til på såvel indgang som udgang. Hvis pick-up'en var højohmig og f.eks. havde en indre modstand på 1 Mohm , så var vi ilde faren. Forstærkeren ville virke som spændingsleder og reducere den

faktiske indgangsspænding til ca. $1/10$ af pick-up'ens tomgangsspænding, således at den ubelastede forstærkers netto forstærkning kun blev 10. Tilsluttede vi til gengæld en pick-up af den dynamiske type med ca. 1 ohms indre modstand, ville vi overhovedet ikke få noget måleligt spændingstab. I dette tilfælde ville vi stå os ved at indskyde en transformator, der steppede pick-up'ens spænding og dermed dens impedans op. Tilfældet den magnetiske pick-up standser vi ved, for det ligner realiteterne. Man foretrækker nemlig hyppigt et forhold på omkring 1 til 100 mellem kildemodstand og forstærkerens indgangsmodstand, og vi taber da kun ca. 1 % af pick-upspændingen.

Hvis vi nu udelukkende tilslutter et rørvoltmeter med meget stor indgangsmodstand til udgangen, ville vi altså måle en spænding meget nær 100 gange det, pick-up'en afgiver. Imidlertid angives det, at forstærkerens udgangsmodstand er 100 ohm, og at belastningen er 1 k ohm. Vi taber igen noget spænding, noget nær 10 %, når belastningen er tilsluttet. Vi konstaterer, at vi har en nettospændingsforstærkning på 90 gange.

Dynamisk omfang.

Vi tænker os, at pick-upspændingen stiger til 10 mV. Vi får nu 900 mV ud, og vi fortsætter med at lade indgangsspændingen stige videre til 100 mV. Men inden vi når de 9 V, som vi forventer på udgangen, sker der noget. Forstærkeren kan måske kun følge med op til 3 V. Herefter begynder signalet at forvanskes, og forstærkeren opfylder ikke længere kravet om forvanskingsfri overføring af informationerne. Vi har nået dens udstyringsgrænse og må notere endnu en oplysning: max udgangsspænding 3 V.

Vi erstatter nu vor pick-up med en modstand på 1 k ohm og konstaterer som ventet, at der ikke længere kommer signal ud af forstærkeren. Og dog - når vi tilslutter et følsomt instrument og et oscilloskop til udgangen, opdager vi, at der afgives et uregelmæssigt signal, måske omkring $10 \mu V$. Det, vi ser, er støj. I en følsom hovedtelefon, tilstrækkelig følsom, ville vi høre en susen. Vi må altså gøre os klart, at signaler under $\frac{10}{100} = 0,1 \mu V$ fra pick-up'en vil drukne i støj. Forstærkeren tilføjer noget til informationerne, hvilket vi også har vedtaget ikke må ske. Hvis vi vedtager, at forstærkerens normale arbejds-spænding på udgangen ligger omkring 1 V, kan vi udtrykke et signal/støjforhold på $1/10^5$.

Vi kan også bruge ydergrænserne: 3 V, hvor generende forvanskning netop begynder, og $100 \mu V$, hvor støjen endnu er tålelig lav, til at fastsætte et dynamikomfang for forstærkeren på $1/30.000$.

(Naturligvis anvender man hyppigt dB angivelser i stedet for disse

store talstørrelser).

Frekvensbegrænsninger.

Vi skal se på endnu et sæt begrænsninger. Vi tilslutter indgangen en tonegenerator med 1 k ohm indre modstand, og belaster forstærkeren med 1 k ohm samtidig med, at vi måler udgangsspændingen. Vi lader signalfrekvensen stige og vil da opdage, at når vi når en vis grænse, begynder udgangsspændingen at falde. Sagt på en anden måde, forstærkeren kan ikke længere følge med i informationernes hastige vekslen. Vi har nået det, vi kalder den øvre grænsefrekvens, når spændingen er faldet til $1/\sqrt{2}$ - eller 3 dB . Vender vi tilbage til udgangsfrekvensen og bevæger os derfra nedad i frekvens, vil vi måske også konstatere en nedre grænsefrekvens, hvor udgangsspændingen begynder at vise faldende tendens. Vi må altså også fastlægge forstærkerens frekvensområde. Det kan f.eks. strække sig fra 20 Hz til 50 kHz. Uden for disse frekvenser begynder forstærkeren at fjerne noget af informationsindholdet.

Vi vil måske endda konstatere, at hvis vi øger indgangssignalets spænding til op mod forstærkerens udstyringsgrænse, så kan den ikke længere følge med op til 50 kHz, men begynder måske at falde af allerede ved 25 kHz, samtidig med at signalet forvanskes. Dette viser, at vi må angive ved hvilken udgangsspænding - eller evt. ved hvilken udgangseffekt - det lovede frekvensområde overholdes.

Dette fortæller os, at forstærkeren kun kan magte en vis spændingsændring pr. tidsenhed. Hele dette problem har forbindelse med det, vi kalder effektbåndbredde. Vi repeterer hovedegenskaberne ved en forstærker: Indgangsmodstand, udgangsmodstand, tomgangsforstærkning, signal/støjforhold, dynamikforhold, frekvensområde og max. spændingsændring pr. sek. på udgangen. Vi hæfter os ved, at vi i den behandlede forstærker i realiteten beskæftigede os med spændingsforstærkningen. Det er jo imidlertid helt klart, at der også sker en effektforstærkning, når vi har vores belastning på 1 k ohm tilsluttet. 10 mV afleveres af pick-up'en til 100 k ohm. Det bliver en effekt på 0,1 mW. 900 mV afleveres fra udgangen til 1 k ohm. Det bliver til 0,8 mW. Effektforstærkningen var altså ca. 80 gange. Altså stort set som spændingsforstærkningen, men de små værdier er uinteressante i dette tilfælde. Vi vil derfor betegne forstærkere, der arbejder i disse områder, som spændingsforstærkere.

Effektforstærkning

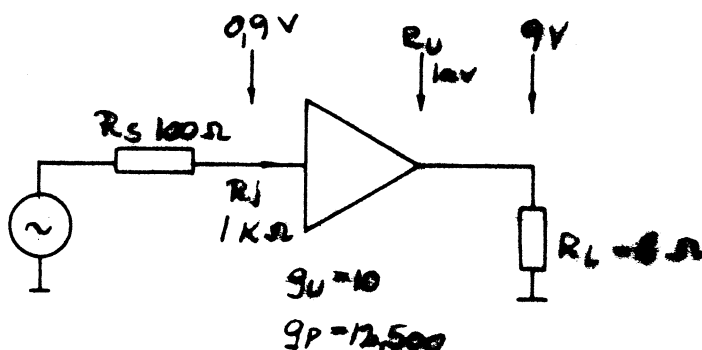


Fig. 42

Den 1 k ohm modstand, vi brugte som belastning i vores forstærker-model, kan f.eks. være indgangsmodstanden i en ny forstærker, som vi lader signalet fortsætte ind i.

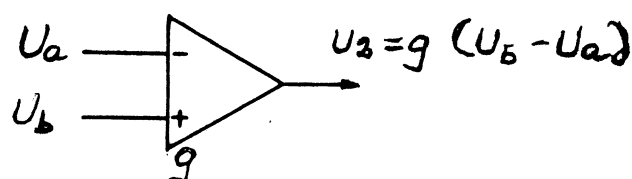
Denne forstærker er måske belastet med en højttaler på 8 ohm, om hvilken vi ved, at den, for at give ønskede lydstyrke fra sig, skal tilføres den spænding på 9 V. Her er der tale om en ret anselig effektforstærkning, nemlig fra 0,8 mW til ca. 10 W, altså 12,500 gange. Spændingsforstærkningen kan man tilsvarende let udregne til 10 gange, altså et tal, der er meget mindre end effektforstærkningen. En forstærker af denne kaliber, betegner vi effektforstærker. Den kan beskrives med et sæt oplysninger ganske som den foregående. En effektforstærker, der skal trække en højttaler, skal helst have så lille en udgangsmodstand som muligt, for derved dæmper den eventuelle egensvingninger i højttaleren. Forstærkeren skal kunne overføre et frekvensbånd, der svarer til, hvad højttaleren kan følge med til og helst lidt til. Dens udstyringsgrænse skal svare til den foregående forstærkers grænse. Hvis denne var 3 V, bør effektforstærkeren altså kunne give op til 30 V, hvilket svarer til godt 112 W.

Vi har nu set på nogle af de vigtigste data for forstærkere. Hertil kommer en række mere eller mindre underordnede data, som vi ikke vil fordybe os i her. Blot skal det nævnes, at vi selvfølgelig skal vide, hvilke driftsbetingelser forstærkeren stiller. Vi har set på forstærkeren som en enhed, der overfører signaler fra indgang til udgang, så godt som det nu kan gøres. Men selv om man har fremragende komponenter til rådighed, kan vi alligevel ikke bygge en forstærker, der i sig selv overholder de krav - især m.h.t. forvanskingsfrihed - som stilles idag.

Modkoblede forstærkere.

En helt afgørende forbedring får vi først, når vi gør forstærkeren selvkorrigerende, d.v.s. fører udgangssignalet - eller en del deraf - tilbage til indgangen og lader forstærkeren selv undertrykke de forskelle, der er opstået undervejs. Vi modkobler forstærkeren. Modkobling af forstærkere er et meget stort kapitel indenfor forstærkerteknikken, som vi kan berøre ganske perifert. Vi gentager vort forstærkersymbol, men vi bruger denne gang to indgangsterminaler,

Fig. 43



Differentialforstærker

men nøjes stadig med én indgang.

Vi har markeret et + og - på hver udgang og husker betydningen:

Udgangsspændingen U_2 er g gange større spændingsforskellen mellem de to indgange. Man kalder denne version af en forstærker for en differentialforstærker, fordi den gengiver i forstærket form differencen mellem de to spændinger på indgangen: $U_b - U_a$, dens forstærkning kalder vi g .

Hvis vi nu forbinder, som vist og kun bruger + indgangen til signaltilførsel, (fig. 44)

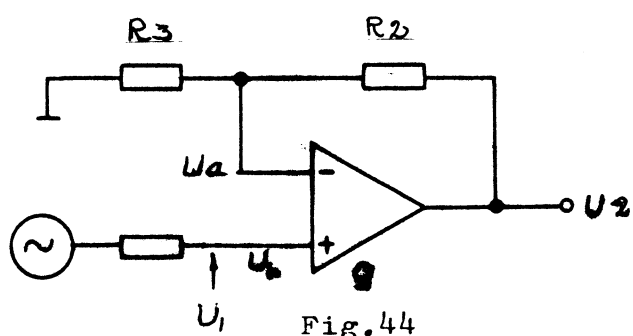


Fig. 44

$$U_2 = U_1 \frac{g}{1 + g \frac{R_3}{R_3 + R_2}}$$

$$\text{hvis } g \frac{R_3}{R_3 + R_2} \gg 1$$

$$U_2 = \frac{R_3 + R_2}{R_3} U_1$$

Udgangsmodstand: lav $\rightarrow 0$
Indgangsmodstand: høj $\rightarrow \infty$

kan vi lave et lille regnestykke:

$$U_2 = g (U_b - U_a)$$

U_a er en del af U_2 , idet modstanden virker som spændingsdeler.

Vi kan derfor sige, at $U_a = U_2 \cdot \frac{R_3}{R_3 + R_2}$

og det kan vi indsætte:

$$U_2 = g \left(U_b - U_2 \frac{R_3}{R_3 + R_2} \right) ;$$

$$U_2 = g \cdot U_b - g \cdot U_2 \cdot \frac{R_3}{R_3 + R_2} ;$$

U_b er i dette tilfælde den faktiske udgangsspænding, vi ønsker forstærket, f.eks. pick-upspænding mens U_a er en tilbagekoblet version af U_2

$$U_2 + g U_2 \frac{R_3}{R_3 + R_2} = g U_b ;$$

$$U_2 \left(1 + g \frac{R_3}{R_3 + R_2} \right) = g U_b ;$$

Forstærkningen er altid lig udgangsspænding divideret med indgangsspænding, vi kan allerede ane, at vi nu får en faktisk forstærkning, der ikke er den samme som g . Vi kalder den nye forstærkning g' , den modkoblede forstærkning.

$$g' = \frac{U_2}{U_b} = \frac{g}{1 + g \frac{R_3}{R_3 + R_2}} ;$$

Den er tydeligvis mindre end den oprindelige g .

Hvis g oprindelig var 100 og forholdet $\frac{R_3}{R_3 + R_2} = 0,1$, ville vi få

$$g' = \frac{100}{1 + 100 \cdot 0,1} = \frac{100}{1 + 10} = 9,1$$

Er det nogen fordel ?

Ja! Der er mange fordele.

1. Forstærkningen holdes mere konstant.

Hvis g af en eller anden grund synker til 0,9 g (10%) altså 90,

bliver $g' = \frac{90}{1 + 0,1 \cdot 90} = \frac{90}{10} = 9$

altså en variation på ca. 1 %.

2. Hvis forstærkeren tilføjer et signal

(=forvrængning)

uden modkobling $U_2 = (U_b - U_a) g + U_3$

med modkobling $U_2 = g' \cdot (U_b - U_a) + g \cdot U_3 \cdot \frac{R_3}{R_3 + R_2}$

Den "falske" spænding findes ikke på indgangen, men føres tilbage til indgangen. Da det står "alene", møder det den fulde forstærkning i modfase og undertrykkes kraftigt. Altså nedsat forvrængning.

Vi ser på vores regnestykke igen

$$g' = \frac{g}{1+g \frac{R_3}{R_3+R_2}} ;$$

og tænker os, at g er meget større end 100, f.eks. 100.000, vi får da

$$g' = \frac{100000}{1+100000 \frac{R_3}{R_3+R_2}} ;$$

Hvis $\frac{R_3}{R_3+R_2}$ stadig er 0,1, kan vi hurtigt se, at 1-tallet i nævneren er ganske betydningsløse. Altså når

$$g \cdot \frac{R_3}{R_3+R_2} \geq 1 ;$$

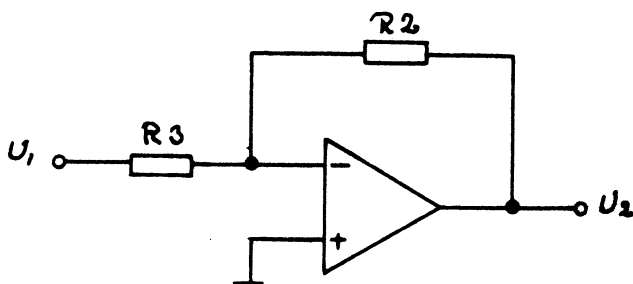
får vi

$$g' = \frac{g}{g \cdot \frac{R_3}{R_3+R_2}} = \frac{R_3}{R_3+R_2} ;$$

Dette er meget vigtigt, for vi ser, at om vi konstruerer forstærkere med uhyre stor g , vi kan nu forstå udtrykket "åbensløjfe forstærkning", kan vi gennem modkoblingen fastlægge forstærkningen udelukkende ved hjælp af modstande. Og da sådanne kan fås med stor præcision og stabilitet, er vejen åbnet for særdeles stabile og præcise forstærkere.

Vi kan ikke brede os mere i dette interessante felt, men vi vil lige antyde den anden meget vigtige forstærkerkobling.

Fig. 45



$$U_2 = -U_1 \frac{g \cdot R_2}{R_2 + R_3 + gR_3}$$

Hvis $g \gg 1$

$$U_2 = -U_1 \cdot \frac{R_2}{R_3}$$

Udgangsmodstand : lav $\rightarrow 0$

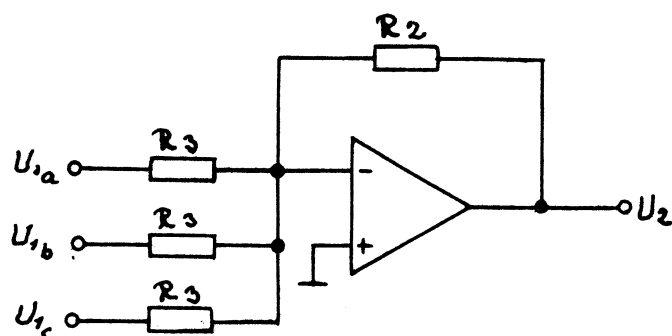
Indgangsmodstand: $= R_3$

Her er U_a vores indgangsspænding, mens $U_b = 0$; og forstærkeren bliver

$$g' = \frac{R_2}{R_3}$$

Denne kobling er vigtig, fordi man med den kan foretage den ideelle mixning af flere signaler:

Fig. 46



$$U_2 = \frac{R_2}{R_3} (U_{1a} + U_{1b} + U_{1c})$$

Mixerforstærker

Når forstærkningen er enorm er spændingen mellem $-$ og $+$ så at sige nul. Derfor ingen overkobling mellem kilderne, og U_2 er præcis lig summen af indgangssignalerne

$$U_2 = \frac{R_2}{R_3} \cdot (U_{a1} + U_{a2} + U_{a3})$$

Vi slutter dette afsnit med at se på, hvorledes det går med udgangs- og indgangsmodstande i disse modkoblede forstærkere.

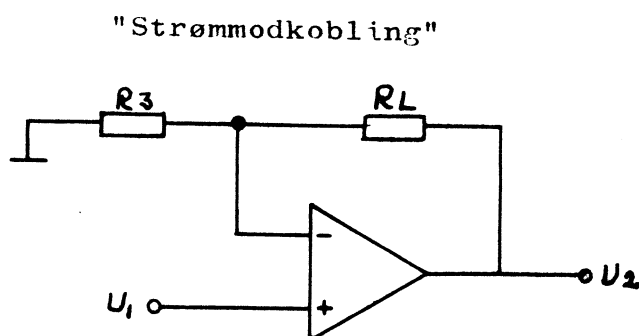
Indgangsmodstanden.

Indgangsmodstand i en forstærker ytrer sig som forholdet mellem spænding og strøm. Hvis vi ser på fig 44, vil vi opdage, at $-$ indgangen på grund af modkoblingen svinger i samme fase som indgangssignalet. Jo højere forstærkning jo mere er de to signaler også ens i spænding. Jo mere de nærmer sig hinanden, jo mere nærmer strømmen sig 0. Derfor bliver den effektive indgangsmodstand høj. Moderne forstærkere med forstærkning på op mod 100.000 gange, udviser ved modkobling en indgangsmodstand, der kan andrage flere 100 M ohm. Forstærkeren er altså velegnet til højohmige signalkilder. Koblingen i fig. 45 derimod udviser ved store forstærkninger en indgangsmodstand lig R_3 . Mellem de to indgange er der nemlig så at sige ingen spænding, og da $+$ terminalen er på nul, kan vi se, at strømmen bestemmes af R_3 .

Udgangsmodstanden.

I fig. 44, 45 og 46 er udgangsmodstanden meget lav. Hvis vi med en ekstra belastningsmodstand prøver at trykke U_2 ned, bliver der mindre modkoblingsspænding. Modkoblingsgraden formindskes og en større nettoforstærkning sættes ind. Dette har betydning, især i effektforstærkere hvor vi gerne ser en højttaler drevet fra en meget lavohmig kilde. Mens man uden modkobling kan realisere forstærkere med nogle få ohms udgangsmodstand, kan man ved modkoblingsteknik bringe den effektive udgangsmodstand ned til brøkdele af en ohm.

Fig. 47



Udgangsmodstand: meget høj.

Koblingen i fig. 47 viser en anden mulighed for modkobling. Belastningsmodstanden sidder her som en del af modkoblingsvejen. Her opnår vi en forhøjelse af udgangsmodstanden. Hvis forstærkningen er stor, vil der altid være omtrent nul volt mellem de to indgange. Da R_3 ikke forandres, betyder det, at den samme strøm må gå gennem R_L uanset dennes størrelse.

Dette udnyttes i visse tilfælde, hvor man har brug for en konstant strømkilde, f.eks. føddning af et optage-tonehoved i båndoptagere.

Specielle forstærkere.

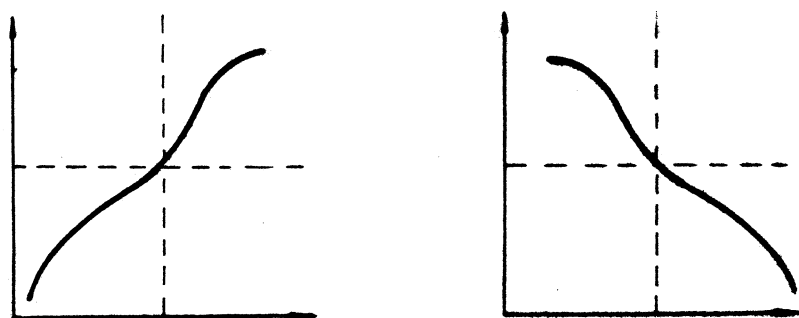
I en moderne kvalitetsforstærker finde vi et stort antal detailkredsløb samt forskellige betjeningsorganer.

Brugeren kan ved hjælp af knapper vælge signalkilder, stille volumen, ændre klangfarve og meget mere. Derfor tog vi brugeren med som informationskilde, fordi det er muligt, ved hans indgreb, at ændre på informationsindholdet i signalet.

Det ville føre for vidt at gennemgå et moderne forstærkningsdiagram, men vi skal i stedet se på nogle typiske enheder.

Pick-upindgang: Da der findes forskellige grundtyper pick-up'er, er der sædvanligvis flere pick-up inputs. Den keramiske pick-up kræver høj indgangsimpedans. Den magnetiske pick-up kan som regel gå direkte ind i forstærkeren, mens den dynamiske bør have en transformator indskudt. Her skylder vi at fortælle, at man ved pladeindspilningen har indført en bevidst forvanskning af signalet.

Fig. 48



Indspilningskurve

Afspilningskurve

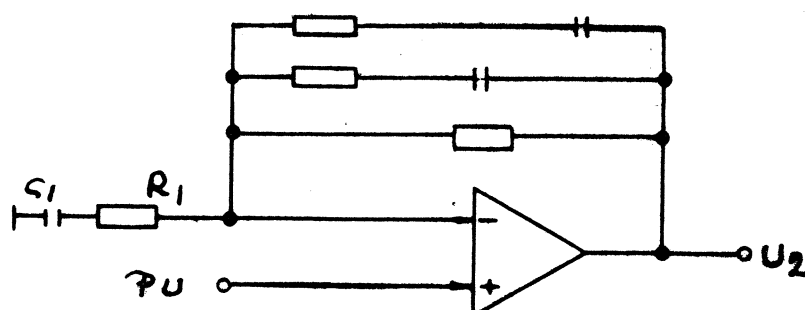
De dybe frekvenser er undertrykt, mens de høje er fremhævet.

Formålet er:

- 1) at undgå de store udsving i rillen, som lave frekvenser ellers ville kræve og
- 2) at muliggøre støjundertrykkelse ved afspilning uden at undertrykke signalet.

Man er verden over enedes om, hvorledes man ændrer på frekvenskurven ved indspilning og dermed ved forstærkerfabrikanterne, også, hvorledes de skal modforvanske ved afspilning således, at signalet atter får sit korrekte informationsindhold. Denne korrektion kaldes RIAA korrektion.

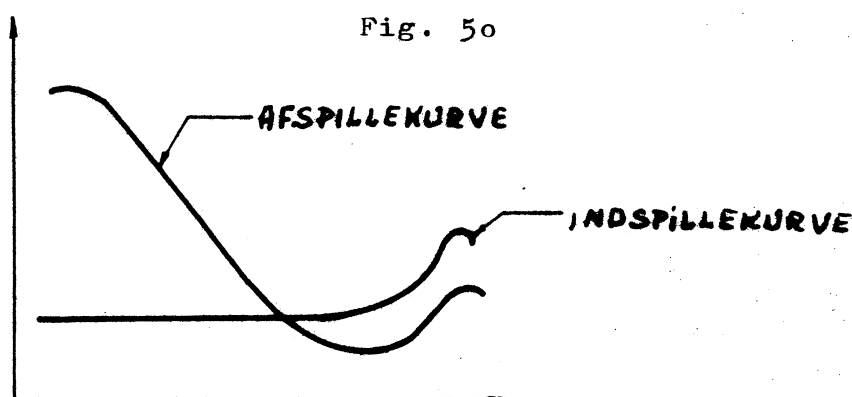
fig. 49



Pick-up forstærkeren har altså foruden sin funktion som energiforøger en korrigerende funktion. Den kan principielt være bygget som vist i fig. 49. Vi ser, at korrektionen sker i modkoblingsvejen. Er den udkoblede forstærkning meget høj, er forstærkningen ved hver enkelt frekvens bestemt af de viste modstande og kondensatorer. En mikrofonindgang findes også, og her er vi ved en af de mest følsomme forstærkertyper. Ofte er mikrofonspændinger helt nede i μV området, og mikrofonforstærkeren må derfor udmærke sig ved meget lavt støjtal.

Tonehovedet på båndoptageren afgiver lige som pick-up'en et signal, hvis frekvenskurve skal korrigeres. Der er knap så stor enighed om, hvorledes der skal korrigeres. Idag findes der flere normer i brug.

Fig. 50



Ved indspilningen anvender man en ret frekvensgang, bort set fra en hævnning i diskanten. Ved afspilningen må man øge forstærkningen for de lave frekvensers vedkommende, fordi tonehovedet giver lavere spænding, når frekvensen er lav. De allerhøjeste frekvenser hæves også for at korrigere for spaltetab. (se fig. 50). Almindeligvis er afspilleforstærkeren for tonehovedet anbragt nær dette, altså båndoptageren, der blot afgiver et korrigeret signal til den "store" forstærkers indgangsterminal.

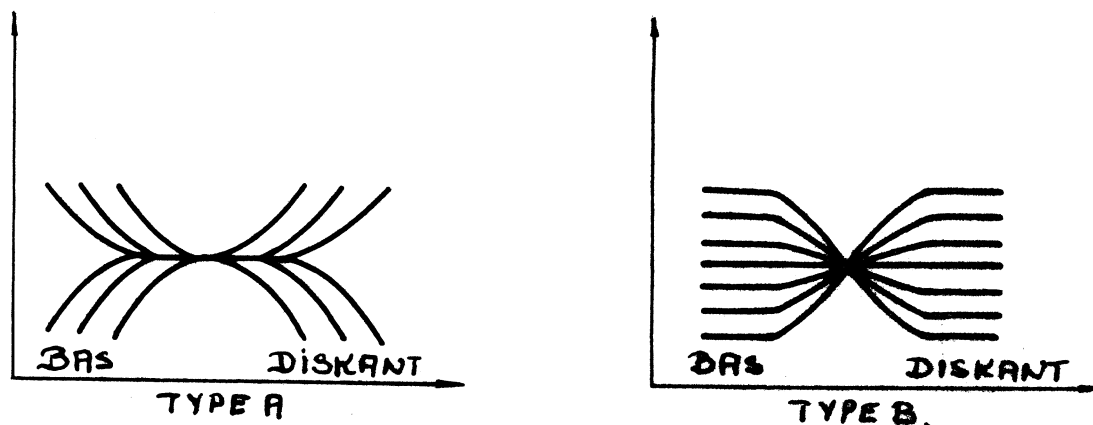
Fælles for disse forstærkere er, at de afgiver signaler på "linie-niveau", det vil sige omkring 0,75 volt.

De kan nu manuelt udvælges og tilføres en "linieforstærker", og i forbindelse med denne, har vi volumenkontrol samt de forskellige tonekontroller. Hyppigt har linieforstærkeren ikke anden funktion, end at dække de tab i signalenergi, som flere af disse kontroller medfører.

Volumenkontrol og loudness kontrol.

Volumenkontrollen er ofte fælles for begge kanaler, dog ses ofte to individuelle kontroller monteret på koncentriske aksler. Med volumenkontrollen ændrer man elektrisk set kun energiindholdet i informationerne, altså lydstyrken fra højttaleren. Desværre er vor høresans indrettet således, at kun ved en bestemt styrkegrad opfatter vi informationen korrekt. Skruer vi ned for lydstyrken, ændrer vi også høresansens frekvenskurve. Bas og diskant forsvinder hurtigere end middeltoneområdet. Vi kan hjælpe herpå ved gradvis at hæve bas- og diskantområderne, når der drejes ned på volumenkontrollen. Alt dette kan kombineres med volumenpotentiometrene, men det bliver ret kompliceret, hvorfor man overlader det til brugeren. Dog kan man udstyre forstærkeren med en lille knap, der på én gang fremhæver bas og diskant uden at ændre på middeltoneområdet. Denne ændring giver en fornemmelse af mere lyd, uanset at der er drejet ned for styrken, mere "loudness". Det mest korrekte er dog at udnytte bas- og diskantkontrollerne korrekt.

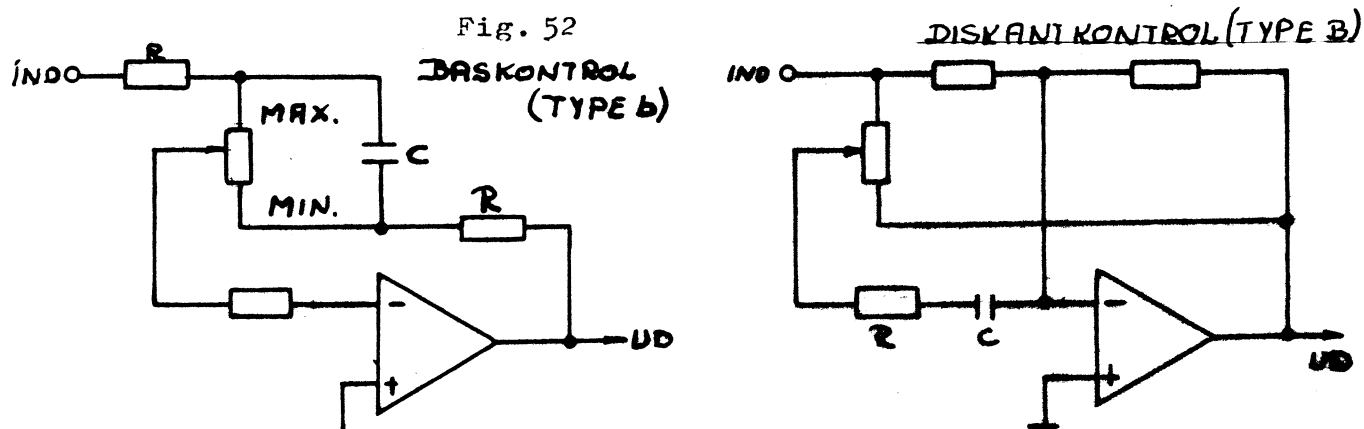
Fig 51, Tonekontroller



Tonekontroller.

Bas- og diskantkontroller har været kendt i mange år. Fig. 51 viser eksempler på, hvorledes de kan indvirke på frekvensgangen. Der findes to typer, hvis funktioner fremgår af figuren. Audiofiler kan skændes i timer om, hvilken der er den bedste. Typen med variabel knækrefleks (Type A) giver en tydelig virkning i yderpunkterne af området, næsten for tydeligt. Det er f.eks. ikke muligt at fremhæve 8 kHz en smule, uden at 12 kHz fremhæves meget mere. Tilsvarende i bassen.

Typen med "fast cross-over" frekvens hæver til at begynde med hele diskantområdet en smule og bliver derefter mere og mere yderliggående i frekvensområdet.



Udover at regulere på bas- og diskantindholdet i signalerne, kan man indføre en ny facilitet, som i forvejen er velkendt i professionelle forstærkere, nemlig presence/absence-reguleringer. I princippet er der tale om en fremhævning eller undertrykkelse af et frekvensområde, som igen kan udvælges med en anden kontrol. Navnet skyldes, at det normalt anvendes i mellemtoneområdet, hvor den menneskelige stemme er placeret. Man kan så og sige skubbe en sanger frem eller tilbage i musikbilledet.

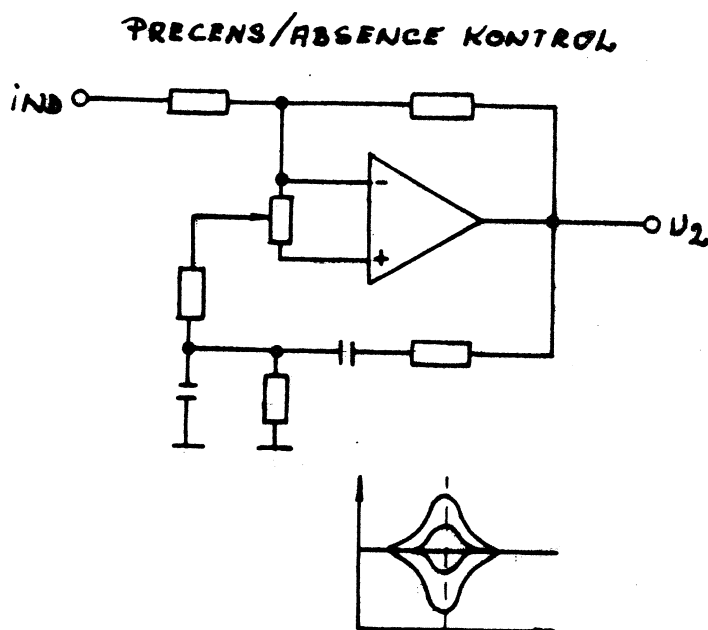


Fig. 53

Man kan imidlertid have et større antal af disse reguleringer - fordelt i spring på f.eks. kvinter over hele toneområdet. I så fald kan man helt undvære bas- og diskantreguleringerne, fordi det nu er muligt så at sige at komponere en hvilken som helst frekvenskarakteristik.

Det officielle formål med at give brugeren alle disse reguleringsmuligheder er, at han skal kunne tilpasse klangfarve til den valgte hørelydstyrke, samt at han skal kunne korrigere for de resonanser og dæmpninger, der findes i aflytningslokalet. De fleste reguleringer går langt ud over, hvad der er påkrævet til disse formål, og mange brugere forfalder i begyndelsen af deres karriere som audiofiler til overdrivelser. Efterhånden vil de fleste finde frem til en mere behersket brug.

Stereoinformationen kan også reguleres. Den vigtigste regulering i så henseende er balancen. Hvis de to kanaler volumenreguleres med to sammenkoblede potentiometre, må der tilføjes en regulering, der kan regulere energiindholdet mellem de to kanaler. En god balancekontrol er ret vanskelig at lave, og systemet med individuelle volumenkontroller er at foretrække.

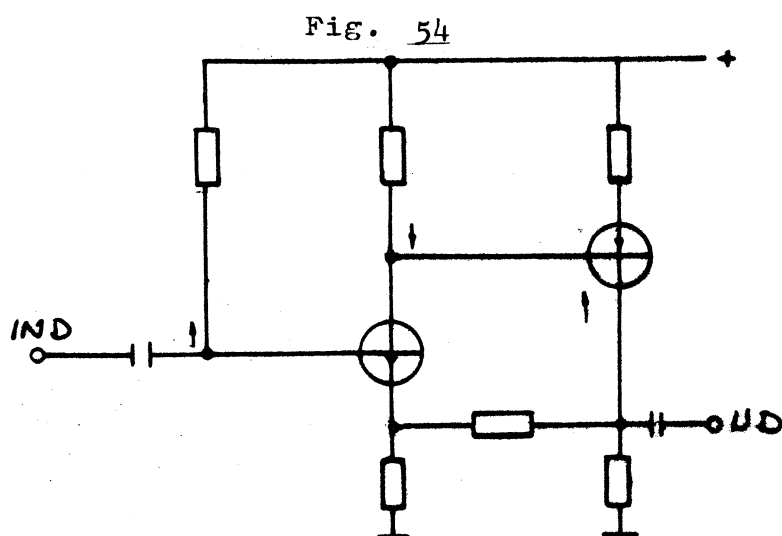
Det er også muligt at regulere styrken af selve stereoinformationen, altså forskellen mellem de to kanaler. Skrues en sådan regulering på nul, er de to kanaler identiske, og man hører kun "monoinformationen". Ved at skrue op øger man gradvis lydbilledets bredde, og man kan, ved at gå op over den korrekte indstilling, danne et lyd-

billede, der virker bredere end afstanden mellemhøjttalerne. Inden vi går videre til det afsluttende afsnit om effektforstærkere, skal vi lige berøre de forstærkende komponenter. I det foregående har vi benyttet et enkelt symbol for den rå, ikke-modkoblede forstærker. Dette er idag allerede realistisk også i de fuldstændige diagrammer, fordi forstærkere simpelthen købes som færdige elementer. De fylder ikke mere end en transistor på et kvadreret papir og indeholder dog 20-30 transistorer og modstande, fotograferet ned på siliciumkrystaller og ætset.

Hvis vi vender tilbage til omtalen af modkoblede forstærkere, vil vi huske, at når blot den umodkoblede forstærkning (open-loop-gain) var meget stor, kunne vi helt og holdent fastlægge den modkoblede forstærkers egenskaber med de komponenter, der indgik i modkoblingsleddet. Disse færdige forstærkere (integrerede kredsløb eller ic'er) besidder forstærkning på omkring 100.000 gange.

Kondensatorer og præcisionsmodstande ligger det tungt med at integrere, så de må tilføjes udvendigt, ganske som vi antydede på diagrammerne. Til gengæld anvender man langt flere transistorer og dioder, end man ville drømme om at anbringe i en "diskret" opbygning (opbygning med enkelte transistorer osv). Årsagen er, at en transistor i en ic'er så at sige kun koster nogle streger på grundtegningen. I mange tilfælde kan man afhjælpe manglen på præcision i de integrerede modstande ved snedige transistor-kredsløb.

For ikke helt at forbigå de diskret opbyggede småforstærkere, skal vi dog vise et enkelt eksempel. (fig. 54)



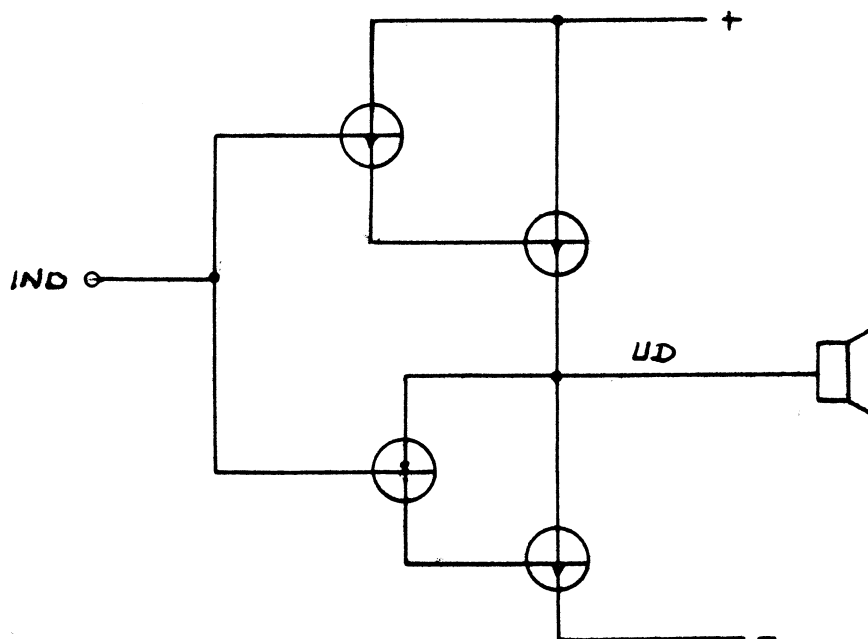
Modkoblet "diskret" forstærker

Effektforstærkere.

Højttalere kræver effekt for at udspy lyd, og effektforstærkerens opgave er at omforme de modtagne spændingssignaler til effektsignaler. Kvalitetshøjttalere er endda ofte meget effektkrævende, idet deres virkningsgrad er ringe. Med moderne siliciumtransistorer kan man uden større udgift skaffe denne effekt. I hvert fald væsentligt lettere end med rør eller de første germaniumtransistorer. Når man idag beder om 100 W, continuous power, ligger problemet i energiforsyningen. Transformatoren i denne bliver meget tung, hvis den ikke skal køre alt for overbelastet. Hvis højttaleren alligevel ikke kan stå for 100 W konstant, bør man overveje, om det meget jern er umagen værd. Mere vigtigt er det, at forstærkeren skal besidde energireserver til at dække kraftige tidsbegrænsede passager i programmet, altså transienter. Dette kræver blot, at selve forstærkerens udgangsdelen er rigeligt dimensioneret. Iøvrigt er det typisk for transistor-effektforstærkere, at de bevarer en meget lav grad af forvrængning, indtil de når udstyringsgrænsen. Derefter stiger forvrængningen, endog meget hurtigt. Det er underdimensionerede transistor-konstruktioner, der i transistorens barndom forskaffede navnet "transistorlyd". Rørforstærkere med udgangstransformator gik mere jævnt over i overstyringsområdet, uagtet at forvrængningen begynder tidligere. De første transistor-udgangstrin forsøgte at videreføre traditionen fra forstærkere med rør. Man balancerede to store transistorer af med modstande, hvoraf nogle var temperaturafhængige, satte en transformator med midtpunktsudtag fra kollektor til kollektor - ganske som i den klassiske push-pull kobling. Det varede dog ikke længe, før man lærte at udnytte transistorens specielle egenskaber, så man fik transformatorløse udgangstrin, blot med en solid kondensator, der skilte jævnspændingen fra. Man fandt ud af at modkoble ret hårdt for jævnspændingen og moderat for signalspændingerne. De temperaturafhængige modstande, der skulle kompensere for transistorens egen temperaturs afhængighed, faldt dermed bort. Det såkaldte quasikomplementære trin blev og er stadig meget udbredt. I modsætning til rør, kan transistorer bygges for begge jævnstrømsretninger, og i dagens og i morgendagens forstærkere udnyttes dette forhold mere og mere i de komplementære koblinger. Man kan idag balancere forstærkerne så godt, at jævnspændinger og -strømme er uhyre konstante uanset temperatur- og driftspændingsvariationer. Ved at udforme energiforsyningen som en symmetrisk spændingskilde,

altså en positiv og en negativ spænding symmetrisk om en fælles nul, kan man holde udgangsspændingen konstant og så nær nul, at den store udgangskondensator også kan udelades. Og dermed har man i stor målestok den samme forstærkertype som de små signalforstærkere, vi startede med at omtale, altså uden nedre frekvensgrænse.

Fig. 55 Eksempel på udgangstrin



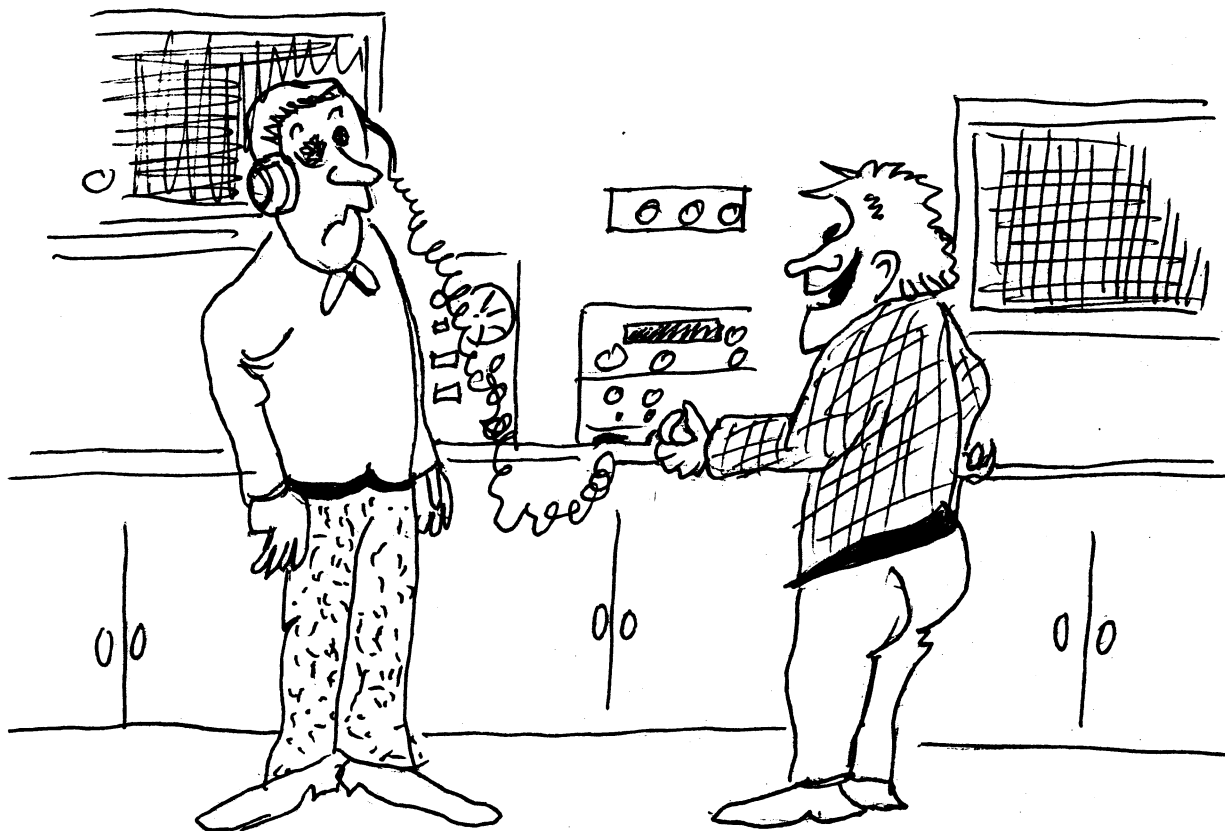
Et udgangstrins virkningsgrad er ifølge teorierne omkring 75 % ved fuld udstyring og dårligere ved lavere udstyring. Der bliver derfor altid en hel del varme hængende i forstærkeren, og for at holde transistorerne inden for den tilladelige temperaturgrænse, må man montere transistorerne på køleelementer, som i store forstærkere køles med en ventilator.

Udgangsforstærkeren idag indeholder som regel to store effekttransistorer med hver sin drivertransistor. Desuden kan der indgå en eller to indgangstransistorer. Ved modkobling kan man nå ned på udgangs-impedanser på 1/10 til 1/100 ohm, hvilket betyder, at højttalerne er særdeles godt låst fast, så de ikke foretager nogen bevægelser udover de, der dirigeres fra forstærkeren. Man taler om dæmningsforhold. 8 ohm tilsluttet 0,01 ohm udgang, giver dæmningsforhold 800. En udgangsforstærker er bygget til maximal ydeevne ved en bestemt højttalerimpedans, f.eks. 8 ohm. Tilslutter man lavere impedanser, risikerer man at ødelægge transistorerne. En smeltesikring er alt for langsom til at yde beskyttelse, og man anvender derfor som regel en elektronisk sikring i form af en transistor, der omgående fjerner overbelastede signaler.

Almindeligvis ser man et udgangstrin pr. kanal. Hver højttaler er

med sin anden terminal tilsluttet nul. Højeffektforstærkere kan dog have to ens trin pr. kanal, idet hvert trin er forbundet til sin højttalerterminal. Når de to trin arbejder i modfase, får man en fordobling af den faktiske højttalerspending - og dermed en firedobling af effekten.

Vi har dermed sluttet en - måske noget summarisk - gennemgang af, hvorledes en moderne forstærker er bygget op. Opdelingen i enkeltkredsløb er idag ikke blot et elektrisk fænomen. Rent fysisk er forstærkerne opbygget af modulenheder, der kan udskiftes, ganske som man før skiftede rør, men udskiftningshyppigheden er reduceret meget.



HUNDREDE WATT ER NOGET, DER FÅR TRANSIENTERNE TIL
AT STÅ „KLOKKERENT“, HVA' ARNOLD !!

Tabel I, Forstærkerspecifikation

Specifikation	Udtrykt i:	DIN 45.500	Bemærkninger
Sinuseffekt	Watt	2 x 6	-
IM	%	< 3,0	-
Signal/støj-forhold	dB	> 50	-
Dæpnings-faktor	Numerisk størrelse	> 3	-
Klirfaktor	%	< 1%	Ved fuld udstyring
Frekvensgang	Hz ± dB	40-16000	Lineær indgang ± 1,5 Phono ± 2,0

Kapitel 6.

Tunere.

Den simpleste form for radiomodtager er krystalapparatet eller diodemodtageren, der består af en enkelt spole, der afstemmes til den ønskede frekvens af en variabel kondensator. Ved ensretning og filtrering af HF-signalet fremkommer LF-signalet, der kan aflyttes over en hovedtelefon (fig. 56).

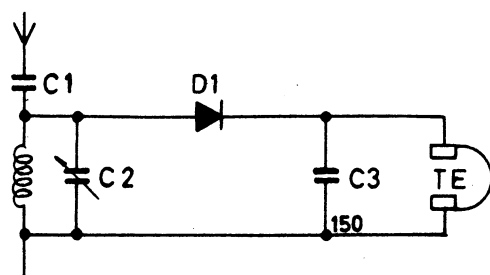


Fig. 56

Da krystalapparatet ikke indeholder forstærkende elementer, er dets følsomhed så ringe, at det kun kan modtage kraftige, nærtliggende stationer. Dets selektivitet, evne til at adskille stationerne, er også yderst beskeden, fordi afstemningen kun foregår i et enkelt led. Gode modtageegenskaber kræver altså flere afstemte kredse og passende forstærkning.

Selv i en forholdsvis simpel modtager kan der let være 8-10 afstemte kredse. At variere så mange på en gang er en vanskelig og uøkonomisk løsning, og man benytter derfor udelukkende modtagere efter "superheterodynprincippet" (fig. 57).

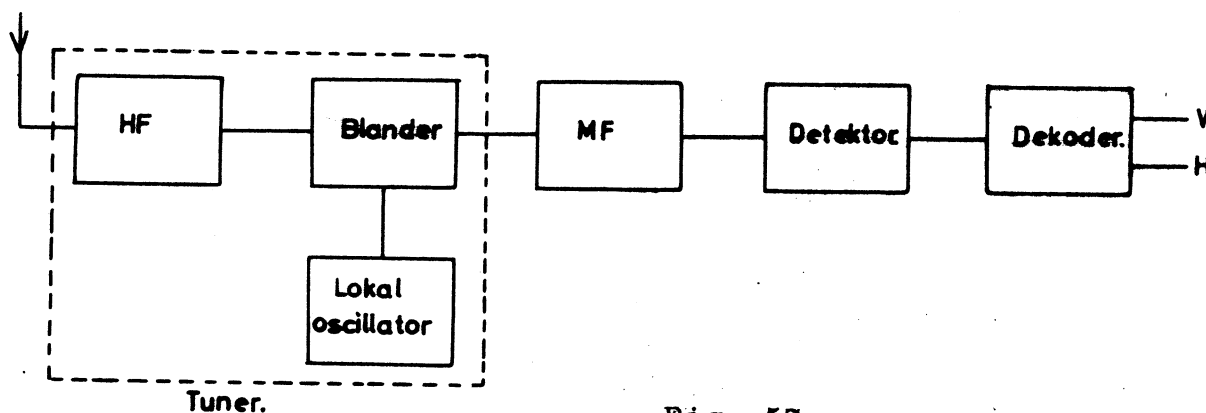


Fig. 57

I "superen", som den betegnes i daglig tale, lægges den overvejende del af HF-forstærkningen i en fast afstemt forstærker på en relativ lav frekvens (ca. 450 kHz ved AM og 10,7 MHz ved FM). Herved bliver det overkommeligt at anvende et stort antal afstemte kredse uden at benytte en drejekondensator med et utal af sektioner. Desuden medfører den faste frekvens, at selektivitet og forstærkning er konstant.

en anden fordel ved den lave faste frekvens er, at de nødvendige komponenter bliver mindre kritiske og kostbare. Ulempen er så, at alle modtagne signaler må ændres i frekvens til den faste mellem-frekvens MF, hvilket kræver et blandingstrin og en lokal oscillator, hvis frekvens ligger i en afstand fra signalfrekvensen svarende til mellemfrekvensen.

AM og FM:

Man skelner mellem to former for radiotransmission, amplitudemoderede (AM) og frekvensmodulerede (FM) udsendelser. Fig. 58 viser, hvorledes oscillogrammerne for de 2 modulationsformer ser ud.

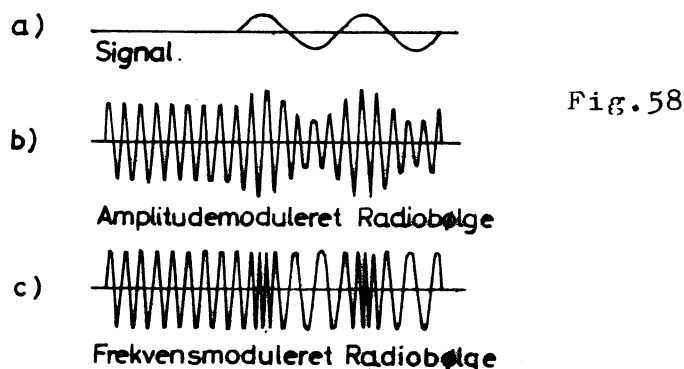


Fig. 58 a afbilder et signal, der tilføres radiosenderen.

Hvis senderen amplitudemoduleres ses resultatet på fig. 58 b.

Man bemærker, at det er udsvingenes størrelse, amplituden, der varierer. Hvis der er tale om en frekvensmoduleret sender, er det senderens grundfrekvens, der varierer, hvilket ses af, at afstandene mellem udsvingene bliver mindre og større på fig. 58 c.

Det mest typiske AM-område er mellembølgebåndet, der er ca. 1 MHz bredt. Her finder man et utal af stationer med 9 kHz indbyrdes frekvensafstand. Disse 9 kHz levner plads for et maksimalt lavfrekvensområde på op til 4,5 kHz. For at undgå overlapning af stationerne, interferens, indretter man AM-modtagerne således, at den øvre frekvensgrænse ikke overstiger 3 kHz. Hvis det er Hi-Fi gengivelse, man søger, finder man den i hvert fald ikke på mellembølgebåndet.

En FM-sender "fylder" meget mere end en AM-sender, fordi den udsender uendelig mange sidebånd, d.v.s. at en enkelt FM-sender skulle fylde alt, hvad der findes af plads i æteren. Slet så galt er det ikke i praksis, da sidebåndseffekten aftager stærkt med ordenen af sidebånd, således at vi ikke regner med, hvad der ligger uden for det 8. sidebånd. Det vil sige, at den til en sender nødvendige plads under forudsætning af en højeste modulationsfrekvens på 15 kHz er $8 \times 15 \times 2 = 240$ kHz. Skulle en sådan sender ligge på mellembølge, ville der kun være plads til 4 stationer. Derfor er FM-senderen placeret i bånd 2

fra 88 til 108 MHz, hvor de ligger med 300 kHz kanalfastand.

Det store frekvensområde, der er muligt på FM, kombineret med systemets lave støjniveau, gør en direkte FM-udsendelse til måske den bedste Hi-Fi-signalkilde.

Principperne for AM- og FM-modtagelse er de samme, men de praktiske løsninger varierer en del. Da FM er det eneste bånd, der har Hi-Fi-interesse, vil gennemgangen af modtageren koncentrere sig om dette. Ordet "tuner" betegner såvel en "ren" modtager uden lavfrekvenstrin som dennes første afsnit, der indeholder et eller flere HF-trin, blanderen og oscillatoren.

I HF-trinnet forstærkes antennesignalet op af en eller flere transistorer, hvorpå det føres til blanderen sammen med signalet fra oscillatoren. Oscillatorfrekvensen afstemmes samtidig med modtagefrekvensen, således at oscillatorfrekvensen altid er 10,7 MHz højere end modtagefrekvensen. Når disse to frekvenser blandes i et transistortrin vil produktet, mellemfrekvensen på 10,7 MHz, fremkomme.

Man ser sjældent færre end 3 variable kredse i tuneren, 2 til HF-trinnet og 1 til oscillatoren. Jo flere steder man afstemmer, desto bedre selektivitet, og 4 eller 5 variable kredse er ikke usædvanligt i bedre tunere.

De variable kondensatorer til afstemningen kan være drejekondensatorer eller de nye kapacitetsdioder, hvor kapacitetsvariationen opnås ved at variere diodernes forspænding. Kvalitetsmæssigt er der ingen forskel på de 2 systemer. Diodeafstemningen muliggør anvendelse af en pre-o-mat til fast indstilling af flere stationer, der så kan vælges med en simpel omskifter. Til gengæld er frekvensstabiliteten i gængse konstruktioner større ved brug af en drejekondensator.

Sammenlignet med en almindelig bipolar transistor udmærker field effect transistoren (FET) sig ved at have højere impedans og større dynamikområde. Det betyder mindre belastning af de afstemte kredse og bedre selektivitet samtidig med, at det større dynamikområde giver mindre risiko for, at en kraftig lokalsender skal overstyre tuneren. I praksis viser FET'ernes gode egenskaber sig ved fin undertrykkelse af repeat-spots, d.v.s. modtagelse af den samme sender flere steder på båndet.

Mellemfrekvensforstærkeren (MF) består normalt af fra 3 til 6 forstærkertrin, hvert forsynet med afstemte kredse. Det er i denne afdeling hovedforstærkningen ligger. MF'ens andre funktioner er begrænsning, AM-undertrykkelse og evt. muting. Man tilstræber den størst mulige MF-forstærkning, f.eks. ved brug af integrerede kredse, dels for at øge følsomheden, dels for at gøre begrænsningen så effektiv som muligt. Ved at begrænse opnår man, at 2 stationer med forskellig styrke gengives lige kraftigt. Begrænsningen foregår dels i de enkelte

trin, dels ved at man fra MF'en leder et signal tilbage til tunerens til at styre HF-forstærkningen. Jo større MF-forstærkning desto større styresignal vil selv en svag station levere, og derved bliver forstærkningsreguleringen (der også benævnes AGC for automatic gain control) mere præcis.

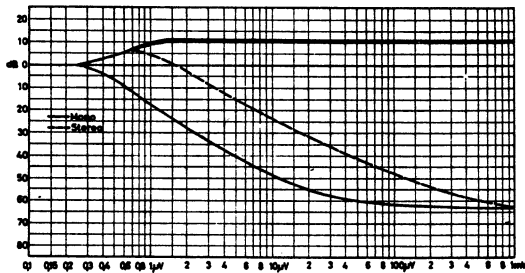


Fig. 59

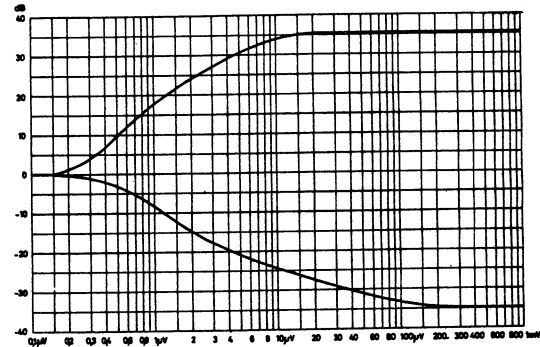


Fig. 60

Fig. 59 og 60 stammer fra henholdsvis en god og en mindre god tuner. Kurverne over 0 dB linien viser udgangsspændingen, mens kurverne under 0 dB viser støjundertrykkelsen. I fig. 59 nås max. output allerede ved 1 μ V antennespænding, hvor fig. 60 behøver hele 15 μ V før output er konstant. Tilsvarende nås max. støjundertrykkelse i fig. 59 ved 70 μ V mod 200 μ V i fig. 60.

Det er nødvendigt med stor båndbredde i MF'en for at overføre stereosignaler. På den anden side må den ikke være så stor, at det går ud over selektiviteten. Da man jo regner med, at en FM-sender "fylder" 240 kHz, skal MF'en have denne båndbredde, men helst heller ikke meget mere. Idealkurven ses på fig. 61.

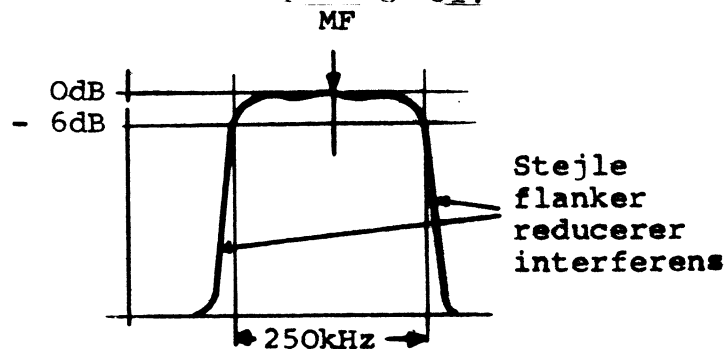


Fig. 61

Læg mærke til det jævne forløb indenfor 250 kHz-området og de meget stejle flanker, der bevirker, at nabokanalerne undertrykkes meget kraftigt. I praksis er det svært at nå idealet, men fig. 61 viser betydningen af keramiske filtre i MF-delen.

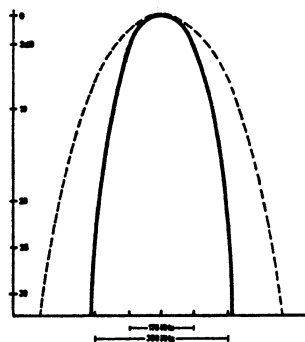


Fig. 62

Den stiplede linie viser tunerens karakteristisk med normale MF-kredse, mens den fuldt optrukne viser båndbredden med keramiske filtre.

Muting er amerikansk og oversættes ved stumafstemning.

Muting er en elektronisk afbryder, der lukker for signalet, når feltstyrken falder under en vis forudstillet værdi, f.eks. mellem 2 stationer. Med indkoblet muting undgår man generende sus, mens man leder efter en station.

Hovedparten af den støj, der findes i æteren stammende fra motorer og tændingsanlæg, er amplitudemoduleret. Den del af støjspektret, der trænger ind i FM-tuneren vil selvfølgelig blive forstærket op i HF og MF, men hovedparten bliver fjernet af begrænsertrinene og resten forsvinder i detektoren, som kun kan behandle FM.

Detektoren er en avanceret udgave af dioden i krystalapparatet.

I Hi-Fi-tuneren vil detektorbåndbredden ofte overstige 1 MHz for at undgå fasedrejning i denne afdeling. Hvis tunerens er forsynet med automatisk frekvenskontrol (AFC) styres denne af detektorkredsløbet. Når der er indstillet helt korrekt på stationen ses signalet på detektoren på fig. 63

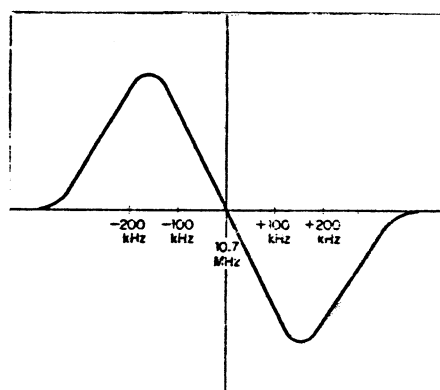


Fig. 63

Hvis stationen er skævt indstillet, vil kurven ikke gå gennem skæringspunktet for x- og y-aksen. Dette vil give en spændingsfor- skydning, der kan styre en kapacitetsdiode i oscillator kredsløbet, hvorved stationen kan fastlåses.

Fra detektoren kommer nu et LF-signal, der kan forstærkes op i for- stærkeren og gengives over højttalerne. Modtagelse af stereosignaler - i stereo - kræver imidlertid, at der mellem detektoren og udgangene på tunerens indskydes en stereodekoder.

Princippet bag overførsel af 2 kanaler på 1 linie er forholdsvis simpel, (fig. 64).

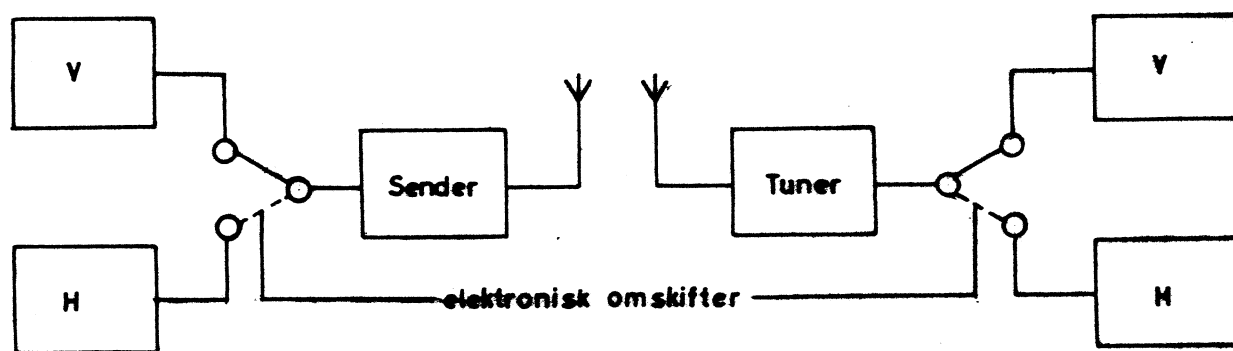


Fig. 64

Med en elektronisk omskifter, der skifter 38.000 gange i sekundet udsendes venstre og højre kanal skiftevis af senderen. I modtagerens dekoder styrer senderen en tilsvarende omskifter, der igen fordeler stereosignalerne ud på de 2 kanaler. Når omskiftningen foregår så hur- tigt er forringelsen af stereovirkningen minimal. I praksis er det hele knapt så simpelt.

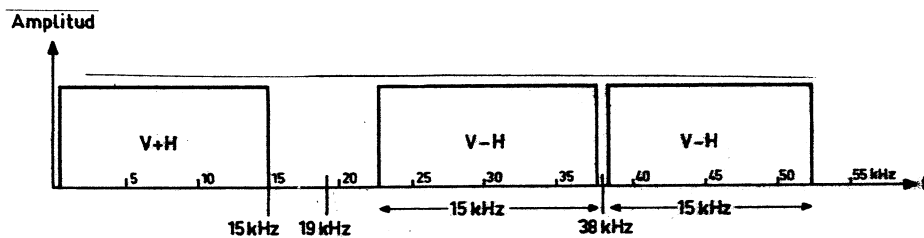
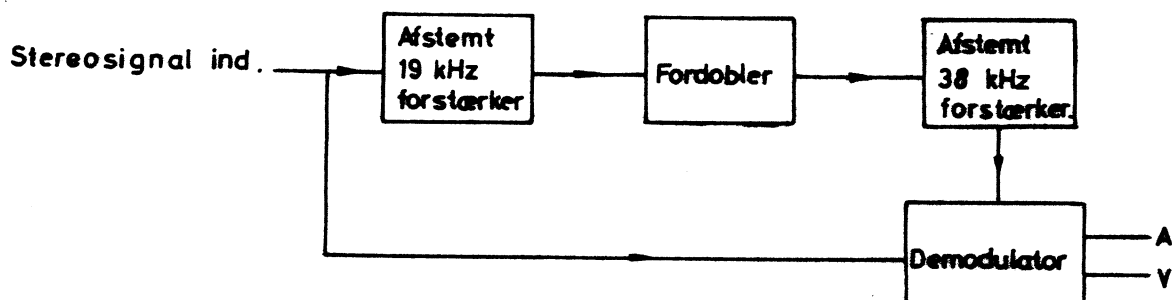


Fig. 65

Fig. 65 viser, hvorledes stereosignalet ser ud. Mellem 0 og 15 kHz finder vi sumsignalet $V+H$, der ved modtagelse uden stereodekoder gengives som det monosignal, det er. Dernæst følger "pilottonen" på 19 kHz. På begge sider af en undertrykt 38 kHz tone ligger dif- ferenssignalet, d.v.s. forskellen mellem venstre og højre kanal. Den komplicerede proces, der fører til gendannelse af de 2 kanaler viser fig. 66i skematisk form.

Fig. 66



Pilottonen på 19 kHz føres gennem en afstemt forstærker, fordobles til 38 kHz og forstærkes op i endnu en afstemt forstærker. De 38 kHz tilføres demodulatoren sammen med stereosignalet, som her splittes op i venstre og højre kanal for at føres videre til forstærkeren. En ny form for stereodekoder er ved at vinde indpas på markedet. Den benævnes den faselåste dekode. Den væsentligste forskel fra den gængse slags, der så kaldes den afstemte dekode, består i, at den ikke forstærker pilottonen op for at bruge den til demodulering, men selv danner sin 38 kHz tone, der synkroniseres sammen med pilottonen i et såkaldt servokredsløb. Produktionsmæssigt kan den faselåste dekode gøres billigere end den afstemte, fordi den ikke behøver at indeholde spoler. For Hi-Fi-folk er den interessant ved at love bedre kanalseparation og mindre forvrængning. Det er endnu for tidligt at udtale sig, om dette holder stik i alle tilfælde.

Før FM-signalet udsendes, forbedres det, d.v.s. at man ved hjælp af filtre hæver diskantområdet. Da hovedparten af støjen findes i samme område, opnår man, ved at svække diskanten i efterbetoningskredsløbet, dels at frekvensgangen igen bliver lineær, dels at støjen dæmpes tilsvarende. Efterbetoningen kan volde en del praktiske problemer, som vi skal se senere i det følgende afsnit.

Tunere til Hi-Fi.

Når man sammenligner tekniske data på forskellige tunere, er man nødt til at tage i betragtning, at der ikke findes internationalt standardiserede målemetoder, hvorfor specifikationerne på den samme tuner kan variere betydeligt, alt efter hvor i verden, den er blevet testet. I Europa går man fortrinsvis ud fra den tyske Hi-Fi-norm, DIN 45.500, mens man i USA og Japan benytter de af Institute of High Fidelity (IHF) foreslåede målemetoder.

Alle de data, der tilsammen karakteriserer en tuners modtageegenskaber afhænger stærkt af FM-modulationen, hvis styrke måles som kHz frekvensssving. Jo større man gør frekvensssvinget, desto bedre data for f.eks. følsomhed, vil en given tuner have.

Derfor er det ikke tilstrækkeligt, at en tuners følsomhed opgives til et vist antal μV for et vist signal/støjforhold. Man må samtidig kræve frekvensssvinget oplyst.

Følsomhed. Det er meget almindeligt, at en fabrik opgiver den "brugbare følsomhed". Dette udtryk er defineret i IHF-normen og bestemmes som det antal μV , der kræves på antenneindgangen ved et frekvensssving på 75 kHz for at støj og forvrængning undertrykkes 30 dB, svarende til 3% af signalet. Ved målinger efter DIN-normen nøjes man med 40 kHz frekvensssving, hvilket altså giver lavere værdier.

Det er nok ikke realistisk at tale om brugbar følsomhed til Hi-Fi ved et signal/støjforhold på 30 dB. Til dæmpet, ukoncentreret lytning er 45 dB tilfredsstillende og 60 dB tilstrækkeligt for alle formål. Hvis alle fabrikanter offentliggjorde en kurve over begrænsningen som funktion af antennespændingen, ville det være lettere at vælge tunere i stedet for blot at lade sig blænde af gode data for følsomhed.

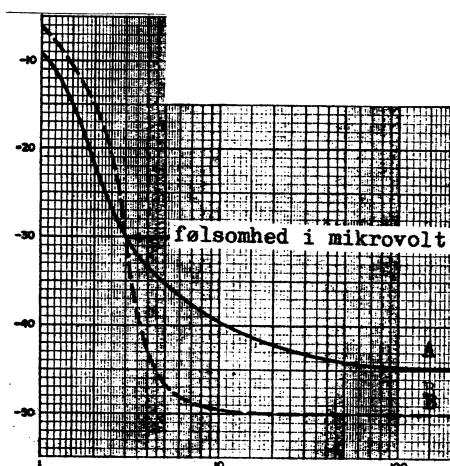


Fig.67

Fig. 67 viser 2 tunere-A og B's begrænsningskurver. De har begge en følsomhed på 3 μV for 30 dB signal/støj, men læg mærke til, at B kun kræver 4,5 μV mod A's 100 μV for at signal/støjforholdet når de 45 dB. Derfor kan der være så stor forskel på 2 "lige følsomme" tunerers modtageegenskaber.

Ved stereomodtagelse sker der en forringelse af signal/støjforholdet på grund af stereodekoderens virksomhed. Ved små antennesignaler er forringelsen af størrelsesordenen 20 dB, gradvist aftagende ved stigende antennespænding., se fig. 68

Først ved 1 mV er forskellen helt elimineret.

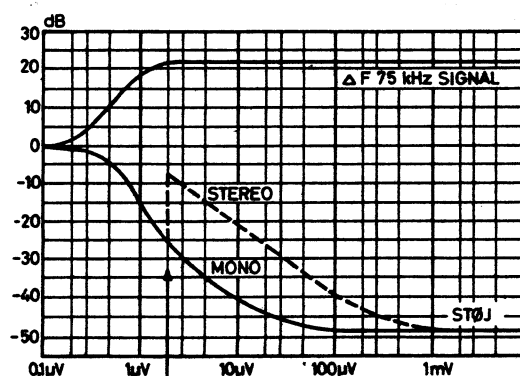


Fig.68

Stor følsomhed er en nødvendighed, men ikke tilstrækkelig betingelse for distancemodtagelse af FM. Da hovedparten af landets husstande ligger i nærheden af kraftige lokalsendere, må tunerens selektivitet være god, for at de stærke stationer ikke kvæler de svage. Man definerer selektiviteten som det antal dB en station, 300 kHz fra den indstillede, undertrykkes. Som vi har set afhænger selektiviteten stærkt af MF-delens egenskaber.

Capture Ratio er en specifikation, der bruges ved alle amerikanske og japanske tunere. Udtrykket der ikke har nogen dansk oversættelse angiver, hvor meget kraftigere én station skal være end en anden på samme kanal for at den sidste undertrykkes 30 dB (efter IHF-normen). Denne egenskab kendes ikke ved AM-modtagelse.

Forvrængning.

En af grundene til at FM-radiofoni kan være den bedste Hi-Fi signalkilde, er den lave forvrængning, det er muligt at opnå. Forvrængningen er lavest ved mono og vil typisk ligge omkring 0,5 % ved 1000 Hz på en tuner i mellemklassen. Ved stereo vil den stige noget, men sjældent over 1 %. Disse tal er noget højere end på en god forstærker, men ubetydelige sammenlignet med en grammofon, hvis forvrængning let når 10%.

Signal/støjforhold.

Hvad angår signal/støjforholdet kan tunereren, med sine max 60-70 dB også konkurrere med forstærkeren.

Forbetoning.

På grund af den forbedning, der foretages på sendersiden, kan der være stor forskel på lydbilledet fra forskellige tunere, da ikke alle fabrikker lægger lige stor omhu i efterbetoningskredsløbene. Dette problem er fuldstændig det samme som ved RIAA-kredsløbet i en pick-up forforstærker.

For at gøre det hele endnu mere kompliceret forbedner man forskelligt i USA og resten af verden. Amerikanerne benytter en $75 \mu\text{s}$ tidskonstant svarende til 2,1 kHz, hvor vi bruger $50 \mu\text{s}$ svarende til 3,2 kHz

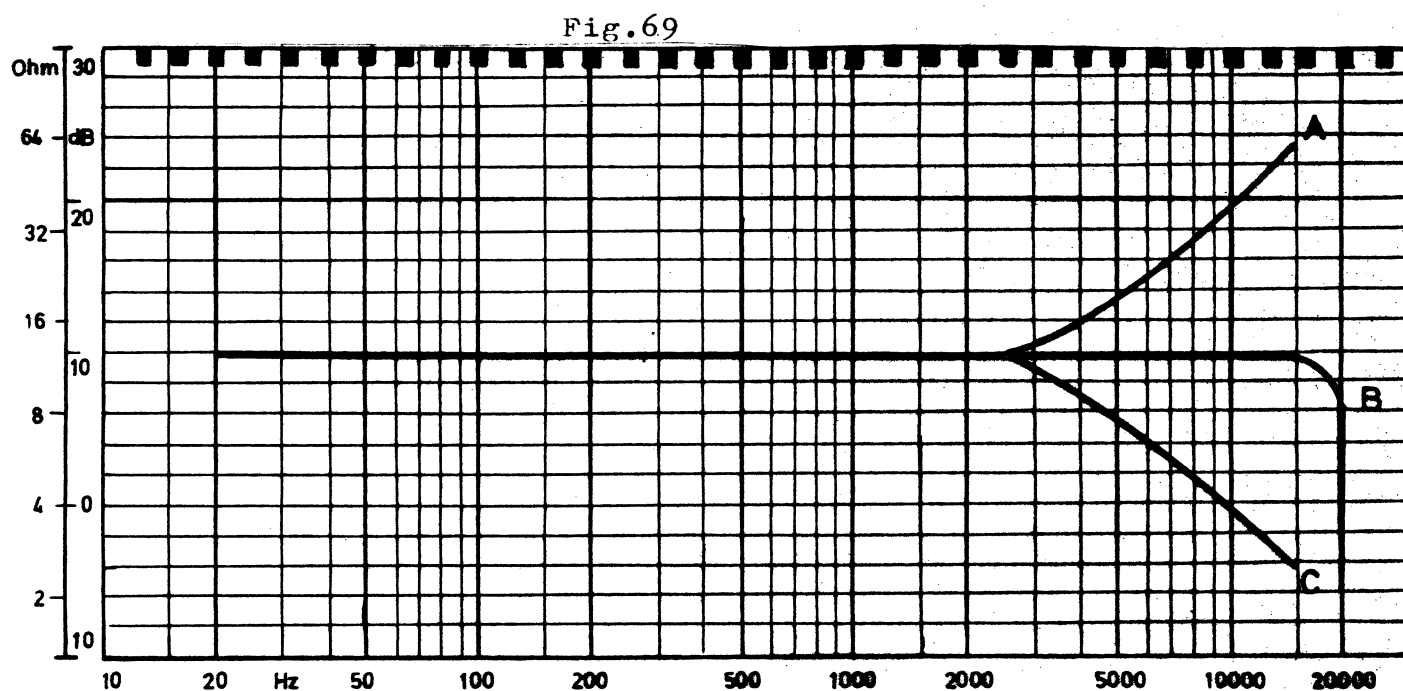
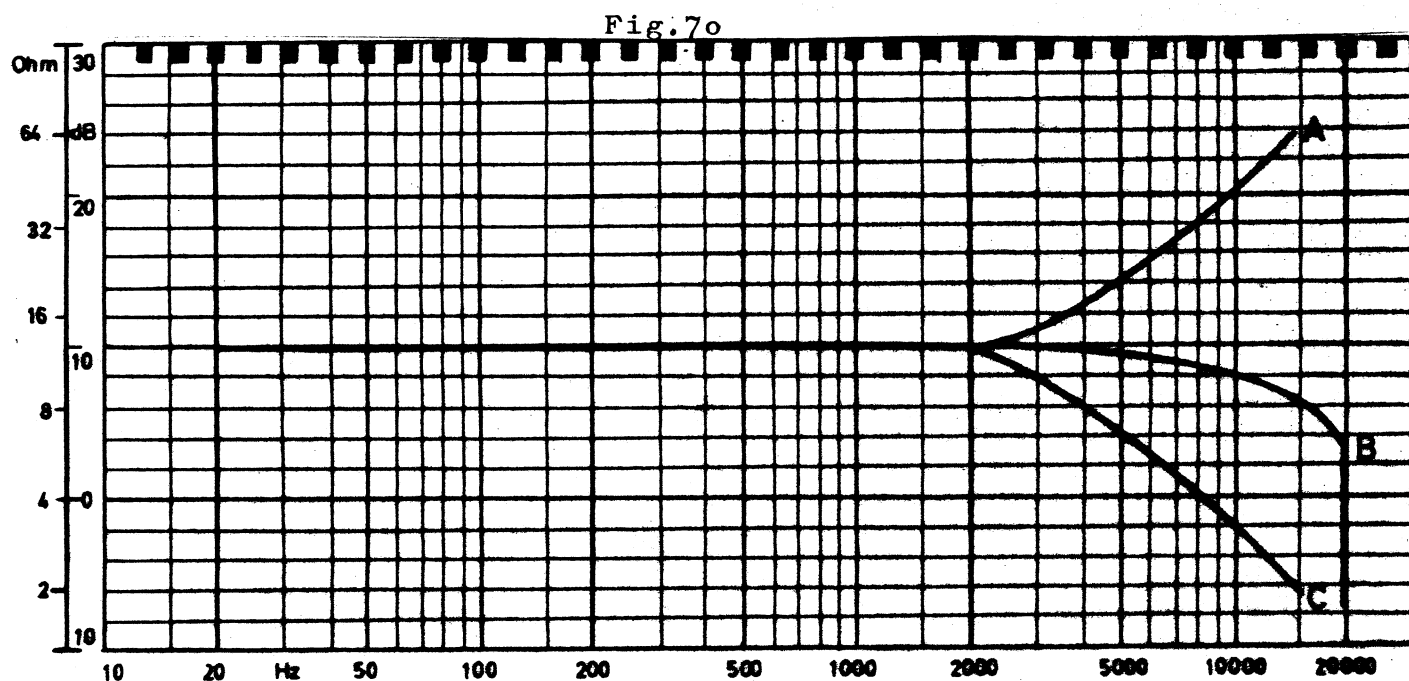


Fig.69A viser $50 \mu\text{s}$ forbedningen, 69C den tilsvarende efterbetoning i modtageren, mens B viser den resulterende frekvensgang, der er fuldstændig lineær op til 15 kHz.



Hvis vi bruger en umodificeret amerikansk tuner ses resultatet på fig. 70. Senderens forbedning er jo den samme (70 A, men efterbetoningen (70 C er noget kraftigere med hørbart diskanttab som resultat (70 B). Da der findes en del amerikanske tunere i Danmark, er problemet ikke kun teoretisk. Man kan så nogenlunde kompensere ved hjælp af diskantkontrollen, hvorimod det ikke er helt let at beregne og udskifte de kritiske komponenter.

Kanalseparationen i stereodekoderen giver sjældent vanskeligheder. Selv billige tunere kan holde 20-25 dB adskillelse over det meste af frekvensområdet, hvilket er bedre end på en pick-up.

Multipath.

Under en stereoudsendelse kan man sommetider få det indtryk, at dekoderen er dårlig, hvis der er kraftig overlapning mellem de 2 kanaler, eller kanalerne bytter plads. Dette forhold skyldes som regel ikke dekoderen, men antennen. På grund af den store båndbredde ved stereomodtagelse optræder let et eller flere forsinkede signaler på antennen samtidig med det direkte modtagne som følge af refleksioner fra bygninger og andre reflekterende overflader. Disse refleksioner medfører, at dekoderen får tilført flere 19 kHz signaler på en gang og "forvirres". Man kalder dette fænomen "Multipath". Det kan bedst oversættes ved flervejsmodtagelse. Ved mono har Multipath mindre betydning, da den mindre båndbredde medfører, at kun nærtliggende bygninger kan give refleksioner. Det eneste effektive middel mod Multipath-forstyrrelser er en god antenne.

Når stereosignalet er blevet demoduleret indeholder det, foruden musiksignalerne også 19 og 38 kHz komponenter fra pilottonen. Det er nødvendigt at filtrere disse fra, dels fordi man ellers risikerer overstyring af de moderne forstærkere med meget stort frekvensområde, dels for at undgå interferens, "kvidder", ved båndoptagelser på grund af intermodulation mellem pilottoneresterne og båndoptagerens oscillatorfrekvens.

Pilottoneundertrykkelsen sker ved hjælp af filtre umiddelbart før signalerne føres til stereoforstærkeren. På fig. 69 og 70 er de ideelle kurver indtegnet (B). Læg mærke til den meget kraftige dæmpning over 15 kHz.

Hjælpemidler.

Alle kvalitetstunere er forsynet med et eller flere hjælpemidler til korrekt indstilling på stationen. Det kan være lamper eller viserinstrumenter, en kombination af disse eller i sjældne tilfælde et oscilloskop.

AFC er tilsyneladende ved at forsvinde, fordi det med moderne transistorteknik ikke volder problemer at konstruere en frekvensstabil

tuner.

Da det er særdeles vigtigt at indstille præcist på senderen, må man have en mulighed for at aflæse dette. Den tydeligste aflæsning kan foretages med et instrument, der viser hvornår detektorkurven skærer 0-punktet som på fig. 63. Det er imidlertid også rart at kunne se, hvor kraftigt stationen modtages, og når en tuner kun er forsynet med 1 instrument, kan man regne med, at det er et feltstyrkemeter. Her indstiller man til nålen slår mest muligt ud, men denne type meter er ikke så præcist og egner sig faktisk bedst til hjælp ved indstilling af en drejelig retningsantenne. Tunere i den dyrere ende af prisklassen har som regel begge instrumenter.

Den helt kompromisløse løsning består i, at man forsyner tuneren med et oscilloskop. Dette giver brugeren næsten lige så gode kontrolmuligheder som teknikeren på sendestationen disponerer over. Af indlysende økonomiske årsager er denne løsning særdeles sjælden. Den første forudsætning for god FM-modtagelse - uanset hvor dyr tuneren er - er en god antenne. Hvis man investerer i en kostbar tuner, er det ikke for at kunne modtage de lokale stationer på en strikkepind, men for at kunne modtage fjerntliggende stationer støjfrit. Multipath-forstyrrelser, der meget nemt kan optræde i bebyggede områder, er jo lige generende på en billig og en dyr tuner med samme antenne.

Til modtagning over længere afstande er antenner med mere end 5 elementer at anbefale. De store antenner med mange elementer har 2 hovedfordele. For det første er det muligt at hente op til 10-12 dB højere antennespænding ud af dem, og for det andet besidder de en udpræget retningsvirkning, der gør det let at opnå maksimalt udbytte ved at dreje dem til modtagelsen er bedst.

En stor FM-antenne kan have et for/bag-forhold bedre end 20 dB, d.v.s. at bagfra kommende signaler og refleksioner dæmpes mere end 10 gange. Hvis man ønsker at modtage flere stationer, der ligger i forskellige retninger, må man enten have mulighed for at kunne vælge mellem flere antenner ved hjælp af en omskifter eller også må man investere i en rotor. Antenneforstærkere vil også kunne forbedre modtagelsen af svage stationer, hvis forstærkeren er af så god kvalitet, at den ikke overstyres af en evt. kraftig lokalsender. Det er en selvfølge, at nedføringskablet fra antennen til tuneren skal være af god kvalitet, da det både skal overføre antennesignalet med mindst muligt tab og beskytte mod udefra kommende støjkilder.

Tabel II, Tunerspecifikation

Specifikation	Udtrykt i:	DIN 45500	Bemærkninger
Signal/støj forhold lineært	dB	46 dB	40-15000 Hz både mono og stereo
Frekvensgang	Hz \pm dB	40-50 \pm 3 50-6300 \pm 1 $\frac{1}{2}$ 6300-12500 \pm 3	-
Klirfaktor	%	≤ 2	Ved 1000 Hz \pm 40 kHz frekvenssving
Kanalforskel	dB	< 3	i området 250-6300
Krydstale	dB	> 26	i området 250-6300

Kapitel 7

Receiverne.

Udviklingen i retning af større integrering skrider støt og roligt frem.

Uanset hvad der kan siges til fordel for separat tuner og forstærker, går efterspørgslen, og dermed salget, mere og mere over til receivere.

Hvem vil have en receiver?

Alt tyder på, at Hi-Fi ideen breder sig. Markedet bliver større år for år, og her har receiveren i stigende grad vundet indpas. De nye forbrugere vil, sammen med god lyd, have enkelthed og nemhed. Disse fordele byder receiveren på, så meget mere som at man, kvaliteten af topprodukterne taget i betragtning, ikke behøver at give afkald på selv strenge kvalitetskrav. Receiveren af idag er, krone for krone, ikke så lidt bedre end de separate enheder af igår.

Nye konstruktionsmetoder, så som integrerede kredsløb, nye transistorer og mange andre teknologiske fremskridt, har sikret, at den lidt forkætrede receiver af selv inkarnerede Hi-Fi entusiaster i høj grad anerkendes som et ægte Hi-Fi produkt. Specielt i de sidste par år er der fra de førende producenter fremkommet modeller med top-følsom FM tunerdel, forstærkerdel med høj effekt, lav forvrængning og et væld af betjeningsmuligheder og faciliteter. Med receiveren har det således været muligt at sidde på to stole. Man har fået udvidet markedet - på et klart Hi-Fi grundlag. De nye købere af Hi-Fi produkter bliver opinionsdannere, for de der overhovedet ikke er i markedet endnu. De gamle indehavere af separate systemer der løftede øjenbrynene i foragt har sænket dem igen - i respekt.

Data for receiverne.

Her gælder nøjagtig de samme kriterier som for separate tunere og forstærkere - intet mindre. Se derfor under disse kapitler for datakrav og faciliteter.

Kapitel 8

Pladespillere.

Ser vi i første omgang bort fra tonearmen, er drivsystemets eneste opgave ganske enkelt at rotere med en specificeret konstant hastighed.

Problemerne i forbindelse med konstruktionen af et godt drivsystem ligger da også gemt i disse tre ord. Drivsystemet består af en motor, en pladetallerken samt en transmission imellem disse.

a. Motoren.

Denne skal i videst muligt omfang opfylde 6 betingelser:

1. rotere med konstant omdrejningshastighed,
2. dens hastighed skal forblive konstant ved netspændingsvariationer,
3. skal kunne arbejde uden at vibrere,
4. have et højt drejningsmoment for at kunne absorbere ændring i belastning og for hurtigt at kunne bringe pladetallerkenen på korrekt hastighed,
5. udstråle et minimum af magnetiske kraftlinier, da disse inducerer brum i pick-up'en,
6. skal kunne arbejde kontinuerligt i mange timer.

Den motor der bedst opfylder punkt 1 - 6 er synkronmotoren, der arbejder ved vekselstrøm, og hvor omdrejningshastigheden bestemmes af netfrekvensen.

Af hensyn til rummel bør omdrejningstallet være lavt. Ved en synkronmotor er omdrejningstallet bestemt ved antallet af motorens magnetiske poler, og langt de fleste er udstyret med en 4-polet motor, som ved netfrekvensen på 50 Hz giver et omdrejningstal på 1500 pr. minut. Der findes i handelen enkelte pladespillere, som er udstyret med 16- eller 25-polet motor, og disse har omdrejningstal på henholdsvis 375 og 250 pr. minut.

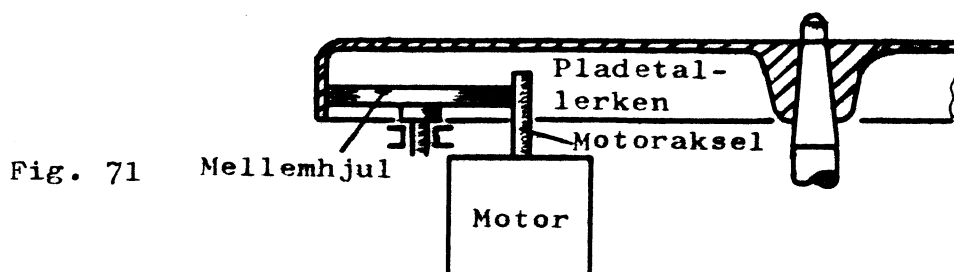
En meget effektiv, men også dyrere måde at opnå en konstant omdrejningshastighed på, er ved hjælp af elektronisk styring (servoteknik). Med dette system varieres hastigheden elektronisk i definerede trin i overensstemmelse med pladehastigheden. Yderligere kan motorens omdrejningshastighed indenfor et snævert område varieres kontinuerligt, således at man opnår en finindstilling uden anvendelse af mekanik. For nylig er der kommet nogle få pladespillere på markedet, som har deres ekstremt langsomt løbende motorer koblet direkte til pladetallerkenen - motorens aksel virker altså som pladetallerkenens aksel.

b. Pladetallerkenen.

For at reducere wow og flutter anvender man centrifugalkraftprincippet. Et legeme i omdrejning, i dette tilfælde pladetallerkenen, vil tilstræbe at holde sin omdrejningshastighed. Jo højere hastighed og masse, d.v.s. vægt, pladetallerkenen har, des mere virker centrifugalkraften. Da hastigheden er bestemt ved det krævede pladeomdrejningstal, må pladetallerkenens masse gøres så stor som mulig. Kvalitetspladespillere er da også udstyret med en pladetallerken, hvis vægt kan være op til 5 kg. De fleste pladetallerkener fremstilles i dag i en aluminiumslegering på grund af dette materiales gode elektroniske egenskaber (antimagnetisme). For at virke som et effektivt svinghjul, det vil sige udnytte centrifugalkraften, må pladetallerkenen afbalanceres i lighed med et automobilhjul.

c. Transmissionen.

Som allerede nævnt er motorens omdrejningstal højere end de krævede pladeomdrejningstal (45 og $33 \frac{1}{3}$ pr. minut). Det er derfor nødvendigt at indsætte en hastighedsudveksling imellem motorens aksel og pladetallerkenen. Den simpleste løsning består i et mellemhjul af gummi, som placeres imellem motorens aksel og pladetallerkenens inder- eller yderside. (fig. 71)



Enkelt drivsystem, gummimellemhjul.

Denne enkle konstruktion har visse ulemper. Vibrationer fra motoren overføres direkte til pladetallerkenen, hvilket kan resultere i rummel. Har motoren højt omdrejningstal (1500 pr. minut), skal udvekslingen være stor, og dette betyder, at motorens aksel skal have en relativ lille diameter. Dette forårsager nemt deformation af mellemhjulet, hvis pladetallerkenen står stille. For at undgå disse ulemper, kan motorens omdrejningstal først reduceres ved hjælp af en gummirem, den videre udveksling sker igen via et mellemhjul, hvorved anlægsfladen for dette kan have en væsentlig større diameter. (Fig. 72)

Forbedret drivsystem
med gummirem og -
mellemhjul.

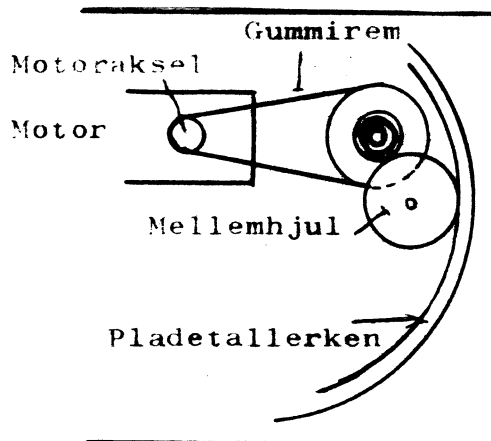


fig. 72

Ydermere begrænser denne løsning pladespillerens rummel, idet der ikke er nogen fast forbindelse imellem motorens akse og pladetallerkenen. Den i dag for kvalitetsspillere mest anvendte løsning består ganske enkelt i en gummirem mellem motorens akse og pladetallerkenens yderside. (fig. 73).

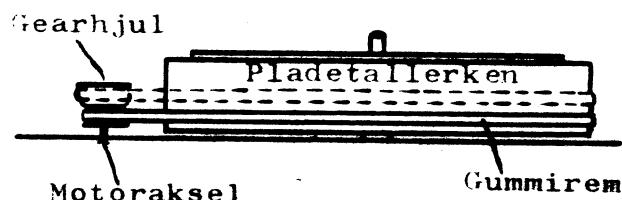


Fig. 73

Dette princip udelukker motorens vibrationer i at forplante sig til pladetallerkenen, hvilket reducerer pladespillerens rummel.

De fleste pladespillere på markedet idag, har to omdrejningshastigheder. 45 og 33 $\frac{1}{3}$ pr. minut. Ændring af hastighed forgår ved mekanisk at flytte mellemhjulet eller gummiremmen på motorens akse, hvis udformning foretager den nødvendige udveksling.

Kvaliteten af et drivsystem bestemmes hovedsageligt af to egenskaber, "rummel" og "wow og flutter". Rummel betyder forstyrrelser, som har sin årsag i, at vibrationer fra motoren eller fra den mekaniske transmission forplanter sig til pick-up'en og fornemmes som en svag buldren. Wow og flutter er langsomme eller hurtige variationer i tonehøjden forårsaget af pladetallerkenens lidt ujævne omløbshastighed.

d. Wow og flutter.

Kravet til en Hi-Fi pladespiller er, at wow og flutter ikke må overstige 0,15%. På trods af, at de bedre pladespillere kan udvise et wow og flutter i størrelsesordenen 0,1 % og mindre, kan slutresultatet, når en plade afspilles, nemt blive af størrelsesordenen 0,5%. Dette skyldes de uundgåelige tolerancer ved selve gramfonpladefremstillingen. Pladens centerhul må afvige op til 0,2 mm fra rillernes egentlige centrum. Resultatet heraf kan nemt kalkuleres ved

$W_a = \frac{2 \cdot d}{r} \cdot 100 (\%)$, hvor "d" er afvigelsen og "r" er rilleradius. F.eks. ved en middelafrvigelse på 0,1 mm og en middel rilleradius på 100 mm, vil wow og flutter øges med 0,2 %.

$$W_a = \frac{2 \cdot 0,1}{100} \cdot 100 = 0,2 \%$$

Til denne værdi kan yderligere adderes wow og flutter p.g.a. buler i pladen. Det vil sige, at grammofonpladen er ikke fuldstændig plan. Denne kan udregnes ved

$$W_b = \frac{\sqrt{l^2 - (H-h)^2} - \sqrt{l^2 - H^2}}{r \cdot \text{arc.}\alpha} \cdot 100 (\%)$$

hvor

l = tonearmens længde

H = tonearmens højde over pladen

h = bulens højde

r = rilleradius

α = vinklen for det cirkelsnit, der dækkes af bulen.

For eks. kan det antages, at pladen har en niveauforskell på 2 mm over en vinkel på 60°. Tonearmens længde er 200 mm og dens højde over pladen er 15 mm. Wow og flutter vil da øges med 0,14 %.

$$W_b = \frac{\sqrt{200^2 - (15-2)^2} - \sqrt{200^2 - 15^2}}{100 \cdot \frac{\pi}{3}} \cdot 100 = 0,14 \%$$

Adderes de nævnte eksempler udgør wow og flutter ved afspilning af en plade 0,45 % eller med andre ord tre gange den tilladte standard.

e. Rummel.

Rummel opstår gennem vibrationer fra motoren og transmissionen som opfanges af pick-up'en. Denne opfatter de små rystelser som grammofonrilleudslag og afgiver en lavfrekvent signalsspænding til forstærkeren, der naturligvis forstærker denne i lighed med den ønskede musik. Resultatet bliver en bukken i højttaleren, der især forstyrrer ved de svage musikpassager. Antallet af vibrationer pr. sekund, eller med andre ord, frekvensen af disse strækker sig fra ganske få Hz til nogle få hundrede Hz. Som krav til en kvalitetspladespiller er fastsat, at rummelniveauet skal ligge mindst 35 dB under signalniveauet indenfor frekvensområdet 10 Hz til 315 Hz. Mange fabrikanter anvender i stedet for rummel betegnelsen signal/støjforhold.

f. Konstant hastighed.

Som nævnt allerede i begyndelsen af dette afsnit, skal pladen rotere med konstant hastighed. De kortvarige hastighedsvariationer er omtalt under wow og flutter samt under rummel. Det der her tænkes på, er hastighedsafvigelse fra nominel hastighed, hvilket vil sige en af de normerede pladehastigheder. De fastsatte grænser for hastighedsafvigelse er $+ 1,5 \%$ og $- 1,0 \%$. En afvigelse fra nominel hastighed ændrer musikkens takt og toneleje. Fig. 74, a og b viser et eksempel, hvor pladespilleren løber med henholdsvis $35 \frac{1}{3}$ og $31 \frac{1}{3}$ pr. minut og c anskueliggør resultatet ved wow og flutter.

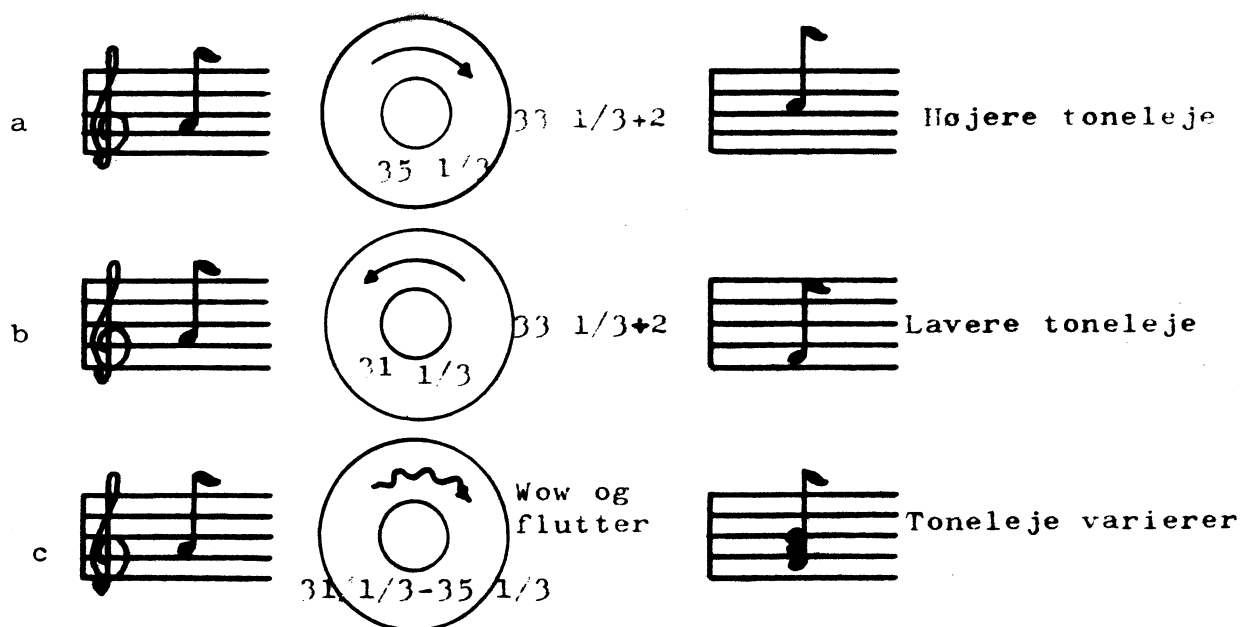


Fig. 74

Tonearmen.

Lige så let det er at opstille kravene til en god tonearm, lige så svært er det at overse de komplikationer, som opstår ved opgavestillingen. Tonearmen skal ved afspilningen af en plade lade pick-up'en føre af rillen, uden at nævneværdige kræfter er nødvendige. Pick-up'ens længdeakse skal hele tiden stå vinkelret på pladeradius, og endelig skal pick-up'ens diamant glide i rillen med et konstant nåletryk.

a. Lejefriktion.

Kravet om pick-up'ens føring i rillen ved mindst mulig kraftpåvirkning opfyldes ved, at tonearmens leje for den vandrette bevægelse konstrueres med minimum friktion. I så godt som alle gode tonearme anvendes derfor miniature præcisionskuglelejer. For at tonearmen kan sænkes og hæves over gramfonpladen, er det også for denne lod-

rette bevægelse nødvendigt at opnå et minimum af friktion. De for gode tonearme oftest anvendte lejer, består af pinol- eller kuglelejer, men også knivlejer findes anvendelige. Sidstnævnte er dog mindre stabile og kræver meget varsom behandling ved transport af pladespilleren.

b. Fejlsporingsvinkel.

Når pick-up'en føres af rillen, bevæger den sig i en bue med tonearmens omdrejningspunkt som centrum. Var pick-up'en monteret i flugt med tonearmens længdeakse, ville, som vist i fig. 75, pick-up'ens længdeakse kun ved én enkelt pladeradius stå vinkelret på denne. Ved pladens indløbs- og udløbsrille opstår den horisontale fejlsporingsvinkel. Denne har to meget uheldige virkninger: forårsager forvrængning ved pladeafspilningen og forringer krydstale-dæmpningen mellem de to stereokanaler. Der er to veje, man kan gå for at formindske fejlsporingsvinklen. Tonearmen kan gøres længst mulig, hvorved krumningen af den bue, som pick-up'en følger, formindskes. Denne løsning begrænses dog af pladespillerens dimensioner samt af ulempen ved, at tonearmens bevægelige masse forøges. En anden og bedre løsning er, at pick-up'ens længdeakse danner en vinkel med tonearmens længdeakse. Dette opnåes ved at montere pick-up'ens skråt på en lige tonearm eller ved at give tonearmen en S-form.

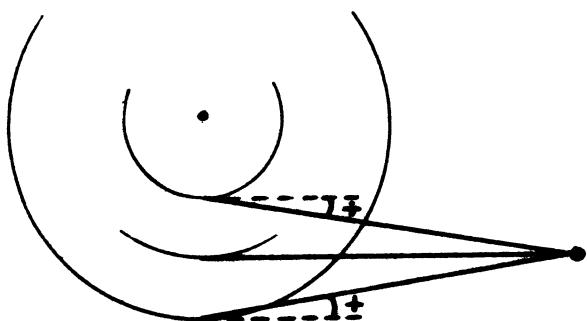


Fig 75 Fejlsporingsvinkel ved en lige tonearm.

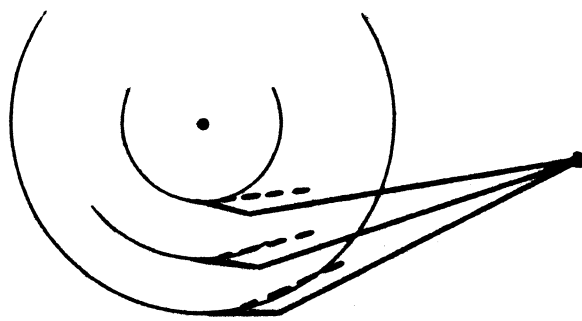


Fig. 76 Fejlsporingsvinkel, når pick-up'en er monteret skråt på tonearmen.

Fig. 76 viser det forbedrede resultat. Yderligere gøres afstanden mellem pick-up'ens diamant og tonearmens leje større end afstanden mellem dette og pladetallerkenens centrum. Dette betegnes som tonearmens overhæng og er normalt af størrelsesordenen 15 mm. Ved hjælp af ovennævnte, opnår man det på fig. 77 viste forløb af fejlsporingsvinklen som funktion af pladeradius. For en godt konstrueret tonearm bør fejlsporingsvinklen ikke overstige 2° . Som det ses, er den ved to pladeradier 0° , og på alle andre steder af pladeoverfladen antager den kun forholdsvis små værdier. Forvrængningen som opstår på grund af disse små vinkelfejl er praktisk uhørbar.

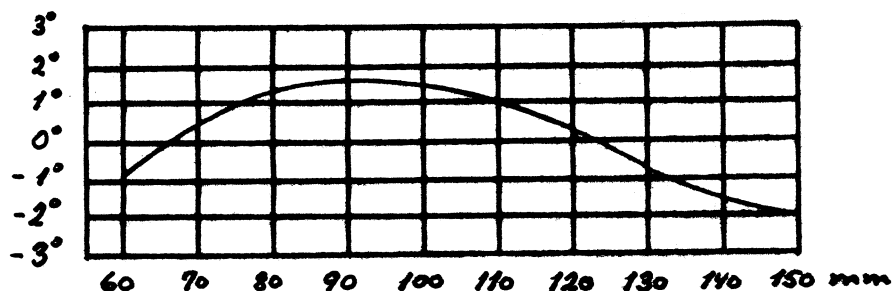


Fig. 77 Fejlsporingsvinklens forløb som funktion af pladeradius ved en optimalt konstrueret tonearm.

Antiskating.

Efter nu at have forbedret fejlsporingsvinklen opstår der imidlertid en ny ulempe. Ved afspilning af en plade, opstår der en ind mod plademidten rettet kraft. Fra engelsk har man overtaget udtrykket "skating"-kraft. Fig. 78 viser, hvorledes denne kraft opstår.

Skematisk fremstilling af skating-kraftens opståen.

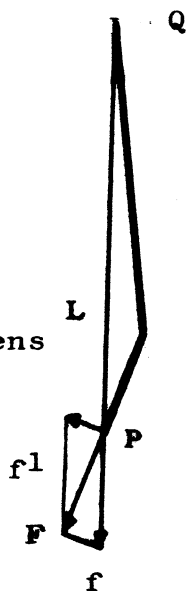


Fig. 78

Tonearmens effektive længde er L . Når diamanten glider i pladerillen i punkt P , opstår der på grund af friktionen en kraft F . Da pick-up'en som allerede nævnt er monteret skråt på tonearmen, går F 's flugtlinie ikke igennem tonearmens leje Q . Friktionskraften F opløses i kræfterne f og f^1 . Medens f opfanges og kompenseres af tonearmens leje, bevirker f^1 et drejningsmoment, som vil forsøge at trække tonearmen indad mod pladecentrum. Dette betyder, at diamanten trykker hårdere på rillens indervæg (venstre kanal) end på ydervæggen (højre kanal).

Skating-kraftens størrelse afhænger af nåletrykket, af tonearmens vandrette lejefriktion samt af friktionen mellem pladerille og diamant. Den er således ikke konstant men ændrer sig, ligesom fejlsporingsvinklen, som en friktion af pladeradius. Ved en acceptabel tilnærmelse kan skating-kraftens størrelse udtrykkes som 10 % af nåletrykket.

De fleste tonearme, som tilbydes idag, er udstyret med en indretning

til kompensation af skating-kraften. De mest almindelige løsninger består i, at tonearmen påvirkes af en modsat rettet kraft, antiskatingkraften, ved hjælp af et lille lod, en fjeder eller to små permanente magneter. Da skating-kraften afhænger af nåletrykket, må antiskatingen indstilles efter det valgte nåletryk, og her må man forlade sig på fabrikantens opgivelse, da der ikke i handelen findes anvendelige målemetoder.

Nåletryk.

Moderne pick-up'er vejer mellem 5 og 10 gram. Sammen med vægten af pick-up'hus og tonearmens rør ville pick-up'en, uden kompensation, hvile på pladen med et tryk på minimum 20 gram. Da pick-up'er idag har en compliance på mere end 20×10^{-6} cm/dyn, er det tilstrækkeligt med et nåletryk i størrelsesordenen 1,0 gram for at opnå en fejlfri afspilning. Den nævnte totalvægt kompenseres ved hjælp af en kontravægt, hvis placering vælges således, at der opstår balance. Det ønskede nåletryk opnåes ved at flytte kontravægten til en kalibreret position. På nogle tonearme opnåes nåletrykket ved hjælp af en indstillelig fjederkraft. Denne konstruktion har den fordel, at nåletrykket er uafhængigt af pladespillerens stilling, hvorimod det ved den førstnævnte metode er tilrådeligt at sikre sig, at pladespilleren står fuldstændigt vandret.

Pick-up'en er som nævnt, af hensyn til fejlsporingsvinklen, monteret skråt på tonearmens længdeakse. Dette betyder, at lejerne for tonearmens lodrette bevægelser bliver uens belastet. Som kompensation for dette er nogle tonearme forsynet med en lille modvægt. Dette er ikke nødvendigt for en S-formet tonearm, hvor netop S-formen udøver den nødvendige kompensation.

Resonansfrekvens.

Tonearmen danner, sammen med pick-up'ens bevægelige nålearm, et svingende system, ved hvilket der kan opstå resonanser. Man kan sammenligne dette system med et fjederpendul, hvor loddets masse udgør tonearmens masse, og fjederkonstanten udgør pick-up'ens compliance. Fjederpendulets egenresonans ligger desto lavere, jo blødere fjedren er og jo større loddets masse er. Således forholder det sig også med kombinationen tonearm/pick-up.

Anvendes en pick-up med en meget høj compliance i forbindelse med en tonearm med et højt inertimoment (stor masse) kan egenresonansen falde i frekvensområdet 5-10 Hz, hvor også den lavfrekvente rummel fra drivsystem og pladeoverflade ligger. På grund af egenresonansen forstærkes denne rummel, og de øvrige harmoniske svingninger bliver hørbare gennem forstærker og højttaler. For at undgå dette, bør en pick-up med høj compliance anvendes sammen med en let tonearm, så-

ledes, at egenresonansen findes i frekvensområdet 12-18 Hz.

Pick-up lift.

På grund af det lille nåletryk og den minimale lejefriktion, kan det være meget vanskeligt at sætte pick-up'en ned på grammofonpladen manuelt. Dette forhold forværres yderligere, idet mange pladespillerchassier er fjedrende ophængt. For at overvinde dette problem, er de fleste kvalitetstonearme forsynet med en pick-up lift.

Denne er i mange tilfælde udstyret med et hydraulisk eller pneumatisk forsinkelsessystem således, at pick-up'en langsomt og blødt kan sænkes og hæves uden indflydelse fra den manuelle betjening.

Tangentialtonearmen.

Ved tangentialtonearmen føres pick-up'en radialt hen over grammofonpladen, og man opnår herved, at den tangentielle fejlsporingsvinkel forbliver nul under hele afspilningen. Der opstår derfor heller ingen skating-kraft. Ved de første konstruktioner blev tonearmen simpelthen ført af rillen, idet rillens ydervæg konstant påvirkede diamanten. Den hertil nødvendige kraft var større end skating-kraften ved en normal tonearm. Dette problem er idag løst ved at indføre en servomekanisme. Enkelte af de moderne tangentialtonearme har klart fordele fremfor de normale tonearme. Ikke kun fordi fejlsporingsvinklen og skating-kraften er nul henover hele pladen, men også fordi de kan bygges kortere og derved med en meget mindre bevægelig masse. Dette betyder, at nåletrykket stort set kan bestemmes af den anvendte pick-up's compliance. Med de bedste pick-up'er er det muligt at afspille selv kraftigt udstyrede plader ved nåletryk helt ned til 0,2 gram.

Automatik.

Også indenfor afspilning af grammofonplader spiller automatikken ind. Der skelnes mellem to typer: automatiske pladespillere, hvor kun én plade afspilles, men hvor alle tonearmens bevægelser udføres af et mekanisk system, og de egentlige pladeskiftere som automatisk afspiller op til 10 plader efter hinanden.

De automatiske pladespilleres mekanik er idag så godt konstrueret, at muligheden for beskadigelse af de afspillede plader næppe består. I mange tilfælde er automatikken endog mere skånsom mod pladerne end den manuelle betjening. Med hensyn til pladeskiftere er det derimod absolut relevant at stille spørgsmål, hvad angår skånsomhed mod pladerne. Afspilning af værdifulde plader kan principielt ikke anbefales, idet disse, udover at falde ned på hianden, udsættes for en skridende bevægelse indtil den nedfaldende plade har opnået pladetallerkenens omdrejningshastighed.

Tabel IV, Pladespillersspecifikation

Specifikation	Udtrykt i:	DIN 45500	Bemærkninger
Hastighedsafvigelse fra nominal hastighed	%	$\pm 1,5$	-
Nåletryksområde	gram	0-3,0	-
Wow og flutter	%	$< 0,15$	-
Signal/støj forhold	dB	≥ 55	Ved 315 Hz

Kapitel 9.

Båndoptagere.

Bånddækket, generelt.

Almindeligt forekommende båndoptagere kan groft opdeles i en mekanisk del og en elektrisk del. Den mekaniske del besørger båndtransporten, og den elektriske del består af de nødvendige forstærkerkredsløb.

I en normal båndoptagerkonstruktion løber lydbåndet fra venstre spole over på den højre. Undtagelsen herfra er bl.a. reverserende båndoptagere, d.v.s. båndoptagere der kan gengive og evt. optage med båndet løbende fra højre spole mod venstre. Disse maskiner der kan køre i begge retninger er oprindeligt et oversøisk fænomen, men de er også begyndt at dukke op i rent europæiske konstruktioner.

Til at drive lydbåndet frem med den rigtige hastighed er capstandrevet enerådende i moderne båndoptagere. Kun i diktérmaskiner og lignende apparater, hvor gengivelseskvaliteten er en underordnet faktor, anvendes enklere systemer.

Chassis- og grundramme.

Båndoptagerens mekaniske opbygning har stor indflydelse på båndoptagerens specifikationer, og derfor må denne være af tilstrækkelig god kvalitet. På billige konkurrencebåndoptagere anvendes ofte en aluminiumsplade, hvorpå lejer for spoletallerkener, mellemhjul og motor er anbragt. Af økonomiske grunde foretrækkes en tynd plade, da denne er billigere i materialeudgift end en tykkere, og dernæst er den tynde plade billigere at bearbejde. Det siger sig selv, at en sådan konstruktion ikke kan være særlig vridningsstabil, og dette vil naturligvis gå ud over de specifikationer, der kan opnås.

Især i båndoptagere af såkaldt halvprofessionel karakter anvendes ofte en kraftig aluminiumsplade som grundplade. Tungere komponenter som capstanmotor, svinghjul og spolemotorer er derefter monteret direkte til denne grundplade, eller man monterer disse på separate chassisplader, der til sidst fastspændes på grundpladen. Sidstnævnte metode anvendes også ved fuldt professionelle båndmaskiner - som regel dog kun hvor der er tale om mindre serier. Anvendes der tilstrækkelig gode materialekvaliteter, kan der opbygges en vridningsstabil grundramme.

En mere og mere anvendt form for grundramme er det trykstøbte letmetallchassis. Hele grundpladen støbes i ét, og man indstøber samtidig traverser til afstivning på belastede steder. Holdere for montering af

lejer støbes ligeledes samtidig. Er der indstøbt traverser på de rigtige steder, kan der opnås en grundplade, der er fuldstændig vridningsstabil, og derfor anvendes denne form for grundplade mere og mere. Selv i almindelige amatørbåndoptagere vinder det indpas.

En ting der indirekte har forbindelse med grunddrømmens mekaniske kvalitet, er den maximale spolestørrelse, båndoptageren skal arbejde med. Jo større spoler der anvendes, desto mere stabil må grunddrømmen være.

Den mest normale spolestørrelse er 18 cm. Visse båndoptagere kan dog arbejde med spoler op til 26 cm.

Båndhastigheder.

De forskellige båndhastigheder ligger alle i forholdet 1: 2. Den laveste båndhastighed der i dag anvendes er 15/16", og den kan kun anvendes til tale på grund af det lille opnåelige frekvensområde. 1 7/8" er også fortrinsvis til tale eller til baggrundsmusik, hvor kvaliteten ikke er det altafgørende.

Med hastigheden 3 3/4" er vi straks ovre i det mere anvendelige. Dette er den mest anvendte hastighed på "lavpriss-båndoptagere", da den udgør et rimeligt kompromis mellem lydkvalitet og båndøkonomi. Til egentlige Hi-Fi optagelser vil man som regel foretrække båndhastigheden 7 1/2 ", da man her opnår et bedre frekvensområde, og hvad mere væsentligt er - et større dynamisk område.

Til studieoptagelser i form af f.eks. masterbånd til grammofonpladeproduktion, foretrækkes hastigheden 15", da man her kan opnå et meget stort dynamisk område.

Hastigheder som 30", 60", 120" og 240" pr. sekund anvendes udelukkende i kopimaskiner og skal derfor udelades i denne forbindelse.

Capstansystemet.

Capstansystemet er den del af båndoptageren, der har det største ansvar for at lydbåndet bliver transporteret med så jævn en hastighed som muligt. En fuldkommen jævn båndtransport er nødvendig, da selv meget små hastighedsvariationer let vil kunne høres.

Capstansystemet består først og fremmest af en roterende aksel - den såkaldte capstanaksel. Dennes tykkelse og omdrejningshastighed er tilpasset således, at akslens periferihastighed er lig den hastighed, lydbåndet skal fremføres med.

Friktionen mellem den glatte capstanaksel og lydbåndet er imidlertid alt for lille til at båndet kan drives frem, og derfor presser man lydbåndet ind mod capstanakslen med en gummirulle. Denne tilføjelse

gør båndtransporten praktisk taget ideel, omend der stadig er problemer. Gummirullen skal nemlig parallelføres meget nøjagtigt, da båndet ellers vil have tendenser til at skride ud af capstansystemet. Så voldsomt behøver det dog ikke at foregå, men blot den mindste smule instabilitet vil påvirke båndtransporten i uheldig grad.

At gummirullens tilstedeværelse forbedrer båndtransporten skyldes ikke, at friktionen mellem lydbåndet og capstanakslen bliver væsentlig meget større - denne er nemlig stadig temmelig beskeden. Den rette sammenhæng er, at friktionen mellem capstanakslen og gummirullen er tilstrækkelig stor til, at disse opnår samme periferihastighed - og endelig er der tilstrækkelig stor friktion mellem gummirulle og lydbånd, til at gummirullens periferihastighed overføres til lineær hastighed på lydbåndet.

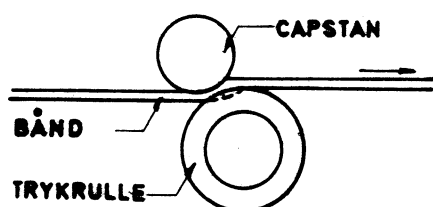


Fig. 79

**CAPSTAN-TRYKRULLE, INDGREBET
LIDT OVERDREJET.**

Et problem af mere konstruktiv karakter er gummirullens placering i forhold til capstanakslen. Det er nemlig vigtigt, at lydbåndet når capstanakslen, inden det når gummirullen, da dennes excentricitet vil påvirke hastigheden, hvormed lydbåndet fremføres. Det er næsten en umulighed at fremstille en gummitrykrulle, der er perfekt rund, og selv en god gummitrykrulle vil efter nogen tids anvendelse blive mere eller mindre excentrisk. Betydningen af denne excentricitet kan dog begrænses til noget ret ubetydeligt, såfremt lydbåndet når capstanakslen før gummirullen. Dette skyldes, at capstanakslen vil trykke gummirullen ind til den korrekte diameter - eller bevæge gummirullen op og ned. Dette kan teoretisk give hastighedsvariationer, da der trods alt skal bruges energi til at foretage denne bevægelse, men da capstansystemet oftest er forsynet med et svinghjul, er problemerne til at overskue.

Capstanmotorer.

I billige båndoptagere anvendes kun en enkelt motor, der trækker såvel capstanaksel som spoletallerkener. I de lidt dyrere båndoptagere anvendes separat motor til at drive capstanakslen og en separat motor under hver spoletallerken.

I båndoptagere med en enkelt motor kan man støde på såvel synkrone- som asynkrone motorer.

Den synkrone motors omdrejningshastighed afhænger udelukkende af netfrekvensen, idet den er spændingsafhængig inden for et meget stort område. Den er derfor velegnet til båndoptagerbrug, men desværre er den samtidig ret kostbar og pladskrævende.

Asynkronmotorens omdrejningshastighed afhænger til dels også af netspændingen og anvendes derfor ikke i båndoptagere, hvor der stilles store krav til korrekt og stabil båndhastighed.

Den sidste generation inden for motorer er den servostyrede motor. Disse kan arbejde efter forskellige principper, men fælles for servostyrede motorer er deres uafhængighed af netspænding og netfrekvens. En omskiftning mellem 50 Hz (Europa) og 60 Hz (USA) er derfor overflødig, og man bliver fri for at udskifte en eventuel udveksling mellem motor og capstanaksel.

Den mest anvendte form for servoregulering af motorers omdrejningshastighed er tachometerstyringen. Dette kræver, at motoren er forsynet med en tandkrans, ud for hvilken der er anbragt et magnet-hovede. Når motoren og dermed tandkransen roterer, induceres der en spænding i magnethovedet, hvis størrelse og vigtigst af alt hvis frekvens afhænger af tandkransens omdrejningstal. Dette skyldes, at hver tand, der passerer magnethovedet, vil inducere en spændingsimpuls i dette, der kan føres til en servokontrollforstærker. Elektronikken i denne er meget simplificeret forklaret, idet den er således indrettet, at capstanmotoren får tilført en større driftsspænding, hvis frekvensen falder. Bliver frekvensen, der modtages i servokontrollforstærkeren for høj, svarer dette til at motoren roterer for hurtigt, og dette medfører, at driftsspændingen nedsættes. Dette reguleringssystem kan gøres overordentligt stabilt og anvendes derfor også efterhånden i flere amatørbandoptagere - fortrinsvis af europæisk konstruktion og i den højere prisklasse.

Omskiftning mellem forskellige omdrejningshastigheder foretages oftest ved omskiftning af et RC-led, og derfor kan der i båndoptagere med servostyret motor anvendes en fast forbindelse mellem motor og capstanaksel med fast udvekslingsforhold.

I båndoptagere med almindelige motorkonstruktioner er det lidt mere omstændigt at skifte hastighed, men til gengæld slipper man for den

ret komplicerede servokontrolforstærker. Er der tale om en båndoptager med tre motorer, vil man næsten altid vælge en eller anden form for elektrisk omkobling mellem hastighederne. Det mest normale er at anvende en motor, hvor polerne kan omkobles, idet man på denne måde kan opnå to omdrejningshastigheder i forholdet 1:2. Disse motorer indeholder gerne 8 eller 12 poler. Motoren kan omkobles således, at kun halvdelen af disse poler anvendes, og det medfører, at motoren roterer med den dobbelte hastighed. På denne måde kan man vælge mellem to båndhastigheder uden nogen form for mekaniske udvekslingssystemer.

Mekaniske mellemlid.

I båndoptagere med kun en enkelt motor roterer denne praktisk taget altid med samme hastighed, og derfor må der anvendes en eller anden form for udvekslingssystem, hvor der er mulighed for at ændre udvekslingsforholdet.

Når en båndoptager kun har en enkelt motor, er det mest normalt at udstyre motoren med en trappeaksel, d.v.s. en aksel, der er afdrejet i forskellige diametre. Ved siden af denne trappeaksel anbringes et svinghjul, hvori selve capstanakslen er monteret. De enkelte båndhastigheder vælges så ved at placere et gummimellemhjul mellem svinghjulet og trappeakslen ud for det afsnit på trappeakslen, der giver den ønskede båndhastighed. Systemet har den mangel, at selv en lille excentricitet på gummimellemhjulet vil give hastighedsvariationer. Derfor er det en god ide med mellemrum at udskifte dette mellemhjul, hvis man ønsker, at båndoptageren til stadighed skal opfylde de angivne specifikationer. Mellemhjulets indgrebsvinkler er også af stor betydning for en korrekt kraftoverføring, men dette er et rent konstruktivt problem, man ikke selv har mulighed for at ændre på.

Det er vigtigt, at båndoptagerens roterende dele som motor og svinghjul er meget nøjagtigt afbalanceret, såvel statisk som dynamisk. Den endelige afbalancering foretages som regel ved at bore huller af bestemt diameter og dybde i kanten af det emne, der skal afbalanceres. Stedet, hvor hullerne skal bores, udmåles maskinelt.

En krafttransmissionsmetode der også anvendes en del, er anvendelsen af drivremme. I forbindelse med et svinghjul og ved korrekt anvendelse af drivremmen, kan dennes elasticitet udnyttes som filter for mindre hastighedsvariationer. Som en fordel ved drivremmen skal nævnes, at man er ude over problemet med excentriske mellemhjul.

Hastighedsvariationer.

Afvigelser fra den korrekte båndhastighed er naturligvis uønskede, og alt efter hastighedsafvigelseernes natur har de forskellige benævnelser.

Hvis f.eks. trappeakslen eller capstanakslen ikke har korrekt diameter, vil båndhastigheden altid være forkert, men så længe man ind- og afspiller på samme båndoptager, har dette ingen egentlig betydning. Problemerne kommer først, når man vil afspille sit bånd på en maskine, der kører med korrekt hastighed, eller endnu værre, hvis den båndoptager der afspilles på har sin hastighedstolerance til modsat side af den båndoptager, der er indspillet på.

På amatør båndoptagere kan denne afvigelse være så stor som 2%, ja på enkelte batteridrevne transportable båndoptagere kan hastighedstolerancen endda være endnu større. Til sammenligning skal nævnes, at de fleste studie båndoptagere har en hastighedstolerance indenfor 0,1%.

Den hastighedsafvigelse der fremkommer på samme båndoptager i den tid, det f.eks. tager at gennemspille et bånd, kaldes drift. Almindeligvis angiver man hastighedsforskellen, der opstår mellem tom og fuld spole, for drift. Det er for amatør båndoptagere normalt, båndhastigheden synker en smule, når afviklingsspolen er ved at være tom, idet modholdet på lydbåndet derved bliver større. Det større modhold vil få båndet til at skride i capstansystemet. Hvor meget båndet vil skride, afhænger naturligvis en del af gummi-trykrullens anlægskraft mod capstanakslen, men denne kan naturligvis ikke øges ukritisk.

De hastighedsvariationer, der normalt anvendes i dataopgivelser, er wow og flutter. Wow anvendes normalt som betegnelse for frekvensvariationer under 10 Hz, medens flutter anvendes som betegnelse for frekvensvariationer over 10 Hz. Man ser dog også 6 Hz anvendt som skillegrænse mellem betegnelserne wow og flutter.

Hastighedsvariationer som wow og flutter kan opstå mange forskellige steder i båndoptagerens mekaniske del. Wow og flutter kan opstå, såfremt capstanmotorens remskive ikke er fuldstændig parallel med svinghjulet. Dette er dog kun aktuelt i båndoptagere med flade drivremme og derfor anvendes der desværre næsten altid runde eller meget smalle drivremme i amatør båndoptagere.

Som tidligere omtalt, kan mellemhjul også være en kilde til wow og flutter, først og fremmest på grund af excentricitet. Kraften hvormed mellemhjulet presses imod de hjul, der skal sammenkobles, er

også af stor betydning. Et for stort anlægstryk skader lejerne og vil hurtigt deformere hjulets periferi. Et lavt anlægstryk vil give risiko for, at mellemhjulet kan skride og dermed give anledning til hastighedstab. Mellemhjuls indgrebsvinkel bør ligge omkring $100-110^\circ$.

Hastighedsvariationer kan ligeledes opstå, hvis der ikke er den fornødne parallelføring af gummitrykrullen, og dette vil give lydbåndet tendens til at vandre op og ned ad capstanakslen. Derfor ser man meget ofte, at gummitrykrullen er flydende ophængt.

En anden årsag til hastighedsvariationer kan stamme fra spoletallerkenerne, såfremt opsamlingsstrækket og/eller afbremsningen af afviklespolen ikke er konstant.

Med hensyn til forskellige målemetoder for wow og flutter, henvises til DIN-normerne. Blot skal anføres, at man meget sjældent direkte kan sammenligne opgivelser for wow og flutter med mindre, der er anført den nøjagtige målemetode. Dette er bl.a. et spørgsmål om, hvor stort et frekvensområde man inddrager i målingen. Endvidere kan der måles middelværdi, rms-værdi, spidsværdi, etc, men dette fremgår af DIN-normen, hvortil der henvises.

Bremser.

Båndoptagerens bremser opdeles normalt i statiske og dynamiske bremser.

Ved statiske bremser forstås de bremser, der f.eks. stopper spolerne efter endt hurtigspoling. Ved dynamiske bremser forstås de bremser der sørger for det nødvendige modhold, men herom senere. Statiske bremser er næsten altid baseret på friktion mellem to materialer, det f.eks. være filt eller gummi, der presses imod metal eller et kunststof. De mest primitive statiske bremser består i alt sin enkelhed af en gummiklods, der af en arm føres mod spoletallerkenen. Det kræver ikke større fantasi at forestille sig, hvordan en sådan bremse vil fungere efter få års drift. Denne form for bremse er set anvendt på amatørbandoptagere til over 5000 kr., hvilket må regnes som en total misforståelse.

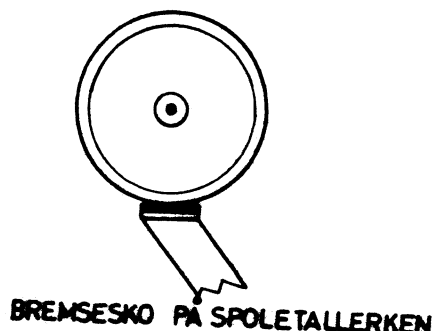


Fig.80

Filtklodser der er monteret på en fjederbelastet arm er en form for statisk bremse, der anvendes på mange amatørbandoptagere og kan kun på denne måde opnå en god og stabil bremsevirkning. På den bedre halvdel af amatørbandoptagerne samt på de fleste halv- og helprofessionelle bandoptagere anvendes som regel båndbremsen. Disse består oftest af et filtbelagt metalbælte, der er lagt udenom spolemotoren eller en tromle, der er anbragt på spolemotorens aksel. Denne bremsetype er overordentlig stabil, hvis den er korrekt konstrueret, og der er sjældent justeringsproblemer i modsætning til de fleste andre bremsetyper.

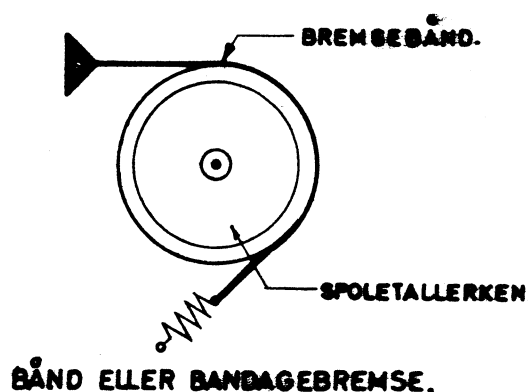


Fig.81

På bandoptagere med en enkelt motor aktiveres bremserne som regel mekanisk direkte fra den dreje- eller trykknapp, der styrer løbeværket. På bandoptagerne med tre motorer anvendes oftest en ren elektrisk styring af bånddækkets funktioner, og derfor er det mest naturligt at lade bremserne aktivere af en solenoide, d.v.s. en elektromagnet.

Statiske bremser er altid således indrettet, at den afviklede spole afbremses mere end den opsamlende spole, idet man på denne måde kan undgå båndsløjfer. Forskellen i afbremsningen må på den anden side set heller ikke være for stor, da dette vil medføre en stor mekanisk belastning på lydbåndet. I praksis må bremserne altså være således indrettet, at afbremsningen er kraftig, når spolerne skal "aflevere" bånd. På båndbremsen gøres dette ved at ophænge bremsebåndet fast i den ene side og styre trækket i den anden ende. Ved de primitive bremser bestående af en gummiklods opnås virkningen ved at montere gummiklodsens skråt imod spoletallerkenen. Bremsen bestående af filtklodser er som regel ophængt, så de trækker sig ind mod spoletallerkenen i den ene retning, medens de kun er underkastet fjedertrykket i den anden afbremsningsretning.

Hurtigspoling.

På båndoptagere med en enkel motor etableres hurtigspoling praktisk taget altid ved hjælp af mellemhjul, evt. i forbindelse med drivremme. Selve tilkoblingen af hurtigspolingsfunktionen foregår på nogle båndoptagere over en friktionskobling, hvilket beskytter lydbåndet mod for store mekaniske belastninger.

På båndoptagere med tre motorer foretrækker man en spolemotor med samme karakteristisk som en seriemotor, d.v.s. en motor der leverer sit største drejningsmoment ved lave omdrejningstal. Ved stigende omdrejningstal bliver drejningsmomentet stadig mindre. Denne motor-karakteristik er velegnet som spolemotor, da stramningen af det opviklede lydbånd vil aftage med stigende opspolingsdiameter.

Med hensyn til spolehastigheden må man betænke, at en meget hurtig omspoling samtidig er hård mod lydbåndet. Nogle båndoptagere i den dyre prisklasse er derfor forsynet med variabel spolehastighed. En meget hurtig omspolingshastighed stiller ligeledes meget store krav til båndoptagerens statiske bremsere.

Servoregulering.

På dyrere båndoptagere kan man af og til komme ud for en eller anden form for servoregulering af spoletallerkenernes drejningsmoment. Dette gøres, for at trækket i lydbåndet hele tiden skal være konstant uanset opspolingsdiameteren. Er modholdet f.eks. i afviklespolen konstant, vil trækket i selve lydbåndet blive større og større efterhånden som spolen bliver tom. Dette kan kontrolleres efter den fysiske regel:

$$\text{moment} = \text{kraft} \times \text{arm}$$

Den enkleste udvej er ganske simpelt at overse problemet, sådan som det gøres i mange amatør båndoptagere. Dette kræver dog, at gummi-trykrullens anlægskraft må øges, da lydbåndet ellers vil kunne skride i capstansystemet. En sådan øgning af anlægskraften er ikke videre sund for capstanakslens øverste lagring.

Når man endelig prøver at løse problemet, er det mest almindeligt at anvende en vægtafhængig friktionskobling under spoletallerkenen. Dette system udnytter vægtforskellen mellem en fuld og en tom båndspole. En sådan spoletallerken er opdelt i en øverste og nederste del. Den øverste del er selve spoletallerkenen, hvorpå man lægger båndspolen. Den øverste del er blot lagt oven på den nederste del, der oftest er filtbeklædt for at opnå den nødvendige friktion. Den nederste del drejes af motoren med en hastighed, der blot skal være større end den højeste hastighed, spoletallerkenen skal rotere med

under normal optagelse/gengivelse.

Funktionsmetoden er følgende: En næsten tom spole vejer forholdsvis lidt, og der vil kun være en ret lille friktion mellem øverste og nederste spoletallerkendel. Der overføres derfor kun et ret lille drejningsmoment, men til gengæld er opspolingsdiameteren også lille. En fuld båndspole er væsentlig tungere og derfor opnås en væsentlig større friktion mellem spoletallerkenhalvdelen. Det overførte drejningsmoment bliver større, men til gengæld er opspolingsdiameteren også større. På denne måde kan der opnås en udmærket funktion der tilmed er prisbillig at fremstille. Med hensyn til justering af korrekt arbejds punkt er det derimod en helt anden sag. Sammenlignes disse eksempler med formlen $\text{moment} = \text{kraft} \times \text{arm}$, ses at funktionen er korrekt.

En anden måde at løse problemet på er, at lade lydbåndet passere et par fjederbelastede arme, som dermed kan måle båndstramningen. Dette system kan udføres såvel mekanisk som elektrisk. Det mekaniske system anvendes som regel i båndoptagere med en enkelt motor, medens det elektriske system anvendes i båndoptagere med tre motorer.

Det mekaniske system kan fungere efter samme system som før omtalte friktionskobling, blot med den undtagelse at koblingsgraden styres af følearmen i stedet for af spolens vægt. Er der blot tale om at styre afviklespolen for at opnå korrekt båndstramning, kan det gøres ved at lade en følearm styre en dynamisk bremse, der f.eks. kan virke direkte på spoletallerkenen. Systemet kan i og for sig fungere udmærket, men der kommer ofte justeringsproblemer efter nogen tids drift.

Den elektriske servostyring er begyndt at dukke op i den dyrere ende af amatør båndoptagere. Dette system er oprindelig en konstruktionsdetalje, der udelukkende blev anvendt i studiomaskiner, men nu anvendes den også i enkelte amatør båndoptagere - godt nok i stærkt forenklet udførelse, men alligevel godt nok til at det fungerer efter hensigten. Princippet er, at man på hver side af tonehovedbroen anbringer en følearm, der er fjederbelastet. Fjederen trækker følearmen bort fra tonehovedbroen. Følearmen er således indrettet, at den via et potentiometer eller en fotoelektrisk styreenhed kan regulere den spænding, der føres til spolemotorerne, og dermed regulerer disses drejningsmoment. Er båndstramningen lille, vil fjederen trække følearmen bort fra tonehovedbroen, og dermed vil spændingen til spolemotoren stige, hvorefter det korrekte båndtræk genoprettes. Er båndstramningen for stor, vil følearmen bevæges henimod tonehovedbroen, hvilket medfører, at spændingen til spolemotorerne sænkes, hvorved drejningsmomentet falder til den korrekte værdi.

Det skal anføres, at på studiemaskiner kan dette system arbejde så nøjagtigt, at båndet næsten løber med den korrekte hastighed uden at capstansystemet overhovedet er koblet ind. I en sådan maskine, har capstansystemet derfor ikke til opgave at trække båndet frem, men derimod blot udmåle den korrekte mængde bånd pr. tidsenhed og dermed stabilisere båndhastigheden. Dette medfører, at capstansystemet praktisk taget ikke belastes og dermed kan der opnås meget lave værdier for wow og flutter.

På båndoptagere med tre motorer er det almindeligt at anvende den venstre spolemotor som dynamisk bremse under drift, idet man sætter en lav spænding på denne for at opnå den nødvendige båndstramning. Modholdets drejningsmoment er med andre ord konstant, og da dette medfører ret stor forskel på modholdet i selve lydbåndet, må man af og til forsyne motoren med en omskifter, så der kan vælges mellem to forskellige spændinger. Dette er ganske enkelt nødvendigt, hvor der er tale om en båndoptager, der kan arbejde med store spoler, idet der ellers her ville blive en urimelig stor forskel i modholdet mellem fuld og tom spole.

Antal motorer.

Langt de fleste båndoptagere til amatørbrug er forsynet med en enkelt motor, medens båndoptagerne i de højere prisklasser oftest er forsynet med tre motorer. Hvilke fordele har en konstruktion med tre motorer, siden dette ofte ofres i de højere prisklasser.

Når man betragter et datablad for henholdsvis en båndoptager med en enkelt motor og en båndoptager med tre motorer, behøver der ikke at være nogen forskel mellem opgivelserne i mekaniske data - vi ser her bort fraforskelle i målemetoderne. En båndoptager med en enkelt motor kan udmærket have ganske fine specifikationer for wow og flutter. Forskellen viser sig først efter nogen tids drift, hvor det oftest vil knibe for den enmotorede båndoptager at opfylde specifikationerne. Motorantallet er altså blandt andet et spørgsmål om langtidsstabilitet. En anden fordel er, at den mekaniske konstruktion kan gøres betydelig enklere, idet man undgår diverse mellemhjul, trækstænger, friktionskoblinger og lignende ting, der slides, og derfor ofte burde justeres.

Båndoptagere med tre motorer vil som regel være relæstyrede, hvilket bl.a. medfører, at det er ret enkelt at fjernstyre alle de mekaniske funktioner. Ved relæstyring har man endvidere mulighed for, på en ret enkel måde, at indføre forskellige forsinkelseskredsløb. Man kan f.eks. indføre en forsinkelse der forhindrer, at en ny mekanisk funktion etableres, før lydbåndet står helt stille. Der er endvidere mulighed for at lave forskellige former for "hukommelsessystemer".

Elektrisk del, generelt.

Båndoptagerens elektriske del består bl.a. af en oscillator, hvis spænding i forbindelse med slettehovedet anvendes til at slette lydbåndet for gamle optagelser. Oscillatorens spænding anvendes samtidig som formagnetiseringsspænding ved optagelse.

Optageforstærkeren har til opgave at forstærke det forholdsvis svage indgangssignal op til en spænding, der er tilstrækkelig til optagehovedet. Herudover skal der foretages forskellige frekvenskorrektioner i forbindelse med optagelsen, og dette foretages også af optageforstærkeren. Gengiveforstærkeren har til opgave at forstærke gengivehovedets meget svage udgangsspænding op til et niveau, der er passende for en efterfølgende forstærker. Også i gengiveforstærkeren skal der foretages forskellige frekvenskorrigerende foranstaltninger.

Optage- og gengiveforstærker kan i prisbillige båndoptagere være fælles. Udover de her nævnte oscillatorer og forstærkere findes forskellige hjælpe kredsløb for f.eks. udstyringsinstrumenter.

Tonehoveder.

Et moderne tonehovede består oftest af en lamelleret jernkerne, hvorom der er anbragt en spole, der er viklet af isoleret kobbertråd. På nær tonehovedets spalte er det udformet som et lukket magnetisk kredsløb.

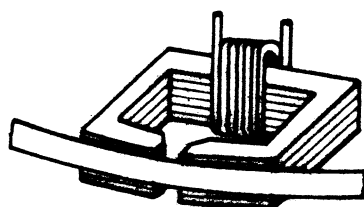


Fig. 82

**LAMELLERET TONEHOVED.
(FORSPALTEN ER STÆRKT OVERDREJET)**

Slettehovedet er næsten altid fremstillet af ferrit, og man arbejder med en spaltebredde omkring $100\ \mu$ ($1\ \mu = 1/1000\ \text{mm}$). Visse slettehoveder er forsynet med dobbeltspalte, da dette giver mere effektiv sletning.

Optage- og gengivehoveder er oftest fremstillet af lamelleret metal. Grunden til at man anvender lamelleret metal, d.v.s. en masse tynde metalstykker, der indbyrdes er isoleret fra hinanden er, at man på denne måde får mindre tab.

Spejlet, d.v.s. forsiden af tonehovedet, hvor båndet lægges imod, vil altid være højglanspoleret, eller såfremt det drejer sig om et mere kostbart tonehovede, vil det være belagt med et andet metal f.eks. Alfenol - dette dog fortrinsvis i forbindelse med ferrit-

hoveder.

Spaltebredden i optagehoveder på amatørbandoptagere ligger i størrelsesordenen $5-10\ \mu$, medens den på professionelle båndmaskiner kan nærme sig $30\ \mu$, grundet de større båndhastigheder man arbejder med. At spaltebredden i optagehovedet bl.a. bestemmes af båndhastigheden betyder, at en båndoptager med 3 båndhastigheder nødvendigvis må nøjes med en kompromisløsning med hensyn til optagehovedets spaltebredde. Optagehovedets spaltebredde ønskes holdt oppe på en passende stor størrelse, da den højfrekvens der anvendes til formagnetisering ellers vil blive kortsluttet i hovedet. Dette går ikke ud over frekvensområdet, da magnetismen i lydbåndet afsættes fra den pol på tonehovedet, som båndet sidst forlader.

For at opnå den størst mulige følsomhed på tonehovedet, koncentrerer magnetfeltet omkring spalten ved at gøre kernetværsnittet mindre på dette sted. Jo mindre tværsnit desto større følsomhed, men til gengæld vil hovedet heller ikke være særlig slidstærkt, når dybden af spalten kun er en brøkdel af en millimeter. Levetiden afhænger også af lydbåndets tryk mod tonehovedoverfladen, og anvendes der tilmed modhold i form af filtpuder, der trykker mod tonehovedoverfladen, bliver hovedet hurtigt slidt skævt med kassation til følge. Gengivehovedets spaltebredde ønskes smallest mulig af hensyn til et stort frekvensområde, men her kommer man på kompromis med signal/støjforholdet. En almindelig spaltebredde er omkring $3-5\ \mu$, men i kassettebåndoptagere er spaltebredder helt nede på $1\ \mu$ ikke ualmindeligt. Det forholder sig nemlig således, at jo mindre spalten kan gøres, desto større bliver frekvensområdet opefter. Det maksimale frekvensområde der kan opnås opefter, kan udregnes, når man kender spaltebredden. Bølgelængden på en bestemt frekvens udregnes efter følgende formel: båndhastighed: frekvens = bølgelængde. Ved en båndhastighed på $19\ \text{cm/sek.}$ og en frekvens på $16\ \text{kHz}$ fås en bølgelængde på næsten $12\ \mu$. Spalten i gengivehovedet må være en del mindre end bølgelængden, f.eks. $6\ \mu$, da gengivehovedets følsomhed aftager efterhånden som lydbåndets magnetpartikler nærmer sig tonehovedets spaltestørrelse. Er magnetpartiklerne lige så store som spalten i gengivehovedet eller ligefrem mindre, vil hovedet ikke give noget udgangssignal.

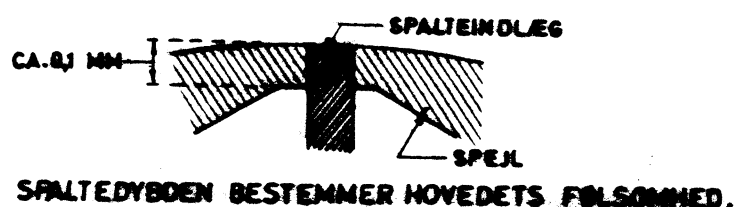


Fig. 83

Kombihoveder, d.v.s. kombinerede optage- og gengivehoveder, anvendes næsten ikke i Hi-Fi båndoptagere og skal derfor ikke omtales nærmere.

Til professionelle formål anvendes oftest helsporsoptagelser, hvis der ikke ligefrem er tale om stereo. Til amatørformål kan kun komme halv- og kvartspor på tale. Betegnelserne 2- og 4 spors båndoptagere er noget misvisende, hvilket for alvor vil bemærkes, når 4 kanal båndoptagere slår rigtigt igenne.

Halvsporsbåndoptageren byder på to gange båndets længde, men optager man i stereo, anvendes hele båndbredden i een omgang. Kvartsporsbåndoptageren er meget logisk dobbelt så økonomisk i båndforbrug, men der knytter sig en del ulemper til. Signal/støj forholdet vil blive forringet med 3-6 dB i forhold til halvsporsbåndoptageren, og der er væsentlig større risiko for drop-out på grund af sporets meget beskedne bredde. En kvartsporsbåndoptager må tilmed renses betydelig mere omhyggeligt, da selv den mindste smule snavs på tonehovederne vil forringe kontakten mellem lydbånd og tonehoveder.

Justeringen af tonehovederne er meget væsentlig for båndoptagerens rette funktion. Misjustering frem- eller bagover kaldes for tilt. Står spalten i tonehovederne ikke vinkelret på båndets bevægelsesretning taler man om azimuth. Sidstnævnte er meget væsentligt, hvis man ønsker at udveksle bånd. Især på stereobåndoptagere er azimuthjusteringen meget vigtig, da man her tillige må tænke på den faseforskel, der opstår mellem de to kanaler, når hovederne ikke er korrekt justeret. Ved stereotonehoveder er det næsten altid nødvendigt at justere azimuth til et kompromis mellem de to kanaler, da der næsten altid vil være opstået en lille vinkel fejl ved fremstillingen af tonehovedet.

Slettegeneratoren.

Slettegeneratoren består af en oscillator, der leverer en frekvens, der skal være høj i forhold til det hørbare toneområde. Dette skyldes, at det i alle amatør båndoptagere tillige er slettegeneratoren, der leverer formagnetiseringsspænding til optagefunktionen.

Det vigtigste der skal bemærkes ved slettegeneratoren er, at det signal den afleverer til slettehovedet skal være fuldstændig symmetrisk, da det ellers vil fremkalde støj på grund af DC komponenter. Harmoniske signa~~l~~er til generatorfrekvensen må derfor under alle omstændigheder undgås. Dette gøres i praksis ved at anvende oscillatorer af push-pull typen, idet disse ikke er særlig tilbøjelige til at producere harmoniske. I billigere bånd-

optagere anvendes kun en enkelt transistor til oscillatoren, og her er der langt større chance for at få produceret harmoniske til oscillatorfrekvensen med deraf følgende båndstøj.

Optageforstærkeren.

Optageforstærkeren har til opgave at forstærke signalet fra båndoptagerens indgang op til en spænding, der er tilstrækkelig til optagehovedet. Og samtidig skal der tilføres en højfrekvent formagnetiseringsspænding i korrekt forhold. Sidsnævnte er nødvendig for at opnå tilstrækkelig lille klirfaktor (forvrængning) og af hensyn til et tilstrækkelig stort signal/støj forhold.

For at udnytte lydbåndet bedst muligt, er det vigtigt, at fortissimopassager i optagelsen udstyrer båndet maksimalt, da det ellers bliver vanskeligt at opnå et tilstrækkeligt stort dynamisk område. Maksimal udstyring afgøres af klirfaktoren. På amatør båndoptagere refererer fuld udstyring oftest til det niveau, hvor en tone på 333 Hz giver 3% kubisk klir. På visse prisbillige båndoptagere regnes 5% klir. Indenfor professionelle båndmaskiner regnes 1% klir ved 333 Hz oftest som reference for fuld udstyring.

For at opnå lineær frekvensgang er det nødvendigt at korrigere for forskellige fænomener i optageforstærkeren. Korrektionen for afmagnetiseringseffekt i båndet skal ske på så tidligt et sted i optageforstærkeren som muligt. Samtidig må der tages hensyn til, at båndet ikke mættes magnetisk eller underudstyres ved lavere frekvenser, hvilket giver henholdsvis klir og støj i gengivelsen. En frekvensanalyse af almindelig musik og tale vil vise, at man udmærket kan have diskanten op imod 10 dB ved 10 kHz.

Den frekvenskorrektion der er nødvendig afhænger først og fremmest af båndhastigheden og dernæst af den lydbåndtype båndoptageren fortrinsvis er beregnet til at arbejde med. At korrektionen står i direkte relation til båndhastigheden er helt klart ud fra det faktum, at en halvering af båndhastigheden også halverer bølgelængden på lydbåndet. Dette medfører, at afmagnetiseringseffekten optræder en hel oktav lavere. Væsentligst som resultat af dette og dels på grund af sammenhængen mellem bølgelængde og gengivehovedets spaltebredde vil spidsspændingen i diskantområdet falde. For at holde magnetiseringen af båndet konstant uafhængigt af frekvensen, må strømmen i optagehovedet være konstant. Dette opnås enklest ved at tonehovedets impedans er lav i forhold til udgangs-impedansen af det forstærkertrin der føder hovedet, og impedansen af optagehovedet skal i forhold være lav selv ved de højeste frekvenser, der ønskes optaget på lydbåndet.

Formagnetisering.

Prøver man at optage ved udelukkende at føre signalspændingen ind på optagehovedet vil man hurtigt opdage, at resultatet bliver meget svagt og kraftigt forvrænget. Grunden til forvrængningen er, at lydbåndets hysteresekurve må gennemløbes, og den er ikke retlinet. Problemet kan løses ved samtidig at påtrykke optagehovedet en jævnspænding, da man dermed får rykket arbejds punktet et stykke op ad hysteresekurven, hvor den er lineær. Denne form kaldes jævnstrømsformagnetisering og anvendes ikke i moderne båndoptagere, da det opnåelige dynamiske område bliver lille på grund af signalets indhylling i Barkhausen-støj.

På alle moderne båndoptagere anvendes højfrekvensformagnetisering. Formagnetisering kaldes også for bias. Denne hjælpespænding føres ind på optagehovedet samtidig med den egentlige signalspænding. Vi skal ikke i denne forbindelse komme nærmere ind på formagnetiseringens teoretiske funktion, da dette kræver en del kendskab til magnetisk teori for at opnå den rette forståelse. Derimod skal virkningen af formagnetiseringssignalet omtales.

Justeringen af formagnetiseringsspændingen er meget kritisk, da denne har indflydelse på båndoptagerens frekvensgang, signal/støj forhold samt forvrængning. Formagnetiseringsspændingen er endvidere forskellig fra båndtype til båndtype. Dette er årsagen til, at en båndoptager kan præstere gode resultater på et bestemt båndfabrikat og type, medens den giver dårlige resultater med et andet båndfabrikat.

Optager man på en båndoptager, hvor formagnetiseringsspændingen er afbrudt, vil signalet være meget svagt og forvrænget. Efterhånden som formagnetiseringsspændingen hæves, vil man se, at signalet på gengiveforstærkeren bliver større og større. Dette fortsætter kun indtil et vist punkt, hvor signalspændingen atter vil begynde at falde, efterhånden som formagnetiseringen forøges. Med andre ord findes der en ganske bestemt værdi af formagnetiseringsspændingen, der giver maksimalt out-put på gengivesiden. hvad enten formagnetiseringen formindskes eller forøges, vil spændingen på gengiveforstærkeren mindskes. Denne ideelle formagnetiseringsspænding er forskellig fra båndtype til båndtype. Der hvor den største udgangsspænding opnås, vil man også have det største signal/støj forhold - (dette er ikke altid tilfældet i praksis, men det er uden betydning i denne forbindelse).

Eksemplet fra før med at optage på en båndoptager med afbrudt formagnetiseringsspænding gentages, men denne gang interesserer man sig for klirfaktoren, d.v.s. forvrængningen. Med afbrudt formag-

netiseringsspænding vil klirfaktoren være meget stor. Efterhånden som formagnetiseringen forøges, vil klirfaktoren stadig falde, indtil et bestemt punkt hvorefter klirfaktoren atter stiger selv om formagnetiseringen øges. Med andre ord findes en ganske bestemt formagnetiseringsspænding, hvor klirfaktoren er den mindst mulige. På mange båndtyper hænger det desværre sådan sammen, at den ideelle formagnetiseringsspænding ikke er sammenfaldende for de to ovenstående punkter, og her gør man så et kompromis eller justerer formagnetiseringen til det, der er mest hensigtsmæssigt, alt efter den anvendelse der skal gøres af båndoptageren. Hertil kommer et tredje problem, nemlig formagnetiseringens indflydelse på frekvensgangen.

Vi kan gentage det første eksperiment med at finde den formagnetiseringsspænding, der giver det største out-put. Gøres forsøget med to forskellige frekvenser, f.eks. 333 Hz og 10 kHz, vil man opdage, at den optimale formagnetisering ikke er den samme for disse to frekvenser. Hvor stor forskel der er mellem de to punkter for optimal formagnetisering afhænger af båndtypen. Måles båndoptagerens frekvensgang medens formagnetiseringen ændres, vil man opdage, at først og fremmest diskantområdet, altså de høje frekvenser, påvirkes af ændringen. Anvendes en formagnetisering der er for lille, vil man opnå en hævnning af de høje frekvenser, hvorimod man opnår en sænkning af de høje frekvenser, hvis formagnetiseringen er for kraftig. Optageforstærkerens frekvenskarakteristik bør være afpasset således, at ret frekvensgang opnås med den biaspænding, der udgør det ønskede kompromis mellem klirfaktor og signal/støj forhold. I amatør båndoptagere kan man altid gå ud fra, at formagnetiseringen er justeret efter bedst mulig frekvensgang, idet køberne altid interesserer sig for båndoptagerens frekvensområde, medens kun få ønsker klirfaktoren ved forskellige optageniveauer og frekvenser opgivet.

Det er meget vigtigt, at formagnetiseringssignalet under ingen omstændigheder indeholder nogen form for DC komponenter, da dette vil medføre stærkt forringet signal/støj forhold samt forøget klirfaktor. Remanent magnetisme i tonehovederne er under alle omstændigheder uønsket, men fra tid til anden, kan det alligevel ikke undgås, at en remanent magnetisme opbygges. Denne kan fjernes igen ved jævnlig og frem for alt korrekt brug af en afmagnetiserings-spole - også kaldet defluxer.

Slette- og biasfrekvensen må være tilstrækkelig høj for ikke at danne interferenser med frekvenser i det hørbare område. Dette ville medføre, at der blev dannet forskellige frekvenser, der alle

bestod af differensen mellem slettefrekvensen og det pågældende modulationssignal. For at undgå denne gene, vælger man sin slette- og formagnetiseringsfrekvens til en værdi, der er omkring fem gange over den højeste frekvens man ønsker at indspille på båndoptageren.

Udstyringskontrol.

Udstyringsindikatorens hovedopgave er at indikere, når båndet er udstyret 100%. Til visse formål kan det dog også være interessant at have nøjagtig kalibrering af mellemstadierne. Udstyringsindikatorer kan groft indikeres i gennemsnitsvisende og spidsspændingsvisende instrumenter. Et gennemsnitsvisende instrument vil aldrig kunne blive 100% nøjagtigt, hvorimod det spidsspændingsvisende instrument indikerer de såkaldte programtoppe, og derfor er langt mere pålideligt.

Det der adskiller disse instrumenttyper fra hinanden er integrationstiden, d.v.s. den tid, instrumentet skal have signalspændingen påtrykt for at give korrekt udslag. For et almindeligt VU-meter ligger integrationstiden i omegnen af 250 ms, hvorimod integrationstiden for det spidsspændingsvisende instrument kan ligge i størrelsesordenen 10-20 ms, alt efter kvaliteten. Påtrykkes det spidsspændingsvisende instrument en impuls af f.eks. 20 ms længde, vil den vise korrekt indikering, hvorimod et VU-meter på grund af dettes meget lange integrationstid vil indikere omkring 12 dB for lavt. Dette vil naturligvis være en kilde til overstyring ved optagelsen.

Denne store forskel i integrationstid skyldes først og fremmest mekanisk træghed i systemerne. Et almindeligt viserinstrument kan dog også gøres delvist spidsspændingsvisende ved hjælp af et elektronisk kredsløb, der kan holde spændingen til instrumentet oppe på signalets spidsværdi, indtil instrumentet har nået at indikere korrekt. Den mest ideelle form for spidsspændingsvisende udstyringsinstrument er lysviserinstrumentet, men dette er desværre overordentligt kostbart og finder derfor kun anvendelse til professionelle formål. Ensrettersystemet i et spidsspændingsvisende udstyringsinstrument bør være således indrettet, at begge halvperioder af signalet bliver registreret.

En anden væsentlig forskel mellem de to nævnte instrumenttyper er indikationsområdet, der for VU-meteret kun er 23 dB, hvilket er noget beskedent, da gennemsnitsniveauet i klassisk musik ligger under dette. Førømtalte lysviserinstrumenter kan i deres bedste udførelse have et indikationsområde på 80 dB, hvilket er så meget, at selv støj i de enkelte kanaler kan måles. Det mest normale er

dog et indikationsområde på 40-45 dB samt eventuelt forsynet med en omskifter, der kan forøge følsomheden med 20 eller 40 dB. På disse instrumenter er skalaen altid logaritmisk, hvilket medfører at "dB" skalaen bliver lineær. Det almindelige VU-meter er lineært, hvilket medfører at "dB" skalaen bliver stærkt ulineær, hvilket er noget uhensigtsmæssigt.

Gengiveforstærkeren.

Gengiveforstærkeren har til opgave at forstærke spændingen fra gengivehovedet op til et brugbart signalniveau, f.eks. det såkaldte linieniveau. Samtidig skal gengiveforstærkeren udføre den nødvendige efterkorrektur af frekvenskarakteristikken. I forbindelse med betegnelsen linieniveau skal indskydes, at denne bruges i flæng for alle niveauer mellem ca. 200 mV og 2 volt på amatørapparat. I den professionelle "verden" dækker betegnelsen altid over 0 dBm i 600 ohm.

Man har store problemer med støj i forbindelse med gengiveforstærkeren på grund af den beskedne signalspænding, der leveres af gengivehovedet. Ved 50 Hz kan signalet f.eks. ligge i størrelsesordenen 0,5 mV, og da der ved den dobbelte frekvens passerer dobbelt så mange elementarmagneter forbi gengivehovedets spalte, vil spændingen meget naturligt også være den dobbelte. Dette vil medføre, at en frekvens på 15 kHz kunne få gengivehovedet til at aflevere hele 150 mV til gengiveforstærkeren, men på grund af forskellige tab bliver den aktuelle spænding en hel del mindre. Den nævnte funktion vil svare til en stigning i spændingen på 6 dB pr. oktav (en oktav svarer til frekvensforholdet 2:1).

Det første tab, der gør sig gældende, er jerntabet. Dette skyldes hysteretab i tonehovedet, og på et godt konstrueret hoved er dette tab forholdsvis minimalt, men det er vigtigt at bemærke, at tabet stiger med frekvensen. Det næste tab der gør sig gældende, er afmagnetiseringstab, der også stiger med stigende frekvens. Dette skyldes, at de meget høje frekvenser består af meget små elementarmagneter på selve lydbåndet. Når disse er tilstrækkeligt små, vil de danne lukkede magnetfelter, der udadtil vil virke umagnetiske og derfor induceres der ingen spænding i gengivehovedet. Dette tab er desværre i de fleste tilfælde det største af de tab, man arbejder med i forbindelse med gengivedelen.

Det tredje tab der skal omtales skyldes kontakt mellem lydbånd og tonehoved. Det sidste tab der i denne forbindelse kan have interesse er spaltetabet, der som tidligere omtalt opstår, når lydbåndets elementarmagneter nærmer sig samme størrelse som gengivehovedets spalte.

En anden væsentlig ting i forbindelse med gengiveforstærkeren er efterbetoningskarakteristikken. Hvor denne 6 dB pr. oktav korrektion skal finde sted angives ved en tidskonstant $T = R \times C$, hvor R angives i ohm og C i farad. En typisk værdi for en båndhastighed på $7\frac{1}{2}$ " er 50 μ s (mikro-sekunder). RC-leddet må naturligvis ændres med båndhastigheden, og ved den halve båndhastighed ligger tidskonstanten omkring 100 μ s, hvilket betyder at knækket på kurven ligger på en lavere frekvens. Disse tidskonstanter er standardiserede, hvilket har stor betydning for udveksling af bånd, da forskelle i tidskonstanterne vil betyde ulineær frekvensgang.

Almindeligvis vil en båndoptager være normeret efter CCIR, der er europæisk norm, eller NARTB der er amerikansk norm. Visse båndoptagere kan omstilles mellem disse to normer, og på denne måde kan der opnås korrekt gengivelse, uanset maskinen båndet er optaget på.

Målinger på elektronikdelen.

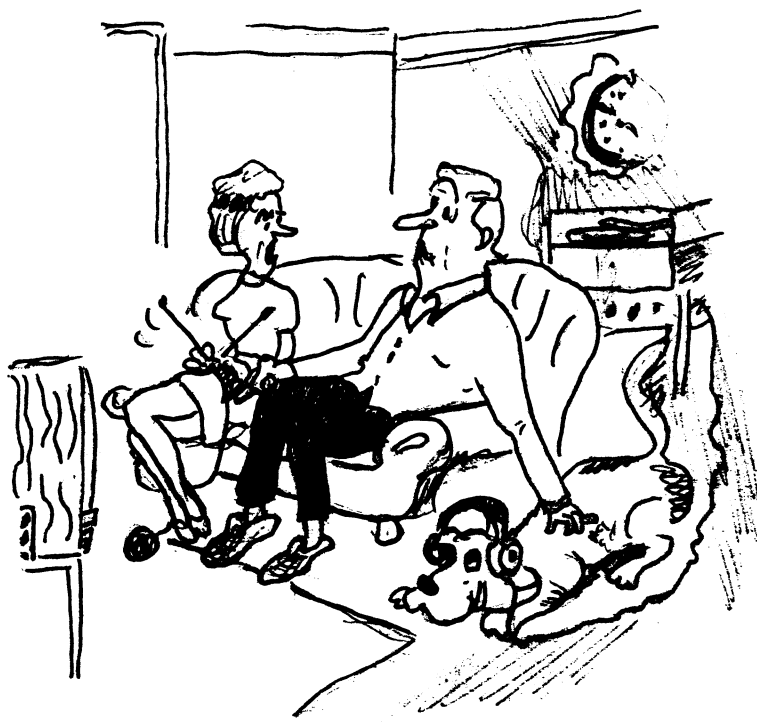
Målinger af frekvensgang, signal/støj forhold, klirfaktor, overhøring, sletningsdæmpning o.s.v. er anført nøjagtigt i DIN-normerne, hvorfor dette ikke skal omtales nærmere her, men følgende punkter er vigtige at bemærke.

Signal/støj forhold kan måles efter flere forskellige kurver. Man kan måle støjspændingerne lineært eller korrigeret efter ørefilter, hvilket naturligvis giver en væsentlig forskel i måleresultaterne. Endvidere bør man vide, hvad der er anvendt som reference for målingen, idet man kan anvende et båndflux på 32 mM/mm eller 50 mM/mm som reference. Herudover kan anvendes det niveau, der giver f.eks. 3% klir ved en bestemt frekvens, eller man kan referere til udstyringsinstrumenternes 100% angivelse. Dette bør angives, da forskellene kan være store. Som regel refererer man dog til måling ifølge en DIN-norm.

Det må endvidere bemærkes, at den opnåelige frekvensgang afhænger af det udstyringsniveau, der anvendes under frekvensgangsmålingen. Måles ved 30 dB under fuld udstyring opnåes et større frekvensområde i forhold til det, der kan opnåes ved en måling, der bliver udført 10 dB under fuld udstyring. Derfor er det væsentligt, at man får opgivet udstyringsniveauet for frekvensgangsmålingen, men det er mildest sagt sjældent, dette opgives. Når man i det hele taget måler ved et vist niveau under fuld udstyring i stedet for at måle ved fuld udstyring, skyldes det, at diskanten som tidligere omtalt hæves i optageforstærkeren. Fuld udstyring ved 1 kHz ville medføre kraftig overstyring på grund af diskantthævningen. Af samme grund kan det være nødvendigt at ændre udstyringsniveauet ved målingen, når der skal måles på de laveste båndhastigheder - dette skyldes

naturligvis den relativt større diskantfremhævning.

For klirfaktormålinger må der naturligvis angives, ved hvilken/hvilke frekvenser målingen er foretaget samt den båndtype, der er anvendt. At formagnetiseingsspændingen skal være den samme under alle målinger i elektronikdelen er naturligvis en selvfølge.



ALFRED! DU ØDELÆGGER ALTSA DEN HUND!

Tabel III,

Båndoptagerspecifikation

Specifikation	Udtrykt i:	DIN 45500	Bemærkninger
Frekvensområde	Hz \pm dB	40-250 \pm 2,5 4,5 250-6300 \pm 2,5 6300-12500 \pm 2,5 4,5	Kvalitetsmaskiner, selv kassettetyper bør ikke ligge under 14000 Hz \pm 4 dB
Wow og flutter	%	$< \pm 0,2$	Bør være mindre end 0,15 ved højeste hastighed
Klirfaktor	%	$< 3,0$	Ved fuld udstyring (tredie harmoniske
Krydstale-dæmpning	dB	60 25	Ved mono ved stereo
Hastighedsafvigelser fra nominal hastighed.	%	$< \pm 1,5$	Målt over 30 sekunder
Signal/støj forhold	dB	45	Bør selv for kassettetyper være større end 50 dB
Slettedæmpning	dB	> 60	Bør være bedre end 70

Kapitel 10.

Højttalere.

En forslidt men evig gyldig floskel siger, at højttaleren er Hi-Fi anlæggets svageste led. Vi vil i det følgende søge at opstille en målsætning for en højttaler og derpå beskrive de konstruktionsformer, som almindeligvis anvendes. Mange har sikkert allerede været indblandet i voldsomme diskussioner, hvorvidt den ene højttaler lød mere rigtigt end den anden.

Det er her en subjektiv faktor, som kommer ind ved bedømmelsen af højttaleren - dens kvalitet kan ikke udelukkende vurderes i tørre tal - tværtimod er yderst få målinger på højttalere af værdi for andre end højttalerens konstruktør.

En højttalers opgave er tilsyneladende enkel, nemlig at omsætte elektrisk energi fra forstærkeren til tilsvarende luftbevægelser (akustisk energi). Ikke desto mindre eksisterer den perfekte højttaler ikke, selv om megen menneskelig opfindsomhed har været anvendt på netop dette felt.

Lad os i det følgende gennemgå de forskellige højttalertyper.

Den elektrodynamiske højttaler.

Fig. 84 viser en elektrodynamisk højttaler - i daglig tale kaldet en dynamisk højttaler. Den består af en membran ophængt i et kantstyr. For enden af membranen sidder svingspolen, som bevæger sig i magnetens luftspalte. Svingspolen er i reglen udført i kobber eller aluminium, i de bedste enheder anvendes sølv. Luftspalten bør være så snæver som mulig, idet man derved opnår et kraftigere magnetfelt. Magnetstyrken skal være konstant - uafhængig af svingspolens stilling i gabet. Et udtryk for magnetens feltstyrke er luftspalteinduktionen, som måles i Gauss - i modsætning til magnetens totale flux (kraftlinier), som gerne opgives i maxwell. Virkemåden er enkel. Man kan blot tænke på H.C. Ørsted og samme herres tommelfinger. Svingspolens to poler tilsluttes udgangsforstærkeren og spolen vil nu bevæge sig i overensstemmelse med forstærkerens spænding. Så langt så godt.

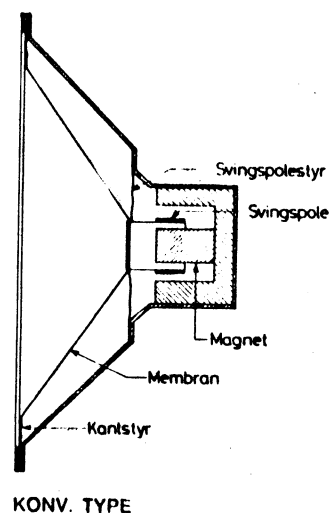


Fig 84 Dynamisk højttalerenhed.

Svingspolen er i forbindelse med højttalermembranen og skal skubbe denne frem og tilbage i overensstemmelse med forstærkerens signal. Desværre er membranen nødt til at have en vis vægt, og derfor bliver det første problem, en højttalerkonstruktør må slås med, systemets inertie (træghed). Dette problem er mest udtalt ved udformningen af bashøjttaleren.

Bashøjttaleren

En højttalers evne til at gengive dybe toner afhænger i høj grad af højttalerens basresonansfrekvens.

Ethvert legeme, som er ophængt i en fjeder (alt kan virke som fjeder, blot det er bevægeligt), vil have en resonansfrekvens, afhængig af massen og fjederen. Højttalerens fjeder er dens ophæng, og membran + svingspole udgør en masse (vægt). Afhængigheden er således, at jo større vægten er, og jo mindre stivheden er, jo lavere vil resonansfrekvensen blive. Da man gerne vil kunne gengive dybe toner, skal resonansfrekvensen helst ligge så langt nede som muligt. På den anden side skal membranmassen helst være så lille som muligt, da systemets inertie vil berøre højttalerens evne til pludseligt at gengive en impuls (transient).

Det er heller ikke ønskeligt, at ophængets stivhed er for stor, da ophængets opgave er at styre svingspolen, så den bevæger sig præcist i magnetens smalle luftspalte.

Monteres højttaleren i en lukket kasse, vil dens egenresonans groft sagt være den laveste frekvens, højttaleren kan gengive i et liniært forløb, idet frekvenskurven vil falde med 12 dB pr. oktav regnet fra resonansfrekvensen. Den resulterende basresonans, som også er afhængig af kassens størrelse, er det ønskeligt at dæmpe, da den ellers ligesom enhver anden resonans vil tilføre gengivelsen en

farvning, som ikke var indeholdt i program materialet.

Mellemtoneenheden.

I et lukket system, som vi foreløbig går ud fra, er det sjældent tilrådeligt at lade en enkelt højttalerenhed dække alle 10 ok-taver. Man supplerer derfor med en eller flere højttalerenheder. På dette tidspunkt bør nok nævnes, at antallet af højttalerenheder ikke har noget direkte med højttalerens kvalitet at gøre. I mindre kabinetter, hvor man ikke stiller de helt store krav til effektbehandling, kan man anvende en forholdsvis lille bashøjttaler, som på grund af sin mindre membrandiameter kan gå højere op i frekvensområdet. Da der i reglen opstår problemer omkring højttalerenhedens grænsefrekvenser, er det en bedre løsning at konstruere højttalerenheden til et større frekvensområde, end den skal benyttes til. Dette er grunden til, at 3-vejs systemer er de almindeligste til kvalitetsgengivelse i lukkede kabinetter. Da mellemtoneområdet netop er det område, hvor øret har størst følsomhed, er det af yderste vigtighed, at der ofres særlig opmærksomhed her.

Diskanthøjttaleren.

Da en diskanthøjttalermembran skal bevæge sig med betydelig hastighed (tænk blot på gengivelse af 18000 Hz), må dens vægt være særdeles lav. Hvis membranen er for tung, vil der opstå forvrængning og transientgengivelsen blive dårlig.

En traditionel dynamisk højttaler kan, så længe det drejer sig om lave frekvenser, betragtes som et stempel. Ved højere frekvenser vil membranen som følge af de større hastigheder opføre sig mere uregelmæssigt. Vægten skal derfor være særdeles lav, og man løser ofte dette problem ved at give svingspolen en lille diameter (10-15 mm). Denne løsning indebærer et par medfødte svagheder. På grund af svingspolens ringere varmekapacitet vil højttaleren lettere overbelastes. Den næste, og vel nok den værste, svaghed er, at svingspolen kun trykker på en lille del af membranarealet. På grund af den lille "angrebsflade" vil der lettere opstå opbrydningsfænomener.

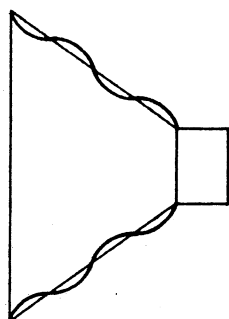


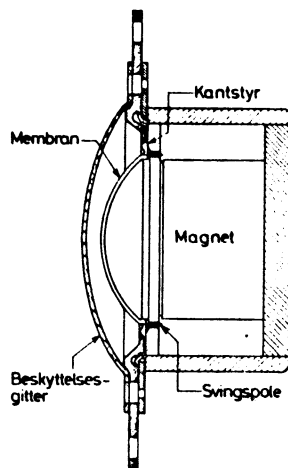
Fig. 85 Membranopbrud.

Ved membranopbrud forstås, at membranens forskellige zoner svinger i forskellig fase og amplitude - derved opstår forvrængning.

En bedre type diskantthøjtaler er dome-tweeteren. Her benytter man en kuppelformet membran med en bred svingspole i membranens rand. Den store svingspole giver en bedre fordeling af kræfterne på membranen, og som følge af denne form er opbrydningsfænomenerne væsentligt reduceret. I en dome-tweeter kan man derfor tillade sig at anvende et blødt membranmateriale med høj egendæmpning. Man kan i praksis opnå såvel jævn frekvensgang som lav forvrængning. Yderligere tillader den store svingspole behandling af større forstærkereffekter.

Endnu en type diskantthøjtaler vil vi lige nævne i forbifarten: diskantthornet, som også har dome-tweeterens fordele. Om årsag og virkemåde senere.

Fig.86



DOM-TWEETER

Kabinettertyper.

En højtaler frembringer lydbølger ved, at den frem- og tilbagegående membran sætter luften i bevægelse. Lyden sendes altså både fremad og bagud. I den gamle dampradio var højtaleren monteret på en gaffel af større eller mindre dimensioner. Denne monteringsmåde forårsager akustisk kortslutning for toner med så stor bølgelængde, at luften indenfor en enkelt svingning af højtaleren kan nå at bevæge sig fra membranens ene side til den anden. Som følge heraf må gafflen eller kabinettet have en størrelse svarende til den dybeste tone, man ønsker gengivet.

Ønsker man f.eks. at gengive 50 Hz, må der anvendes en gaffel, der er $3 \times 3 \text{ m}$ ($2 = \frac{6}{1} = 2 = \frac{340 \text{ m/s}}{50} = 6 \text{ m}$) (for- + bagside 3 m). Dette kan de fleste vel være enige om er en uacceptabel størrelse for et kabinet til et normalt beboelsesrum.

En logisk konsekvens af kendskabet til fænomenet akustisk kortslutning blev udviklingen af det lukkede kabinet kaldet "trykkammerkabinettet". I et kabinet af denne type kan man gengive dybe frekvenser i et lille kabinet, men på bekostning af effektiviteten. En fordel ved at anvende den lukkede kasse er, at man får et ekstra middel til dæmpning af højttaleren. Den luftmasse som er indesluttet bag membranen kan betragtes som en fjeder og er som sådan med til at bestemme systemets basresonans. Luftmassen kan dæmpes på mange måder, ofte ved opdeling i flere masser med passende akustisk modstand imellem. Mængden og placeringen er normalt et resultat af langvarige forsøg og målinger.

Hornprincippet.

Man bør aldrig glemme en højttalers primære opgave, nemlig at fungere som akustisk omsætter. Jo mere luft højttaleren kan sætte i bevægelse for et givet udsving af membranen, des bedre (groft sagt) må den siges at være.

Et horn er en slags tragt, som allerede i selve kabinettet sørger for en akustisk forstærkning. Man kan altså sige, at den principielle fordel på et hornkabinet og et "normalt" kabinet er, at der fra et horns munding udstråles akustisk energi, idet omsætningen fra elektrisk energi er sket inde i kabinettet.

Hornets (tragtens) udformning bestemmer forstærkningens størrelse og ligeledes den nedre grænsefrekvens. Højttaleren behøver kun at bevæge sig med lille amplitude, idet den blot behøver at sætte den, foran membranen, liggende luftmasse i bevægelse. Hornets udformning vil da, efter visse fysiske love, forøge amplituden af den luft, der står i tragten. Som følge af de meget små membranudsving, vil en hornladet højttaler have meget lav forvrængning.

Men disse fine egenskaber har en pris, idet navnlig designede horn vil være meget omfangsrige. Vi ved, at jo større en højttalermembran er, jo mere luftmasse kan den flytte. På samme måde er der en sammenhæng mellem størrelsen af en hornmunding og konstruktionens nedre grænsefrekvens. I et ideelt designet horn, vil omkredsen af mundingen, hvis man ønsker at gengive 30 Hz, være $\frac{340 \text{ m}}{30} = 11 \text{ m}$. Det siger sig selv, at så store kabinetter ikke er aktuelle i normale beboelsesrum. De hornkonstruktioner man møder i praksis er såkaldte kvartbølg-horn, hvor gengivelse af 30 Hz "kun" vil medføre en mundingsomkreds på ca. 2,5 m.

Hornkabinet.

E er den forreste hornmunding. Her forstærkes de høje frekvenser. I den lange gang ned gennem kabinettet forstærkes den dybe ende af registret.

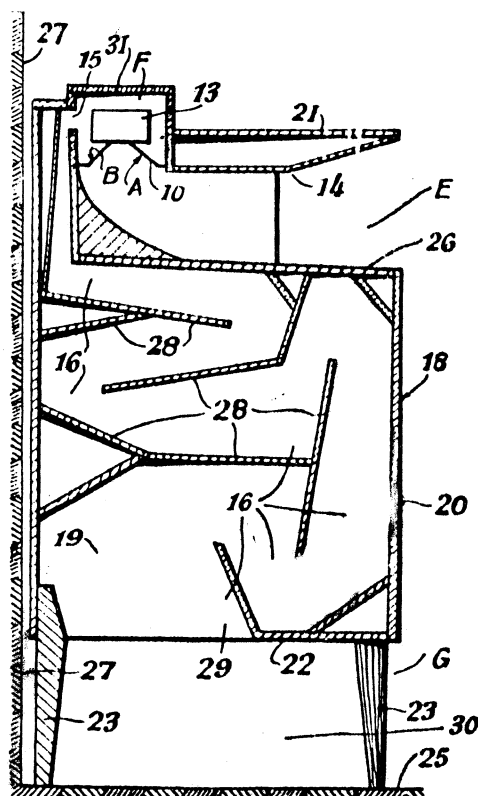


Fig. 87

Basrefleksprincippet.

Basrefleksprincippet kan nok bedst sammenlignes med en refleks, som er mere eller mindre tom. De fleste har sikkert prøvet at puste henover flaskehalsen og har hørt, at den frembringer en lyd. Lyden har en bestemt frekvens, ved hvilken den gerne vil svinge. Sagt på en anden måde - luftproppen i flaskehalsen virker som en masse, der svinger som et hele, og luften i flasken svinger som en fjeder. Når man har en masse + en fjeder, har man også en resonansfrekvens, og er denne afstemt til at ligge inden for det hørbare toneområde, fremkommer en lyd. Dette princip kan også bruges omvendt, idet de gamle grækere indbyggede krukker i murene i deres kirker. Derved kunne man, ved at afstemme krukkerne, absorbere stående bølger og anden akustisk energi.

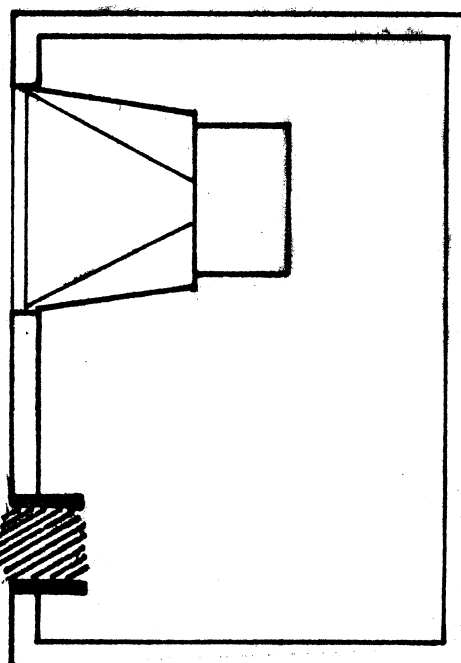


Fig. 88

Basreflekskabinet.

Den her skitserede teori kan omsættes i praksis til et basrefleks-kabinet. Laver man et kabinet med et hul i, kan det direkte sammenlignes med flasken. Luften i kassen virker som en fjeder, og luften i hullet svinger ved sin egen frekvens. Nu sætter man (i et andet hul) en højttaler i kassen. Denne højttaler kan f.eks. have en resonansfrekvens på 30 Hz. Kabinettet er beregnet til at have en resonans ligeledes på 30 Hz. Når højttaleren svinger på sin egenresonans (30 Hz), vil der ske en "kobling" mellem højttalerens egenresonans og kabinettets egenresonans med det resultat, at højttalerens egenresonans dæmpes kraftigt. Højttaleren kan derfor arbejde længere ned i frekvens.

Basrefleksprincippet kræver forholdsvis store kabinetter, navnlig hvis man ønsker en resonans på 20-25 Hz.

Auxiliary bass refleks (ABR).

ABR systemet er en videreudvikling af basreflekskabinettet, men har flere fordele, da systemet også kan anvendes i meget små kabinetter. I modsætning til basrefleks har man erstattet denne luftprop med en passiv svingende højttalerenhed.

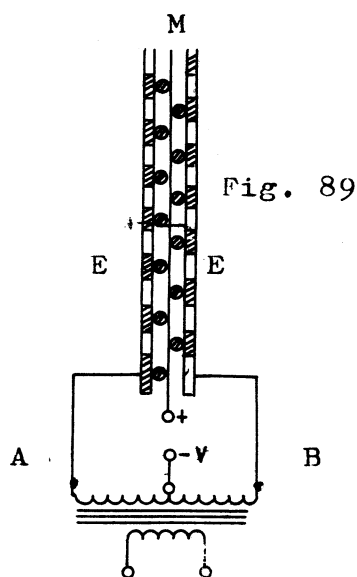
Denne passive enhed består af en membran ophængt i kantstyr som den tilsvarende bashøjttaler.

ABR enheden også kaldet en slavebas, udfører i princippet samme funktion som luftproppen i basreflekskabinettet. Man kan derfor afstemme selv små kabinetter til lav egenresonans. En anden gevinst ved anvendelse af ABR er, at man i området omkring egenresonansen opnår en fordobling af bashøjttalerens membranareal, idet den passive enhed svinger med. På grund af inert i den passive enhed, vil den svinge længere ned i frekvensområdet end bashøjttaleren. Man kan derfor gengive lavere frekvenser. I det område, hvor ABR-enheden arbejder, vil bashøjttaleren kun arbejde med halvt udsving. Dette giver lavere forvrængning. Systemet giver også bedre transientgengivelse, idet den aktive basenheds diameter (og dermed membranvægt) kan reduceres.

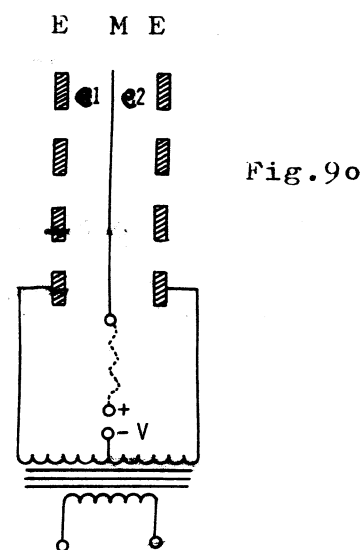
Elektrostatisk højttaler.

Det elektrostatiske princip adskiller sig en del fra det dynamiske princip, som vi indtil nu har beskæftiget os med. I stedet for magnetkræfter benytter man elektriske ladningers tiltrækning og frastødning.

På fig.89 er vist en push-pull type, som den laves idag. Membranen M er anbragt mellem to stillestående plader (E). Disse plader er forsynet med huller til lydens passage.



Push-pull konstruktion



Push-pull konstruktion m.transform.

Membranen påtrykkes en jævnspænding, normalt af størrelsesordenen 2-4 KV, og da membranen, som er lavet af plastic, er forsynet med et metallag, vil der opstå en spændingsforskel mellem de to plader (E) og membranen svarende til den påtrykte spænding. For at få membranen til at svinge frem og tilbage, må der frembringes yderligere en spændingsforskel mellem de to spændinger e_1 og e_2 . Dette gøres i praksis ved at forbinde de to plader (E) til hver sin ende af en push-pull transformator og membranen (M) til midtpunkt (C) af viklingen. Primærsiden af transformatoren sluttet til forstærkerens højttalerudgang.

Når man spiller på forstærkeren, vil der opstå en vekselspænding på pladerne (E). Dette medfører, at når spændingen stiger i punkt A, vil den også falde tilsvarende i B. På denne måde vil membranen på grund af spændingsforskellene e_1 og e_2 blive henholdsvis tiltrukket og frastødt af de to plader (E).

Hvorfor nu al den ulejlighed? Jo - fordelene ved det elektrostatiske princip er, at den kraft som bevæger membranen er til stede over hele membranfladen. Højttalerens "reaktionsevne" er derfor kun begrænset af den lette membrans (meget lille) inertie, og det er vel

den eneste type højttalere, der er i stand til at gengive en 1000 Hz firkantimpuls.

Da lydspredning er afhængig af lyd giverens størrelse (jo mindre - jo større spredning), er spredningen fra den elektrostatiske højttaler meget ringe. For at afhjælpe dette forhold, har man i reglen en separat membran for diskant/mellemtoneområdet.

Man bør vide, at elektrostatiske højttalere har relativt ringe virkningsgrad, stiller specielle krav til forstærkerens stabilitet og desuden må anses for uegnede til egentlige forstærkningsopgaver, hvor store lydtryk er nødvendige.



Kapitel 11

Musikanlæggets komponenter

Pick-up'er

En pick-up er en elektromekanisk transducer. Den skal omsætte de i en grammofonplade indgraverede svingninger til et elektrisk signal.

Fig. 91 viser princippet i opbygningen af en elektromagnetisk pick-up. Den indeholder en række karakteristiske komponenter som nål, nålerør, anker, magnet, jernkredsløb og spoler.

Nålerøret er ophængt i et gummileje på en sådan måde, at pick-up'en står stille over den rille som aftastes, mens nålens svingninger i rillen nøje overføres til ankerets svingninger i forhold til resten af magnetsystemet. Herved forårsages ændringer i luftgabet mellem anker og magnetsystem. Antallet af kraftlinier, som vil være i stand til at passere igennem spolen vil variere i takt med svingningerne, og der vil induceres en elektrisk spænding i spolen.

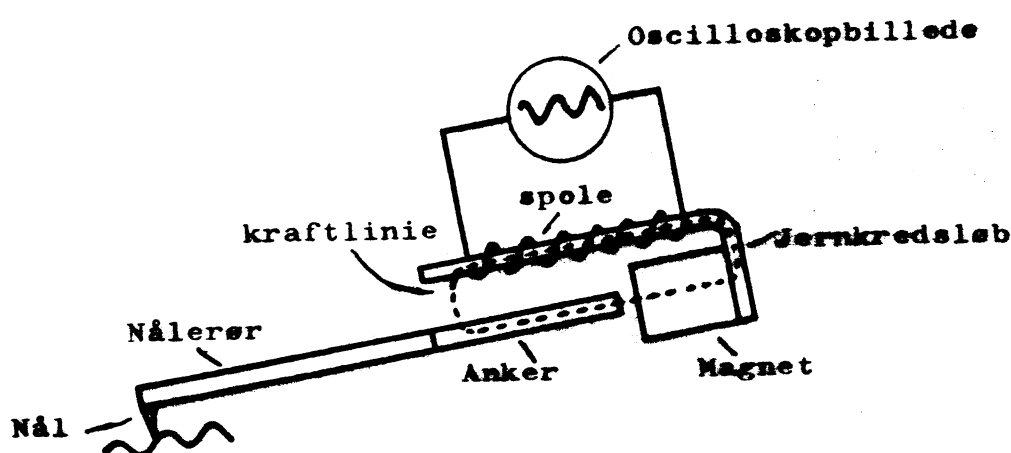


Fig.91 Simplificeret magnetisk pick-up.

Med dette enkle billede af en pick-up skal vi efterhånden prøve at hænge alle de problemer og egenskaber på, som vi møder i afspilningsteknik. Vi skal nævne forskellige magnetiske principper og andre transducere end magnetiske. Først vil vi nævne det, som er

fælles for alle pick-up'er.

1) Nål.

Det materiale som er bedst egnet er diamant, der er det hårdeste materiale, der findes. Små kvadratiske stave, 0,2 mm på hver led, slibes og poleres koniske, sfæriske eller elliptiske i den ende, som skal følge pladerillen. Krumningsradierne er idag normalt $15 \mu \pm 2$ for den koniske eller sfæriske nål, mens den elliptiske kun er $8 \mu \pm 2$ i berøringspunktet med pladerillen. (Til gamle lakplader kræves en 65μ sfærisk nål). Her stiller man sig uvilkårligt nogle spørgsmål. Hvorfor anvende det hårdeste materiale på en forholdsvis blød plade? Vil den ikke blive skåret itu øjeblikkeligt? Begrænses nåletrykket til få gram, vil pladen ikke slides nævneværdigt, til gengæld vil diamantnålen være ca. 10 gange så holdbar som en safirnål.

Fordelen ved en elliptisk nål i stedet for en sfærisk fremgår af fig. 92. Skærenålen har indgraveret de to kanaler, så samhörørende signaler ligger lodret over hinanden på figuren. En sfærisk nål vil kun kunne aftaste de to signaler faserigtigt i de punkter, hvor signalet skifter retning. I det punkt, hvor den sfæriske nål er vist, vil der optræde en fejl. Med den elliptiske nål synes fejlen at være mindre.

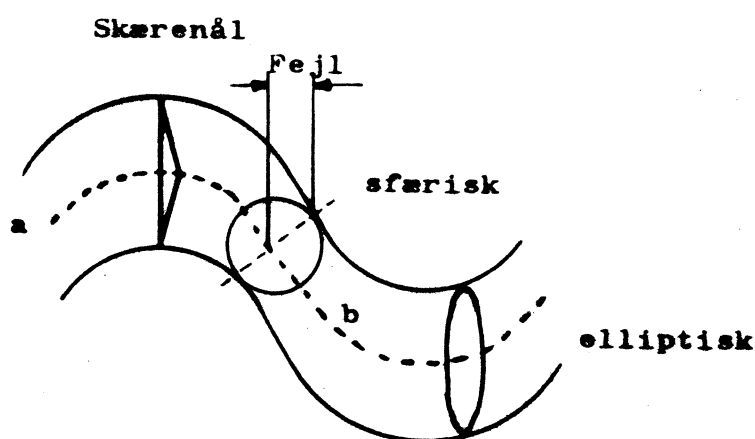


Fig.92 Ren latteral rille. $a > b$ giver anledning til pincheffekt.

Rillen vil også have en varierende bredde, således at nålen tvinges lidt op af rillen. Dette vil ske med den dobbelte frekvens og kaldes klem- eller pincheffekt. Denne er mindre, jo mindre radius i berøringspunktet er.

Ved høje frekvenser og tæt ved pladens centrum bliver udsvingene så hyppige og ligger så tæt sammen, at kun en elliptisk nål vil kunne følge rillen ordentligt.

Prisen for en elliptisk nål er imidlertid, at den bliver skrøbeligere, og at pladesliddet alt andet lige bliver større, idet en mindre anlægsflade vil forårsage dybere indtryk i pladen for samme nåletryk. Der er idag opfundet en ny type nål, som modvirker denne tendens. Det er den såkaldte Shibata nål, opfundet i Japan. Fig.⁹³ illustrerer nålens udseende i en pladerille. Det punkterede viser en elliptisk nål. Det ses, at Shibata nålen har større anlægsflade. Set ovenfra er radius i berøringspunktet ens for de to nåle. Foruden mindre slid opnås også, at pladen virker stivere. Dette bevirker, at båndbredden med Shibata nål er større end de andre nåletyper. Dette har betydning for ægte 4-kanal gengivelse fra plade.

Diamanter, der anvendes til pick up'er kan være rene, hele (nøgne) diamanter. Den nøgne diamant er den teknisk set bedste, idet slibningen tilpasses krystalstrukturen, hvilket giver den største styrke. Den er imidlertid også dyrere end de tippede, som fremstilles ved, at en lille diamantstump limes på en circular holder af stål, aluminium, titanium eller safir. Ulemperne ved de tippede diamanter er, at slibningen ikke er tilpasset krystalstrukturen, - de kan derfor være mere hårde på den ene side end på den anden, hvilket kan medføre uens slitage og deformation af nålen.

Poleringen af diamanten er af største vigtighed, og den høj polerede diamant giver naturligvis mindst slitage. Poleringen af hele diamanten, og ikke blot den yderste spids, er en yderligere fordel, fordi det formindsker støvsamlingen på nålen og dermed reducerer støjen ved afspilningen.

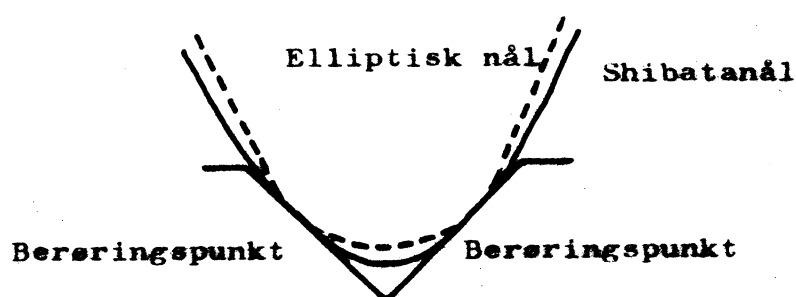


Fig. 93

2) Sporingsevne (Trackability) nåletryk.

Ved lave frekvenser afhænger sporingsevnen af nålearmens eftergivenhed (kompliance). Nålearmen i sig selv skal være stiv, men ophængt i det omtalte gummileje skal være meget blød eller eftergivende. Hvis nålearmen var helt stift ophængt, ville man dels ikke få noget output, idet ankeret jo ville have uforandret afstand til magnetsystemet, dels skulle hele armen prøve at følge rillens signal. Armen ville være alt for tung. Nålen ville hurtigt blive smidt ud af rillen. Jo lavere eftergivenhed jo større nåletryk er nødvendigt. Omvendt kan man altså sige, ønskes et meget lavt nåletryk, må eftergivenheden være høj. Man tildeler oftest eftergivenheden bogstavet C ~ compliance. C måles normalt statisk, det vil sige, man måler udbøjningen for en given kraft. Moderne pick-up'er har C i størrelsesordenen fra 20 til 50×10^{-6} dyn/cm.

For meget høje C-værdier bliver man nødt til at have forskel på lodret og vandret compliance. Den vandrette compliance er da større end den lodrette. Grunden er den, at den lodrette compliance påvirkes af nåletrykket, og det ville være umuligt at konstruere en pick-up, som ikke ville slå imod pladen, hvis lodret compliance bliver for stor. Den lavfrekvente sporingsevne måles gerne ved 300 Hz. Der findes måleplader, som har 300 Hz signaler med stigende amplitude. Så længe signalet fra pick-up'en er sinus formig, kan pick-up'en spore. Når en pick-up's sporingsevne bedømmes på denne måde, er det vigtigt at skating-kraften er udkompenseret.

Ved høje frekvenser er det den effektive nålespidsmasse, som bestemmer sporingsevnen. Ved høje frekvenser bliver accelerationen, g , høj, og dermed kraften K , som er produktet af masse, m , og accelerationen:

$$K = m \cdot g$$

Vi skal prøve at udregne kraften ved 20000 Hz af et signal med maksimalhastighed, $v_0 = 10$ cm/sek.

$$v = v_0 \sin \omega t$$

$$g = \frac{dv}{dt} = \omega \cdot v_0 \cos \omega t = g_0 \cos \omega t$$

$$g_0 = 2\pi \cdot 20 \cdot 10^3 \cdot 10 = 1,26 \cdot 10^6 \text{ cm/sek}^2$$

Er nålespidsmassen $m = 1$ mg fås kraften

$$K = 10^{-3} \cdot 1,26 \cdot 10^6 = 1,26 \cdot 10^3 \text{ dyn} \approx 1,26 \text{ g}$$

Nålen påvirkes således af en kraft på 1,26 g. Nåletrykket skal naturligvis være større end denne kraft, for ikke at nålen skal slås ud af rillen.

3) Resonansen, frekvenskarakteristik, adskillelse.

Ethvert mekanisk system har en egenresonans, hvor den effektive masseimpedans ophæves af eftergivenhedsimpedans eller compliance-impedansen. Hvis man er bekendt med elektriske størrelser, ved man, at en elektrisk svingningskreds består af selvinduktion, kapacitet og modstand. Ved resonansfrekvensen ophæver selvinduktion og kapacitet hinanden, således at der går en særlig høj strøm ved denne frekvens. Masse svarer til selvinduktion, eftergivenhed til kapacitet. Ved resonans får vi særligt store mekaniske udsving.

Resonansen må i en pick-up dæmpes, således at frekvenskarakteristikken bliver flad. Det omtalte gummileje er, i mange tilfælde, lavet af butylgummi. Denne gummitype har en tilpas indre dæmpning, således at man undgår spidsen i frekvensgangen.

Vi kan udregne resonansen mellem compliance og masse for en pick-up efter formlen:

$$f_{\text{res}} = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{10^{-3} \cdot C \cdot m}}$$

for $C = 40 \cdot 10^{-6} \text{ cm/dyn}$ OG $m = 0,7 \text{ mg}$ fås

$$f_{\text{res}} = \frac{1}{2\pi \sqrt{10^{-3} \cdot 40 \cdot 10^{-6} \cdot 0,7}} = 950 \text{ Hz}$$

Denne resonans, som i virkeligheden ligger noget højere, fordi compliance ved højere frekvenser - den dynamiske compliance - er en del lavere end den statiske compliance, er normalt fuldstændigt dæmpet, så den ikke kan ses på frekvenskurven. Fig 94 viser en typisk frekvenskarakteristik for en højere kanal samt det signal, der kan måles i venstre kanal.

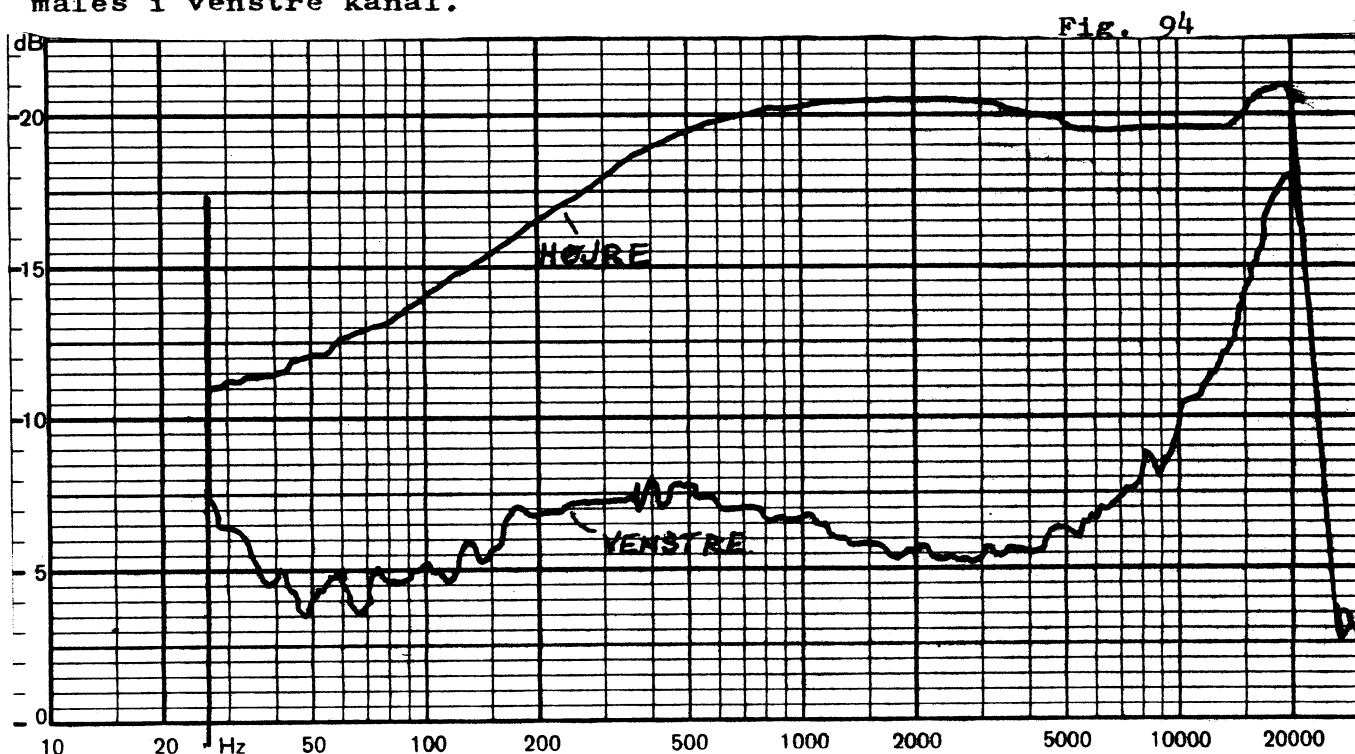


Fig. 94 Typisk frekvenskarakteristik og adskillelse for magnetisk stereo pick-up.

Inden vi går videre med resonanser, vil vi lige gennemgå, hvorledes en sådan frekvenskarakteristik måles.

Den pick-up, som vist på fig. 91 vil ikke være egnet til stereo. Som den er tegnet, vil den kun være egnet til "hill and dale".

Fig. 95 viser, hvorledes man ved at fordoble antallet af jernkredsløb og spoler kan komme frem til en stereo pick-up, som kan af-taste informationen i de to rillebøge, som begge danner en vinkel på 45° med lodret. Man vil også kunne se, hvis der kun er signal på den ene væg, så vil kun det ene luftgab variere. Da intet er fuldkomment, bliver der dog også et lille signal på modsatte kanal.

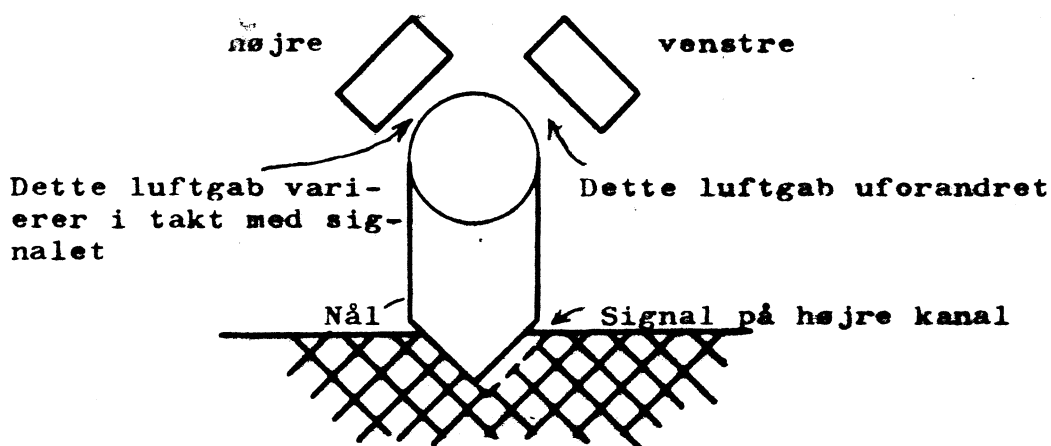


Fig. 95 Stereoaftastning

Dette fejlsignal stammer lige såvel fra ufuldkommenhed i pladen som i pick-up'en. Den såkaldte adskillelse varierer med frekvensen. I nærheden af resonansen bliver den mindre end de ca. 25 dB - 30 dB, vi har i mellemtoneområdet. 20 dB er ved 1000 Hz så godt, at man næppe kan høre fejlsignalet. Omkring 20 kHz ses adskillelsen at falde til 6 dB. Her optræder en ny resonans mellem den effektive nålespidsmasse og pladematerialets eftergivenhed.

Ved helt lave frekvenser under 20 Hz findes armresonansen, d.v.s. resonansen mellem armens effektive masse og pick-up'ens eftergivenhed. Alle resonanserne kan udregnes efter den givne formel, når C indsættes i cm/dyn og massen i mg.

Frekvenskarakteristikens udseende (fig. 94) kommer af, at der anvendes en målplade med konstant hastighed fra 500 Hz til 20 kHz. Da en magnetisk pick-up's følsomhed er proportional med hastigheden, skal karakteristikken være vandret i dette område. Under 500 Hz har vi konstant amplitude, hvilket bevirker, at karakteristikken vil

stige med 6 dB, for hver gang frekvensen fordobles. Når man ser karakteristikker, som er vandrette helt ned til 20 Hz, er der benyttet et elektrisk filter til kompensering. At fortsætte med konstant hastighed i rillen ned til 20 Hz vil kræve enorme amplituder. Ved musikplader gøres noget tilsvarende, jf. RIAA karakteristikken.

Forvrængning.

Den oftest benyttede metode til måling af forvrængning er at afspille en måleplade, som har to forskellige toner indgraveret samtidig, f.eks. 300 Hz og 3000 Hz. Med et selektivt rørvoltmeter måles nu, om der er noget signal ved 2700 Hz og 3300 Hz. Normalt vil man måle, at tilsammen haves ca. 10% af, hvad der måles ved 3000 Hz. Denne størrelse kaldes intermodulationsforvrængning, IM. Mere almindeligt er at angive frekvensintermodulationsforvrængningen, FIM, der er ca. 10 gange mindre, altså ca. 1%. Denne størrelse kan måles med et wow- og fluttermeter, såfremt man udelukker den lave frekvens med et båndstopfilter. FIM er mere i overensstemmelse med ørets evne til at opfatte forvrængning. Man kan sige, at måling af FIM er en anden måde at finde en pick-up's sporingsevne eller trackability. Er nåletrykket for lavt, vil FIM-værdierne blive langt over 1%. I denne forbindelse er det værd at nævne, at hvis en pick-up ikke sporer perfekt, vil det resultere i et pladeslid, som er langt større end det slid, som forårsages af for højt nåletryk. En betingelse for lave FIM-værdier er også, at der er overensstemmelse mellem den vinkel, som pick-up'en aftaster med og den vinkel, som blev benyttet ved skæring. Den vinkel det drejer sig om, er den som dannes mellem pladeoverfladen og akse fra nålespids til omdrejningspunkt, henholdsvis pick-up-nål og skærenål. Denne vinkel er standardiseret til 15° , hvilket er så lavt, at det på pick-up-siden er meget svært at overholde, uden at pick-up'en slår mod pladen. Mange pick-up'er har en vinkel på helt op til 30° . Resultatet bliver naturligvis dårligere FIM-værdier.

Forskellige magnetiske principper.

Den pick-up type, vi har omtalt indtil nu, går under betegnelsen "variable reluctance". Reluctance står for magnetisk modstand, og vi har set, at når den magnetiske modstand i luftgabet varierer, får vi et signal. Pick-up'er af denne type har gerne to spoler pr. kanal. Fordelen herved er, at brumfelter udkompenseres, og man får et push-pull system, der minimaliserer den såkaldte 2. harmoniske. Foruden intermodulationsforvrængning, der væsentligt stammer fra selve aftastningen, har man nemlig også harmonisk forvrængning, d.v.s.

at foruden grundtonen optræder også den dobbelte frekvens, den tredobbelte o.s.v. Normalt er den harmoniske forvrængning ubetydelig i forhold til den ulineære forvrængning eller IM.

Alle magnetiske pick-up'er er efter push-pull princippet, men foruden det allerede omtalte variable reluctance magnetsystem findes der følgende andre principper.

Bevægelig magnet (moving magnet): Ankeret består af en lille stangmagnet.

Induceret magnet (induced magnet): Tæt op ad blødt-jerns ankeret findes en stationær permanent magnet, som inducerer poler i ankeret.

Variabel magnetisk shunt (VMS): Ankeret kortslutter en magnet. Når ankeret bevæges, åbnes ligesom for en ventil, som lader kraftlinier løbe gennem spolerne.

Fig.96 viser de fire principper skematisk.

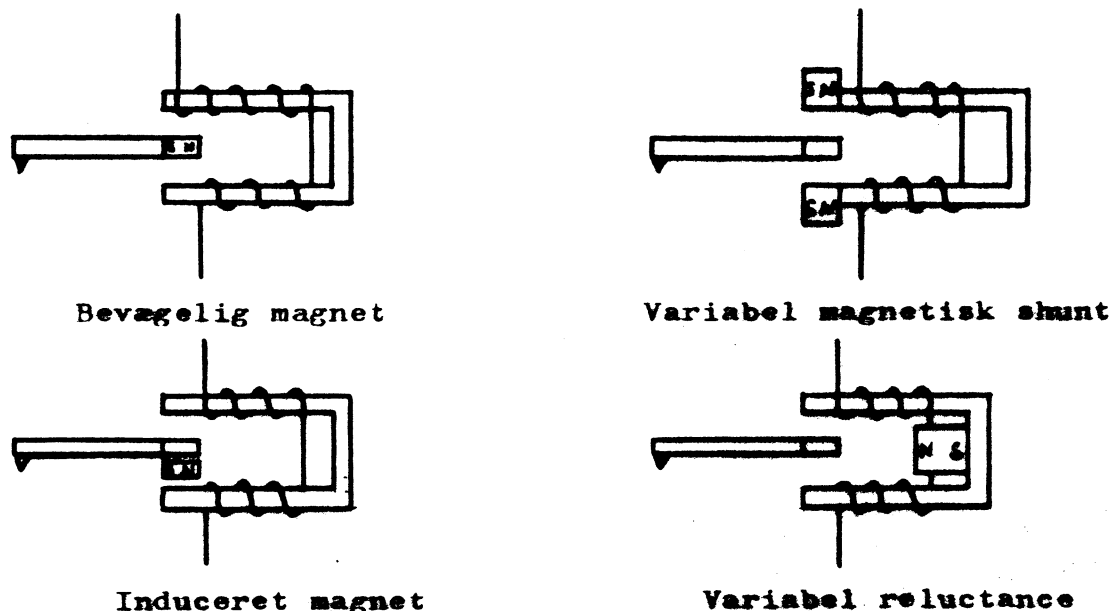


Fig 96 Forskellige magnetiske pick-up principper.

Andre pick-up principper.

Krystal pick-up:

Den mest almindelige pick-up er nok krystal pick-up'en eller den piezoelektriske pick-up. Her sørger nålearmen for at trykke på det piezoelektriske element, som afgiver en spænding proportional med trykket. Man må bruge en speciel indgang på forstærkeren, idet den piezoelektriske pick-up's følsomhed er proportional med udsvinget i rillen og ikke med hastigheden.

Normalt er kvaliteten af krystal pick-up'er ikke på højde med de magnetiske.

Dynamisk pick-up.

Denne type består af et magnetisk kredsløb med et luftgab, i hvilket to spoler, som står i forbindelse med nålerøret, kan bevæge sig. (se fig.97). Når en elektrisk leder overskærer magnetiske kraftlinier, opstår en elektrisk spænding. En dynamisk pick-up har meget lav udgangsspænding og impedans. For at kunne tilslutte pick-up'en til en normal indgang med 47 k ohm, må man derfor mellemkoble en transformator eller en forstærker. Nogle forstærkere har en speciel indgang til dynamiske pick-up'er.

Båndbredden af en dynamisk pick-up er stor, således at den egner sig til ægte 4-kanal fra plade, hvor frekvensområdet er udvidet til ca. 45 kHz.

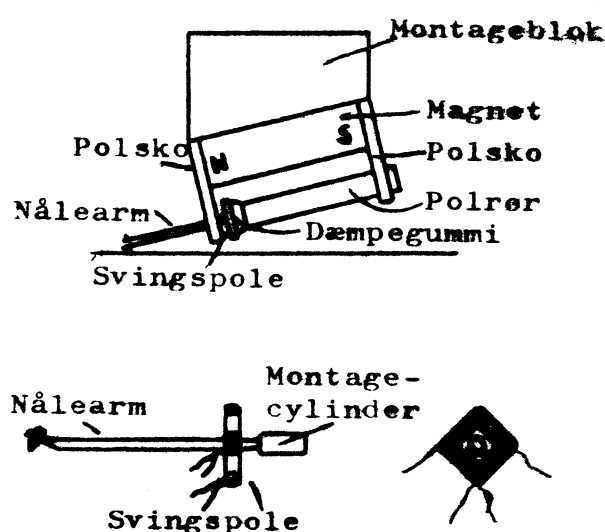


Fig.97 Skematisk fremstilling af dynamisk pick-up.

Kondensator pick-up.

Hvis svingningerne i nålen omsættes til variationer i en kondensators luftgab, har man en kondensator pick-up. Der kræves en ret høj forspænding og en forforstærker for at kunne udnytte dette princip.

Fotoelektrisk pick-up.

Fæstes en lille blænde til nålerøret, kan man kontrollere mængden af lys fra en lampe til en fototransistor i takt med svingningerne i rillen.

Strain-gauge pick-up.

Denne type minder om den piezoelektriske. En modstand varierer i takt med nålens svingninger. Sendes en strøm igennem modstanden, vil spændingen over modstanden indeholde et signal, som kan forstærkes.

Tabel VI, Pick-up specifikation

Specifikation	Udtrykt i:	DIN 45500	Bemærkninger
Frekvensområde	Hz \pm dB	40-63 \pm 5 63-8000 \pm 2 8000-12500 \pm 5	-
FIM Frekvensinter- modulation	%	< 1	Ved max. udstyring
Kanalsepara- tion	dB	≤ 20 dB	Ved 1000 Hz
Vertikal spo- ringsvinkel	grader	$15^{\circ} \pm 5^{\circ}$	-
Compliance	cm/dyn	$> 8 \times 10^{-6}$	Bør være mindst 20×10^{-6}
Nåletryk	gram	$< 3,0$	-
Effektiv nålespids- masse	milligram	2	-

Kapitel 12.

Dolby-B-systemet

Dolby B-systemet blev ved sin fremkomst for et par år siden årsag til en ny epoke for kassettemaskinerne.

Phillips kassetten har i forhold til åbenspole princippet to afgørende handicap:

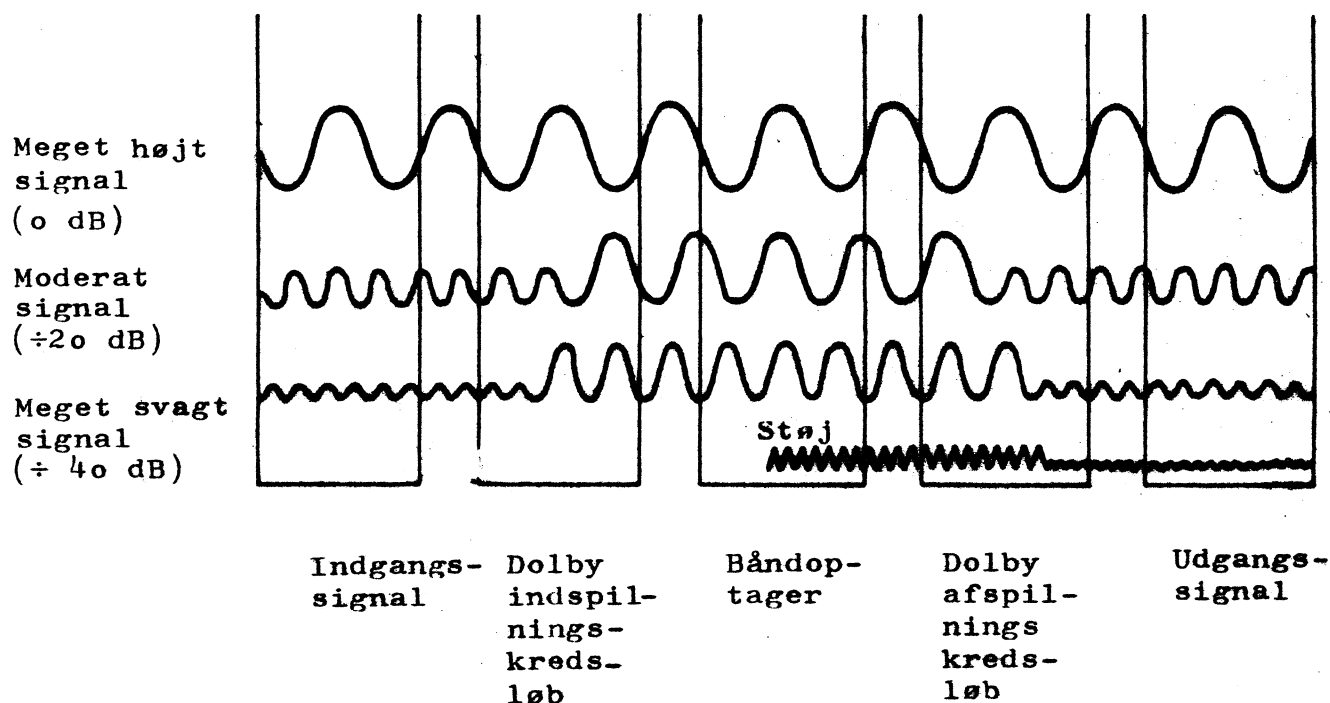
- 1) Dårligere dynamik på grund af båndbredden.
- 2) Dårligere signal/støjforhold på grund af den lave båndhastighed.

Problemerne omkring punkt 1 er til en vis grad løst med de nye båndtyper (omtales i et senere kapitel).

Endnu mindre forbeholdt kan man kommentere problemerne vedrørende punkt 2. De er 90% løst, for så vidt som båndsuset ved anvendelse af Dolby B-systemet er reduceret med 90%.

Der findes allerede i dag en halv snes kassette tape-decks med indbygget Dolby B kredsløb. Desuden findes systemet som tilsatsenhed fra bl.a. Advent og Teac. Disse tilsatsenheder kan, udover at bringe en god kassettemaskine op i Hi-Fi klassen, gøre en god åbenspolemaskine til en fremragende åbenspolemaskine. Selvfølgelig kun hvad signal/støjforhold angår, idet dette forbedres med 10 dB i frekvensområdet over 4000 Hz og falder til 9 dB ved 2400 Hz, 6 dB ved 1200 Hz og 3 dB ved 600 Hz.

Dolby B-systemets virkemåde er søgt grafisk illustreret og anskueliggjort i fig. 98.

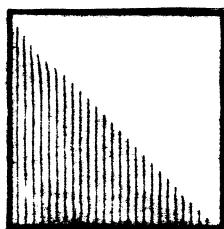


Sådan arbejder Dolby B-systemet.

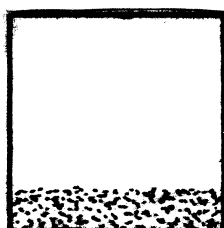
- 1) Signalet der skal optages passerer først Dolby indspilningskredsløbet. Dolby kredsløbet arbejder i de højeste "suse" - frekvenser på en forudbestemt måde, afhængig af deres tilsyneladende lydstyrke. De kraftigste signaler (0 dB) passerer kredsløbet uden videre. Signaler af middelstyrke (± 20 dB) bliver moderat fremhævet, medens meget svagere signaler (± 40 dB) udsættes for maksimal fremhævning.
- 2) Efter på denne måde at være "Dolbyseret" indspilles signalerne på båndet. Det er her, at båndsuset kommer ind i billedet. Det ses på diagrammet, hvorledes Dolby indspilningskredsløbet har gjort de svagere signaler kraftigere end før i forhold til båndsuset.
- 3) Ved afspilningen passerer signalet fra båndet et Dolby afspilningskredsløb, som er et nøjagtigt spejlbillede af Dolby indspilningskredsløbet. Dolby afspilningskredsløb dæmper de tidligere fremhævede dele af signalet i præcist samme omfang, som de før blev fremhævet. Båndsuset - som kom frem midt mellem indspilnings- og afspilningsdelene af Dolby systemet - bliver automatisk neddæmpet på samme tid i et meget hørbart omfang, omkring 10 dB eller 90%. På grund af den korrekte spejlbilledeffekt i afspilningsdelen, vil Dolby systemet ikke forårsage andre forandringer i signalet i forhold til det originale program, som bliver indspillet.

Det kan også beskrives på følgende måde:

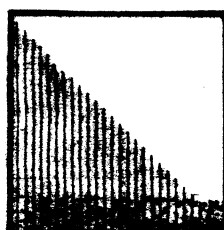
En normal båndoptagelse,



Musik. Musik består af lyde af forskellig styrke. Kraftige og svage lyde er her vist som henholdsvis lange og korte lodrette linier. Musikken, der er anskueliggjort i dette diagram, starter som kraftige lyde, der gradvis bliver svagere og svagere.

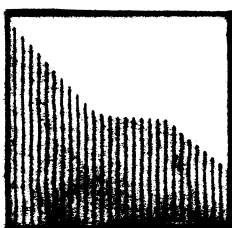


Støj. Alle bånd, selv de allerbedste og dyreste, afgiver et konstant båndsus, når de afspilles. Dette båndsus er grafisk afbildet som prikker. Susniveauet svarer til det lodrette niveau af disse prikker.



Musik og støj. Når en båndoptagelse afspilles, vil båndsuset "overdøve" de svageste musikpassager samt afgive et konstant generende baggrundssus i musikkens intervaller. Kun når musikken er kraftig og uden intervaller, "skjules" eller overdøves båndsuset. Selv da kan båndsuset være så forskelligt fra musikken, at oplevelsen ødelægges.

En dolbyseret båndoptagelse:



Hvad Dolby systemet gør før indspilning. Før signalet går ind på båndet, "aflytter" Dolby systemet musikken. Herunder hæver den lydniveauet af de svage passager meget, de mellemstærke passager mindre, og lader de kraftige passager gå ubehandlet igennem kredsløbet. Denne proces er grafisk gengivet her.



Indspilning på bånd. Under indspilninger vil nu selv de svage passager være hævet over båndets egnus.



Hvad Dolby systemet gør under afspilning.

Når nu en dolbyseret indspilning afspilles igennem Dolby kredsløbets afspilningsdel (denne er en nøjagtig spejlvendt funktion af indspilningskredsløbet) vil de hævdede passager blive trykket ned til deres oprindelige niveau. Herunder vil båndsuset, som det ses i den grafiske illustration, ligeledes blive trykket. Susniveauet er herefter kun 10% af det opr.

Kapitel 13.

Fire-kanal stereo - modefænomen eller morgendagens lyd ?

Et, i en verden fuld af skeptikere og siden fremkomsten af 4-kanal princippet for et par år siden, ofte stillet spørgsmål. Situationen omkring 4-kanal stereo er den samme som ved fremkomsten af stereo for ca. 15 år siden. Det forholder sig jo således, at de virkelig afgørende nyskabelser er dukket op indenfor de to sidste årtier, LP pladen, stereofoni, FM-udsendelser, transistor- og solid-stateteknikken og nu sidst 4-kanal gengivelse. Lad mig citere et gammelt kinesisk ordsprog: " én demonstration er bedre end tusind ord". Prøv - blot én gang - at lytte til en 4-kanal gengivelse af et stykke musik for, midt i stykket, at lukke for de to bageste højttalere. Så vil De være overbevist for tid og evighed.

4-kanal stereo, lad der ikke være tvivl om det, er kommet for at blive. Om ti år er 4-kanal stereo lige så dominerende i forhold til almindelig stereo, som stereo er det i forhold til mono idag. En helt ny generation vil nok gå lige ind i 4-kanal epoken og se lige så overbærende på dagens musikanlæg, selv de avancerede, som vi ser på krystalapparatet, thi 4-kanal stereo er unægtelig den mest revolutionerende nyskabelse i branchen, siden 2-kanal stereo erstattede monofoni.

Fremkomsten af 4-kanal stereo har gjort det muligt i højere grad at genopleve musikken som den høres i koncertsalen eller studiet med en hidtil ukendt grad af naturlighed.

Det er med andre ord ikke muligt at gengive koncertsalens rumformelse, der jo er et resultat af dens akustik, uden anvendelse af et 4-kanalsystem, og dem er der flere af, nærmere betegnet 3. Omstående betegnelser er "ophøjet" til lov af "Dansk Hi-Fi Institut", et skoleeksempel på, hvordan en brancheforening beskytter forbrugernes interesse ved på et tidligt tidspunkt at give ganske bestemte betegnelser på alternativer, der kan opfattes som ens af en mindre kyndig forbruger og dermed misbruges i reklameøjemed.

Lydgengivelsessystem, der gengiver ét signal over et højttalersystem

SIGN¹AL KAN¹AL HØJTALERSYSTEM¹ = MONOFONI

Lydgengivelsessystem, der gengiver to selvstændige signaler over to højttalersystemer.

SIGN²ALER — KAN²ALER — HØJTALERSYSTEMER² = STEREOFONI

Lydgengivelsessystem, der på basis af to signaler genskaber en ruminformation, som sammen med de to oprindelige signaler gengives over ialt fire højttalersystemer.

SIGN²ALER KAN²ALER HØJTALERSYSTEMER⁴ = AMBIOFONI
"1 DIMENSIONAL-STEREOFONI"

Lydgengivelsessystem, der på basis af fire signaler over to kanaler genskaber og gengiver de fire signaler over fire højttalersystemer.

SIGN⁴ALER KAN²ALER HØJTALERSYSTEMER⁴ = QUADROFONI
MATRIX-SYSTEM

Lydgengivelsessystem, der over fire kanaler gengiver fire adskilte signaler over fire højttalersystemer.

SIGN⁴ALER KAN⁴ALER HØJTALERSYSTEMER⁴ = QUADROFONI
DISCRETE-SYSTEM

Som programkilde til 4-kanal stereo er der tre muligheder:

- 1) Radiofoni, dette ligger flere år ud i fremtiden. Der har været prøveudsendelser både i USA og Japan, men intet system er normeret endnu p.g.a. en lang række tekniske vanskeligheder.
2. Båndoptagere, der opererer efter Discrete-systemet, idet de fire signaler går ind på fire spor, forstærkes og køres ud på fire højttalere.
3. Grammofonplader, der har mulighed for at anvende både Matrix-systemet, det gør CBS, og Discrete-systemet, som JVC.

CBS har allerede vundet indpas, og der fås i dag snesevis af titler indspillet ikke blot af CBS, men også af andre pladeselskaber, der er gået ind for dette system. Det går under betegnelsen SQ-systemet, og dets store fordel er, at det er kompatibelt, d.v.s., at en SQ indspillet plade kan afspilles på et normalt stereoanlæg. JVC-systemet er måske teoretisk mere avanceret, men endnu idag er der uløste teknologiske problemer. Når de er klaret, er der en dag mulighed for, at begge systemer kan eksistere side om side.

Ambiofoni er endnu ikke nævnt, mest fordi det allerede nu, kort efter sin fremkomst, er sat i skyggen af de 2 nævnte mere avancerede - og bevar os - noget dyrere løsninger, men selv prisbillighed retfærdiggør ikke en banal løsning på et seriøst problem.

Vi vil i det følgende nærmere beskrive de 3 systemer og begynde med ambiofoni.

Ambiofoni: 2 - 2 - 4 systemet.

Fremkomsten af 4-kanal stereo har gjort det muligt at gengive musikken som den oprindelig lød i koncertsalen eller studiet. Hidtil har man anset et stereoanlæg for perfekt, når det præsterede en god (naturlig) tilnærmelse til lyden af instrumenterne i et orkester. Dette kan vi kalde gengivelse af den totale kvalitet. Men, når et instrument høres i en koncertsal, er lyden, det menneskelige øre opfatter, markant forskellig fra den direkte lyd fra samme instrument. Øret opfatter både den direkte lyd samt efterklangen, som rent naturligt opstår i en koncertsal. For at nyde musik med samme levende naturlighed, må vi have disse indirekte lyde med under gengivelsen i stuen.

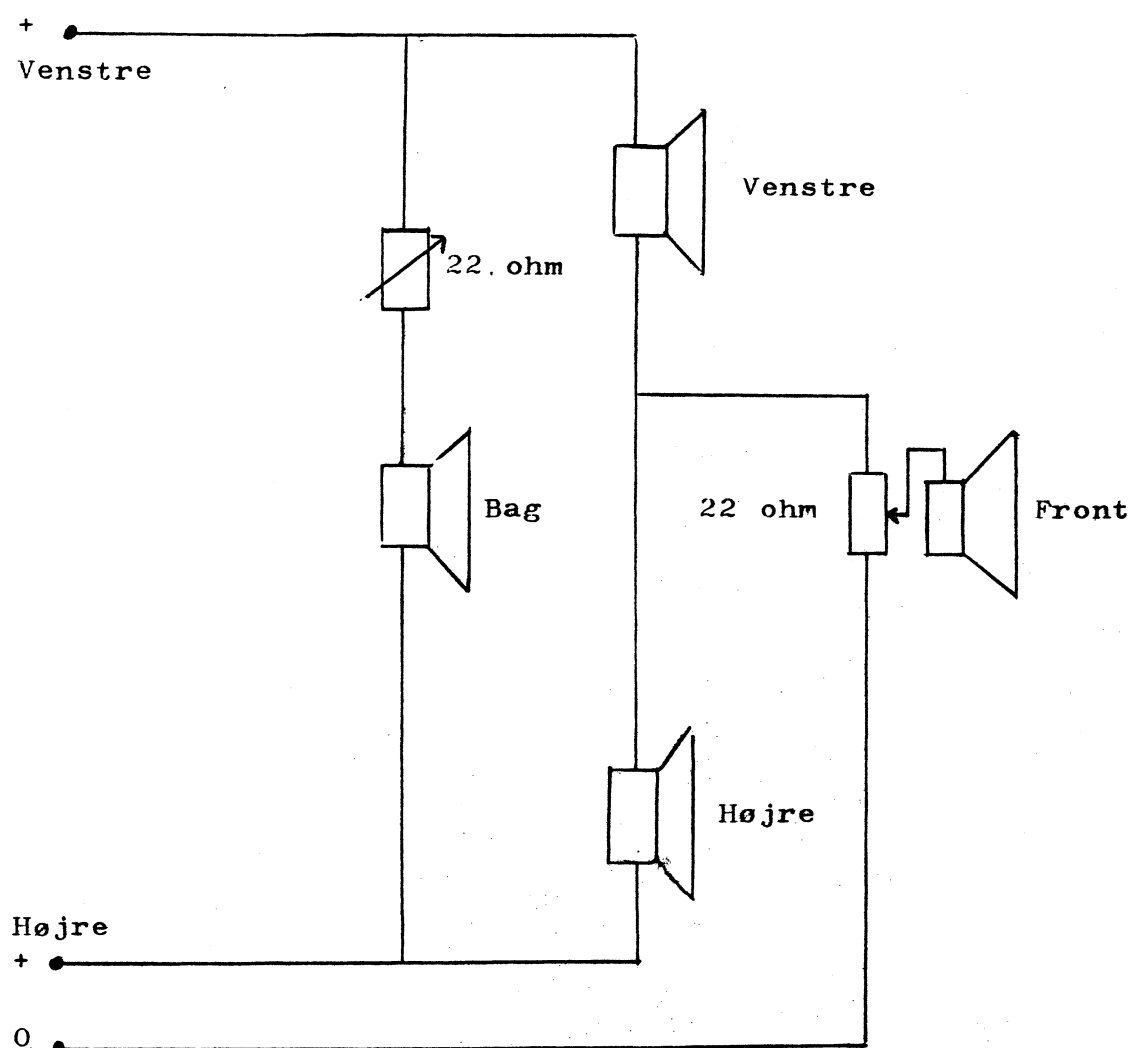
Den simpleste måde at opnå dette på er efter sum- og differensmetoden, der er et af de systemer, der på basis af en stereoinformation genskaber en rumvirkning ved at manipulere med de to kanaler og sende resultatet ud i to ekstra højttalere.

Det benævnes ambiofoni og er baseret på, at der i mange stereo-plader, mere eller mindre tilsigtet, er "skjulte" informationer i pladen. Det kan f.eks. skyldes, at man under en koncertoptagelse har fået optaget koncertsalens akustik sammen med den direkte lyd fra orkesteret.

Disse skjulte informationer kan udledes ved hjælp af et simpelt elektronisk kredsløb. Fig. 99

Dette ambiofonisystem er først konstrueret af amerikaneren David Haffler og arbejder som følger:

Fig.99 Dynaco's 4d system



Man tager to højttalere og kobler 0'erne sammen, og i serie mellem 0'erne og forstærkerens 0, sætter man en højttaler ind. Denne er benævnt fronthøjttaler. Fra den "varme ende" (fasen) af venstre højttaler til den "varme ende" på den højre forbinder man en anden højttaler. Denne er benævnt baghøjttaler. Baghøjttaleren arbejder nu på differenssignalerne (L-R) og fronthøjttaleren arbejder på sumsignalerne (L+R). Resultatet er ikke uinteressant, man oplever en hidtil ukendt rumfornemmelse, men som sagt, udviklingen er løbet fra denne løsning.

Discrete 4-kanal: 4 - 4 - 4 systemet.

Der er idag, af kommerciel interesse, to former for 4-kanal stereo - discrete og matrix.

Forskellen kan kortest beskrives ved, at discrete er bygget op efter 4 - 4 - 4 systemet. Altså 4 signaler, 4 kanaler og 4 højttalere til forskel fra matrix 4 - 2 - 4 systemet. Dette vender vi tilbage til.

Discrete 4-kanal stereo kan teoretisk opnås via alle de tre lydkilder: FM udsendelser, bånd og plader.

FM udsendelser, efter discrete systemet må sikkert lade vente på sig adskillige år ud i fremtiden, der er store og uløste problemer i forbindelse hermed, især den forøgede båndbredde.

Quadrafonisk lyd fra båndmaskiner præsenterer ikke særlige problemer, og der er adskillige, både åbenspoledede og kasettemaskiner, i handelen idag. Man har simpelthen forsynet båndmaskinerne med 4 hoveder og tilsluttet arrangementet til 4 forstærkere og 4 højttalere. Uendelig meget vanskeligere er det at løse problemerne i forbindelse med plader som signalkilde for discrete 4-kanal stereo. JVC er kommet et godt stykke hen ad vejen med deres CD-4 system. Dette er et multiplex arrangement, hvor man bruger bærebølgeteknikken på den måde, at informationerne til de to bageste højttalere skæres ind i pladen sammen med det normale stereosignal, men med en 30 KHz bærefrekvens. Dette betyder, at disse informationer skal demoduleres ved afspilning. Der er flere ulemper, eller skal vi sige uløste problemer, ved CD-4 systemet.

Det kræver omtalte demodulator, der endnu er ret voluminøs, og som skal justeres til hver enkelt pick-up.

Det kræver en pick-up med en frekvensgang på op til 40 KHz. Der er kommet nogle typer frem med denne egenskab, men hos de fleste af disse er det sket på bekostning af andre egenskaber. Og så er der endelig de uløste problemer omkring discrete FM transmissioner. Discrete systemets store fordel er, at det en langt bedre separation mellem forreste og bageste højttaler end nogle af de andre systemer har og næppe nogensinde vil få.

Matrix 4 - 2 - 4 systemet

Matrix systemet defineres som et "lydgengivelsessystem, der på basis af fire signaler over to kanaler genskaber og gengiver de fire signaler over fire højttalere".

Som vi senere vil uddybe i kapitlet: "Hvad bringer fremtiden?", ser det ud til, at CBS'matrix system, kaldet SQ systemet, vil være det, der i hvertfald i de nærmeste par år, vil tegne 4-kanal stereo over for forbrugerne. Vi vil dog i den stående debat holde os neutrale og blot beskrive systemerne.

Generelt om matrix.

Den grundliggende ide i matrix systemet fremgår af fig. 100.

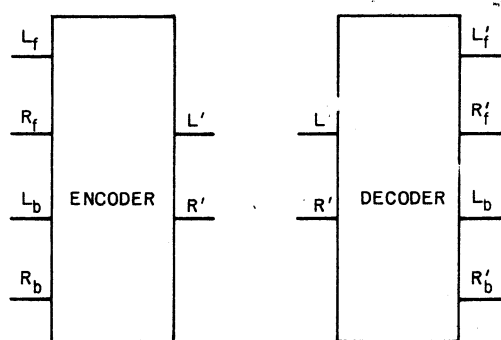


Fig. 100

Man kombinerer i encoderen L_f , R_f , L_b , R_b til to nye signaler, som vi vil kalde L' og R' . De små bogstaver f og b står for front (forreste højttalere) og back (bageste højttalere), medens de store bogstaver L og R står for left (venstre) og right (højre).

I L' og R' er man nået til det midterste led i kæden 4 - 2 - 4.

Man har indkodet de 4 signaler til to, og disse kan nu skæres ind i henholdsvis venstre og højre side af en pladerille.

For at få quadrofonisk virkning under afspilningen, skal signalet dekodes som skematisk vist i fig. 99. Beskrivelsen af en- og dekodere's virkning er lidt af et matematisk/geometrisk puslespil, som vi vil gemme til grundkursus II.

SQ matrix systemet.

Fordelen ved SQ systemet frem for CD-4 systemet er, at det er kompatibelt. Man kan afspille SQ plader på et almindeligt stereoanlæg med normal stereovirkning, indtil man får råd og lyst til at udbygge sit anlæg. En dekoder fylder ikke ret meget, og bygget ind i en receiver er det en rimelig investering i forhold til den kvalitetsforskel der er "ned" til ambiofoni. Som eksempel kan det nævnes, at Pioneers receiver SX 424 med SQ dekoder, med fire indbyggede forstærker koster ca. 1300 kr. mere end den almindelige stereomodel.

Kapitel 14

Mikrofoner.

En mikrofon's opgave er at omsætte lydbølger til elektriske svingninger.

De principper man anvender, er omtrent de samme som i en pick-up, der jo i Sverige også kaldes en nålmikrofon.

Mens en nålmikrofon påvirkes af udsvingene i pladerillen - udsvingene er givet - påvirkes en mikrofon af en lydbølge, der udgør en meget lille kraft på en membran. Membranens udsving vil i reglen være meget små i forhold til udsvingene i en pladerille. For at få et skikkeligt signal på mikrofonen, anvendes luftgab, som er meget mindre end i pick-up'er. Typiske luftgab i pick-up'er er på 0,5 mm. I mikrofoner er gabet kun en tiendedel heraf eller endnu mindre.

De mest almindelige mikrofontyper er den dynamiske mikrofon á la lille højttaler, kondensatormikrofon, hvor membranen er den ene plade i en kondensator og endeligt krystal eller piezoelektrisk mikrofon, som er den billigste. Kondensatormikrofoner er normalt dyre og af høj kvalitet.

Mikrofoner kan enten være lige følsomme i alle retninger, eller de kan være såkaldte gradient mikrofoner med nyreformet- eller ottetalsformet retningskarakteristik. De tre arter er vist på fig. 101

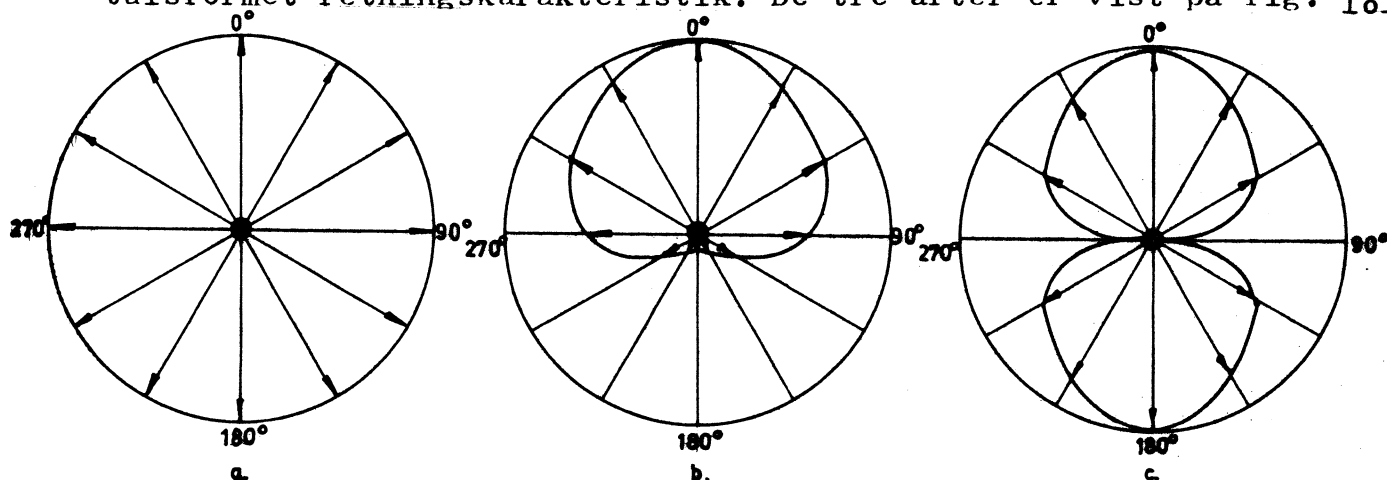


Fig. 101 Retningskarakteristikker for mikrofoner: a kugle, b nyre, c ottetal.

Kapitel 15

Hovedtelefoner.

En stereohovedtelefon er en relativ billig og yderst vel-anbragt investering til et godt musikanlæg.

Hovedtelefonen tjener to hovedformål. Den tillader aflytning ved høj volumen uden at forstyrre andre, og den er uundværlig ved monitoring af båndoptagelser til studiobrug.

Så at sige alle moderne stereoforstærkere og receive-re er udstyret med et standardiseret hovedtelefonstik samt mulighed for at afbryde for højttaleren.

Det skal bemærkes, at aflytning via hovedtelefon giver en fundamentalt anden fornemmelse end aflytning via højttalere. Dette skal opleves og ikke beskrives, og om man bliver hovedtelefonfanatiker eller ej er i høj grad et spørgsmål om personlig preference.

Hovedtelefoner kan i princippet opdeles i tre hovedgrupper:

1. Den konventionelle dynamiske type.
2. Den dynamiske frifeltstype
3. Den elektrostatisk type

ad.1 Den konventionelle hovedtelefon arbejder efter så at sige samme princip som den dynamiske højttaler (se denne). Den slutter tæt om hvert øre ved hjælp af en blødt polstret vulst og isolerer mod udefra kommende lyde. Kvaliteten af dynamiske hovedtelefoner varierer meget, men vil man ofre noget på sagen, er der typer med fremragende gengivelse i form af stort frekvensomfang og lav forvrængning.

ad.2 Frifeltshovedtelefonen er en variation af den konventionelle dynamiske type. Den adskiller sig fra denne ved, at den er forsynet med et lag skumgummi uden på membranen, og med dette ligger an mod øret uden vulst. Dette medfører, at man ikke på samme måde er isoleret fra omverdenen - en ting de fleste koner vil sætte pris på. Man kan ikke kvalitetsmæssigt skelne mellem den konventionelle type og frifeltstypen, indenfor begge grupper varierer kvaliteten (ofte, men ikke altid i takt med prisen).

ad.3 Den elektrostatisk hovedtelefon arbejder efter samme princip som den elektrostatisk højttaler (se denne). Den er dyr at fremstille, men de bedste af denne type er af meget høj kvalitet - lydmæssigt. Især udmærker systemet sig ved meget lav forvrængning og fremragende opløsningsevne.

Kapitel 16

Tilpasning af anlæg.

Det er umuligt at angive faste retningslinier for, af hvilke komponenter et Hi-Fi anlæg skal sammensættes, da det endelige valg helt afhænger af forbrugernes smag. Derimod kan man ret let gøre rede for de faktorer, der spiller ind, når anlæggets komponenter skal forbindes.

Spændingstilpasning.

Når en signalkilde tilsluttes en forstærkerindgang, skal den være i stand til at udstyre forstærkeren helt, d.v.s. at signalspændingen skal være mindst lige så stor som indgangens nominelle følsomhed. Ellers vil det være umuligt at udnytte forstærkerens udgangseffekt, og signal/støjforholdet vil blive reduceret. På den anden side må indgangssignalet ikke være så stort, at det overstyrer selve indgangskredsløbene, da dette vil give kraftig forvrængning uanset styrkekontrollens stilling.

Ved de mindre følsomme indgange (tuner, tape aux) er faren for overstyring ringe. De fleste forstærkeres styrkekontroller er nemlig indskudt mellem disse indgange og linieforstærkeren, fig. 102

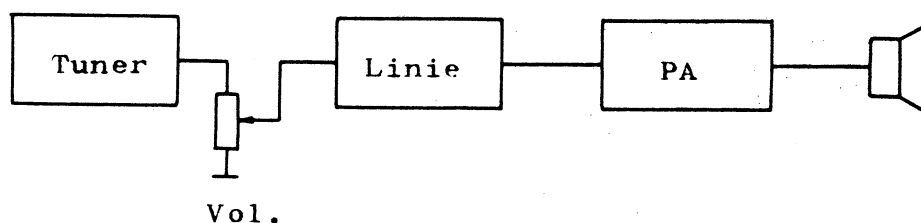


Fig. 102

Det kan man tillade sig med de moderne støjsvage komponenter. Hvis f.eks. tunerindgangen tilføres et alt for stort signal, vil indstillingen af styrkekontrollen være kritisk, men der vil ikke ske overstyring, selv om signalet stiger til måske 10 V. Hvis forstærkeren derimod følger princippet i fig. 103, er det linieforstærkerens overstyringsmargin, der sætter grænsen for indgangssignalets størrelse.

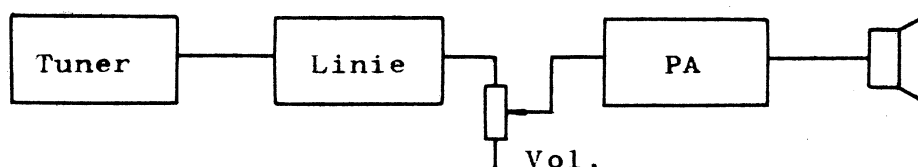
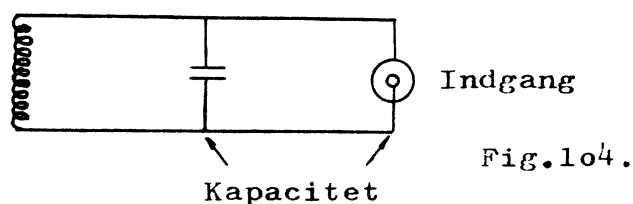


Fig. 103

De fleste transistorkoblinger har en overstyringsmargin af størrelsesordenen 20 dB. Hvis f.eks. den nominelle følsomhed er 100 mV må indgangssignalet ikke overstige 1 V.

Pick-up forstærkeren kan let volde vanskeligheder på grund af de store krav, der stilles til den. Den skal kunne behandle et stort dynamikområde ved meget små signalspændinger med et minimum af støj og forvrængning. Udgangsspændingen fra pick-ups varierer stærkt, fra 0,6 mV/cm/s til 2 mV/cm/s og pladernes skærehastighed kan nå 30 cm/s. Det medfører, at en universel pick-up indgang bør kunne behandle signaler fra 3 mV (ved gennemsnitshastigheden 5 cm/s) til 60 mV, svarende til en overstyringsmargin på 26 dB eller 20 gange. Når man vælger pick-up, bør man tilstræbe, at dens udgangsspænding ved 5 cm/s svarer til forstærkerens nominelle følsomhed. Så kan man nøjes med en overstyringsmargin på $30/5 = 6$ gange, svarende til 16 dB. Det vil give den bedste tilpasning. Også i andre henseender er pick-upforstærkertilpasningen kritisk. Magnet pick-up's har en ret høj selvinduktion - op til 1000 mH. Det bevirker, at spolen og kabelkapaciteten kan danne en svingningskreds med resonanser i det hørbare område som resultat. Fig. 104



Hvis vi tager en pick-up med en selvinduktion på 800 mH og tilslutter den forstærkeren med en førsteklases ledning på godt en meter med en egenkapacitet på 100 pF, kan resonansfrekvensen beregnes af $F = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{800 \cdot 10^{-3} \cdot 100 \cdot 10^{-12}}} = 18 \text{ kHz}$.

En fordobling af kabellængden eller valg af en dårligere kvalitet vil sænke resonansfrekvensen til 13 kHz med et hørbart peak som resultat. Det kan altså ikke tilrådes at forlænge en pick-up ledning. Almindelig skærmledning har en kapacitet på ca. 200 pF/m. Til erstatning for dette kan anbefales det 3 mm tykke HF kabel RG 175 U, der ligger på 110 pF/m. Da man til kabelkapaciteten må lægge pick-uparm- og indgangskapaciteten for at få helt realistiske tal, er det klart, at forholdet kræver omhu og opmærksomhed. Se tabellen fig. 105.

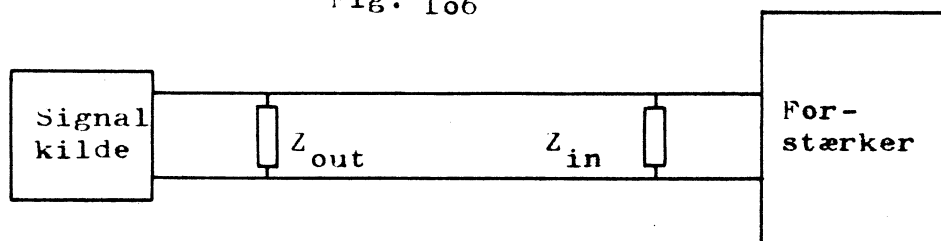
Pick-up selvinduktion mH	Kabelkapacitet	
	100 PF	200 PF
300	30 kHz	20 kHz
400	25 kHz	18 kHz
500	22 kHz	16 kHz
600	20 kHz	15 kHz
700	19 kHz	14 kHz
800	18 kHz	13 kHz
1000	16 kHz	11 kHz

Fig. 105

Impedanstillpasning.

Pick-ups giver ikke anledning til vanskeligheder med hensyn til belastningsimpedans, da praktisk taget alle pick-ups er beregnet på belastning med 47 kOhm, og alle forstærkere er indrettet derfor.

Fig. 106



Når en signalkilde tilsluttes en forstærker, se fig. 106 skal Z_{out} , signalkildens udgangsimpedans, være meget mindre end forstærkerens indgangsimpedans, Z_{in} . Ellers vil en del af diskanten gå tabt. Ved meget mindre forstås mindst 5 gange, men 10 og 20 gange er bedre, Z_{in} kan faktisk aldrig blive for høj. En tuner har f.eks. en udgangsimpedans på 5 kOhm. Den mindste belastningsimpedans er 25 kOhm, men 50 eller 100 kOhm er langt at forestrække for slet ikke at tale om 1 MOhm.

Jo lavere værdi for Z_{out} , desto længere kabler kan man tillade sig at trække uden fare for tab.

Skærmledninger.

"Et legeme, der helt eller delvis er omgivet af metal, er beskyttet mod elektriske kræfter". Skærmen omkring en ledning udgør et Faraday-bur, en forlængelse af forstærkerens chassis, der har samme virkning. Skærmen beskytter både mod lavfrekvent indstråling, f.eks. brum og en højfrekvent, f.eks. kontaktstøj og radiobølger. Ved at gøre skærmen tættere forøger man dens effektivitet, men desværre også dens kapacitet. Hvis man er nødt til at bruge en forholdsvis åben type, f.eks. som pick-up ledning, og dette giver brum, er det muligt at fjerne brummet ved at forbinde grammofonens chassis til forstærkeren med en separat jordledning.

Højttalerledningerne er de eneste, der skal overføre nogen effekt af betydning, og de skal derfor være passende kraftige. Det er særdeles udbredt at anvende $2 \times 0,4 \text{ mm}^2$ ledning til højttalere. En sådan ledning på 5 m har en modstand på ca. 0,4 Ohm, d.v.s., at med en 4 Ohm højttaler afsættes ca. 10% af udgangseffekten som varme i ledningerne, foruden at dæmningsfaktoren begrænses til max. 10. Det er en misforståelse at anvende tyndere ledning end $2 \times 0,75 \text{ mm}^2$, når blot længden overstiger et par meter.

Kapitel 17.

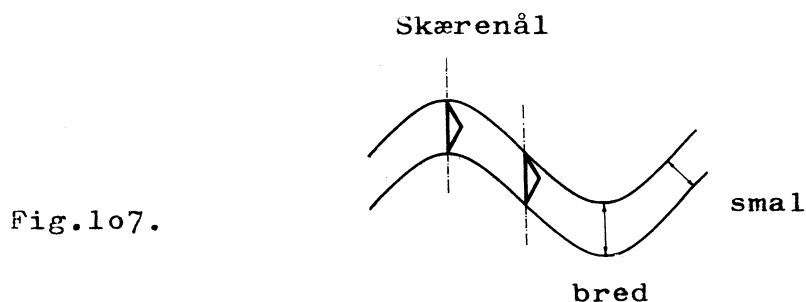
Grammofonplader

Compactcassetterne har givet pladerne en del konkurrence de sidste par år, men endnu tyder intet på, at selskaberne vil lade pladerne udgå. Dertil er de for godt og billigt et medium.

Kvalitetsmæssigt kan pladerne endnu overgå kassetterne, men ikke de færdigindspillede spolebånd. Til gengæld fremstilles pladerne af en klump vinyl ved en simpel presseproces, hvor lydbånd skal kopieres ved indspilning.

Begyndelsesgrundlaget for en plade er en optagelse registreret på lydbånd, masterbåndet. Signalerne fra masterbåndet forstærkes op i en meget kraftig forstærker, skæreforstærkeren på op til 2 x 500 Watt, og tilføres skærehovedet, der faktisk er en omvendt pick-up. Mens en pick-up omsætter nålens bevægelser til elektriske impulser, tilføres skærehovedet vekselspænding, der får skærenålen til at bevæge sig og tegne en kopi af impulserne i lakpladen, en aluminiums-plade, dækket af et tyndt lag lak, der bliver til den "originale" plade.

Skærenålen er en safir, fordi safirer er lettere at forarbejde præcist og mere robuste end diamanter. I tværsnit er en skærenål nærmest trekantet, se fig. 107.



Under skæringen opvarmes nålen for at give et rent skær. Ved ukrævende skæringer med moderat modulation er det unødvendigt at afkøle spolerne i skærehovedet. Ved langvarige kraftige modulationer afsættes der langt over 200 Watt på meget begrænset plads i skærehovedet, hvilket nødvendiggør køling med flydende brint eller helium. Dette til trods krydser teknikerne alligevel fingre under skæring af kraftige blæserpartier, der erfaringsmæssigt kan forårsage sammenbrud af skærehovedet.

Hvis man ikke foretog frekvenskorrektur af signalerne før skæringen, ville basudsvingene gøre pladerillerne langt bredere, end de 60 μm , der er standard, og diskantudsvingene ville blive så små, at de

ville nærme sig molekylestørrelsen i vinylmaterialet med en alvorlig forringelse af signal/støjforholdet som resultat. Derfor forbedner man pladerne efter RIAA-normen, der foreskriver op mod 20 dB bassænkning og en tilsvarende hævnning af diskantområdet. Denne metode begrænser pick-up'ens afspilningsvanskeligheder og giver et acceptabelt signal/støjforhold.

Man kan forøge en LP-plades spilletid ved at variere rillebredden, således at rillerne klemmes sammen ved svage passager og udvides ved kraftige. Denne funktion styres af et ekstra afspillehovede anbragt noget før det afspillehovede, der føder skærehovedet. Ca. en halv pladeomdrejning, før det bliver aktuelt "melder" styrehovedet til skæremaskinen, om det kommende signal er kraftigt eller svagt, og rillebredden indrettes derefter. Varigroove-systemet, som det også kaldes, gør det muligt for en LP at rumme mere end en times musik.

En del pladeselskaber fører skærehovedet langs en ret linie over pladen, men tendensen går tilsyneladende i retning af at bruge systemer, der beskriver en bue hen over pladen, lige som en pick-up-arm. Det tager lidt af slagkraften af argumenterne for tangentielle aftastningssystemer.

Når skæringen er færdig, har man sin masterplade klar til at gå videre til matricefremstillingen. Først renses lakpladen i et vandbad. Dernæst påsprøjtes et lag sølv - så tyndt, at det næsten er i molekyletykkelse. Det gøres for at gøre pladen elektrisk ledende med henblik på den påfølgende elektrolyse, hvor et nikkellag udfældes på pladen i en tykkelse af ca. 1 mm. Elektrolysen foregår, når man skal lave den første negativ-matrice (fadermatricen), som fremstilles i nikkel. Af denne matrice laves modermatricen, som selvfølgelig er i positiv. Modermatricen kontrolleres simpelt hen ved at den afspilles. Ved hjælp af modermatricen fremstilles pressematricen i nikkel, som forkromes for at give tilstrækkelig slidstyrke.

Matricerne til begge pladens sider spændes op i pladepressen, mærkaterne anbringes. Derefter lægges et nøje afmålt kvantum vinylmateriale ind i pressen. Under et tryk på 100 tons flades massen under kraftig opvarmning ud til den grammofonplade, vi allesammen kender. Pladen afkøles, mens den endnu er i pressen. Derefter skæres kanten ren for evt. overskydende vinyl, hvorpå pladen lægges til hærkning i nogle timer for ikke senere at slå buler.

De tekniske fremskridt på pladefronten har hidtil fulgt udmærket med den øvrige udvikling på Hi-Fi området. En del af plademarkedet er

ganske vist overtaget af kassetterne, men til gengæld har pladerne et betydeligt forspring på det quadrofoniske marked.

Hvis pladeselskaberne kun havde Hi-Fi-entusiasterne at tage hensyn til, kunne pladernes kvalitet forbedres betydeligt, især på dynamikområdet. Man skærer nødigt almindelige plader hårdere end 50-60 μm , da hovedparten af markedets grammofoner stadig er bestykket med pick-up's til under 150 kr., mens de bedste pick-ups ikke har svært ved at trække 100 μm .

Grammofonpladens tekniske muligheder:

Frekvensmæssigt: fra under 20 til over 50.000 Hz.

Signal/støjforhold: bedre end 60 dB med Dolby-kredsløb.

Rillemodulation: Det er muligt at skære plader med op til 150 μm udsving, men dette er mere end selv de bedste pick-ups kan klare idag.

Afspilleforvrængningen er den højeste af samtlige signalkilder, men behøver ikke at overstige forvrængningen på selv meget kostbare højttalere.

Kapitel 18

Lydbånd.

Til Hi-Fi formål er lydbånd den bedste form for lydkonservering. De generelle fremskridt på Hi-Fi fronten er ikke løbet fra lydbåndet - der har faktisk hidtil været god overensstemmelse mellem landvindingerne på begge sider.

Samtidig med at de fleste båndoptagerfabrikanter fik økonomisk mulighed for at bruge støjsvage siliciumtransistorer i ind- og afspilleforstærkere, begyndte fabrikanterne at producere low-noise bånd for maksimal udnyttelse af mulighederne. High-output bånd, d.v.s. bånd med forøget dynamikområde, ville heller ikke have interesse for brugeren, hvis ikke hans maskine er dimensioneret til at behandle de kraftigere signaler uden forvrængning.

Ved valg af lydbånd er man i den paradoksale situation, at det er meget lille forskel, man kan opnå med alle de anerkendte kvalitetslydbånd. Derimod kan en given båndoptagers præstationer variere betydeligt, afhængigt af hvilke bånd, den arbejder med.

Det er derfor en grov forenkling af problemstillingen, f.eks. at hævde, at x-bånd er bedre end y-bånd. Men x-bånd kan passe bedre til en bestemt maskine end y-bånd.

Mens det meget hurtigt lykkedes at få lydbånds mekaniske egenskaber internationalt standardiseret, har der aldrig været gjort et helhjertet forsøg på at gennemføre en tilsvarende standardisering af deres magnetiske egenskaber.

Ejere af båndoptagere uden mulighed for at kompensere for de forskellige båndfabrikaters egenskaber er faktisk nødt til at bruge det bånd, fabrikanten anbefaler eller lade et værksted foretage en bekostelig omjustering af maskinen.

Optimal HF-formagnetisering, bias, er den faktor, der varierer mest fra bånd til bånd. Bias'en påvirker frekvensgangen i diskantområdet, output og forvrængning. Bortset fra de deciderede studiemaskiner er det kun Ferrograph, der giver brugeren mulighed for selv at foretage bias-justering. På båndoptagere til hjemmebrug er det umuligt at justere frekvensgangen, selv om lydbånd også på dette punkt kan variere en del. Agfa-bånd kræver f.eks. en noget anden korrektion af det nederste frekvensområde end de fleste andre fabrikater.

High-output bånd kan tåle 3-5 dB større udstyring end normalbånd. Overgang til denne type kræver justering af VU-meter-kredsløbene.

De forholdsvis nye chromdi-oxid bånd er et helt kapitel for sig.

De kan normalt ikke anvendes med tilfredsstillende resultat på en båndoptager, der ikke er konstrueret til dem, da de kræver betyde-

ligt kraftigere sletning og noget anderledes bias og frekvenskorrektion i forhold til de gængse jernoxid bånd. Selv om man bruger det anbefalede båndmærke, er tykkelsen ikke ligegyldig. Ældre båndoptagere kan have svært ved at køre med tyndere bånd end long-play kvalitet uden slip, på grund af utilstrækkeligt tryk mellem capstan og trykrulle.

Båndoptagere med separat optage- og gengivehovede er normalt ikke beregnet til at køre med andet end standard og long-play bånd, da kun disse har tilstrækkelig tyk magnetbelægning til at udnytte den kraftige magnetisering, et separat optagehovedes brede luftspalte kan afgive.

Ved 1/4-spors båndoptagere er det endnu vigtigere med god kontakt mellem bånd og tonehovede end ved 1/2-spors teknik på grund af den fordoblede risiko for drop-outs. Hertil kræves smidige bånd. Double-play kvaliteten er som regel ideel, da den er meget smidig uden at være urimeligt sart.

Da tynde båndes gode tonehovedkontakt bevirker at diskantområdet fremhæves med nogle få dB i forhold til tykkere bånd.

Den seriøse båndoptagerfabrikant har indkalkuleret alle disse faktorer i udviklingen af den model, han anbefaler et bestemt bånd til, og det kan altså kræve en betydelig indsats at omstille en maskine til en anden båndtype med maksimalt udbytte.

Billigbånd kan opdeles i 2 grupper:

- 1) De der er frasorteret en produktion på grund af tekniske utilstrækkeligheder.
- 2) De der fremstilles med lavere omkostninger til et mindre krævende marked.

Gruppe-1 billigbånd er ofte sammensplejsede reststykker. Ellers kan de være frasorterede på grund af for mange drop-outs, når magnetbelægningen ikke blev helt så homogen, som den skulle.

Gruppe-2 billighed kan lide af alle mulige skavanker, hvoraf højt støjniveau, diskanttab og afsmitning er de hyppigst forekommende. Til seriøse formål er billigbånd ikke sagen, men de frasorterede kvaliteter kan bruges til mindre krævende formål, hvor et enkelt "hul" ikke har den store betydning. Det er sjældent de store båndfabrikker vil lægge navn til deres billigbånd. Man er faktisk henvist til at prøve sig frem, når man ønsker at afgøre, om et billigbånd tilhører gruppe 1 eller 2.

Lydbånd - teknisk set.

Bredder: 1) 6,25 mm til spolemaskiner
2) 3,81 mm til musicassetter

Basismaterialer:

- 1) PVC (ikke strækstabiliseret)
- 2) Polyester (strækstabiliseret)

Magnetbelægninger:

- 1) Jernoxid:
 - a) normal
 - b) low-noise
 - c) high-output
 - d) low-noise, high-output
- 2) Chromdioxid.

Kapitel 19.

Hvad bringer fremtiden?

På samme måde som generaler forbereder sig på forrige krig, ser det ud til, at forretningsfolk - med få undtagelser - planlægger den daglige drift med dagen igår som udgangspunkt. Den der har haft succes på den ene eller anden vis, forfølger denne succes med pick-up'en i samme rille, og hvad ofte endnu værre er, nogle af hans konkurrenter forsøger at efterligne hans aktivitet. På denne måde glider branchen eller brancherne, thi det sker næsten overalt, ind i en statisk fase.

Det samfund, vi lever i, er imidlertid ikke statisk, tværtimod, det er dynamisk. Det gælder ikke mindst for vor branche. For overhovedet at eksistere i morgen, må man beskæftige sig med i morgen. Det er et stort krav med alle "dagen i dags" problemer, men det er en simpel nødvendighed.

Jo flere i vor branche, i produktionsleddet, i distributionsleddet og i forhandlerleddet, der kommer til denne erkendelse, desto bedre vil vor branche klare sig i konkurrencen med andre brancher. Der er tre hovedfaktorer, der skal bedømmes:

- 1) Markedet (forbrugeren)
- 2) Produkterne
- 3) Distributionsformen

Lad os behandle dem i denne rækkefølge:

ad 1. Lad os her slå én ting fast med syvtommersøm - det er markedet, forbrugeren, der bestemmer morgendagens produkter og ikke ingeniørerne i alverdens udviklingsafdelinger.

De firmaer verden over, i vor branches omtalte tre led, der ikke indser dette, går en krank skæbne i møde.

Herpå er der hundredevis af eksempler. Farve TV f.eks. var opfundet og fuldt udviklet i begyndelsen af trediverne, men den fabrik, der på dette tidspunkt ville have startet en storproduktion, ville være gået fallit.

Ja, men hvad venter forbrugerne sig af Hi-Fi produkterne af imorgen? Med en markedsundersøgelse, der har løbet over de sidste 16 måneder og med vores erfaring fra det internationale Hi-Fi marked som udgangspunkt, har vi hos Ortofon gjort os nogle tanker om dette.

Her er de, men de skal selvfølgelig tages med en spids salt. Det er formodninger, selv om amerikanerne har et herligt ord herfor, "educated guess" !

ad 2. Produkterne af imorgen er lige omkring hjørnet, og om mindre end to år slår 4-kanal-ideen definitivt igennem. Dens største hindring for succes er branchens egen mangel på tro og begejstring. Hårde ord, men sagt af en der bærer skoene. En helt ny generation af købere, førstegangskøbere, vil gå direkte ind i "4-kanal alderen". Dette er sket i Japan, hvor 30% af sidste halvårs omsætning i 1971 hos Pioneer fandt sted indenfor kategorien 4-kanalprodukter. Også i USA er efterspørgslen stærkt stigende. En anden hindring er usikkerheden med hensyn til, efter hvilket system 4-kanalplader skal produceres. Begge systemer, CBS og JVC, er nøje beskrevet i kapitlet om 4-kanal, og ikke engang indenfor Ortofon er der fuld enighed om, hvilket system der vil blive standardiseret. Det ser imidlertid ud til, at CBS systemet, med hvilke mangler det end måtte have (de er dog ikke så store som modstanderne vil gøre dem til), har fået et forspring, der vil blive meget vanskelig at indhente. Der ligger ikke nogen personlig preference i dette synspunkt kun en nøgtern markedsmæssig vurdering, hvor alle forhold er vejret af. En anden udvikling er på vej. Overgangen fra åben-spole tape decks til kassetter. Med de nyeste teknologiske landvindinger, Dolby-systemet og de nye båndtyper, er kvalitetsforskellen mellem åben spole og kassetter ikke længere af merkantil interesse. Det er vor formodning, at mere end 80% af omsætningen inden 5 år vil falde på kassette decks. Dette betyder imidlertid ikke død for grammofonplader. Dertil er der for megen inertie i pladeindustrien. Vi vil nok inden for en tiårig periode få plader at se, lavet af et andet materiale, med længere spilletid og afspillet med andre pick-up typer. Iøvrigt ligger video-pladen i princippet fuldt færdig og venter på, at markedet økonomisk, strukturelt og på andre måder skal blive modent til en introduktion. Vi vil til den tid få en fuld integreret audio-visuel gengivelse. De elektroniske enheder, tunere og forstærkere vil undergå gradvise forandringer efterhånden som teknologien skrider frem. Den aller sidste landvinding på det elektroniske område, LSI (large scale integration) vil betyde flere faci-

liteter og dog nemmere betjening, der tænkes her på hukkommelsesfunktioner i stil med de der er bygget ind i avancerede elektroniske regnemaskiner.

Højtaleren vil om 10 år, med små forandringer, sandsynligvis være den samme som idag.

Det var, i meget grove træk, hvad vi mener, der ligger og venter på branchen indenfor en aktuel fremtid.

ad 3. Det sidste forhold, som det er relevant at tage op til bedømmelse, er distributionsformen. Vi har sagt det før og skal gerne sige det igen. Den danske radiofaghandel er, med sine mangler til trods, verdens bedste. Med de positive strømninger der rører sig, hvor faghandleren selv står for en udvikling, der går i retning af koncentration og specialisering, er der ingen grund til at frygte "vildskud" i retning af lavpris-varehuse o.l.

Midlerne til at undgå en sådan uheldig udvikling er bedre service, bedre information, bedre salg - lad dette kursus være et ringe bidrag hertil.

Kapitel 2o.

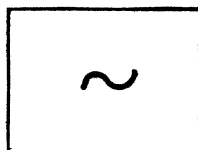
Salgsteknik -----

Selv den bedst informerede sælger er værdiløs for sit firma og for kunden, hvis han ikke evner at kommunikere sin viden .
Der er i dette kursus sat 6 timer af til undervisning i salgsteknik. Det er for lidt, men det er alligevel nok til at gennemgå visse grundprincipper i alt salg.

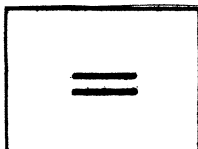
Hovedemnerne er følgende:

- 1) En "nøgle" til salg.
- 2) Personlig fremtræden.
- 3) Personlig indstilling.
- 4) Begejstring.
- 5) Kundetyper.
- 6) Indvendinger.
7. Afslutningsteknik.
8. Salgsspil via billedbåndmaskine.

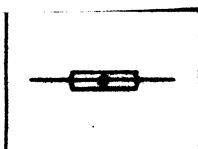
Signaturliste



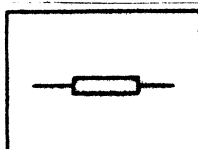
Vekselstrøm



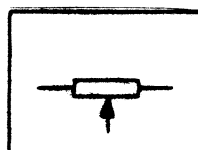
Jævnstrøm



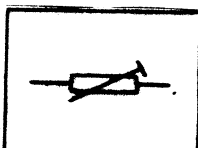
Sikring, tegnes som en modstandskasse med en streg igennem og en prik i midten. Ofte angives værdien ovenover. En sikring angives i komponentlisten ved et S med efterfølgende nummer.



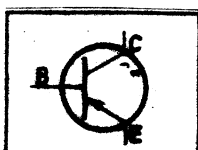
Modstand, tegn R, med efterfølgende nummerangivelse.



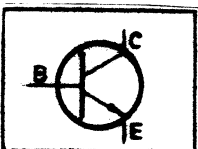
Potentiometer. Tegn P, med efterfølgende nummerangivelse. Tegnes som en modstand med en pil ud fra midten.



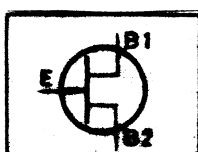
Trimmpotentiometer. Tegn R, med efterfølgende nummerangivelse. Et trimmpotentiometer tegnes som en almindelig modstandskasse med skrå trimmestreg.



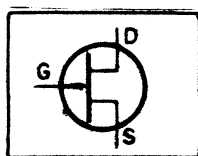
PNP-Transistoren. Tegn T, med efterfølgende nummerangivelse. Tegnes som cirkel med lodret basisstreg og skrå indføringer af kollektor og emitter. Ved PNP transistoren der skal have minus til kollektor, går pilen ind i transistoren ved emitter.



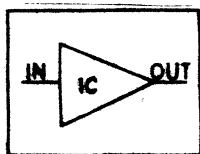
NPN-Transistoren. Tegn T, med efterfølgende nummerangivelse. Tegnes som PNP-transistoren, blot med udadgående pil fra emitter. NPN-transistoren skal have plus til kollektor.



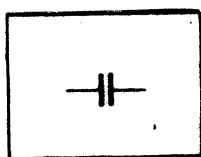
UNI-Junktion-Transistoren. Tegn T med efterfølgende nummerangivelse, hvor de to andre tilledninger går ud af transistoren vandret. Forbindelsen fremgår af diagrammet.



Field effekt Transistoren. Tegn T, med efterfølgende nummerangivelse. En FET tegnes som en UJT, men E = emitter kaldes her gate.



Integreret kredsløb. Tegn IC, med efterfølgende nummerangivelse. Den trekantede pil angiver forstærkerretningen. Et integreret kredsløb kan indeholde mange tilledninger, ofte 14 stk. eller mere.



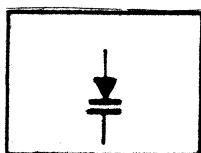
Kondensator. Tegn C, med efterfølgende nummerangivelse. En kondensator tegnes som 2 tykkere sorte adskilte plader, vinkelret på tilledningen. Kondensatorer af følgende typer benytter denne signatur: keramiske, polyester, olie, papir, rulle, pin-up og metalpapirkondensatorer.



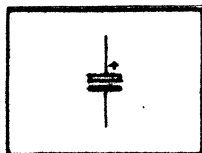
Trimmekondensator. Tegn C, med efterfølgende nummerangivelse. Tegnes som en almindelig kondensator med gennemgående skrå trimmestreg.



Drejekondensator. Tegn C, med efterfølgende nummerangivelse. Tegnes som en almindelig kondensator med gennemgående pil.



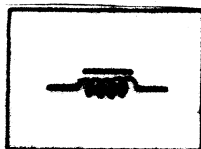
Kapacitetsdiode. Tegn D, med efterfølgende nummerangivelse. Tegnes som en kombination af en kondensator og en diode. Hører egentlig ind under halvlederkomponenter, men benyttes kun som en afstemningskondensator.



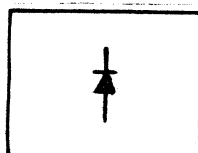
Elektrolytkondensator. Tegn C, med efterfølgende nummerangivelse. Tegnes som en almindelig kondensator, hvor den ene plade ikke er fyldt ud. Denne plade angiver plus. Ingen af de andre kondensatorer er polariserede.



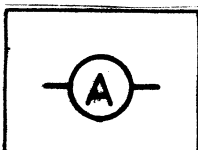
Luftspole. Tegn L, med efterfølgende nummerangivelse. Tegnet som et antal vindinger.



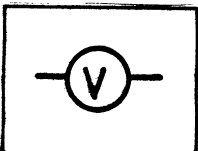
Spole med jernkerne. Tegn L, med efterfølgende nummerangivelse. Tegnes som en spole med en streg over den runde del af viklingerne. Hvis strengen er udformet som en trimmestreg med en lille vinkelret endestreg, er det en justerbar spole. Drejespoler findes almindeligvis ikke.



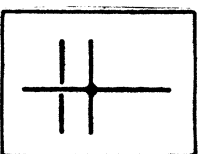
Diode. Tegn D, med efterfølgende nummerangivelse. Tegnes som en pil på tilledningen med vinkelret spærrestreg. Strømmen løber positiv igennem i pilens retning.



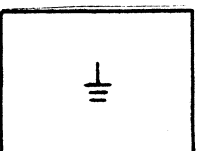
Amperemeter. Tegn M, med efterfølgende nummerangivelse. Tegnes som en ring indeholdende et A.



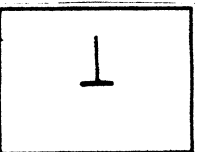
Voltmeter. Tegn M, med efterfølgende nummerangivelse. Tegnes som en ring indeholdende et V.



Ledning. Ledningsforbindelser etableres med streger. Hvis ledningerne ikke er forbundet, men blot krydser hinanden, "afbrydes" den ene ledning. Hvis der skal etableres en forbindelse, må vi forsyne forbindelsen med en passende prik.



Jordforbindelse. Lodret streg med 3 vinkelrette streger af aftagende størrelse. Lodret streg med 3 vinkelrette vandrette streger af aftagende størrelse. Tegn J.



Stelforbindelse. Lodret streg med en vinkelret streg. Tegn Stel.



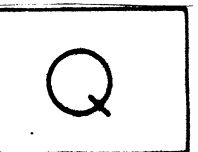
Højttaler. Tegn HT, med efterfølgende nummerangivelse. Tegnes som konisk kasse, påsat enkelt rektangulær kasse.



Høretelefon. Tegn HT, med efterfølgende nummerangivelse.



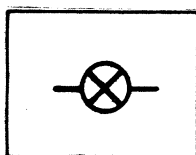
Mikrofon. Tegn M, med efterfølgende nummerangivelse. Tegnes som cirkel med tangerende lodret streg.



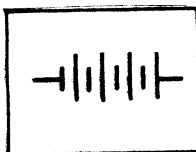
Pick-up. Tegn PU, med efterfølgende nummerangivelse. Tegnes som en cirkel med en vinkelret brydende streg.



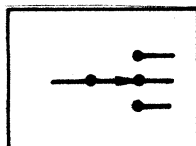
Transformator. Tegn TR eller NT, med efterfølgende nummerangivelse. Tegnes som 2 sammensatte spoler, ofte med angivelse af spænding på primær og sekundær.



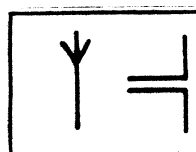
Glødelampe. Tegn GL, med efterfølgende nummerangivelse. Tegnes som cirkel med 45 grader skråtstillet kors.



Batteri. Tegn B, med efterfølgende nummerangivelse. Tegnes som skiftende korte og lange streger vinkelret på ledningen. Den korte streg angiver plus, hvis intet andet er bemærket.



Drejeomskifter. Tegn O, med efterfølgende nummerangivelse. Tegnes som prikker, hvor en pil angiver stillingen.



Antenner. Tegn ANT, med efterfølgende nummerangivelse. AM antennen tegnes som en lodret forbindelsesstreg med en "Kost" i enden. FM antennen eller dipolen tegnes som 2 tykke streger med tilledninger.

Teknisk ordliste.

En stor del af de informationer der usendes om Hi-Fi, som f.eks. brochurer og datablade, foreligger ofte kun på engelsk. I nedenstående ordliste er de vigtigste tekniske betegnelser oversat fra engelsk og kort forklaret.

AC:

Vekselstrøm.

Acoustic feedback:

Uønskede pulseringer imellem indgang og udgang i et anlæg, sædvanligvis mellem højttaler og mikrofon eller pick-up. Resultatet er hyl eller skurren.

AF (Audio Frequency):

Det frekvensområde der er dækket af den menneskelige høreevne, ca. 16 til 18000 Hz.

AM (Amplitude modulation):

Modulation opnået ved at variere en amplitude (styrke).

Amplifier:

Forstærker.

AM Surpression:

Egenskab ved en FM tuner overfor forandringen i amplituden i et signal, hvorved signal/støjforholdet forbedres under afvisning af støj og interferens.

Anechoic chamber:

Et specielt konstrueret rum til afprøvning af mikrofoner og højttalere, der er gjort lyddødt ved anvendelse af lydabsorberende materialer.

Anti-skating device:

En mekanisme der udøver et lille udadgående tryk på tonearmen, som kompensation for det indadgående tryk der er forårsaget af diamantens friktion mod pladerillen samt af tonearmens geometri.

ALC (Automatic level control):

Et kredsløb der automatisk holder et lydniveau indenfor en bestemt grænse.

AUX (auxiliary input):

Indgang på en forstærker beregnet for tape decks.

Balance control:

Potentiometer beregnet til at justere volumenforskellen.

Bandpass filter:

Et kredsløb der tillader passage af signaler over (højpas filter) eller under (lavpas filter) en bestemt frekvens, idet det undertrykker alle andre frekvenser.

Bass:

Det lave frekvensområde, under 200 Hz.

Bass reflecs:

Højttalerkabinetttype med et hul i forpladen, der tillader udligning af tryk forårsaget af membranens indadgående svingninger.

Bias:

- I) I forbindelse med tape decks, et højfrekvent signal tilført båndet for at optimere dets frekvensgenivelse.
- II) I forbindelse med tonearme er det et udtryk for det sideværts tryk.

Bias compensator:

Se "Antiskating device".

Capacitor:

Kondensator.

Capstan:

Drivspindel i et tape-decks.

Capture ratio:

En FM tuners evne til at afvise uønskede FM stationer, og interferens der optræder på samme frekvens som den ønskede station.

Carrier:

Hovedradiosignal fra en sender. Kan moduleres enten som AM eller FM til at bringe lyd- eller billedinformation.

Cartridge:

Pick-up.

Channel separation:

Graden af hvilken højre og venstre kanal er adskilt i en stereo pick-up, en FM tuner eller en forstærker. Opgives i dB.

Compliance:

Bøjeligheden af nålearmen i en pick-up.

Counter weight:

En justerbar vægt til afbalancering af en tonearm, med henblik på at kunne opnå et opgivet nåletryk.

Crossover frequency:

Brænssefrekvenser mellem lav/mellemfrekvenser og mellem/høj frekvenser. Benyttes i forbindelse med højttalere og multikanals forstærkere.

Crosstalk:

Lækage af højre kanals signaler til venstre kanal og vice versa.

Damping:

Reduktion af resonanser ved hjælp af modstande.

Damping factor:

Forholdet mellem en højttalers impedans og den tilsluttede forstærkers impedans. Angiver forstærkerens evne til at dæmpe uønskede bevægelser af spolen i et højttalersystem.

Distortion:

Forvrængning.

Drop-out:

"Huller" i lyden under gengivelse af båndindspilningen, forårsaget af tynde eller nøgne pletter på båndet.

Dynamic range:

- I) I forbindelse med programmateriale, området af signal amplituden fra højeste til laveste niveau.
- II) Området (i dB) et apparatur vil kunne gengive.

Equalization:

Korrektion for ikke linearitet i en optagelse. Pladen er skåret med en undertrykning af de lave frekvenser og en hævnning af de høje frekvenser. Equalization korrigerer for dette forhold.

FET (Field effect transistor):

Speciel type transistor der består af metal oxider. Forstærker spænding og ikke strøm. Er kendetegnet ved god linearitet og stabil impedans.

FM (Frequency modulation):

Modulation opnået ved at variere bærebyggens frekvens. Giver bedre lydkvalitet.

Hum:

Uønsket lavfrekvent tone.

IC (Integrated circuit):

Integreret kredsløb.

Image rejection:

En tuners evne til at afvise et HF signal som tilsyneladende modtages, men som i virkeligheden er en sum eller difference af tunerens oscillator og mellemfrekvensen.

Integrated amplifier:

En kombineret for- og slutforstærker.

Loudness control (Counter):

Et kredsløb der modvirker ørets reducerede følsomhed overfor lave og høje frekvenser ved svage lydniveauer.

Multipath reception:

FM signal, der p.g.a. forhindringer og reflektioner kommer ind fra et vinkelområde i stedet for i lige linie fra senderen.

Phase-shift:

Når et signal passerer en tuner eller en forstærker, kan nogle frekvenser "komme bagefter".
I en tuner kan dette ekstreme tilfælde forårsage reduktion eller tab af kanalseparation i en FM stereo udsendelse.

Power bandwidth:

Effekt båndbredde. Det frekvensområde i hvilken en forstærker vil frembringe mindst halvdelen af sin opgivne effekt.

Resistor:

Modstand.

Reverberation:

Efterklang.

Selectivity:

En tuners evne til kun at modtage den ønskede station, idet den afviser nærliggende stationer.

Sensitivity:

Styrken af det indgangssignal en tuner eller forstærker kræver for at kunne behandle signalet op til de opgivne specifikationer.

Signal-tonoise ratio:

Signal/støj forhold.

THD:

Total harmonisk forvrængning.

Transient response:

En forstærkers, højttalers eller pick-up's evne til at følge pludselige forandringer i lydniveau.

Tweeter:

En højttalerenhed beregnet til gengivelse af de høje frekvenser.

Woofers:

En højttalerenhed beregnet til gengivelse af de lavere frekvenser.

Litteraturliste

Følgende bøger og Hi-Fi magasiner har været til støtte og inspiration til nogle af kompendiets kapitler og kan med fordel læses med henblik på yderligere fordybelse i stoffet:

"På bølgelængde med elektronikken".

"Die Hi-Fi Stereophonie"

"Understanding High Fidelity - by PIONEER".

"Anvendt elektronik - Josty"

Diverse numre af:

Audio

Hi-Fi stereophonie

Hi-Fi news.