

- 1 -

B&O har fremstillet en kompromisløs grammo-
fon. BEOGRAM 4000 har en total konception
ikke tidligere set. En grammofoon med excep-
tionelle data og en fremtidssikker udførelse.

Dette vil være nogle af de sætninger, De vil
læse og notere Dem, når De i den nærmeste
tid ser i fagblade og i dagspressen.

Vi vil gerne med denne "Design Story" uddybe
og udbrede kendskabet til BEOGRAM 4000 og de
overvejelser, som ligger bag den.

Som producent af grammofooner har B&O været
på markedet siden midten af trediverne. I 1936
blev den første B&O grammofoon fremstillet. Ud-
viklingen er til stadighed gået med større og
større hastighed, og ser vi tilbage gennem årene,
er det en højst forskellig samling af grammofo-
ner, vi kan præsentere.

Konceptionerne går over egenfremstillede enkle
grammofooner, licensfremstillede automatiske
pladeskiftere, egenfremstillede pladeskiftere til
endelig den linie, som i dag præger vort gram-
mofoonprogram.

Siden fremkomsten af vor første stereo pick-up
i 1958 har vi været blandt de få fabrikanter,
som konsekvent har integreret tonearm og pick-
up system. Dette har vi kunnet gøre, idet vi
til stadighed har haft et bredt spændende pick-
up program at bygge på.

Gennem udvikling af vort eget design har vi
skabt en grammofoonlinie præget af integritet.

- 2 -

Vi har undgået den meget tekniske opbygning og fremtoning og til stadighed fastholdt, at det at afspille plader med hi-fi kvalitet skal kunne gøres enkelt og bekvemt, samt hele tiden haft for øje, hvilket miljø vore grammofo-
foner skal indpasses i.

- 3 -

Hvorledes opstod tanken om at fremstille en kompromisløs grammofon?

Udgangspunktet var en vis utilfredshed i vor udviklingsafdeling over den til stadighed ved grammofonkonstruktion nødvendige indgåelse af kompromiser. Så en dag fremstod forslaget om at sætte et helt rent stykke papir på tegnebrættet og bortkaste alle traditionelle løsninger og så konstruere den rigtige grammofon fra nålespids til forstærkertilslutning.

Et erfarent udviklingsteam fik opgaven og begyndte at vurdere, på hvilken måde den skulle gribes an.

Erfaringerne fra tidligere byggede på mekaniske konstruktioner og mekaniske løsninger på snart sagt alle funktioner i en grammofon. Alle disse mekaniske løsninger kræver kræfter, enten fra brugeren af grammofonen eller fra grammofonen selv.

Denne konstatering fulgtes hurtigt af forslaget om at lave en elektronisk styret grammofon, en naturlig udvikling, som passer fint ind i B&O's egen tradition for gode elektroniske konstruktioner.

Det sandsynliggjordes, at man ved udstrakt anvendelse af elektronik ville være i stand til at udvikle en meget højt specificeret grammofon i en kvalitet ikke tidligere set.

Disse ovenstående overvejelser konkretiseredes i 1968 til, at udviklingsteamet af ingeniører fik til opgave at udvikle en kompromisløs elektronisk grammofon med allerhøjeste tekniske data og i fremtidssikker udførelse.

- 4 -

Nu vil et sådant projekt naturligvis ikke blive sat i gang, inden man kommercielt har overvejet, hvilke krav konsumenterne stiller til en høj kvalitetsgrammofon. Det er jo altid konsumenternes modtagelse af produktet der betinger dets succes.

Den konsumentgruppe, der er tænkt mest på ved konstruktionen af BEOGRAM 4000, er dem, som ønsker al information udtaget af pladen, intet uønsket tilføjet, en meget skånsom behandling af pladen og som ønsker en gramfon, der er en pryd for ethvert hi-fi anlæg.

- 5 -

Opgaven, som den blev stillet, var en udfordring for et udviklingsteam. At konstruere udstyr, hvortil det største krav er perfektion, er en opgave, som er sjælden inden for industrien, så det var med megen entusiasme, at arbejdet påbegyndtes på den for ingeniøren helt naturlige måde med opgaveformulering, problem-analyse og systematisk løsningsformulering.

Opgaven deltes i flere systemer:

Pick-up system

Tonearmssystem

Roterende system

Automatik-system

Betjeningssystem

Udseende

Disse systemer skulle integreres i en total konception, i hvilken yderligere forhold måtte være i højeste klasse:

Langtidsstabilitet

Servicevenlighed

Produktionsvenlighed

For hvert enkelt system udarbejdedes en målformulering, som regelmæssigt blev vurderet og sammenlignet med målformuleringerne for øvrige systemer, således at arbejdet, som det skred frem, var sikret en koordination til optimalt resultat på korteste tid.

For at beskrive de enkelte systemovervejelser er denne "Design Story" af oversigtsmæssige grunde forenklet, således at et system behandles færdigt ad gangen.

Denne forenkling betyder, at opgavens kompleksitet ikke klart vil fremgå, men oversigten bevares bedre.

1. Pick-up system



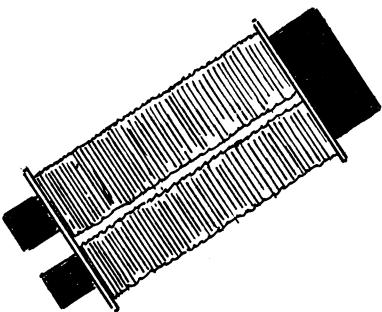
En avanceret grammofon begynder med en avanceret pick-up. Kvalitetsbedømmelse af pick-ups er meget vanskelig på grund af en sammenhæng mellem data og egenskaber, som det er beskrevet sidst i dette afsnit.

Bang & Olufsen's mangeårige erfaring i at fremstille kvalitets-pick-ups gjorde det muligt at opstille nogle krav til en videreudviklet enhed, byggende på det samme MMC princip (moving micro cross).

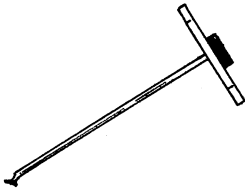
Her i denne beretning vil kun blive fremdraget de væsentligste ræsonnementer for udviklingsteamets overvejelser, idet pick-up'en er behandlet mere udførligt i en specialberetning.

Pick-up'en blev opdelt i to systemer:

- a. Transducer - d.v.s. en omdanner af mekanisk energi til elektrisk energi. Kravene til denne omdannelse er, at den er forvrængningsfri og med rimelig virkningsgrad. Som det ses, består transducer'en af en kraftig permanent magnet og 4 spoler anbragt på 4 ferritstave, og det hele anbragt i en holder.



- 7 -



- b. Et svingende system - som uden forvrængning kan transponere pladerillens information til en bevægelse, som kan modulere et magnetfelt. Det svingende system består af en præcisionslebet ren diamant anbragt i et tyndt aluminiumsrør, hvori det lille mikrokors er ilimet, og så måske den komponent, som indeholder mest know-how, et lille gummirør, som binder transducer'en og det svingende system sammen på en måde, som tillader overførsel af hele det ønskede frekvensområde.

Til det svingende (og det totale) system sættes følgende krav:

Systemet skal:

- a. kunne gengive den kraftigst forekommende amplitude
- b. accelerere hurtigt uden at pladerillen ødelægges
- c. af hensyn til gengivelsen af lave frekvenser have den fornødne compliance
- d. af hensyn til gengivelsen af de højeste frekvenser have den fornødne lave nålemasse
- e. have en egenresonans, som ligger udenfor det ønskede frekvensområde.

Det lykkedes for B&O's udviklingsteam at frembringe et produkt, som indeholder alle de ønskede egenskaber, således at BEOGRAM 4000 også på det punkt er helt i topklasse.

Pick-up'en, kaldet SP 15, er så velkonstrueret, at det allerede på nuværende tidspunkt er fastslået, at der i denne pick-up er udbygningsmuligheder til den perfekte 4-kanal pick-up med frekvensgang op til 45 KHz.

Af interesse for de mere teknisk interesserede bringes herunder:

Kvalitetsbedømmelse af pick-up systemer

At kvalitetsbedømme en pick-up ud fra tekniske data er vel lige så vanskeligt som en tilsvarende bedømmelse af en højttaler. De tekniske data kan i begge tilfælde være en god vejledning, og man kan heller ikke se bort fra prisen som vejledende faktor. For de mange mennesker uden teknisk indsigt, men med glæde over at høre musik godt gengivet, kan valget ofte være overordentligt vanskeligt. En del tests i fagblade vil ofte være skrevet i et sprog, der er vanskeligt tilgængeligt på grund af mange specielle fagudtryk. Man kan i disse tilfælde dog alligevel få god vejledning gennem en eventuelt afsluttende konklusion, der kort opsummerer, om produktet er godt til den forlangte pris. En del radioforretninger og specialiserede hi-fi studier har særdeles veltrænet personale, og venners råd om erfaringer med disse forretninger kan være en hjælp.

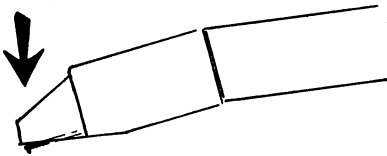
En kvalitetsparameter, der optræder ved pick-up systemer, er det slid på pladerne og nålene, der optræder afhængig af nålens og pladerillens gensidige påvirkning. Vi skal under vurderingen af de enkelte pick-up kvalitetsparametre også beskæftige os med årsagerne til disse slidfænomener.

Nåletryk

En ret anvendt parameter ved kvalitetsinddeling af pick-up systemer er det anbefalede nåletryk. Det er umiddelbart fristende at forse sig på denne angivelse alene. Herved er pick-up sys-

temer med nødvendigt nåletryk under 1,0 g de kvalitetsmæssigt bedste. Mellem 1,0 og 2,0 g de næstbedste og 2,0 - 5,0 i den ringeste gruppe.

VTF



Opnåelse af højeste kvalitet i et hvilket som helst apparat er et spørgsmål om indsigt. Man må afveje betydningen af de forskellige parametre, der influerer på den samlede kvalitet. Det er derfor absolut forkert at lægge hovedvægten på een parameter alene, og i dette tilfælde det vertikale nåletryk, herefter omtalt som VTF, som er forkortelsen af det engelske "vertical tracking force".

Man kan eksempelvis ved en prøve have konstateret et større pladeslid med en pick-up, der kræver en VTF på 2,5 g end med een, der har en VTF på 0,7 g. At sliddet har fundet sted er et faktum, men denne prøve vil ikke vise, om det alene er nåletrykket, der er årsagen. Der er nemlig mange andre ting, der influerer på pladesliddet. For grammofon og pick-up tæller den ækvivalente nålemasse, nålens form og polering, compliance, pick-up armens udformning, skating-effekt og compensation og lejefriktioner. Med hensyn til pladen, der slides, har denne selv en medvirkende andel, bestemt af bl.a. modulationsdybden, diameteren og pladens overfladetilstand (støv, fedt m.m.). Alle disse faktorer er altså medbestemmende på pladeslid og VTF, men der er ikke en direkte sammenhæng mellem pladeslid og VTF.

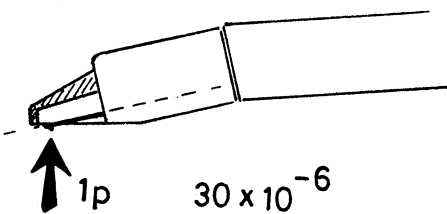
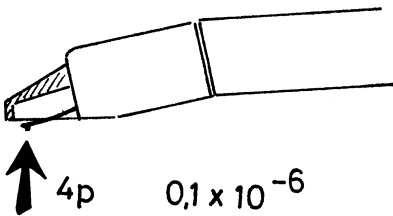
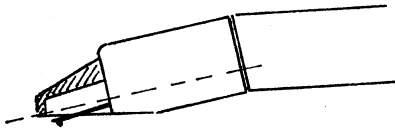
Compliance

En anden yndet brugt kvalitetsfaktor er compliance, nåleophængets eftergivelighed. Igen

- 10 -

er det et spørgsmål om at rive en detalje ud af en større sammenhæng. Afspilning af lave frekvenser stiller krav til compliance, medens den er uden væsentlig betydning med hensyn til høje frekvenser.

Som et eksempel på compliance betydning har B&O anstillet et forsøg med en pick-up, hvor compliance var $0,1 \times 10^{-6}$ cm/dyn. For frekvenser over 10 KHz var dette uden betydning sammenlignet med en normal pick-up med compliance på 25×10^{-6} cm/dyn.



En pick-up med høj compliance må nødvendigvis arbejde med et tilsvarende lavt nåletryk. Hvis nåletrykket bliver for stort til en given compliance, vil pick-up enheden ganske enkelt synke ned på pladen, idet nålen bøjer op i sin befæstigelse.

Inden det stadium nås, hvor nålen bøjer helt tilbage, vil der ved et forøget nåletryk optræde forvrængning, da den bevægelige nåleenhed ikke centrerer rigtigt i forhold til pick-up'ens statiske part.

En høj compliance er altså nødvendig for gengivelsen af de laveste frekvenser og sætter samtidig en øvre grænse for nåletrykket. Compliance er ikke separat betragtet noget kvalitetskriterium.

Nåletryk og compliance

Det må være på sin plads at se nærmere på sammenhængen mellem nåletryk og compliance. Hvis man ved sammenligning mellem to pick-up systemer holder alle andre faktorer ens og

- 11 -

konstante, er det laveste nåletryk og den højeste compliance direkte afhængige af hinanden for lave frekvenser. Om den pick-up, der har det laveste nåletryk, også er den, der sporer bedst og forårsager det mindste pladeslid, er et helt andet spørgsmål, som må betragtes i en større sammenhæng.

Da man bl.a. ikke kan lave masseløse pick-up arme, vil enhver ujævnhed i pladeoverfladen bevirke, at nåleenheden foretager store udsving, hvilket resulterer i intermodulationsforvrængning og evt. "bumbs" i gengivelsen. En høj compliance kræver altså en absolut plan grammofonplade, hvilket de fleste af personlig erfaring ved, at det er svært at få fat i.

Nåletryk og pladeslid

Nåletrykket har til opgave at fastholde pick-up nålens kontakt med pladerillens væg. Hvis man går under den VTF, som samtidig er det minimale - MVTF -, mister nålen periodisk kontakt med rillevæggen, idet den ganske simpelt bliver kastet ud på grund af rillens modulation. Denne "jumping in the groove" er særdeles farlig for rillen. Man må altså nøje påse, at man ikke kommer under denne værdi for pick-up systemets minimale nåletryk. Her er ovenikøbet et lidt højere nåletryk at foretrække. Det skal her bemærkes, at det dynamiske tryk på rillen ved høje frekvenser er flere hundrede gange større end det vertikale nåletryk. En deformation (slid) af rillen har derfor helt andre årsager end det vertikale nåletryk, så længe dette ikke overstiger ca. 2 g.

Hvad er pladeslid?

Pladeslid er deformation af rillerne, som primært går ud over de høje frekvenser. En slidt plade kendetegnes ved en forvrængning af de høje frekvenser og mangel på gennemsigtighed.

Ved nøjere studium af pladeslid vil man også konstatere, at slid først opstår på de inderste riller af pladen. Dette skyldes, at den mekaniske bølgelængde af de indspillede frekvenser er kortere på de inderste end på de yderste riller. Det er navnlig de høje frekvenser, der nedbrydes, og årsagerne hertil skal vi se nøjere på om et øjeblik.

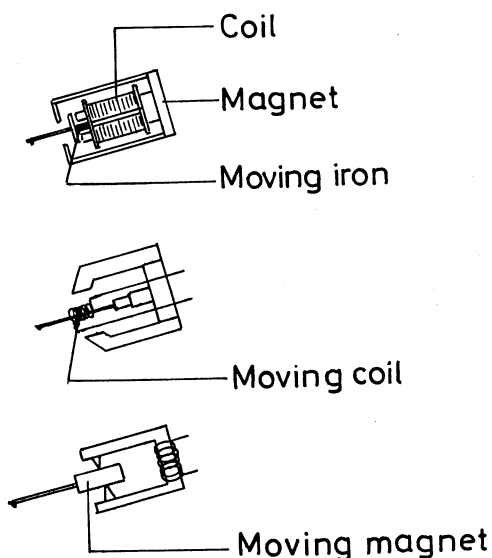
For fuldstændighedens skyld skal det også medtages, at for lidt eller for meget anti-skating-kraft koncentrerer sliddet i enten den yderste eller inderste rillevæg.

Ækvivalent nålemasse (ETM)

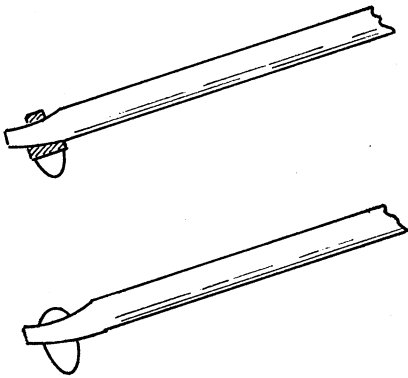
Den ækvivalente nålemasse (eng. effective tip mass), herefter kaldet ETM, er den masse, som rillen skal bevæge under afspilningen. Til ETM bidrager diamanten med hele sin masse. Nålerøret (eng. cantilever), der virker som en slags vægtstang, bidrager med ca. 1/3 af sin masse. Afhængig af den enkelte pick-up types princip, og her er der tale om tre hovedtyper:

moving magnet
moving coil
moving iron

adderes der til ETM en større eller mindre del af dette generatorelement (magnet, spole



eller jern), afhængig af nålerørets længde og generatorelementets egenmasse og form. Det er af største vigtighed at opnå en så lille værdi for ETM som muligt, og hvorfor skal vi komme til, når vi har betragtet mulighederne for at reducere ETM. Denne kan dog aldrig blive for lille. Målet må være $ETM = 0$.



Diamanten, der bidrager med hele sin masse, kan enten være stål- eller aluminiumsindfattet (billigere nåle) eller nøgen (ren). Den nøgne diamant udmærker sig udover at have en meget lav masse også ved at være mere slidstærk end de indfattede, idet man under spaltningen og slibningen kan orientere diamantens krystalgitter således, at de hårdeste flader kommer til at danne kontakt med rillens vægge.

Nålerøret må som alle andre dele af pick-up systemet udføres som et kompromis mellem flere faktorer. Længde, vægt og materialestyrken må nøje tilpasses indbyrdes. Dette af hensyn til resonansfænomener og modstand mod mekanisk overlast. Derfor antages, at måske 80% af alle nåleenheder udskiftes på grund af bøjede eller brækkede nålerør, og ikke på grund af slidte diamanter. Vi skal her tillade os at se bort fra billige konkurrence-nåle af blød safir eller af sågar stålstifter.

Generatorelementet skal være så lille og så let som muligt. Det er umiddelbart indlysende, at det er særdeles vanskeligt at fremstille et let generatorelement i de pick-up typer, der er baseret på Moving Magnet og Moving Coil principperne. Kravet til en høj kvalitets pick-up er også et rimeligt output, hvilket vil for-dre enten en særdeles kraftig minimagnet eller

- 14 -

en spole med mange vindinger. Begge dele betyder vanskeligheder med at holde generatorelementets masse tilstrækkeligt lav.

Masse og resonans

Ethvert mekanisk system har en resonansfrekvens eller flere. Tænk blot på en ældre bil, der som regel har adskillige. Ethvert mekanisk element vil søge at svinge på sin egen resonans, når det påvirkes af en ydre årsag. Et resonanspunkt kendetegnes ved, at den mekaniske konstruktion kun fordrer meget lidt effekt tilført for at fortsætte resonanssvingningerne.

Resonans kan optræde i såvel mekaniske som elektriske systemer. Resonanser kan være ønskede såvel som uønskede. Man kan forebygge dem, hvis de er uønskede, eller befordre dem, hvis man kan have glæde af dem. I biler er resonanser absolut uønskede og højst irriterende. Hvis talen derimod er om kirkeklokker, tilstræbes ikke alene resonans, men også et rigt spil af overtoner (harmoniske). Det giver klokken karakter og personlighed.

Nåleenheder, masse og resonans

En nåleenhed, altså diamant, nålerør og generatorelement har som ethvert andet mekanisk system også en resonansfrekvens. Problemet er blot, at vi i dette tilfælde er særdeles uinteresserede i, at nåleenheden frembringer egen-svingninger. Nåleenheden skal tjene som mekanisk forbindelse mellem pladens rille og pick-up systemet. Vi ønsker pladens svingninger aftastet uden nogen tilføjelse af egenlyd fra

pick-up systemet. Det er pick-up'ens opgave at være transducer og omdanne pladens mekaniske svingninger til elektriske signaler, der kan forstærkes til et passende niveau og igen omsættes til hørbare mekaniske svingninger via højttaleren. Resonans optræder både i højttalersystemernes membraner og i pick-up enhedens nålesystem, og begge steder er de lige uønskede.

Skønt både pick-up og højttaler tjener til at omsætte mekaniske svingninger til elektriske og vice versa, er der en væsentlig faktor, som optræder alene i forbindelse med pick-up systemet. Det slider på sin mekaniske signalgiver (grammofonpladen). Ihvorvel højttalerens membran benytter den forhåndenværende atmosfæriske luft til at transportere sine frembragte svingninger, er der endnu ingen, der har konstateret opstået mekanisk skade på luftens partikler efter afspilning af selv den kraftigste pigtrådsmusik.

Så lad os nu beskæftige os med de mekaniske skader (slid), der opstår på grammofonplader ved afspilning med forskellige typer pick-up systemer med forskellige ækvivalente nålemasser (ETM).

Noget mere om nåletryk

Vi skal her igen benytte os af to forkortelser.

VTF = vertical tracking force = vertikal nåletryk = "nåletryk" i normal tale

MVTF = minimal vertical tracking force = mindst tilladelige nåletryk uden at nålen begynder at hoppe i rillen

En moderne høj kvalitets pick-up er som tidligere nævnt et kompromis mellem mange faktorer,

- 16 -

hvoriblandt også indgår VTF og pladeslid. Men der er ikke nogen direkte sammenhæng mellem de to størrelser.

En ukritisk test kan vise, at en bestemt pick-up med en VTF på 2,5 g slider mere end en anden med en VTF på 0,7 g. For at kunne måle VTF's indflydelse på pladesliddet, ville det være nødvendigt at holde alle andre faktorer konstante og alene variere VTF. Man kunne så vise, hvorledes identiske pick-up systemer i identiske pick-up arme, der afspillede de samme (naturligvis flere ens) plader, ville slide mere eller mindre, afhængig af nåletrykket, hvis man bagefter foretog lytteforsøg med de samme plader afspillet med de respektive pick-up systemer. Hvis man foretager en sådan test, vil man konstatere, at for pick-up systemer med VTF under 1 g optræder der kun uvæsentligt mere slid, hvis man varierer nåletrykket fra 1 g og op til 2 g. Opstået slid vil altid optræde samme steder på de afspillede plader.

Man må naturligvis påse, at der ikke afspilles med nåletryk under MVTF, da pick-up nålens hoppen i rillen vil slide mere end et evt. nåletryk over 2 g.

Ved forsøg kan det også påvises, at slidtypen forårsaget af to forskellige pick-up systemer med samme MVTF kan være højst forskellig. Og det kan også vises, at nogle pick-up systemer med lav MVTF forårsager mere hørbart slid i de indre riller end systemer med højere MVTF, selv om der spilles med samme nåletryk (VTF). Dette skyldes, at MVTF for disse pick-up systemer bestemmes af forskellige faktorer.

Jamen hvad er det så, der slider pladerne?

Adskillige forsøg viser, at ETM (effective tip mass) er en af de alvorligste årsager til slid, og at denne type slid er mest markant i de inderste riller. Det er navnlig en nedbrydning af pladens evne til at gengive de høje frekvenser, der finder sted, og dette skyldes for stor ETM. Denne type slid er forholdsvis let at høre sig til. Høje frekvenser bliver vanskelige at gengive på denne del af pladen, medens de dybe og mellemste toner er lige vanskelige at gengive over hele pladen, og slid kan forventes at være ens for lige kraftigt modulerede passager.

Det er muligt, at en høj værdi for MVTF er forårsaget af en stor ETM, simpelthen for at holde nålen på plads i rillen, og det er naturligvis en kedelig kombination. En sådan pick-up kan imidlertid godt have en mellem- og bastonesporing, der er på højde med en pick-up, som har en lav værdi for MVTF.

En pick-up med en høj effektiv nålemasse (ETM) beskadiger høje frekvenser mere end een med en lav ETM, og det allerede ved første afspilning - specielt på de inderste riller. Forøget nåletryk kan reducere den hørbare forvrængning, da "mistracking" finder sted på færre passager, men slidniveauet forbliver stort set uændret, da de kræfter, som rillen udsættes for, er stort set uændrede (se Nåletryk og Pladeslid).

Det er vigtigt at forstå, at den skade, der sker på rillens høje frekvenser, skyldes kraftige resonanser i pick-up'ens nålesystem i det

- 18 -

højfrekvente område på 12-16.000 Hz på grund af for høj ETM. Selv om det ved pick-up nåleenheder kun drejer sig om ETM i størrelsesordenen 0,5 - 2,0 mg ved anerkendte dynamiske systemer, så gælder det alligevel, at: Relativ høj nålemasse giver relativ lav resonansfrekvens nede i det hørbare diskantområde. Relativ lav ETM giver frekvensmæssigt højt placeret resonans, og her må det være målet, at få denne resonans rykket så højt op i frekvens, at den ligger betydeligt ovenfor det hørbare område.

Enhver given pick-up har sit eget slidmønster. Mønsteret er afhængig af resonansfrekvensen i den enkelte pick-up. Sliddet vil være størst for frekvenser over resonansfrekvensen og noget mindre for frekvenser under resonansen. En plade, der blot een gang er afspillet med en pick-up med for lavt liggende resonansfrekvens (for stor ETM) er mærket for livstid.

Spilles en sådan plade senere med en bedre pick-up med højere liggende resonansfrekvens, vil det opståede pladeslid fra den dårligere pick-up misfarve denne afspilning med risiko for at fejlbedømme en i virkeligheden bedre pick-up.

Husk ved kritisk og afgørende pick-up test!

Anvend altid kun nye jomfruplader ved kritisk og afgørende lytte- og måletests. Ellers slæber man videre på fortiden, og en objektiv bedømmelse bliver umuliggjort.

Hvad kendetegner en pick-up med lav ETM?

Man skal søge efter en pick-up med absolut flad amplitude-karakteristik (frekvenskurve)

- 19 -

over hele det hørbare frekvensområde. Dette indikerer, at resonansfænomener er bragt uden for toneområdet. Dette betyder en pick-up med meget lille ETM. Resultatet ved en sådan pick-up er også meget få fasefejl i overførselskarakteristikken. Dette kan ses af en firkantkurve. Det vil igen sige en bedre transient-gengivelse. Altsammen kvaliteter, der kendetegner en god pick-up.

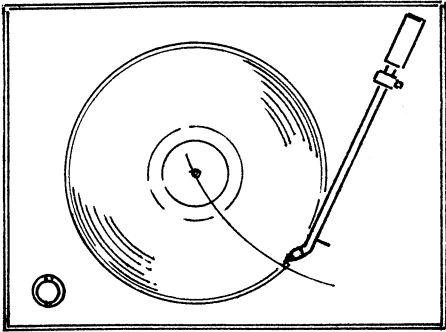
Lyt kritisk

Ved lytteprøve på pick-up systemer må man naturligvis sikre sig, at forstærker og monitor højttalere er af højeste og bekræftet kvalitet. Ellers er lytning på forhånd umuliggjort.

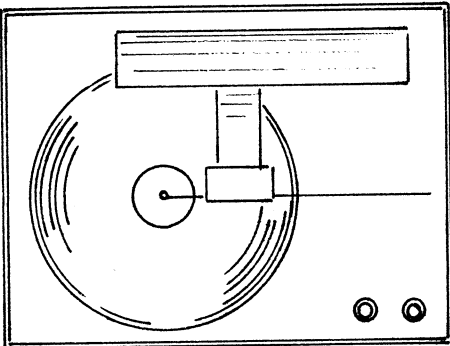
Det drejer sig om "recorded versus live". Eller med andre ord den størst mulige identitet med koncertsalen. Ligesom ved højttalere er enhver form for egenlyd eller smarte effekter uønsket.

Til A-B test mellem to systemer må der anvendes en comparator til kompensering mellem forskellige output niveauer, ellers vil man uvægerligt vælge den kraftigst spillende, som det også er tilfældet med højttalere.

2. Udvikling af tonearm



Hver gang der hos Bang & Olufsen er udviklet en tonearm, har man måttet indgå en del kompromiser, som de fleste andre fabrikanter også indgår, idet det hver gang har været nødvendigt at fremstille tonearmen som en i bageste højre hjørne lejret tonearm.

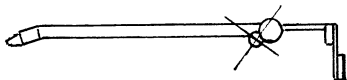


Denne løsning har to væsentlige ulemper, når man tænker på, hvorledes pladen oprindeligt er blevet optaget.

Overførslen af information sker under optagelsen ad elektro-mekanisk vej. Et skæreapparat med skærenål bevæger sig i en lige linie fra pladens kant ind mod pladens centrum. Aftastningen af en sådan skåret plade bør altså også ske ad en ret linie fra pladens kant mod centrum.

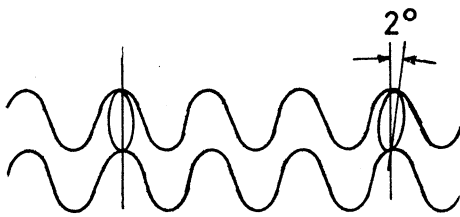
Recording

Pladespillere med tonearmen lejret i bageste højre hjørne kan ikke bringe pick-up'en til bevægelse langs en ret linie, der vil altid være tale om en bevægelse i en cirkellinie, hvis krumning er bestemt af tonearmens længde. Hensynet til korrekt føring af pick-up'en i pladens rille kræver en lang tonearm. Lang tonearm betyder forøget tonearmsinerti (større masse). Denne forøgede masse betyder større træghed i tonearmens bevægelser. Anvendelsen af pick-ups med høj compliance (stor nåleeftergivelighed) vanskeliggøres hermed. Afspilningen af en plade, som ikke er fuldstændig plan, eller små bevægelser i pladetallerkenens fjedrende ophæng vil forårsage uheldig forvrængning af de fra pick-up'en afgivne signaler.

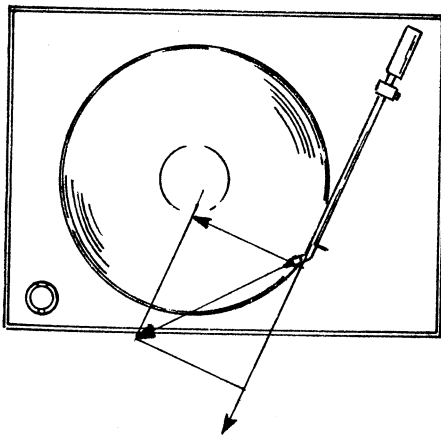


Yderligere to forhold skal omtales under beskrivelsen af en ordinær tonearm.

For at få en så hensigtsmæssig placering på pladespilleren som muligt er tonearmen bøjet i en vinkel eller i S-facon. Denne bøjning bevirker, at der opstår et moment, som, hvis ingen kompensation foretages, vil få pick-up og tonearm til at søge ind mod pladens centrum. Dette fænomen kaldes skating-kraften.



Vinkelfejl kan normalt i velkonstruerede tonearme begrænses til maksimalt 2° , men efterhånden som det udnyttelige frekvensområde på pladerne øges, vil selv 2° afvigelse give anledning til harmonisk forvrængning af de højere frekvenser. Problemer med forvrængning på grund af vinkelfejl eksisterer i dag, hvor det maksimalt udnyttelige frekvensområde er ca. 20 KHz. Dette vil forstærkes ganske meget, når de ægte 4-kanal plader fremkommer med krav om frekvensgang op til 45 KHz.



Skating-kraft. Ved fremkomsten af pick-ups med lavere og lavere nødvendigt nåletryk, bliver problemet omkring skating-kraften mere og mere påtrængende. Det lave nåletryk skal fordeles ens på begge rillesider. Hvis skating-kraften udkompenseres fuldstændigt, vil pick-up nålen under sin bevægelse trykke hårdere på den indadvendte rillevæg end mod den udadvendte. Det betyder uens signaler fra rillens to sider med større slid på rillens ene side, og det mest uheldige at nålen under kraftige passager vil blive kastet bort fra rillen, hvilket er ødelæggende for pladen. At kompensationen skal være netop optimal er et krav, som er vanskelig at honorere. Derfor er der gennem tiderne fremstillet utallige mere eller mindre avancerede kompensationer for skating-kraften, og det er vel nok den kompensation, der er lavet flest "opfindelser" over.

- 22 -

Bang & Olufsen har i adskillige år haft en tonearm med totalt integreret skating-kompensation, hvilket har været muligt, da vi har kunnet optimere funktionen til een pick-up type, og ikke som andre indgå alvorlige kompromiser for anvendelse af forskellige pick-up typer.

For at forstå hvilke parametre, der har indflydelse på skating-kraften og dermed også kompensationen, skal herunder nævnes nogle af de væsentligste faktorer.

Tonearmslængde, geometrisk bestemt

Off-set vinkel, geometrisk bestemt

Vinkelfejl, afhængig af sted på pladen

Hastighed, 33 eller 45 omdr./min.

Plademateriale, vinyltype

Skæresystem, dyna-groove el. lign.

Nålediameter på kontaktpunkt, elipse eller konisk nål

Slitage på nål, nålealder

Nåletryk, stort eller lille

Pladeradius, hvor på pladen pick-up'en er

Modulation, kraftig eller svag musik

Kun de to første forhold er konstante, geometrisk bestemt, hvilket betyder, at de for en given pladespiller er uforanderlige. Men alle andre parametre er variable, så det må være tydeligt, at en total kompensation ikke er mulig.

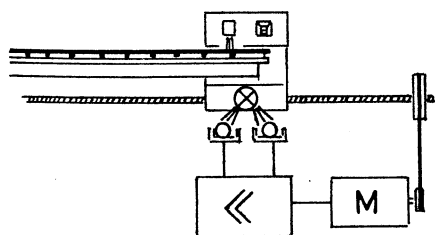
Da det var udviklingsteamets mål at anvende en pick-up med høj compliance og ultra-lavt nåletryk, voldte overvejelserne angående vinkelfejl og skating-kompensation megen hovedbrud. Det stod dog snart klart, at der kun var een vej at gå, nemlig at afspille pladen nøjagtigt som den engang var blevet optaget, men hvordan skulle dette problem løses?

Tidligere var set systemer, som førte pick-up'en langs en ret linie fra pladekant mod centrum, altså med en såkaldt tangential tonearm. Men af de løsninger var ingen tilfredsstillende. Alle tidligere sete løsninger havde været kompromis-løsninger med flere eller færre utilstrækkeligheder.

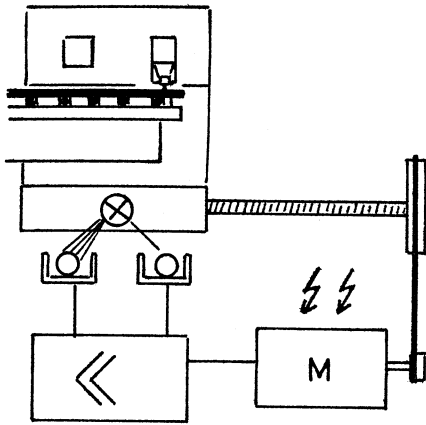
Kravene til et ideelt system kunne opstilles som følger:

1. Fuldstændig tangential tonearmsføring
2. Mekanisk forbindelse til chassis kun gennem præcisionslejer
3. Ophængt så skating-kraft ikke kan opstå
4. Styret så vinkelfejl er 0°
5. Minimum inertie i tonearm
6. Ingen mekaniske påvirkninger gennem signalledninger
7. Ingen unødvendig rillebelastning

Resultatet af lang tids arbejde foreligger nu som den integrerede tonearmsenhed, der på BEOGRAM 4000 bringer løsning på alle ovenstående krav. Den tangentielle tonearmsføring er sikret ved, at hele tonearmssystemet med pick-up, med tonearm, med horisontal og vertikal lejrings, under pladens afspilning kontinuerligt af en servomotor føres mod pladens centrum, efterhånden som pladen afspilles. Anvendelsen af en servomotor til at udføre dette arbejde betyder, at rillen er fuldstændig fri for unødvendig belastning.



Beskrivelsen af systemet er lettest forståelig, hvis vi tager udgangspunkt i, at pick-up'en er sænket i pladens indløbsrille og er kørt et lille stykke ind i de normale riller. Der sker nu det, at pladen roterer en omgang og bringer pick-up'en een rille nærmere mod centrum.



Det betyder, at tonearmen har drejet sig en brøkdæl af en grad. På tonearmens lodrette ophængsaksel er fastspændt en blænde, som normalt leder en lysstråle fra en lampe ned mod to fotoceller. Så længe de to fotoceller modtager samme mængde lys, er servosystemet i balance og dermed i ro. Den lille drejning, tonearm og dermed blænde gør, bevirker imidlertid, at lampen belyser den ene fotocelle mere end den anden. Dette bringer servomotoren til en meget langsom igangsætning, således at slæden, som hele systemet er ophængt på, gennem en gevindspindel korrigeres for den afvigelse, som pick-up nålen startede, ved at pladetallerkenen roterede en omgang.

Korrektionen, som servosystemet kan foretage, udføres med den til enhver tid nødvendige hastighed, d.v.s. at vinkelafvigelsen altid vil være mellem 0° og $0,04^{\circ}$. Hele tonearmstransportsystemet er placeret således i forhold til pladetallerkenen, at der opnås de helt korrekte afspilleforhold, nøjagtigt som ved pladeoptagelsen.

Tonearmens lejrning for lodret bevægelse er udført som ultra-lav friktionsleje med hærde pinoler i kunststoflejrning, og lejrningen for vandret bevægelse er udført med præcisionskuglelejer i en speciel ophængning. Resultatet af denne præcisionsophængning er en vandret og lodret friktion på 5 - 15 mg målt på pick-up'ens diamant.

Ophængningen af tonearmens vandrette bevægelse er nøjagtigt placeret på tangenten til den rille, som pick-up'en er sænket i. Skatingkraften er altså fuldstændig elimineret.

Friktionen mellem rille og diamant eksisterer stadig, men da kraften nu går lige gennem pick-up, tonearm og tonearmslejrings, kan der ikke opstå en vandret kraft, som får pick-up'en til at påvirke den ene rilleside mere end den anden.

Som en kontrol på, at den så uønskede skatingkraft var elimineret, udførtes et forsøg med at sænke pick-up'en på en hel glat plade. Dette forsøg er ikke ganske relevant, men er meget illustrerende. At det ikke er relevant, skyldes, at pick-up'en under afspilning aldrig berører rillen med sin diamantspids, men altid med siderne på diamanten. Skuffende for udviklings-teamet var det, at pick-up'en havde knapt lagt sig ned på pladen, inden den hastigt af servo-systemet transporteredes ind mod plademidten. Forsøget blev gjort om igen og igen, hver gang med samme negative resultat. En ide kom op, at det måtte være tilledningerne til pick-up'en, som på trods af, at de var af blød litzetråd, formåede at tvinge pick-up'en ind mod centrum af pladen. Efter udskiftning af disse ledninger til ultra-tynde epoxy-isole-rede ledninger måtte sagen være i orden. Så stor var skuffelsen, da det konstateredes, at udskiftningen ikke hjalp. Nu var gode råd dyre. Skulle alt, hvad man havde kæmpet for at opnå, vise sig at være spildt på grund af en eller anden overset detalje? Stemningen var på nulpunktet, indtil alle var rede til at gå hjem efter nogle meget skuffende dage. Man havde faktisk overtøjet på, da et sidste forsøg blev gjort. Pick-up'en sænkedes og blev liggende. Hvor lå forklaringen? - såmænd snublende nær. En mindre ventilator, som skulle køle på en af de få danske sommerdage, var blevet

- 26 -

standset, fordi man ville gå hjem. Og netop denne ventilator havde været i stand til at påvirke tonearmen så meget, at servosystemet havde korrigeret, indtil pladecentret var nået. En simpel årsag, som havde givet anledning til megen bekymring.

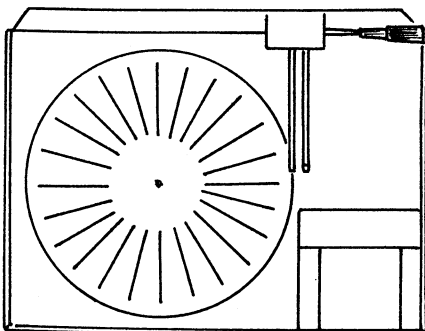
Det tangentielle tonearmssystem tillader anvendelse af en meget kort tonearm. Tonearmen på BEOGRAM 4000 har en længde, der svarer til ca. halvdelen af den største plade, man ønsker at afspille, d.v.s. en længde på 155 mm.

Tonearmen består af et kort firkantet aluminiumrør med fatning for pick-up og fatning for påsætning af lejeholder.

Tonearmen er i sin konstruktion og på grund af sin længde meget let og holdes i statisk balance, vertikalt og horisontalt, af en justerbar kontravægt.

Sammen med SP 15 udgør tonearmen et totalt tonearmssystem med meget, meget lille inertie. Det betyder, at skæve plader og bevægelser fra BEOGRAM 4000's pendulophængning ikke influerer på pick-up'en, som arbejder med et nåletryk på kun 1 g.

Nåletrykket justeres ved med en skruetrækker at spænde et fjedersystem, som med stor nøjagtighed giver det ønskede nåletryk. Anvendelsen af et fjedersystem til frembringelse af det nødvendige nåletryk sikrer, at der ikke tilføjes uønsket masse til tonearmssystemet.



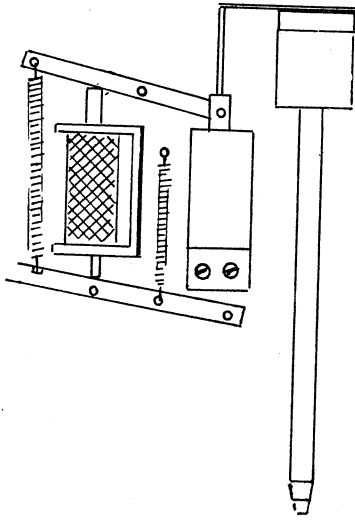
Et patent-anmeldt elektro-pneumatisk system anvendes til hævnings og sænkning af tonearmen.

Ved benyttelse af et grammofonværk er det vigtigt, at nålen i pick-up'en er beskyttet mod overlaster. Sænkningen af tonearmen bør derfor ske med en dæmpet bevægelse, således at pick-up nålen ikke rammer grammofonpladen med for stor hastighed. Hvis der sker en afbrydelse af netspændingen til grammofonværket, bør tonearmen hæves, så der ved fornyet indkobling af netspændingen ikke sker overlaster på pick-up nålen, eller at pick-up'en i længere tid henstår hvilende på grammofonpladen.

Normalt er grammofonværker udstyret med en dæmpeanordning for sænkning af tonearmen. Disse anordninger virker lige dæmpende i begge retninger, altså både for hævnings og sænkning af tonearmen. Kraften til at sænke eller hæve tonearmen kommer normalt fra pladetal-lerkenen. Dette er uheldigt, hvis der stilles store krav til grammofonværket med hensyn til jævnhed af pladetal-lerkenens rotation (wow) og til lydsvagthed, speciel støj, der kan overføres til pick-up, (rummel). Normalt er der ingen mulighed for at hæve pick-up armen ved afbrydelse af netspændingen.

Sænke/hæve-arrangementet er forsynet med en elektromagnetisk spole, således at sænke/hæve-funktionen kan styres elektrisk, endvidere overføres kraften fra sugespole via en fjeder, så der er en veldefineret kraft, når sænkningen af tonearmen starter. Kraften er faldende, efterhånden som tonearmen sænkes ned mod pladetal-lerkenen. En dæmpeanordning med stigende dæmpekraft ved stigende hastighed virker som en modkraft, der skaber den faldende hastighed. Da der skal være spænding

- 28 -



på sugespolen, når tonearmen sænkes, vil tonearmen automatisk hæves, hvis netspændingen afbrydes. Dette system er fri for nogen påvirkning af pladetallerkenen, der altså kun behøver at bære grammofonpladen og i øvrigt virke som svinghjul.

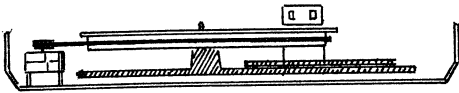
3. Det roterende system

Det roterende system kunne enkelt betragtet bestå af en motor og en pladetallerken, opbygget på et chassis i en kombination, som tilfredsstillende principielt fire krav, som er beskrevet på de næste sider.

1) Pladen skal kunne afspilles rummelfrit

Det må først præciseres, hvad der forstås ved rummel.

Rummel er uønskede mekaniske vibrationer, som ved relativ bevægelse pladerille og pick-up imellem giver elektrisk målelige uønskede signaler fra pick-up til forstærker.



Rummel, som normalt er frekvenser mellem 0 og 100 Hz, bliver et større og større problem, efterhånden som forstærkerudstyr og højttalere forbedres til gengivelse af lave frekvenser. Kraftig rummel kan høres under afspilning af musikstykker, medens svag rummel kan høres i de allersvageste eller helt tavse passager i musikstykker.

Når rummels opståen skyldes relativ bevægelse mellem pick-up og pladerille, må målet være at "låse" disse to så stærkt sammen som muligt, samt at fjerne de generatorer, som søger at skabe bevægelsen.

Sammenlåsning af pick-up og pladerille kan naturligvis ikke fysisk lade sig gøre, men hvis pladetallerkenen gennem et meget kraftigt leje og et kraftigt konstrueret underchassis er forbundet til tonearmsophænget, kan man opnå maksimal modstandsevne mod rummel.

Som årsag til rummel må motor og transmission normalt betragtes som de væsentlige, idet motorer kun vanskeligt lader sig seriefremstille vibrationsfrie.

Valget af motor giver anledning til en del overvejelser. Skal det være jævnstrøms- eller skal

det være vekselstrømsmotor? Skal den være styret af netfrekvensen, eller styret af indbygget elektronik? Skal det være synkron eller asynkron motor? Mulighederne er mange, men den transmission, som giver det bedste resultat, findes at være en langsomt gående, 16-polet synkron-motor, som styres af en indbygget elektronik. Dette system kan laves meget omdrejningsstabilt, samtidig får man mulighed for elektronisk skift mellem to hastigheder, samt muligheden for med enkle midler at justere hastigheden individuelt på hvert omdrejningstal.

Motoren vælges så kraftig, at den uden vanskeligheder kan drive pladetallerkenen rundt med korrekt hastighed. Og når motorens størrelse og specifikationer er fastlagt, kan man overveje, om den skal ophænges i fleksibelt ophæng, eller fastspændes til chassis. Disse overvejelser bringer en del resonansbetragtninger ind i billedet.

I et gramfonværk eksisterer forskellige former for resonanser. Disse resonanser kan ved fornuftig konstruktion placeres på en sådan måde, at de ikke får uheldig indvirkning på hinanden. Af typiske resonanser kan nævnes følgende:

tonearmsresonans

chassisophæng-resonans

rotationsresonans i pladetallerken

og der kunne sikkert nævnes flere. Når disse resonanser skal placeres, så de ikke indvirker på hinanden, kan det let forstås, at antallet af resonanser må begrænses til et minimum. Det betyder således, at hvis muligheden for at

fastspænde motoren direkte på chassis er til stede, må denne løsning vælges, da denne løsning giver minimum af resonans, som kurven underneden viser. I det første tilfælde er motoren ophængt vibrationsdæmpet med fjedre, i det andet tilfælde er motoren ophængt direkte sammenskruet med chassis.

Med hensigtsmæssig valg af motor sikres en så rolig motorgang, at fastspænding direkte på chassis er mulig.

Med motoren fastspændt direkte på det ydre chassis er der to veje for vibrationer at gå for at komme frem til pladetallerken og pick-up. Den ene vej er gennem chassis og ophængt for det roterende system til pladetallerken. Den anden vej går gennem motorens drivrem til pladetallerken. Gennem det roterende chassis' fjederophængning kan ikke vibrationerne ikke komme. Det patent-anmeldte fjederophængssystem har en egenresonans på ca. 4,5 Hz, en egenresonansfrekvens så lav, at generende vibrationer ikke kan trænge igennem og finde vej til pick-up'en. Så er der muligheden for motorvibrationer at gå igennem remtransmissionen fra motor til pladetallerken. Anvendelsen af en bred blød fladrem med lille godstykkelse tillader motoren at overføre den nødvendige rotationsenergi til pladetallerkenen, medens eventuelle vibrationer dæmpes af remmens elasticitet. Dæmpningen bliver særlig effektiv i forbindelse med den tunge, støbte, umagnetiske pladetallerkens store svingmasse. Det må altså fastslås, at motorvibrationer ikke har mulighed for at trænge igennem til pick-up'en.

Den anden kilde, som kan forårsage rummel, er pladetallerkenens centerleje, idet dette, hvis ikke stift nok, kan bringes i vibrationer under rotationen. I BEOGRAM 4000 er valgt en 12 mm umagnetisk hærdet stålaksel med oliesmurte sinterlejer og specielt kunststof-bundleje. Dette skulle sikre god rotationsjævnhed, og den svære aksel tjener foruden at skabe den fornødne stivhed til at sikre, at de oliesmurte lejer hurtigt danner en bærende olie-film, selv efter længere tids stilstand.

Disse mange konstruktionsovervejelser og forsøg har gjort, at BEOGRAM 4000 i dag fremtræder med specifikationer for rummel, som vanskeligt kan måles, idet alle normale testplader og øvrigt testudstyr er af utilstrækkelig kvalitet.

2) Pladen skal kunne afspilles wow-frit

Wow er uønsket frekvensmodulering af signalet fra en plade.

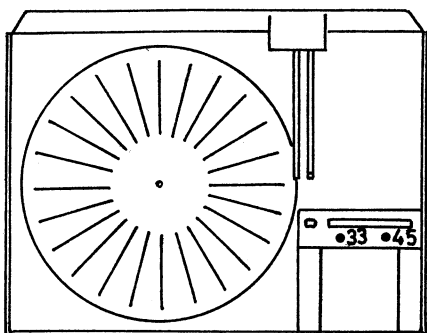
Wow stammer oftest fra transmissionsuregelmæssigheder. I BEOGRAM 4000 er wow blevet reduceret til et hidtil ukendt minimum ved konsekvent anvendelse af præcisionsdele - motor, motorremskive, præcisionslebet fladrem med ringe godstykkelse, præcisionsafdrejning af pladetallerken, statisk og dynamisk afbalancering af samme pladetallerken er nogle af de forhold, som simpelthen er i orden.

Når disse grundlæggende forhold er i orden, begynder man at se sig om efter andre kilder til wow. Så finder man, at lejet for tonearmens vertikale bevægelse må ligge i samme plan eller næsten samme plan som pladerillen for at undgå, at en skæv plade kan give wow, det såkaldte warp-wow.

Det roterende systems fjedrende ophæng kan også give anledning til wow. Såfremt dette fjedrende system ikke på tilstrækkelig måde bortfiltrerer uregelmæssigheder kommende udefra, kan disse gå ind og på grund af gyroeffekt og andet påvirke pladetallerkenen. BEOGRAM 4000's epokegørende fjederophæng vil senere blive nøjere omtalt.

En måling efter DIN-normerne giver et resultat, som tilfredsstillende selv det mest krævede øre og anbringer BEOGRAM 4000 helt i spidsen blandt pladespillere.

3) Pladen skal afspilles med korrekt hastighed



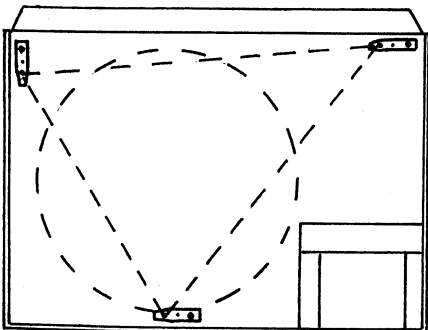
Det må være et helt klart krav, at en gram-mofon kan gengive pladen med korrekt hastig-hed. Det må også være muligt at kontrollere, at hastigheden er korrekt. Hensigtsmæssigt er det også at kunne justere hastigheden både op og ned af hensyn til eventuelle sammenspil med andre instrumenter og lign.

BEOGRAM 4000 er forsynet med et drivsys-tem, som tilfredsstillere alle disse ønsker, idet drivmotoren, som er af synkrontype, får sin forsyning fra en indbygget højstabil strøm-forsyning, der sikrer en valgt hastighed med promille-nøjagtighed. Justering af hastigheden kan individuelt for hver hastighed foretages med indtil 3% afvigelse. Kontrol af hastigheden foretages ved hjælp af en indbygget belyst stro-boskop.

BEOGRAM 4000 kan også på dette punkt til-fredsstillere alle relevante forventninger til en grammofon.

4) Pladen skal afspilles uden gener fra underlagsrystelser

Som udviklingen går, mod pick-up- og tonearms-systemer med lav vægt og med lavere og lavere nåletryk, skal der i grammofonkonstruktionen tages mere vidtgående hensyn til modstandsevnen mod underlagsrystelser. Det vil af konsumenten være uantageligt, hvis blot det at gå på gulvet, hvorpå grammofonen er placeret, vil få pick-up'en til at slippe sin forbindelse med pladerillen. Der må også tages hensyn til udviklingen på forstærkerområdet, som har gjort, at en 100 watt musik forstærker i dag er noget helt normalt. Det er helt naturligt, at højttalere, som behandler 100 watt musik, kan udsende vibrationer både gennem faste materialer og direkte gennem luft til grammofonen. Vore konstruktionsanstrengelser i forbindelse med fjernelse af rummel virker også effektivt mod mekaniske og akustiske påvirkningen på selve grammofonen.



Det roterende chassis er konstrueret med meget lavt tyngdepunkt og med stor masse, og yderligere er ophængningen til selve kabinettet udført med lange penduler fastgjort til justerbare bladfedre. Når så massekoncentrationen er placeret i ophængstrekantens midtpunkt, fås et system, som er yderst stabilt overfor ydre påvirkninger. Ophænget er konstrueret med meget lav egenresonans, da en frekvensanalyse af de mest forekommende forstyrrelsesfrekvenser i de lokaler, hvor grammofoner normalt anvendes, har godtgjort, at disse forstyrrelser optræder ned til ca. 5 Hz. Overvejelser har gået på, om ophængssystemet burde dæmpes i sin bevægelse med en form for stød-

dæmpere. Men ved analyse af det hørbare resultat af en ydre påvirkning finder man ganske klart, at jo lavere acceleration det roterende chassis udsættes for, jo større modstandsevne har gramfonen mod ydre påvirkninger.

Denne konstatering kræver en nærmere forklaring. En tonearm bliver normalt justeret til statisk balance. Hvis denne statisk afbalancerede arm modtager en stødimpuls gennem ophænget, d.v.s. gennem armlejet, er systemet ikke længere et statisk system, det er nu blevet et dynamisk system og må derfor behandles som et sådant. For at et sådant system skal være upåvirkeligt af stødimpulser, skal masseinertien på begge sider af ophængspunktet være lige stor. Dette kan i praksis ikke lade sig gøre, man skulle i så fald have en tonearm, der var symmetrisk omkring tonearmsophænget, og det ville nok give en noget upraktisk gramfon. Det maksimale resultat opnås i systemer med kontravægte, med korte lette tonearme og med lette pick-ups. BEOGRAM 4000 er med sit avancerede tangential system, sin korte lette tonearm og sin integrerede pick-up SP 15 et udtryk for det i dag højst opnåelige.

En særlig fordel ved at anvende fjederpendulophænget er, at en horisontal bevægelse, som bringer chassiset i svingninger, hurtigt vil blive transformeret om til en vertikal bevægelse, som gramfonen selv kan dæmpe ved at værketts vertikale bevægelse pumper luft ud og ind i kabinettet, som derved virker som en slags luftdæmper (energy absorber).

- 38 -

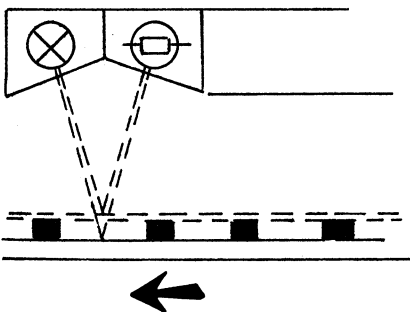
BEOGRAM 4000's patent-anmeldte fjederpendulophæng er det eneste system, som kan transformere udefra kommende bevægelser til bevægelser, som det roterende system er mest modstandsdygtigt overfor.

4. Udvikling af automatik

For at sikre en tilstrækkelig skånsom behandling af pladen ansås det for hensigtsmæssigt at indbygge en betjeningsautomatik, så det af grammofonen selv fastlægges, hvorledes pladen skal behandles. Tidligere automatiske grammofoner har under en eller anden form skullet programmeres i form af pladestørrelsesvalg, hastighedsvalg o.s.v.

Denne programmering er i BEOGRAM 4000 overtaget af en lille dataenhed. Til denne enhed indgår der informationer fra forskellige afsnit af BEOGRAM 4000. Disse registreres, sammenlignes og giver som resultat en automatisering og dermed betjeningskomfort, som ikke tidligere er set.

Et synligt eksempel på en informationsgiver til dataenheden er den parallelt med tonearmen liggende detektorarm. Denne arm har som funktion at aftaste, om der på pladetailerkenen er anbragt en plade, og hvilken størrelse denne plade evt. har.



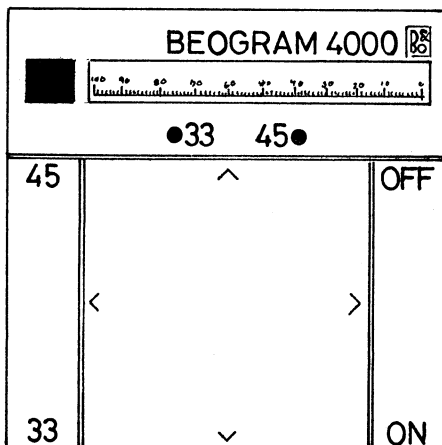
En lysstråle kastes fra detektorarmen ned mod pladetailerkenen og reflekteres tilbage i en fotocelle, som indikerer, at der ingen plade er på tallerkenen. De sorte ribber, som pladen ligger på, gør, at reflekserne, som fotocellen modtager, bliver impulser, og så længe disse impulser modtages af fotocellen, tilgår de til dataenheden, som vil forhindre, at pick-up'en sænkes. Når en plade kommer ind i lysstrålen, vil dette registreres, og dataenheden vil nu tillade, at pick-up'en sænkes i pladens indløbsrille. At pladen nu automatisk bliver afspillet med korrekt hastighed, d.v.s.

- 40 -

30 og 25 cm plader afspilles med 33 omdr./min. og 17 cm plader med 45 omdr./min., skal blot nævnes for fuldstændighedens skyld. BEOGRAM 4000 er som her beskrevet totalt automatiseret.

Betjeningskomforten er så udviklet, at der blot skal pålægges en plade og trykkes på knappen mærket ON, så får man sin plade afspillet fuldautomatisk med korrekt hastighed og højeste tekniske kvalitet.

Ikke i alle situationer er automatik ønskeligt, derfor er der naturligvis også mulighed for manuel betjening af BEOGRAM 4000.

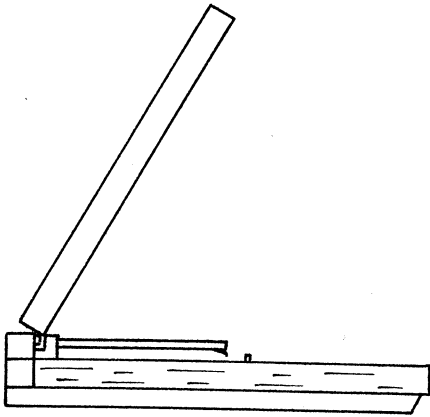


Betjeningspanelet, som er tredelt, består til højre af en start/stop betjeningsknap og til venstre af en hastighedsvælger. I midten er der en stor betjeningsplade, som ved et let tryk foroven hæver pick-up'en og ved et let tryk forneden sænker den igen. Bevægelse af tonearm mod eller bort fra centrum styres med et let tryk på venstre eller højre side af betjeningspladen. Det skal lige bemærkes, at hvis tonearmen bevæges med pick-up'en sænket, vil dataenheden automatisk sørge for, at pick-up'en hæves, inden tonearmen begynder sin horisontale bevægelse.

Horisontal bevægelse kan ske med to hastigheder. Ved let tryk på betjeningspladen bevæger tonearmen sig langsomt, og ved lidt kraftigere tryk bevæger den sig hurtigt. Denne feature er behagelig ved opsøgning af et ønsket pladeafsnit.

BEOGRAM 4000 tager også hensyn til de brugere, som selv ønsker at styre gengivelsen.

Pladen skal bekvemt kunne pålægges



Ved at åbne det hængslede låg til øverste position, ca. 60° , kan enhver pladestørrelse, 30, 25 og 17 cm, let anbringes på pladetal-
lerkenens mange understøtningsribber. Disse ribber giver en sikker fiksering af pladen under afspilningen og beskytter samtidig mod beskadigelse fra støvpartikler, som ikke kan lægge sig fast på understøtningsribberne, der netop er så bløde, at de ikke kan skade pladeoverfladen, men også så hårde, at støvpartikler ikke kan trænge ind og lægge sig fast.

Pladen skal afspilles uden generende støj fra gramfonen

Denne forventning til en gramfon er sjældent vanskelig at opfylde for en ny gramfon, som står klar til levering i en forretning. Problemerne kommer efter kortere eller længere tids drift, idet transmissionsdele bliver slidte, mellemhjul og andet får mindre uregelmæssigheder. alt i alt en ret normal ting, at en gramfon i løbet af nogen tid får flere eller færre uønskede tillægslyde.

Ved i BEOGRAM 4000 at begrænse transmissionsdelene til en fastspændt motor, en blød gummirem og en vellejret rund pladetallerken, er vi sikre på, at det minimale støjniveau, som findes ved fremstillingen, ikke vil forøges, selv efter meget lang brugstid.

BEOGRAM 4000 har et så lavt støjniveau, at selv den mest krævende konsument vil være tilfreds hermed.

Pladen skal bekvemt kunne renses

Ved et let tryk på betjeningsknappen mærket 33 starter motoren, og pladetallerkenen roterer, uden at det øvrige system går i gang.

Denne funktion er meget bekvem til rensning af plader. Ved rensning af pladen anvendes normalt relativt stort tryk, så her forstås betydningen af, at understøtningsribberne er fri for støvkorn, som vil kunne presses ind i pladens nedadvendende side.

- 44 -

Medens konstruktionsteamet har arbejdet på at løse de konstruktive opgave, har designeren arbejdet med i hele perioden, og på dette tidspunkt af konstruktionsarbejdet er så alle aftaler truffet angående endelige udformninger, materialer og dimensioner. Udvendig ser man straks kvaliteter. Resultatet står som den færdige laboratiemodell, som udviklingsteamet er berettiget stolte over at have fremstillet.

Produktionsteknikere har overtaget BEOGRAM 4000 for at forberede den endelige produktion.

En mindre 0-serie er fremstillet til brug for B&O's kvalitetskontrolafdeling, som har udført forcerede langtidsafprøvninger. BEOGRAM 4000 har under disse tests udvist stor stabilitet med hensyn til overholdelsen af data og stor driftssikkerhed.

BEOGRAM 4000 har under sin udviklings- og produktionsforberedelsesfase afsløret egenskaber, som klart viser, at den kan danne grundstamme for en ny avanceret elektronisk pladespiller fra Bang & Olufsen.