

A sztereó hanglemez lejátszási problémái

Tapasztó István okl. vill. mérnök

1. Bevezetés:

Ez a közlemény a HI-FI hanglemezek lejátszásával kapcsolatos olyan problémákkal foglalkozik, amelyek a phono-amatőrök széleskörű érdeklődésére tartanak számot. A zeneszerető emberek életében egyre nagyobb szerepe van a rögzített zenének. Jóval többen hallgatnak rögzített zenét, mint élőzenét. A phono-amatőr otthonában a legjobb minőségű zenét a sztereó hanglemezről nyerheti.

A cikk fel kívánja hívni a figyelmet olyan tényezőkre, amelyek hatással vannak a hangvisszaadás jóságára. Jól lehet, hogy ezeket a tényezőket a phono-amatőröknek nem áll módjukban befolyásolni, ám a jelenségek gondolatébresztő feltárása a hang reprodukcióval kapcsolatos fizikai ismereteik tárházát gazdagítja. A cikknek nem célja a hanglemezgyártás, vagy a hanglemezjátszó berendezések gyártásának nagy gondot és körültekintést igénylő ismertetése. Mégis egyes technológiai kérdések – a téma megértése által megkövetelt mértékű – felvetése elkerülhetetlen.

A közlemény tisztáz olyan fogalmakat és specifikációs adatokat, melyek a témakörrel foglalkozó irodalmakban és katalógusokban megtalálhatók. Ismertet a hanglemezek kezelésének helyes módját. Végezetül irodalomjegyzékkel szolgál a témakörben érdeklődők számára.

A jó minőségű hanglemez lejátszása nem problémamentes. Az alábbiakban számos olyan jelenséggel fogunk megismerkedni, amelyek torzítást okozhatnak. Hangminőség romlást okoz a hanglemez és a lejátszó tű kopása. Nem lényegtelen a hanglemezek szakszerű kezelése, azok tisztántartása és tárolása sem.

1. A hangszedő

A hangszedő a hangvisszaadó lánc első eleme, a hang forrása. Ezt a lélegzetelállítóan precíz miniatűr elektromos generátort a hanglemez barázdái gerjesztik. A hanglemez és a hangszedő között a lejátszó tű létesít mechanikus kapcsolatot. Ennek a kapcsolatnak igen jónak kell lennie. Ugyanis a reprodukált hang minőségében a hangszedőnek döntő szerepe van, hiszen a hangminősége nem lehet annál jobb, mint amit a hangszedő által leadott elektromos jel meghatároz. A hangszedőtől megköveteljük, hogy a barázdát által hordozott hanginformációkhoz ne adjon hozzá semmit, de ne is vegyen el belőle.

Jó volna, ha a hangszedő nagy kimeneti feszültséget adna le nagy terhelhetőség mellett. Ezzel antagonisztikus ellentmondásban van a kis súlyra és kis méretekre való törekvés. A kimeneti feszültség akkora legyen, hogy a jel/zaj viszony az egész rendszerre vonatkozólag elegendő nagy legyen. Megjegyezzük, hogy a fellelő mágnesszalagos egységről több zaj kerül a hanglemezre, mint amennyit a hangszedő termel.

A lejátszó tű mechanikus mozgását hangfrekvenciás feszültséggé alakítani többféle módon lehet. A kialakult gyakorlat szerint háromféle hangszedő rendszert különböztetünk meg. Ezek a kristály, az elektromágneses, és az elektrodinamikus rendszerek. A kristály hangszedő közepes igények kielégítésére szolgál. Minőségi célokra többnyire elektromágneses hangszedőket alkalmaznak. Elektrodinamikus hangszedővel kevés helyen találkozunk, mivel mincsek előnye az elektromágneses hangszedővel szemben, viszont sorozatgyártási nehézségei vannak.

1.1 Kristály hangszedő

A kristály hangszedők piezoelektromos elven működnek. Ha a kristály alakját külső mechanikus erő megváltoztatja, akkor a kristály lapjain az alakváltozással arányos nagyságú elektromos feszültség keletkezik. A kristály hajlító, vagy csavaró igénybevétel alakít át elektromos feszültséggé. A kétcsatornás sztereó hangszedőkben az egyes csatornák letapogatása céljából két kristáylelem található, melyek érzékenységi szöge 90°-ot zár be egymással.

A korszerű kristály hangszedők érzékenysége 1 kHz frekvenciánál 120 mVp/cm/s. Ez azt jelenti, hogy a kristály hangszedő $V = 1$ cm/s sebességamplitúdó hatására 120 mVp csúcsfeszültséget ad le. [p = peak = csúcs]. A kristály hangszedő azonban nem a lejátszó tű mozgásának a sebességével, hanem annak kitérésével arányos nagyságú jelet szolgáltat. Nem sebességérzékeny, hanem kitérésérzékeny a hangszedő.

Belső ellenállása kapacitív, emiatt frekvenciafüggő. Mivel a mély frekvenciákat kiemeli, a magasakat pedig elnyomja az erősítőláncba nem kell vágási karakterisztikát kiegyenlítő szűrőt alkalmazni, amely ugyanilyen funkció betöltésére hivatott. Frekvenciafüggősége nagy impedanciájú erősítő bemenettel csökkenthető. A hanglemez vágási karakterisztikájának figyelembevételével akkor lesz a frekvenciameget linearis, ha a hangszedő 470 kΩ-os erősítő bemenetre dolgozik. Ebben az esetben a hangszedő 1 kHz frekvenciánál 0,5 – 1,5 Vp csúcsfeszültséget ad le. Ennek megfelelően az erősítőt úgy tervezzük, hogy 0,4 Vp bemeneti feszültség hatására teljes kivezérés lépjen fel.

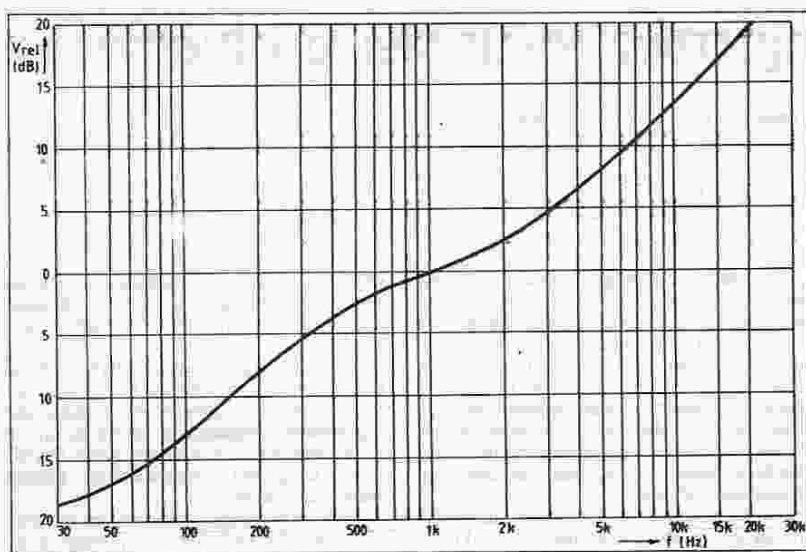
A kristály lapkák egykristályból készülnek. Anyaguk kezdetben kvarc volt, később nagyobb dielektromos állandójú scignette-só kristályokra tértek át, amely a kvarcnál kb. 150-szer nagyobb feszültséget szolgáltat ugyanakkora kitérés amplitúdó hatására.

A kristály hangszedőnek számos hátránya van. Itt említjük meg, hogy a két kristáylelem mozgása nem függetleníthető egymástól: az egyik kristáylemre ható erő egy része a másik kristályra átvivődik, ami a csatornák közötti áthallásban nyilvánul meg. A kristályrendszer tulajdonságai függenek a hőmérséklettől és a nedvességtől. Átviteli tényezőjét ezért 20°C hőmérsékleten és 60% relatív nedvesség mellett kell meghatározni. Övni kell a kristályt a magas környezeti hőmérséklettől, ugyanis 52 °C-nál elveszti a kristályvizét és kristályos tulajdonságait lehűtés után sem nyeri vissza. Biztonsággal max. 45 °C-ra melegedhet fel. A nedvességtől lakkbetonattal védik meg.

1.2 Az elektromágneses hangszedő

A mágneses hangszedők működése az elektromágneses indukció elvén alapszik. Sokféle megoldás létezik. Valamennyiben megtalálható egy mágneses kör, amely egy vasmagos tekercsből, egy állandó mágnesből és légrésből áll. A lejátszó tű mozgása a mágneses körben fluxusváltozást idéz elő. A fluxus változással csatolásban lévő tekercsben pedig változó feszültség indukálódik. Az indukált feszültség nagysága követi a mágneses fluxus változásainak sebességét. A mágneses fluxus változásának sebessége pedig a lejátszó tű lengésének a sebességétől függ. Végeredményben az indukált feszültség a rögzített jel sebességamplitúdójának a leképzése. A lejátszó tű mozgása a mágneses kör légrésének megváltoztatásával idéz elő fluxusváltozást. A mágneses körben lévő állandó permanens mágnes lehet rögzített helyzetű, de lehet a lejátszó tű által mozgott lengő mágnes is.

Sztereó hangszedőkben két mágneses rendszerre van szükség, melyek a bal- és jobboldali modulációs csatornákra érzékenyek. Mivel a két csatorna letapogatása egyetlen lejátszó tűvel történik, kézenfekvő volt olyan hangszedő konstrukció létrehozása, amelynél a lejátszó tű által mozgott állandó mágnes mindkét mágneses kör közös részét képezi. Attól függetlenül, hogy a lejátszó tű melyik modulációs tengely irányába kényszerül elmozdulásra a hangszedő egyik, vagy a másik tekercsében indukálódik feszültség. Mág-



1. ábra

neses hangszedőknél az áthallási csillapítás nagyobb, mint a kristály hangszedőknél.

A mágneses hangszedő érzékenysége 1 kHz frekvenciánál csatornánként 0,6–1,6 mVp/cm/s. A DIN 45500 szabvány szerint a mágneses hangszedőknél 47 kΩ-os terhelésre 8–20 mVp feszültséget kell leadni 1 kHz frekvenciával és $V \approx 10$ cm/s sebességamplitúdóval vágott barázdák lelapogatása esetén. A mágneses hangszedők erősítőbemenetének terhelése csatornánként 47 kΩ-os és maximális teljesítményüket 1 kHz frekvenciánál már 2–3 mV bemeneti feszültség esetén leadják. Az erősítő bemeneti jelét mindkét csatornánál korrigálni kell olyan szűrővel, amely az 1. ábrán látható vágási karakterisztika által keletkezett lineáris torzítást kiegyenlíti. Következésképpen a kiegyenlítő szűrő a mély frekvenciájú jeleket kiemeli, a magasakat pedig elnyomja. (lásd a szerző Hanglez-mez-korrektor tervezése című cikksorozatát; Rádiótechnika, 1976. szeptember).

A korszerű mágneses hangszedők dinamikatartománya meglepően nagy, több mint 80 dB (10 ezerszeres viszony). Ilyen széles tartományban képesek lineáris munkaszakaszban dolgozni. A hangszedőknek ez a képessége azonban nincs kihasználva. Ugyanis a dinamikusáv felső határa nem lehet több 80 dB-nél, mert ha a hanglemez túl nagy sebességgel van modulálva, akkor torzítás lép fel abból kifolyólag, hogy a lejátszó tű nem képes biztos kontaktusban maradni a barázdával. A dinamika sáv alsó határát viszont a zajszint korlátozza. Kíváncsús, hogy a hangszedő által leadott legkisebb jelszint legalább 20 dB-lel a zajszint felett legyen (a jelszint a zajszint tízszerese legyen). A fenti megszorítások eredményeképpen a hangszedő hasznos dinamika sávja 60 dB (ezerszeres viszony). A gyakorlatban a hanglemezre vágott dinamika tartomány 40 dB (százszoros viszony) körül mozog.

A hangszedőkkel szemben lényeges követelmény az, hogy a tünemény és ezzel

a hanglemez és a lejátszó tű kopása minimális legyen. (Erről később még szó lesz). Ne termeljen zajt és egyben érzéketlen legyen a külső elektromos és mágneses mezőkre. Megjegyezzük, hogy a zajszint előállításában a hangszedő nem játszik domináns szerepet: zaja jóval kisebb a hanglemezre vágott és az előerősítő által termelt zajoknál. Elvárjuk, hogy jól működjön 10–40 °C hőmérsékleti tartományban, miközben a relatív légnedvesség 2%–100% tartományban váljon.

2. Torzítások

A hanglemez lejátszása során számos zavaró jelenség léphet fel, melyek az élet-hű hangvisszaadást károsan befolyásolják, a hangminőséget többé-kevésbé elvezethetnének, a reprodukciót elrontják. Ezeknek a zavaró jelenségeknek egyik részét a zajok képezik, melyekkel nem kívánunk részletesen foglalkozni, csupán megemlítiük őket.

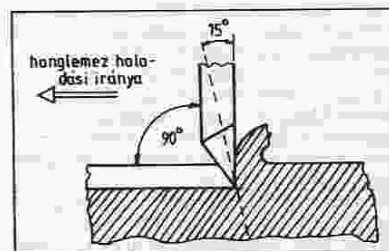
Zajok már a hangrögzítés folyamán keletkeznek. Ilyenek a mágnesszalagos, illetve a lemezvágó berendezés által termelt zajok. Szerencsére ezek a zajok elhanyagolhatóan alacsony szinten tarthatók. Nagyobb gondot okoznak a lemezjátszó hibájából származó zajok. Búgás (brum) keletkezik abból, ha a lemezjátszó motorjának a mágneses tere a hangszedő tekercseibe feszültséget indukál. Dübörgés lép fel, ha a meghajtó motor és a meghajtó szerkezet mechanikus rezgése a hangszedőn keresztül az erősítőbe jutnak. Mivel a lejátszó tű függőleges irányú elmozdulására a sztereo hangszedő mindkét tekercse érzékeny, ezért a lemezjátszó berendezést erő külső mechanikus mozgató hatásokat a sasszi rugalmas felerősítésével kell megátolni. Ajánlatos a hangszórókat a lemezjátszóhoz viszonyítva úgy elhelyezni, hogy a lemezjátszó berendezést a hangszórók által megmozgatott levegő ne rázza, mert akusztikus visszacsatolás keletkezik, ami erős üvöltő-sípoló hangha-

tással járó hangfrekvenciás begerjedésben nyilvánul meg. Ha a lemeztányérnak ütése van, nincs jól kicentrírozva, akkor a hangbarázdák kerületi sebessége egy fordulaton belül is annyira megváltozik, hogy nyávogást (wow) észlelhetünk. Ugyancsak nyávogást eredményez az olyan hanglemez, melynek furata – gyártási pontatlanság miatt – nem a hanglemez középpontjában van. Előfordul, hogy a meghajtó mechanizmus hibájából kifolyólag a lemeztányér fordulata nem egyenletes, ami szopora lüktetést (flutter) eredményez. Állandó forgási sebességet egyenletes fordulatot biztosító meghajtó mechanizmussal és pl. nagy tömegű (min. 3 kg) kicentrírozott lemeztányérral lehet elérni.

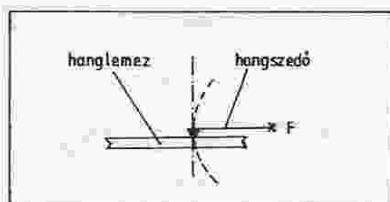
A zavaró jelenségek másik részét gyártási pontatlanságok és a hanglemeztechnika technológiájának tökéletlenségei okozzák. A gyártási pontatlanságok többnyire aszimmetriákban nyilvánulnak meg. Technológiai tökéletlenség kapcsán pedig azokra a lejátszási felépítő hibaforrásokra gondolunk, melyekről tudomásunk van és káros hatásuk minimalizálására törekszünk (pl. hibaszögtorzítások, szorítóhatás stb.).

2.1 Hibaszög torzítás (tracking distortion)

Kétféle fajtáját különböztetjük meg. Az egyik fajtája a vertikális nyomhibaszög torzítás. Tekintjük a 2. ábrát, amely a lemezvágást mutatja be. Tétélezzük fel, hogy a vágókés úgy van a vágóberendezésbe befogva, hogy merőlegesen álljon a hanglemezhez képest. Ez azt jelenti, hogy lemezvágás közben a vágókés hegye olyan síkban mozog, amely a hanglemezrel 90°-ot zár be. A hanglemez lejátszása folyamán értelemszerűen csak akkor jöhet létre torzításmentes lelapogatás, ha a lejátszó tű hegyének a mozgási síkja ugyanaz a 90°-os szöveget zár be a hanglemez síkjával. Ezt a helyzetet lehetetlen realizálni. A lejátszó tű mozgását az teszi lehetővé, hogy egy olyan karocskára van felerősítve, amely az F forgáspont körül körív pályán képes mozogni a 3. ábra szerint. A tű elmozdulása nagyon kicsi, az elmozdulás pályájának rövid szakasza egyenesnek tekinthető. A lejátszó tű hegyének pontosan vertikális irányú mozgása olyan hangszedő konstrukciót feltételez, amelynél a tűmozgás F forgáspontja nagyon közel van a hanglemez síkjához. Ilyen hangszedő konstrukció

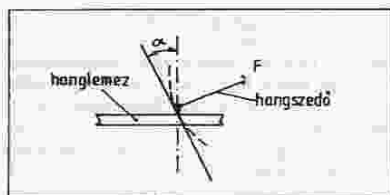


2. ábra



3. ábra

megvalósítása – különösen mágneses hangszedők esetén – lehetetlen. Vizsgáljuk meg, hogy milyen következménnyel jár az F forgáspont 4. ábra szerinti megemlése. Láthatjuk, hogy a forgáspont körül mozgó lejátszó tűnek a hanglemezzel érintkező pontjában húzott érintője nem merőleges a hanglemez síkjára, hanem attól α szöggel eltér. Az α szöget vertikális nyomhibaszögnek nevezzük. Olyan helyzet áll tehát elő, mint ha a lejátszó tű hosszengelye meg lenne döntve α szöggel a hanglemez haladásával megegyező irányban. A jeltorzulást az 5. ábra szemlélteti, ahol a szaggatott görbe a vágókés, a folytonos görbe pedig a lejátszó tű hegyének a mozgását mutatja. A letapogatott jel torz, mivel a vágott szinuszos

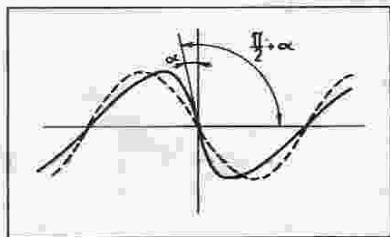


4. ábra

jelet egy olyan ferde állású koordináta rendszerben tapogattuk le, ahol a koordináta tengelyek $\frac{\pi}{2} + \alpha$ szöget zárnak be

egymással. A torz jelben a második harmonikus nagysága dominál. A másodfokú torzítás a belső barázdáknál nagyobb, mint a hanglemez szélénél.

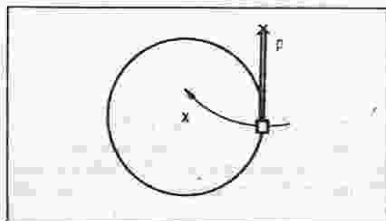
A vertikális nyomhibaszög csökkentésének kézenfekvő módja az, hogy a vágókés vágás közben ne merőlegesen álljon a hanglemezre, hanem egy bizonyos szöggel megdőlvén a hanglemez haladásának az irányába (2. ábra szaggatott egyenese). Így az F forgáspont megemlése ellenére az információ kis nyomhiba szöggel tapogatható le. Az egyes sztereó lemez gyártó cégek (WESTREX, NEUMANN, TEL-



5. ábra

DEC, FAIRCHILD) egymástól függetlenül különböző vágási szögeket kezdtek alkalmazni 0° és 30° tartományban. 1962 után a vágási szöget $15 \pm 3^\circ$ -ra szabványosították. Ezt a szabványosított dőlési szöget a modern hangszedők viszonylag kis nyomhiba szöggel képesek letapogatni. $\pm 5^\circ$ -kal való eltéréseknél a keletkező torulás kicsi.

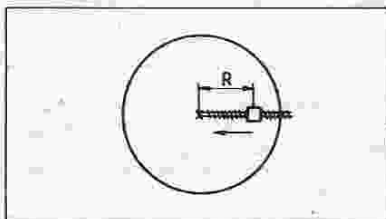
A vertikális nyomhibaszög értéke egy hanglemez játéktartományában állandó érték. Változik azonban lemezváltós lemezjátszónál a felhalmozott lemezköteg



6. ábra

vastagságától függően. Precíziós lemezjátszónál ezt vagy úgy küszöbölik ki, hogy a lemezköteg vastagságának a növekedésével a hangszedő F forgáspontja is automatikusan emelkedik, vagy úgy, hogy a hangszedő – esetleg csak a lejátszó tű – dől meg automatikusan a szükséges mértékben.

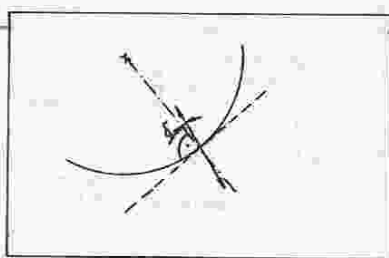
A hibaszög torzítás másik fajtája a horizontális nyomhibaszög torzítás. Ez abból ered, hogy a hanglemez vágási és lejátszási technikáját tekintve – lényeges különbség van a vágókés és a lejátszó tű vezetése között. A lejátszás hangkarral történik, amely lehetővé teszi, hogy a hangszedő fej (cartridge) a lemezoldali



7. ábra

játszása folyamán egy fix „p” pont körül körív pályán mozogjon (6. ábra). Ezzel szemben a vágófejnek nincsen karja. A vágófej a vágás folyamán egy menetes orsó segítségével mozog a hanglemez szélétől annak középpontja felé radiális irányban (7. ábra). A vágótű horizontális irányú mozgása mindig merőleges a barázdához húzott érintőre a barázda pillanatnyi sugarának nagyságától függetlenül.

A hanglemezek hangkarral való lejátszása folyamán ez a merőlegesség nem teljesül minden barázdánál. Azt a δ szöget, melyet a lejátszó tű horizontális mozgási iránya a barázdák érintőjére állított merőlegesséssel bezár horizontális nyomhiba szögnek nevezzük (8. ábra). Hangkarral való lejátszáskor a horizontális nyomhiba szög csak akkor lesz zérus, a teljes lemez-



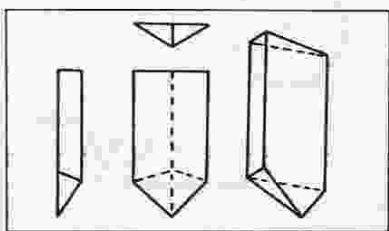
8. ábra

oldali letapogatás folyamán, ha a hangkar végtelen hosszú. Ez az út természetesen nem járható. A horizontális nyomhiba szög értékének a változása csökkenthető volna olyan hangkarok alkalmazásával, melyek jóval hosszabbak a hanglemez átmérőjénél. Az ilyen megoldás azonban ellentétben van a kisméretű lemezjátszók igényével. Végül is a hosszú hangkarok helyett olyan rövid hangkarok terjedtek el, melyek nem egyenesek, hanem egy vagy több helyen meg vannak hajlítva. Így a horizontális nyomhibaszög torzítás elfogadhatóan kis értéken tartható. A hangkar meghajlításának elméleti összefüggései az irodalomban megtalálhatók [8].

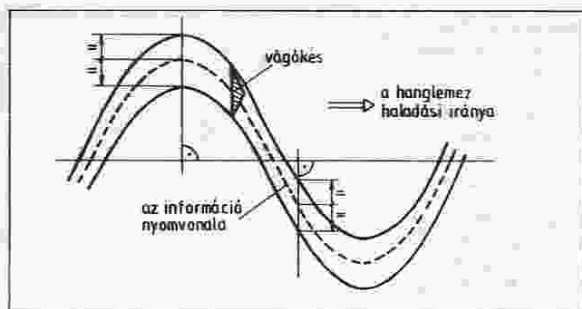
2.2 Nyomvonal torzítás (tracing distortion)

A barázdák vágása a 9. ábrán vázolt éleshegyű, háromszög keresztmetszetű késsel történik. A vágott barázdát a 10. ábra szemlélteti. Azonnal szembeütő, hogy a vágókés háromszög alakú keresztmetszete miatt a barázda széleinek a távolsága nem mindenütt egyforma. Az információt nem a barázda szélei hordozzák, hanem a vágókés hegye által bevésett nyomvonal. Ezt a nyomvonalat meg tudjuk szerkeszteni a barázda széleinek a segítségével úgy, hogy a szinuszhullám abszcissa tengelyére állított merőlegesekkel metszett barázdaoldalak távolságának felezőpontjait összekötjük (10. ábra szaggatott vonala). Nézzük meg, hogy milyen információt tapogathat le egy gömbösűveg alakú lejátszó tű.

A gömbösűveg alakú lejátszó tű a barázda széleit nem az abszcissa tengelyre merőlegesen egyenes mentén felezi. A helyzet megértése végett tekintsük a 11. ábrát, amely egy barázdarészletet mutat be. A barázdát letapogató gömbösűveg formájú lejátszó tű két ponton érinti a barázda falát. Az érintési pontok távolsága a ba-



9. ábra



10. ábra

rázda különböző helyein nem egyforma. A 11. ábrán feltüntetünk két érintőkört, melyek átmérőjét az érintési pontpárok távolsága határozza meg. Ha képzeletben sok ilyen érintőkört rajzolunk a barázdába és ezen körök középpontjait összekötjük, akkor megkapjuk azt a nyomvonalat, amely felett a lejátszó tű hosszengelye elhalad (szaggatott nyomvonal). Nyilvánvaló, hogy ez a szaggatott nyomvonal torz, nincsen fedésben a vágókés hegye által vágott eredeti nyomvonallal. Ez a jelenség nyomvonal torzításban nyilvánul meg. A fellépő másod- és harmadfokú torzítási tényezők:

$$k_{2v} = \pi \cdot \frac{r_t \cdot f \cdot V_v}{C^2} = \pi \cdot \frac{r_t \cdot f \cdot V_v}{R^2 \Omega^2}$$

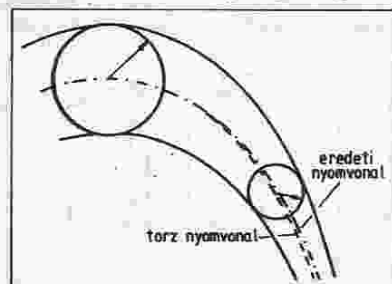
$$k_{2v} = \frac{3}{2} \cdot k_{2v}^*$$

$$k_{3h} = \frac{3}{4} \cdot k_{3v}^*$$

ahol r_t a letapogató tű sugara R a barázda középponti sugara és a „ v ”, illetve „ h ” indexek a vertikális valamint a horizontális mozgáskomponensekre utalnak. Oldalirásnál (mono vágás) csak a köbös torzítás lép fel, a négyzetes nem. A képletekből az olvasható ki, hogy a zenekari művek nagyszintű, nagy sebességamplitúdójú fortissimói – melyek többnyire a kis R értékeknél lépnek fel – sajátos módon nagy mértékben torzulnak.

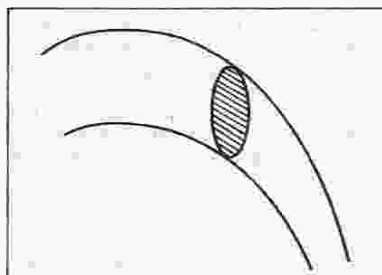
2.3 Szorító hatás (pinch effect)

A 10. ábrán egy szinuszhullámmal modulált oldalirású monobarázdát láthatunk, melynél a barázda mélysége állandó. A háromszög keresztmetszetű vágókés miatt a barázda oldalak által bezárt szög nagysága a vágókés kitéréstől függ. Amíg a csúcsonál ez a szög 90° , addig más



11. ábra

helyeken kisebb és a nullátmeneteknél minimális értékű. Annak ellenére, hogy a barázda mélysége nem változik a lejátszó tű nem csak horizontális, hanem vertikális irányú mozgást is végez. A csúcsonál maximális mértékben a hanglemezbe süllyed, míg a nullátmeneteknél a barázda oldalak szorítóhatása miatt kiemelkedik a hanglemezről. A szorítóhatás a változó

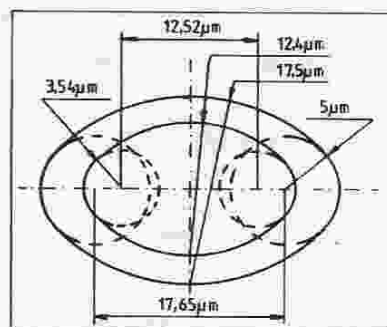


12. ábra

barázdamélységű sztereó barázdáknál is érvényesül. Lényeges különbséget jelent az, hogy amíg mono barázdák esetében a lejátszó tű vertikális irányú mozgását kizárólag a szorítóhatás okozza, addig a sztereó barázdáknál a szorítóhatás és a barázda mélységének változása együttesen okozzák. Vizsgáljuk meg, hogy a szorítóhatásnak milyen káros tünetei vannak.

A lejátszó tű a nullátmeneteknél akkora erővel szorul a barázdába, amekkora erő szükséges a tű felemeléséhez. Amikor a tű a hanglemezbe süllyed, akkor a tű-nyomás csökken, a barázda falaival való érintkezése bizonytalanra válik, esetleg rövidebb időtartamokra megszakad. Mindez azt fogja eredményezni, hogy a tű a barázda falak között vergődve nemkívánatos rezgéseket végez. Ezen nem lehet segíteni nagyobb tűnyomás beállításával sem, mert ekkor túl nagy lesz a tűnyomás azoknál a helyeken, ahol a tű a hanglemezről kiemelkedik. A tűnyomásnak a szorító hatás miatt keletkezett modulációja a hanglemez is rongálja.

Mono fejeknél a szorítóhatás csak a fenti hátrányokkal jár. A sztereó hangszedőknél – melyek a horizontális tűmozgások mellett a vertikális elmozdulásokra is érzékennyé vannak téve – egy másik jelenség is fellép. Szinuszos modulációt feltételezve egy periódus letapogatója folyamán a lejátszó tű kétszer lesüllyed



13. ábra

lyed a maximális kitéréseknél és kétszer kiemelkedik a nullátmeneteknél. A lejátszó tű függőleges irányú mozgásának a frekvenciája a szinuszhullám frekvenciájának a kétszerese. Ennélfogva a szorítóhatás másodfokú torzítást eredményez. A másodfokú torzítási tényező értéke:

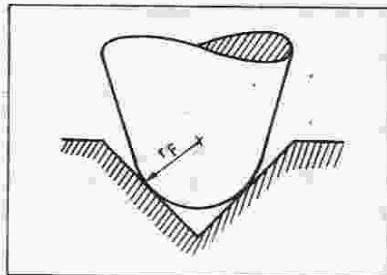
$$k_{2v} = \pi \cdot \frac{r_t \cdot f \cdot V}{C^2} = \pi \cdot \frac{r_t \cdot f \cdot V}{R^2 \Omega^2}$$

$$\text{ahol } \Omega = \frac{2\pi n}{60}$$

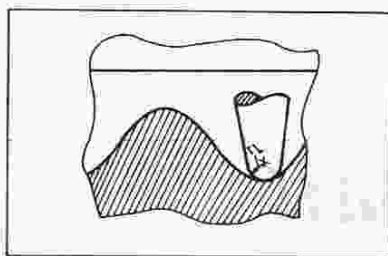
Láthatjuk, hogy a szorítóhatás torzítás a lejátszó tű görbületi sugarával, a szinuszhullám frekvenciájával és az amplitúdójával egyenesen arányos, továbbá a fordulatszámmal és a barázda középponti sugarával négyzetesen fordítva arányos. A lejátszó tű görbületi sugarának és ezzel a torzítás csökkentésének lehetséges módját adja az elliptikus keresztmetszetű lejátszó tű alkalmazása.

3. Elliptikus lejátszó tű

A göbbsüveg alakú lejátszó tű a hosszengelyére merőleges síkokban – így az érintési síkokban is – körkeresztmetszetű. Ezzel szemben az elliptikus lejátszó tű az érintési és az ezzel párhuzamos síkokban közelítőleg ellipszis keresztmetszetű. Azért közelítőleg, mert a keresztmetszetek határvonalai nem szabályos ellipszisek, hanem két körívől tevődnek össze. Ennélfogva helyesebben kétsugarú, vagy biradiális tűről kellene beszélnünk. A tű úgy helyezkedik el a barázdában, hogy az ellipszis nagy főtengelye radiális irányú (12. ábra). Ha a tűre, hegyének irányából tekintünk, akkor a 13. ábra szerinti képet



14. ábra

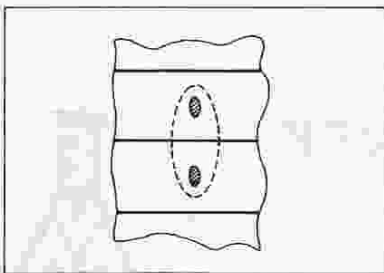


15. ábra

láthatjuk. A rajzon látható méretű tűt a katalógus $5 \mu\text{m} \times 17,5 \mu\text{m}$ -es elliptikus lejátszó tű gyanánt említi. A SHURE katalógus $5 \mu\text{m} \times 18 \mu\text{m}$ -es méretet ismert. A tű hegyét különböző irányokból nézve kétféle csúcscsugarat különböztethetünk meg. Az egyik az r_F frontális sugár, a másik a frontális nézetre merőleges irányból látható r_L lejátszócsugár. Frontális sugara a 14. ábra szerint ugyanakkora, mint a $15 \mu\text{m}$ -es csúcscsugárú gömbsüveg formájú tűnek. Lejátszó sugara azonban a frontális sugárnak csupán az $1/3$ -ad része, vagyis $r_L = 5 \mu\text{m}$. A 15. ábra egy barázdametszetet szemléltet az elliptikus tű feltüntetésével. Az elliptikus lejátszó tű összes előnye abból származik, hogy lejátszócsugara kicsi és elliptikus keresztmetszete folytán jobban eltud helyezkedni a változó szélességű barázda-ban. Első előnyként említhető meg, hogy lecsökken a szorítóhatás. A csökkenés mértéke több, mint 50%. A szorítóhatás akkor szűnne meg teljesen, ha a lejátszó tű a vágóélekkel megegyező alakú volna. Ebben az esetben viszont alkalmatlan volna a letapogatásra, mert a lejátszás folyamán vágna és ezzel tönkretenné a hanglemezt. Abból a kézenfekvő gondolatból kiindulva, hogy ugyan olyan alakú eszközzel kellene vágni és lejátszani volt olyan elképzelés, hogy mindkettőt gömbsüveg alakú tűvel kellene eszközölni. Am a vágóélek nélküli eszköz lemeztapogatására alkalmatlan. Arra is gondoltak, hogy felmelegített gömbsüveg alakú tűvel vágnak hőre lágyuló anyagba. Ez az elképzelés nem járt sikerrel.

A kisméretű lejátszó sugár második előnye az, hogy az elliptikus lejátszó tű jobban illeszkedik a barázda görbületeibe, ezért kisebb barázda görbületi sugarak tapogathatók le vele torzítás nélkül, mint a gömbsüveg formájú tűvel.

Az elliptikus lejátszó tű harmadik előnye az, hogy lecsökken a 2.2. pontban tárgyalt nyomvonal torzítás. Ez annak köszönhető, hogy az elliptikus lejátszó tű



16. ábra

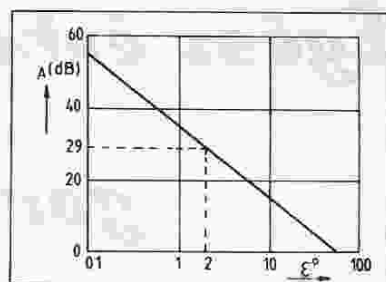
hegye jobban követi a barázda feneke által megjelölt nyomvonalat, mint a körkeresztmetszetű tű. A torzítási tényező $V = 25 \text{ cm/s}$ sebességamplitúdó mellett $f = 1 \text{ kHz}$ -nél mérve 2–3%. A nyomvonal torzítás – Pierre, Hunt, Corrington és Cooper számításai szerint – matematikailag jól analizálható. A matematikai analízis feltételezte, hogy a lejátszó tű a hanglemezt nem deformálja. Ez nem igaz, a jelentős mértékű deformáció sem hanyagolható el. A lemezanyagok deformációs tulajdonságainak vizsgálata Hunt, Barlow, Walton és Shiga nevéhez fűződik.

Az elliptikus lejátszó tű negyedik előnye az, hogy használatával lecsökkenthető a lejátszó tű és a hanglemez kopása. A lejátszó tű a – kisebbik – lejátszó sugárú oldalával támaszkodik a barázda falaira. A 16. ábra egy modulálatlan barázda oldalait szemlélteti feltűnézetből. A sraffozott részek azt a felületet jelölik meg, amelyeken a lejátszó tű a barázda oldalával érintkezik. A kis lejátszó sugár miatt az érintkezési felület is kicsi. Fizikai ismereteink alapján a nyomás az erő és a felület hányadosa. Mivel az érintkezési felület lecsökkent, ezért ugyanakkora tűnyomás kisebb támasztó reakcióerővel érhető el. Vagyis az elliptikus lejátszó tűt kisebb erővel kell a hanglemezhez nyomni, mint a nagyobb lejátszó sugárú gömbsüveg formájú. Következésképpen az elliptikus lejátszó tű alkalmazásával a lejátszó tű és a hanglemez élettartama megnövekszik.

4. Letapogatási képesség (trackability)

A hangszedőnek két feladata van: a lejátszó tűnek hűen kell követnie a barázda kilengéseit és a lejátszó tű mozgásának megfelelően elektromos jelet kell generálnia. Noha az élethű hangvisszaadás szempontjából mindkét feladat teljesítése egyformán fontos, mégis a barázda hű követésének, a jó letapogatási képességnek a biztosítása összetettebb, nehezebb feladat elé állította a konstruktőröket. A lejátszó tű akkor követi jól a barázdat, ha a barázda oldalaira biztosan felfeküdve állandó kontaktusban marad velük a teljes játékidő folyamán. Két egymáshoz sűrűlő testet állandó kontaktusban tartani nem egyszerű feladat. Különösen nagy és meredek felfutású kitérés amplitúdók lejátszásakor előfordul, hogy a jó kontaktus megszűnik, a lejátszó tű a barázda falai között teljesen véletlenszerű vadregéketek végez, a reprodukált hang torz lesz. Jó letapogatási képességet biztosítani nem könnyű feladat. $f = 15 \text{ kHz}$ frekvencián pl. a lejátszó tű gyorsulása $1356,83 \text{ g}$ nagyságú, ami nem csekélység. Megemlítjük, hogy kritikus esetben, tesztlemezen 3000 g gyorsulást is mértek ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$).

Ezek után kíváncsi lehet az olvasó, hogy milyen az a hanganyag, amelynek letapogatása nehézséggel jár. Képzeljünk el egy zenét, amely egy furulyának, egy rumbatöknének és egy kasztanyettának a felvidítő együttese kiegészítve egy mélyfrekvenciás ritmussal. Ha ezt a hanglemezt egy közepes teljesítményű hangszedővel tapogatjuk le, akkor a lejátszó tű és a barázda kontaktusának megszűnések a fuvola



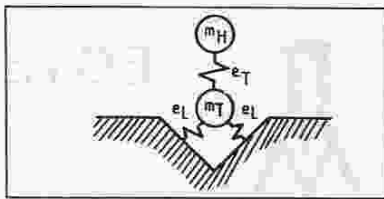
17. ábra

és a rumbatökök hangja borzassá, a kasztanyetta hangja recsegővé válik. Az egész zene nyomasztó, tompa, szaggatott lesz. Egyáltalán nem lesz felvidítő hatású. A legmindennaposabb és legáltalánosabb esetekben a rossz letapogatási képesség arról ismerhető fel, hogy a hangszedőnek a „c”, „s”, „sz” hangok követésére tett kísérlete jól hallható, zavaró, toladó sziszegésben nyilvánul meg.

A csúcs követési követelmények mint tranziensek lépnek fel. A letapogatott trombita, a kasztanyetta, a magasfrekvenciás dobütések, a csemballó és a cimbalom azok a hangszerek, amelyek követési problémákat okoznak. A műsorokban ezek a hangok nem periodikusan, de gyakran, a műsor nagy hangerejű lényeges részeként fordulnak elő.

A lejátszó tű akkor marad biztos kontaktusban a barázda falával, ha nagy az engedékenysége (compliance). Az engedékenysége a tű elmozdulásának és az elmozdulást létrehozó erőnek a hányadosa. A DIN szabvány szerint az engedékenység nem lehet kisebb, mint $4 \cdot 10^{-6} \text{ cm/dyn}$. Mivel $1 \text{ dyn} \approx 1,02 \cdot 10^{-3} \text{ p}$, a $4 \cdot 10^{-6} \text{ cm/dyn}$ engedékenység azt jelenti, hogy az $A = 40 \mu\text{m}$ kitérés amplitúdó lejátszó tűt 1 p erővel, az $A = 60 \mu\text{m}$ kitérés amplitúdó pedig $1,5 \text{ p}$ erővel téríti ki. A jó minőségű kristály hangszedők engedékenysége $4,5 \cdot 10^{-6} \text{ cm/dyn}$. Ezzel szemben a korszerű mágneses hangszedők engedékenysége $35 \cdot 10^{-6} \text{ cm/dyn}$ nagyságrendben van.

Hogyan érhető el jó letapogatási képesség kis engedékenység esetén? A válasz megadása előtt látnunk kell azt, hogy a lejátszó tűnek a hangszedőhöz képest kell elmozdulnia. Ez könnyen belátható, hiszen ha a lejátszó tű a lejátszó fejrel együtt mozdul el, akkor nem indukálódik hangfrekvenciás jel a hangszedőben, a lejátszó tű, a hangszedő és a hangkar együttesen mozdulnak el. Tehát a kis engedékenységű lejátszó tűt csakis nagyobb túnyomással lehet állandó kontaktusra kényszeríteni a barázdafalakkal. Minél nehezebben



18. ábra

mozgatható a tű, annál nagyobb tűnyomást kell választani. A tűnyomás tetemes megnövelése azonban káros hatású, mivel a lejátszó tű a letapogatás helyett leborotválja a barázda zegzugos falait. Erősen kopik a hanglemez és a lejátszó tű egyaránt. (Ezzel a problémával még foglalkozni fogunk.) Ez azt jelenti, hogy kis engedékenységi, nagy tűnyomású hangszedővel elfogadhatóan kis torzítás igénye mellett nem lehet egy hanglemezt sokszor lejátszani és a lejátszó tű élettartama is megrövidül. A lejátszó tű és a hanglemez élettartamának a megnövelése kistűnyomású, nagy engedékenységi korszerű konstrukciót feltételez. A tűnyomás alsó határának azonban korlátai vannak. A minimális tűnyomás megválasztásakor figyelembe kell venni az ébredő reakcióerőket. A lejátszás folyamán a tű elmozdulása közben ébredő reakcióerő arányos az elmozdulás nagyságával, frekvenciájával és a tű mechanikus impedanciájával. Vagyis a reakcióerő a lemez modulációjának és a tű mechanikus impedanciájának a függvénye. Mivel a hangszedő készítő a hanglemez modulációját nem tudja befolyásolni, a nagy engedékenység elérése véget arra kell törekedni, hogy a tű tömegének csökkentésével csökkentsék a tű mechanikus impedanciáját és ezzel a reakcióerőt. A tű tömegének csökkentésekor figyelembe kell venni a lejátszó kar engedékenységet. Tehát a hangszedő készítő feladatát röviden abban jelölhetjük meg, hogy optimalizálniuk kell a hangszedő dinamikus karakterisztikáját úgy, hogy a tű mechanikus impedanciája az egész frekvenciatartományban a lehető legkisebb legyen.

Valamikor régen, amikor a sellak és korom alapanyagú hanglemezeket még acéltűvel játszották le, az engedékenység fogalma ismeretlen volt. Az elektromos hangszedők súlya 70–100 p volt, a mechanikus membrános hangszedőké pedig még ennél is nagyobb. Ezt a nagy súlyt a hanglemezre támaszkodó acéltű hordozta. Egy lemezoldal lejátszása 3–5 percig tartott. Ezért nemcsak hanglemezoldalakokat kellett sűrűn változtatni, hanem minden lemezoldal lejátszásakor ajánlatos volt egy új acéltűt helyezni a hangszedőbe. Ezt a nagy tűnyomás miatt fellépő jelentékeny tüköpkopás igényelte. A kopott, csorba acéltű ugyanis erősen rongálta a hanglemezt. Értelmszerűen a lemezoldalak vége nem volt olyan jó minőségű, mint az eleje.

A mikrobarázdas long-play hanglemezek feltalálása után a viszonyok alapvetően megváltoztak. Egy 30 cm-es átmérőjű nagylemez műsorideje 20–30 percre növekedett. Egy, illetve több lemezoldal lejátszása elhanyagolhatóan kicsi tüköpkopás mellett csak kis tűnyomással vált lehetségessé. Ennek megfelelően a DIN szabvány a tűnyomás maximális értékét 5 p-ban jelölte meg. A mágneses hangszedők minden tekintetben felülműlják a kristályhangszedőket. A jöminőségű Dual CDS 630 típusú kristályhangszedő $4,5 \cdot 10^{-6}$ cm/dyn engedékenységi, a tűnyomás ajánlott értéke 3,5–4,5 p. Ezzel szemben a HI-FI eszközök gyártásában élenjáró SHURE cég V-15 Type III. típusú kiemelkedően professzionális hangszedőjének engedékenysége $36 \cdot 10^{-6}$ cm/dyn értékű 0,75–1,25 p tűnyomás mellett.

Lejátszó tűje $5 \cdot 18 \mu\text{m}$ méretű elliptikus gyémánt. Nagy engedékenysége lehetővé teszi, hogy 1 p tűnyomás mellett az alábbi táblázattal illusztrált nagy sebességamplitúdójú barázdákat torzítatlanul tapogassa le.

f (kHz)	0,4	1,0	5,0	10,0
V (cm/s)	26	38	35	26

Mivel a lejátszó kart a tű vezeti a nagy engedékenység szigorú követelményeket támaszt a kar csapágázására vonatkozólag. A SHURE katalógus szerint a fenti adatokat SHURE gyártmányú STR 100 tesztlemezzel ugyancsak SHURE gyártmányú SME 3009 II. típusú professzionális hangkar alkalmazásával mérték meg.

A trackability a hangszedők nagyon fontos specifikációs adata. Meghatározza azt a maximális modulációt, amelyet a hangszedő követni tud egy bizonyos tűnyomás mellett. A trackability vizsgálat megméri a frekvencia függvényében a túlterhelési határokat, vagyis azt a szintet, amelyen túl a hangszedő a nemlineáris tartományba lép. Megmérésre lehetőséget ad arra, hogy megkülönböztethetők legyenek általa olyan hangszedők, melyeknek lineáris működési tartományukban mért frekvenciamenetük megegyező. A teljesség kedvéért megemlíti, hogy a SHURE V-15 type III. típusú hangszedő frekvenciamenet ingadozása a 20 Hz–20 kHz frekvenciatartományban 2 dB-en belül van.

5. Áthallást okozó jelenségek

Sztereó hangátvitelnél nagyon lényeges követelmény az, hogy az egyes csatornák információ tartalma a hanglemez lejátszása folyamán ne keveredjen össze egymással, ne lépjen fel áthallás a csatornák között. Ezt a követelményt az indokolja, hogy a sztereó hangvisszaadás lényege éppen az egyes csatornák szétválasztottságában van. Látni fogjuk, hogy a csatornák közötti nem kívánatos áthallást a geometriai aszimmetriák és a rezonancia jelenségek okozzák. Aszimmetria háromféle módon fordulhat elő:

1. a vágókés és a lejátszó tű lemezre helyezési szögei különbözőek,
2. a hangszedő modulációs tengelyei nem 90° -ot zárnak be egymással,
3. a vágókés modulációs tengelyei nem 90° -ot zárnak be egymással.

Az áthallást okozó rezonanciák fajtái:

1. hangkar-lejátszó tű rezonancia,
 2. hanglemez-lejátszó tű rezonancia.
- A következő pontokban kissé részletesebben foglalkozunk az áthallást okozó jelenségekkel.

5.1 Vertikális követési szöghiba (vertical tracking angle error)

Az előzőekben szó volt már arról, hogy a hanglemezek vágásakor a vágókés nem merőleges a hanglemezre, hanem a függőleges irányhoz képest 15° -kal meg van döntve úgy, hogy a vágókés hegye a hangbarázda haladási irányával szemben

mutat. A hangvisszaadás értelemszerűen akkor a legjobb, ha a lejátszó tű úgy van a hanglemezre helyezve, hogy dőlési szöge a függőleges irányhoz képest ugyancsak 15° . Ha a vágókés és a lejátszó tű lemezre helyezési szögei különbözőek, akkor a modulációs tengelyeik által meghatározott síkjaik nem esnek egybe. Másként fogalmazva a vágási sík nem esik egybe a lejátszási síkkal, ami a vertikális követési szöghibát eredményez.

A keletkezett vertikális követési szöghiba miatt:

- megváltozik a hangszedő kimeneti feszültsége,
- áthallás jön létre a csatornák között.

5.2 Hangszedő asszimmetria

Egy jól kivitelezett hangszedőnél a hangszedő modulációs tengelyei merőlegesek egymásra. Tételizzük fel, hogy a hangkar a hangszedőt olyan pozícióban rögzíti, amelynél a hangszedő modulációs tengelyei a függőleges irányban 45° -os szöget zárnak be. Ha a hangszedő parányi alkatrészének toleranciái miatt a modulációs tengelyek nem merőlegesek egymásra, akkor az egyes csatornák között áthallás fog fellépni. A modulációs tengelyek 90° -os szögtől való ϵ szög eltérése esetén a csatornák közötti áthallási csillapítás értéke:

$$a_A^{dB} = 20 \cdot \log (\cotg \epsilon)$$

Fenti összefüggést a 17. ábra szemlélteti. Ideális esetben $\epsilon = 0$ és $a_A = \infty$. Végezetlen nagy csillapítás a gyakorlatban nem realizálható. Láthatjuk, hogy $\epsilon = 2^\circ$ szögeltérés esetén az áthallási csillapítás értéke már csak 29,14 dB.

5.3 Rögzített áthallás

Ideális esetben a vágókés modulációs tengelyei egymással 90° -os szöget, a függőleges irányban 45° -os szöget zárnak be. Ennek eredményeképpen a vágott barázda oldalakra vonatkozólag is fenn fog állni a kívánatos szimmetria. A gyakorlati tapasztalatok szerint azonban a vágási eljárás geometriai pontatlanságai miatt még a gondosan elkészített tesztlemezeknél is aszimmetriák mérhetők. A mérések arról tanúskodnak, hogy a vágott modulációs tengelyek nem merőlegesek egymásra és a függőleges irányhoz képest sem szimmetrikusak. Ezek a jelenségek azt eredményezik, hogy az egyes csatornák között áthallás keletkezik kifogástalanul szimmetrikus lejátszó berendezés esetén is. Az áthallásnak ez a fajtája az ún. rögzített áthallás.

Ami a vertikális követési szöghibát illeti megjegyezzük, hogy a mai hangszedőknél a lejátszó tű dőlési szöge α a szabványosított 15° körül max. $\pm 5^\circ$ -kal ingadozik. Halter és Woodward mérései szerint 5° -os szöghiba 1–2%-os második harmonikus torzítást eredményez.

A különböző tesztlemezekon végzett mérések nem mindig szolgáltattak megegyező eredményeket. Egy bizonyos tesztlemeznél $\alpha = 12^\circ$ -nál mérték a második harmonikus torzítást minimálisnak és

$\alpha = 23^\circ$ -nál mutatkozott minimális intermodulációs torzítás. Mekkora hát a helyes lejátszási szögérték? Az igazság az, hogy nem szabad korrelációt keresni a mérési eredmények és a szubjektív érzékelhető torzítás között. A helyes lejátszási szögnek olyannak kell lennie, hogy a szubjektív torzítás minimalizálódjon. Sajnos olyan elméletnek még nem vagyunk a birtokában, amely megmutatná az összefüggést a szubjektív torzítás, a második harmonikus torzítás és az intermodulációs torzítás nagysága között. Sokat segíthetne ennek az összefüggésnek a feltárására egy objektív mérési módszert találni a szubjektív torzítás megállapítására. Egyes szerzők véleménye megegyezik abban, hogy a vertikális követési szöghibából származó torzításnak nagyon kis súlya van az egész berendezés össztorzításában. Akkor juthat jelentős szerephez, ha a rendszer többi torzítása nagyon lecsökken.

5.4 Hangkar-lejátszótű rezonancia

Valamennyi rezonancia jelenségnél az átvitelben kiemelés jön létre. A kiemelés hasznos akkor, ha a rezonanciát éppen azért hozzuk létre, hogy a kiemelt előidézzük. Bizonyos esetekben akarattunktól függetlenül létrejön a rezonancia, melynek elmaradhatatlan velejárója gyakran fellépő kiemelés káros hatású. A lejátszó mechanikai rendszer rezonanciáját azért is el kell kerülni – az átviteli sávon kívülre kell tolni – mert különben lehetetlen a csatornák elválasztása egymástól. A hangkar és a lejátszó tű rezonanciája esetében a kiemelés mellett áthallás is keletkezik az egyes csatornák között. Esetünkben a lengő rendszert a hangkartű együttes képezi.

A lejátszó tűvel szemben olyan követelményeket is támasztunk, hogy

- engedékeny legyen, jól kövesse a barázdát;
- a nyugalmi helyzetéből való kitérése ellen ható visszatérítő erő a kitéréssel lineárisan növekedjen;
- vezesse a hangkart.

Az első és utolsó két követelményt együtt teljesíteni nem könnyű feladat. A lejátszó tű akkor követi jól a barázdát, ha az engedékenysége nagy. Minél nagyobb az engedékenysége annál kisebb lehet az a támasztó reakció erő, amely szükséges ahhoz, hogy a lejátszó tű biztosan vezetődjön, ne váljon el a barázdától. Ugyanakkor az engedékenység nem lehet akármilyen nagy, hiszen a tűnek vissza kell rugóznia a nyugalmi állapotába, valamint vezetni kell a hangkart a hanglemez felett. A lengő rendszer egyszerűsített rajzát a 18. ábra szemlélteti, ahol m_H a hangkar tömegét, m_T a lejátszó tű tömegét, c_T a lejátszó tű engedékenységet és c_L a hanglemez engedékenységet jelenti. A gyakorlatban fennállnak az $m_H \gg m_T$ és az $c_T \gg c_L$ relációk. A lengő rendszer rezonanciafrekvenciája az

$$f_{HT} \approx \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{m_H \cdot c_T}}$$

képlettel adható meg. A rezonanciát a hangkar tömegének helyes megválasztásával és a tű megfelelő engedékenységgel

a hallási tartomány alsó határa alá kell helyezni. Így nem fog problémát okozni a csatornák közötti áthallás és az a jelenség, hogy a rezonancia frekvencia alatt az átvitel négyzetes mértékben csökken a frekvencia csökkenésével. Megjegyezzük, hogy az áthallás a hallható tartományban annál kisebb gondot okoz, minél kisebb frekvencián lép fel, ugyanis az alacsonyfrekvenciás hangok irányítottága kicsi.

5.5 Hanglemez lejátszó-tű rezonancia

A lejátszó tű és a vele mozgó részek effektív tömege a barázdafal engedékenységgel az érintkezési helyen egy lengőképes rendszert képez. A lengőképes rendszer rezonancia frekvenciájának nagysága a barázdafal engedékenységtől, a lemezanyag rugalmasságától függ. Értéke a

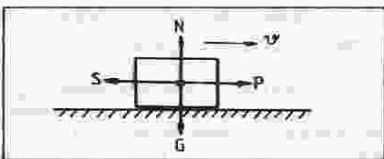
$$f_{LT} \approx \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{m_T \cdot c_L}}$$

képlettel adható meg. Ezt a rezonancia frekvenciát – mely eléggé nagy – célszerű a hallási tartomány fölé tolni a káros kiemelés és az áthallás elkerülése érdekében. Ez a tű tömegének a csökkentésével érhető el. A rezonanciafrekvencia felett az átvitel a frekvencia növekedésével négyzetesen csökken.

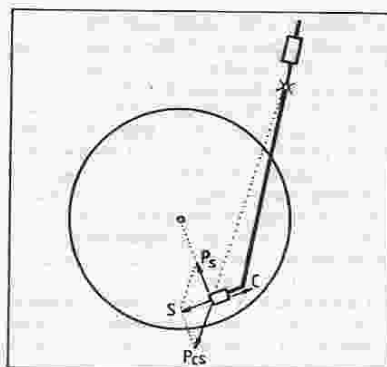
6. Skating hatás

A lemezejátszók fejlődésével egy új fogalommal – a skating hatással – bővült a phonoamatőrök szókincse. A skating hatás abban nyilvánul meg, hogy a lemezejátszás közben egy olyan ún. skating erő ébred, amely a hangszedőt a hanglemez középpontja felé igyekszik elmozdítani. Erről könnyen meggyőződhetünk úgy, hogy a forgó lemeztányérra egy sima lemezt – pl. üvegkorongot – helyezünk és a lejátszó fejet ráengedjük. Azt fogjuk tapasztalni, hogy a hangszedő megindul a hanglemez középpontja felé. A skating hatás káros jelenség, mert egyrészt kis túnyomás esetén bizonytalan kontaktust eredményez a lejátszó tű és a hanglemez között, másrészt a hanginformáció torzulásához vezet.

A skating hatás megértése végett tekintünk egy testet, amely egy felületen csúszik a P aktív erő hatására v sebességgel (19. ábra). Amíg a test nyugalomban van, addig rá csak a G súlyerő és a vele egyensúlyt tartó N normális irányú erő hat. A P erő hatására a test mozgásba jön, mozgásbeli súrlódás keletkezik és azonnal fellép $S = \mu \cdot N$ értékű súrlódó erő, amely a P erővel tart egyensúlyt. Bennünket az az eset érdekel közelebbről, amikor az egymással súrlódó testeket a lejátszó tű



19. ábra



20. ábra

és a hanglemez képezi. Fogjuk fel a lemezejátszást úgy, mintha a hanglemez állna és a hangkar húzná a lejátszó tűt a hanglemezen P erővel és C kerületi sebességgel. A 20. ábra a lemezejátszót felülnézetben mutatja. A 19. ábra analógiájára az S súrlódó erő a lejátszó tű C sebességével ellenkező irányban ébred. Bontsuk fel az S súrlódó erőt két összetevőre, melyek egyike a hanglemez középpontját, a másika pedig a hangkar csapágóját a lejátszó tűvel összekötő egyenes irányába hat. A hangkar csapágójának irányába ható P_{cs} erő részünkre közömbös, mivel csak a csapágyra fejt ki húzóerőt eredménytelenül. A P_s skating erő azonban a hangkart a hanglemez középpontja felé akarja elforgatni, ezért a lejátszó tűt a barázda belső falához nyomja. A skating erő akkor is fellép, ha a barázda nincs modulálva. A skating jelenség sztereó lemezejátszás esetén különösen káros hatású, mert a lejátszó tű nem egyforma erővel támaszkodik a barázda oldalfalaira. Ez azt eredményezi, hogy a lejátszó tű a mechanikus sztatikus nyugalmi helyzetétől eltérő dinamikus nyugalmi helyzetet vesz fel. Más szóval az új dinamikus nyugalmi helyzetben modulálatlan barázda letapogatásakor a lejátszó tű hosszengelye nem felezi a hangszedő modulációs tengelyeit által bezárt 90° -os szöget. Az így keletkezett aszimmetriát – mely torzításban nyilvánul meg – a hangerősítő balansz szabályozójával nem lehet korrigálni. A skating hatás megszüntetése végett próbáljuk meghatározni a skating erő nagyságát.

A skating erő nagyságát számos tényező befolyásolja. Mivel a P_s skating erő egyenesen arányos az S súrlódó erővel, ezért vizsgálatainkat elegendő az S súrlódó erőre elvégezni. Az $S = \mu \cdot N$ egyenlet szerint a súrlódó erő az N normális erőnek és a μ súrlódási tényezőnek a szorzata. Az N normális erő jól kézben tartható, mivel a túnyomás függvénye. Annál pontatlanabban határozható meg μ súrlódási tényező, amely a súrlódó felületek fizikai állapotától és a mozgás C sebességétől függ. A felületek fizikai állapotát meghatározza a lejátszó tű és a hanglemez anyaga, azok érdessége és rugalmassága, a lejátszó tű alakja, valamint a hanglemez felületére vitt lemeztisztító folyadék kenőhatása. A kenés a súrlódási tényezőt csökkenti. (Esetünkben feltételezzük a súrlódó felületek állandó és biztos érintkezését egymással. Ha ugyanis a felületek a kenés következtében nem érintkeznek egymás-

sal, akkor a fellépő folyadéksűrűlőds-hidrodinamikai problémákat vetne fel). A sűrűlődsi tényező egy lemezoldal lejátszása folyamán nem állandó, hiszen a túmozgás kerületi sebessége egyenesen arányos a barázda középponti sugarával. Ezért a forgó lemeztányéron lévő üvegkorong széleire helyezett hangszedő egyre csökkenő sebességgel halad a hanglemez középpontja felé. Vizsgálatunkat tovább bonyolítja annak figyelembevétele, hogy a barázdafalak érdessége miként függ a vágott modulációtól. A frekvencia növekedésével a vágott hullámhosszak rövidebbekké válnak. Tehát a barázdafalak érdessége a vágott frekvencia nagyságától és a barázda kerületi sebességétől függ. A helyzetet teljesen reménytelenül teszi, ha azt is megfontoljuk, hogy a lejátszó tű két ponton érintkezik a barázda falaival és az érintési pontoknál a barázdafalak a sztereó moduláció miatt különböző hullámhosszúsággal moduláltak, tehát különböző érdességek.

A fenti sorokkal érzékeltetni kívántuk, hogy a sűrűlődsi tényező, illetve a skating erő számításával való pontos meghatározása lehetetlen. Nagyobb cégek készítették skating erő mérésére szolgáló műszert. Ez a „skating-effect meter” egy könnyű, kis méretű, gyémánttűs hangszedőszzerű műszer, amely a hangkarba dugaszolható. Méréskor a hanglemez barázdaiba futtatják. Az eltérő skating erő egy skála előtt mozgó mutatóról leolvasható. Segítségével megmérhető, hogy különböző alakú lejátszó tűk és változó túnyomások esetén mekkora skating erő lép fel adott középponti sugarú barázdánál. A mérések szerint minél vékonyabb a lejátszó tű, annál nagyobb a skating erő. Így elliptikus tűnél nagyobb, mint a gömbsüveg alakú tűnél. A gömbsüveg alakú tű viszonylatában pedig annál nagyobb, mennél kisebb a tű-hegy lekerekítési sugara. Mindezek ellenére célszerű a hegyes lejátszó tűk használata, ugyanis amennyivel megnöveli a skating erőt, ugyanannyi skating erő csökkenés származik abból, hogy hegyes tűk esetén jó kontaktus biztosítható kisebb túnyomással. A kis túnyomás további előnye, hogy a lejátszó tűt és a hanglemezt egyaránt kíméli. Sajnos a túnyomás nem csökkenthető le annyira, hogy a skating hatás megszűnjön, mert ennél a túnyomásnál már nem marad a hanglemez a lejátszó tűvel biztos kontaktusban. A skating

hatás megszüntetéséről tehát más módon kell gondoskodni.

Értelemszerűen egy olyan anti-skating erőt kell létrehozni, amely egyensúlyt tud tartani a skating erővel. A létező megoldások közös tulajdonsága az, hogy egyik sem ad 100%-os eredményt. Az egyes megoldásoknál az anti-skating erőt spirál hajszálrugóval, a lemeztányér megdöntésével, vagy függőssúllyal hozzák létre. Mi az utóbbi megoldást ismertettük, melyet elterjedten alkalmaznak.

A 21. ábrán a lemeztányér láthatjuk felülnézetből. A hangkar agya két részből áll. Az 1 felső rész a 2 hangkarral, a 3 és 4 ellensúlyokkal és az 5 szálrögztítő rúddal együtt mozdul el. A csapágy 6 alsó része és a 7 szálfeszítő spirál mozdulatlan. A szálrögztítő rúdra akasztott és a szálfeszítő spirálon átvett hajlékony szálon a 8 függőssúly lóg. A függőssúly lefelé húzó ereje a hajlékony szálon keresztül a szálrögztítő rúdra tevődik és azt a hangkar ellensúly felőli részével együtt a szálfeszítő spirál felé igyekszik elmozdítani. Ennek következtében a hangkar hangszedő felőli része a hangszedővel együtt el akar távolodni a lemeztányér középpontjától. Lemeztáncolás közben, midőn a hangszedő a hanglemez középpontja felé halad, a függőssúly felfelé emelkedik. A lejátszó tűre ható anti-skating erőt a függőssúly súlyereje ébreszti. Ha növeljük a függőssúlyt, akkor megnövekszik az anti-skating erő. Az anti-skating erő nagyságának finombeállítását úgy lehet eszközölni, hogy a hajlékony szál végét a szálrögztítő rúd mentén eltolva egy másik spirálmeneten vetjük át. Ezzel a hangkarral ható erő erőkarját változtathatjuk meg. A lemeztáncoló gyártó cégek prospektusai megadják azt, hogy különböző lejátszó tűknél és túnyomásoknál mekkora függőssúlyt kell alkalmazni és azt, hogy a hajlékony szálát a szálrögztítő rúdon és spirálison hol kell elhelyezni.

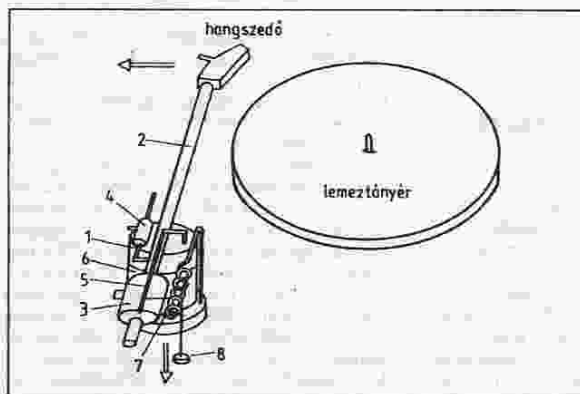
7. A lejátszó tű és hanglemez kopása

Az utóbbi évtizedek folyamán a hanglemez és a hangszedők nagy változáson mentek keresztül. Ami a hanglemezeket illeti, a mikrobarázdas hanglemezek megjelenésével lecsökkent a lejátszási fordulatszám és a sellak-korom alapanyag helyébe a finomabb szemcsésű és rugalmasabb

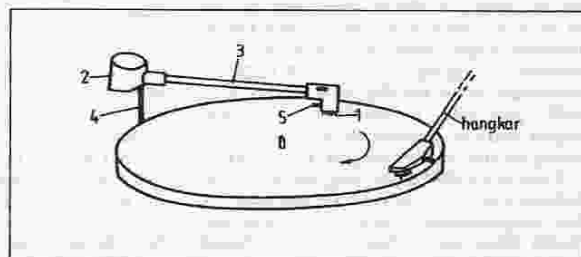
vinyl lépett. A hangszedők konstrukciója ugyancsak megváltozott. Az acéltűt felváltotta a zafir, majd a gyémánt tű, nagyobb lett az engedékenysége és lecsökkent a dinamikus tömeg. Ez utóbbi lehetővé tette, hogy a túnyomás álmainkban sem remélt alacsony értékre csökkenjen. A csodálatos hangminőség javulás élvezete mellett felmerült az a kérdés, hogy mennyire növekedett meg a fenti eszközök élettartama. A kérdés megválaszolására végett sokféle mérést eszközöltek különböző körülmények között, precízen ellenőrzött feltételek mellett. A következőkben leírjuk két irodalom által közölt kísérlet eredményeit.

Az első kísérletsorozat a lejátszó tűk és a hanglemez kopását vizsgálta. A kísérlethez SHURE M91 típusú hangszedőt használtak, amely a jobb minőségű fejek közé tartozik. Engedékenysége $25 \cdot 10^{-6}$ cm/dyn, dinamikus tömege 0,5 mp, a túnyomás 0,75–1,5 p tartományban választható meg. Ennek ellenére a kísérletek gyorsítása végett a túnyomást gömbsüveg alakú tűnél 2,5 p-ra, az elliptikus tűnél pedig 2,0 p-ra állították be. A két db PERPETUM–EBNER 2020 típusú jó minőségű lemeztáncoló egyikén ugyanazt a hanglemezt szárazon, a másikon pedig nedvesítve játszották le sokszor egymás után. A nedvesítést LENCOCLEAN–L típusú lemeztisztító végezte, amely a Lenco–SUPERTONIC folyadékkal volt megtöltve. A porszenyeződéstől mindkét lemeztáncoló borító fűdéssel védtek. Minden huszadik lemeztáncoló lejátszása után a lejátszó tűket megtisztították és a lemeztisztítót utána töltötték. Amíg a szárazon játszott hanglemezeket 500, 1000 és 2000 lejátszás után mosással megtisztították, addig a nedvesen játszottakat nem mosták meg. Tesztlemeknek az RCA LSC–3153 jelzésű „hires opera duettek” c. hanglemezt használták. A választás azért esett erre a hanglemezre, mert technikailag kiváló volt és a torzítások jól megmutatkoztak az énekhang visszaadásakor. A hanglemez és a lejátszó tű elhasználódását kétféle módszerrel állapították meg: optikailag és akusztikailag. Az első módszerrel sztereó mikroszkóppal készített fényképfelvétel alapján vizsgálták a kopás mértékét. A második módszerrel a kísérlet különböző időpontjában a hanglemezről mágnesszalagos hangfelvételeket készítettek és ezeket füllel összehasonlították a koptatás előtti felvétellel.

Kisebbség hangminőség romlást észleltek a szárazon játszott hanglemezeken 1200, a nedvesítettek 2000 lejátszása után 2,0–2,5 p túnyomás esetén. Ugyanakkora



21. ábra



22. ábra

hangminőség romlás 1,0–1,5 p tünymás esetén szárazon 1500, nedvesen 2500 lejátszás felett volt mérhető. A hanglemez-barázdák 1500 lejátszás után meglepően jó állapotúaknak mutatkoztak. A hangminőség még 2500 nedves lejátszás után is jó volt, ha a lejátszást egy új lejátszó tüvel eszközölték. De ha ugyanezt száraz lejátszással hajtották végre, akkor torzítás, magashang és jelentős zaj volt mérhető. A gömbstüveg alakú tünél az érintkezési pont felől nézve 1500 órási lejátszás után 2,5 p tünymásnál a szárazon játszott kopási felület nagysága három-négyeszerese volt a nedvesen játszott kopási felületnek. Elliptikus lejátszó tünél 1500 órási játékidő és 2,0 p tünymás esetén négyszeres viszony adódott a nedves lejátszás javára. Az egyik szerző állítása szerint a SHURE V15–II típusú gyémánt tús hangszedőnél 1,5 p tünymás mellett 6 éves nedves játék után nem volt tüköpas észlelhető a sztereó mikrofonokkal. Egy másik kísérletsorozatnál – amely a tünymás és a tüköpas közötti összefüggést kutatta – az egyes lejátszókkal addig játszottak különböző feltételek mellett, amíg azok érintési pontjai felől nézést kopási felületeinek a hosszúsága el nem érte a 0,0008 inch = 20,32 µm hosszúságot. Torzításmérés helyett azért alkalmaztak inkább mikroszkópos mérést, mert ezzel a mért eredményeket jobban tudták reprodukálni. A lejátszó tüket 25 óránként vizsgálták meg.

Az egyik mérőssorozatban a lejátszó tüét ugyanazon a hanglemezen futtatták 1,0, 2,0 és 3,0 p tünymásokkal és a hanglemezt naponta egyszer tisztították meg. A második mérőssorozat abban különbözött az elsőől, hogy 20 lejátszás után a hanglemezt kicserélték egy – ugyanazt a műsort tartalmazó – másikkal. A harmadik mérőssorozatot zafír tükkel végezték 0,75, 1,5 és 3,0 p tünymásokkal az első mérési feltételei szerint.

A fenti három mérőssorozat a következő eredményekkel járt. Gyémánt tü esetén, ha a tünymás 1,5 p alatt volt, a lejátszó tü élettartama rohamosan növekedett a tünymás csökkenésével. A gyémánt tü kétszer annyi idő alatt kopott el, mint a zafír 3,0 p tünymás esetén. Ha a tünymás 3,0 p és 4,0 p között volt akkor, ez a viszony majdnem négyszeres lett a gyémánt tü javára – noha a nagyobb tünymás mindkét anyagú tü rövidebb idejű felhasználódását eredményezte. Szembetűnően gyorsabb felhasználódást tapasztaltak, ha mindvégig ugyanazt a lemezt használták és nem cserélték le minden 20. lejátszás után.

Nagyon érdekesnek mutatkozott az a mérési eredmény, hogy a gyémánt tü élettartama 9-szer hosszabb volt, amikor modulálatlan barázdát játszottak le vele és nem moduláltat. Ez arra enged következtetni, hogy a lejátszó tü kopását nem is annyira az egymással érintkező felületek súrlódása, mint inkább azok az ütközési erők okozzák, amellyel a moduláció miatti barázdagörbűlések a lejátszó tü mozgásirány változtatására kényszerítik.

Ezek után próbáljuk meg levonni a tanulságokat. A hanglemezek élettartamának növelését csakis korszerű lemezjátszó alkalmazása teszi lehetővé. Mivel a hanglemezt a lejátszó tü rongálja, a hanglemez élettartamának a megnövekedése

együtt jár a lejátszó tü élettartamának a megnövekedésével. Nagyon lényeges az érintkező felületek tisztasága, mely problémával a következő fejezetben fogunk foglalkozni.

Előnyösnek mutatkozott a hanglemezek nedves lejátszása. Ez a technika Európában jobban el van terjedve, mint Amerikában. Nedves lejátszás alkalmával egy vékony folyadékfilm képződik a hanglemez felületén, ami csökkenti a hanglemez barázdái és a lejátszó tü közötti ütközési hatásokat. Továbbá a nedves barázdák jobban kényszerpályán tudják tartani a lejátszó tü.

A kísérletek szerint száraz játszás mellett 1500, nedves játszás esetén 2500 lemezoldali lejátszása után lép fel kisebb hangminőség romlás, melyet nem a hanglemez, hanem a lejátszó tü kopottsága eredményez. Ha 1500-at tekintjük 100%-nak, akkor nedves lejátszással a lejátszó tü élettartama majdnem 70%-kal megnövelhető. A hanglemezek kímélése és a jó hangminőség érdekében az elkopott lejátszó tü idejében cseréljük ki.

A biztos barázdakövetés érdekében ajánlatos a tünymást a katalógus által megadott tartomány felső harmadában beállítani. Ha pl. a tünymás tartománya 0,75–1,5 p, a pl. 1,25 p beállítása már kielégítő eredményt ad. Ezt az indokolja, hogy némelyik hangkar dinamikus kiegyenlítése nem megfelelő, továbbá az, hogy nem teljesen sík hanglemezek lejátszásakor fellépő vertikális irányú erő nem tudja dobálni a hangszedőt.

A lejátszó tü 2500 lemezoldali lejátszása után ajánlatos kicserélni. Ez azt jelenti, hogy ha minden nap meghallgatjuk egy hanglemezt mindkét oldalát, akkor a lejátszó tü 1250 nap eltelté után, azaz kb. 3,5 év után érik meg a kicserélésre. Ha hetenként csak két hanglemezt hallgatunk meg, akkor 12 év után mutatkozik kisebb – sokak számára észrevehetetlen – hangminőség romlás. A lejátszó tü gyors tönkremenetelének – esetleges kicsorbulásának – az oka többnyire a lemezjátszó, vagy a hanglemez szákszerűlen kezelése. Ami a hanglemezek kopását illeti, arról nem érdemes beszélni. Lemezgyűjtőknél ugyanannak a hanglemeznek a sokszori lejátszására ritkán kerül sor. A jól gondozott hanglemezek örök életűeknek tekinthetők. Ha csak egy mód van rá, hanglemezeket ne adjunk kölcsön, mert egy rossz minőségű lemezjátszó, kopott lejátszó tü, vagy tisztátalan kezelés élvezhetetlenné teheti őket.

8. A hanglemez és a lejátszó tü tisztítása

A reprodukció csak akkor lesz élvezhető, ha tisztán tartjuk a hanglemezt és a lejátszó tü. A legnagyobb ellenségük a por, amely a szál-szöszös anyagok mellett korom és kvarcizemcskéket tartalmaz. A tisztaságra egyrészt a jó kontaktus biztosítása érdekében kell gondot fordítani. A rossz kontaktus hangtorzulásban és zajnövekedésben nyilvánul meg. Másrészt a tisztáltság rongálja a hanglemezt és a lejátszó tü egyaránt.

A hanglemez a lejátszás technológiája miatt hajlamos a szennyeződésre. A lejátszókör elkerülhetetlen sűrűlódás miatt a hanglemez elektromosan feltöltődik és a porszemcséket magához vonzza. Sokféle lemezisztítót forgalmaztak, melyek többsége nem felel meg a célnak. A hanglemezek száraz megtörlése vagy a barázdakövető száraz kefék a hanglemez feltöltődését fokozzák, ezért a hanglemez több port vonz magához, mint amennyit a fenti eszközök eltávolítanak róla. A hanglemezek csakis nedves lejátszással tarthatók töltetlen állapotban.

Nagyon előnyös a svájci LENCOCLEAN cég LENCOCLEAN – L nevű lemezisztítójának a használata (22. ábra). Ez a mechanikus töröl szerkezet egy nagyon vékony szálakból készült (1) keféből, (2) folyadéktartályból, és a kettőt összekötő (3) karból áll. A szerkezet a lemezjátszó paneljéből kiálló (4) tükörre van ráhelyezve egy pontban úgy, hogy képes elfordulni rajta. Kiegyensúlyozottsága olyan, hogy a lemezjátszó forgási sebességét nem csökkentve a hanglemez felületére fekszik és a lejátszó tü előtt halad. A tartályból a karon keresztül a kefe finom műanyag szálainak közvetítésével jut a folyadék a barázdához. A betöltött LENCOCLEAN SUPERTONIC nevű folyadék desztillált vízzel hígított, 7%-os isopropyl alkohol, amely a hanglemezre kerülve egy semleges, lerakódást oldó, gyorsan párologó folyadékként tevényt képez. Egyes vélemények szerint előnyösebb a 20%-os isopropyl alkohol és 80%-os desztillált víz keverékének a használata, mely komponensek könnyen beszerezhetők.

A LENCOCLEAN – L használata az alábbi előnyökkel jár:

- a hanglemez felületéhez tapadt nagyobb szál-szöszös anyagokat és a port eltávolítja a barázdából még a lejátszó tü odaérkezése előtt
- megszünteti a hanglemez elektrosztatikus töltését és ezzel a por vonzását
- lecsökkenti a hanglemez és a lejátszó tü közötti súrlódást, amiből kifolyólag kisebb lesz azok kopása, továbbá lecsökkenti a skating erő nagyságát
- az antisztatikus folyadék hűti az érintkezési pontokat és lecsökkenti a barázdakövetési torzítást
- megakadályozza a szennyező anyagok lerakódását a hanglemezre és a lejátszó türe és ezzel kiküszöböli azok tisztításának unalmas munkáját.

A LENCOCLEAN – L rendszeres használata pattogási és lemezszűrődési zajmentes és torzításmentes reprodukciót biztosít gyakorlatilag korlátlan idejű lemezélettartam és 50%-os tüköpas csökkenés mellett. Egy töltéssel kb. 20 db 30 cm átmérőjű lemezoldali játszható le. A folyadék megfelelő adagolása a kefével lévő (5) kis csap elforgatásával állítható be. Ha túl sok folyadék kerül a hanglemezre, úgy azt egy megfelelően összehajtogatott tiszta papírszékendővel itassuk le a barázdákat követő körívonalú mozgással. Nagyon lényeges, hogy a hanglemezeket csak teljesen száraz állapotban szabad visszahelyezni a műanyag tasakba. Ha a hanglemezeket nedves lejátszás után szárazon játszunk le, akkor egy kismértékű zajnövekedést fogunk tapasztalni.

A hanglemezek tisztántartásának érdekében szíveleljük meg az alábbi jó tanácsokat:

- Ne érintsük kézzel a barázdákat. A hanglemezeket felfelé fordított tenyérrel vegyük kézbe úgy, hogy hüvelykujjunk hegye a hanglemez szélnél, míg a többi ujjhegy a címke alatti legyen.
- Használat után a hanglemezt azonnal helyezzük vissza a tasakjába. A lemeztányéron hagyott hanglemeznek a lemeztámszó porvédő fedele nem nyújt megfelelő védelmet.
- Lejátszás közben a lemeztámszó fedelét tartjuk zárva.
- A lemeztányért kéthetenként töröljük meg nedves ruhával.
- Övjük a hanglemezeket a dohányfüsttől, és a szennyezett levegőtől. A háztartások gőzfelhője, forró húsok gőze zsírcseppeket tartalmaz.
- A szennyezett hanglemezek tisztítása mosással történik. Ezek általában attól váltak szennyezetté, hogy valamilyen antisztatikus folyadékkal (spray) és lemeztisztító eszközzel (szivacs, seprű) voltak kezelve, ezért a barázdákban a por és a vegyszer keveréke megüledett. Idővel ez a keverék felgyülemlik, megszilárdul és rossz kontaktust eredményez. Az is lehetséges, hogy a lejátszó tű átgraszálja a szomszédos barázdába. Az ilyen hanglemezek tisztítására a LENCOCLEAN – I nem alkalmas, mert noha a SUPER TONIC

folyadék a szennyeződést feloldja, de nem távolítja el, hanem még nagyobb bajt okozva szétkeni a barázdákban. Az ilyen hanglemezeket egy plasztik táliban mossuk meg.

A mosás módja:

Vegyünk egy plasztik tálat, melynek az átmérője akkora legyen, hogy a hanglemez beférjen, mélysége pedig legyen a lemeztámszó fele. Töltsük meg a tálat háromnegyed résznyire hideg vízzel és adjunk hozzá megfelelő mennyiségű folyékony mosószert. Helyezzük a hanglemezt a vízbe és mossuk meg az oldalait – gyengéden, nyomás nélkül, koncentrikus körmozgással – egy ökölnyi nagyságú gyapjúdarabbal. Ezután műanyag szárítórácsok közé helyezve tegyük a fürdőkádba és hideg zuhannyal öblítsük le róla a mosószert. A csapvízben lévő mész eltávolítása végett mossuk meg ismét a kiöblített plasztik táliba töltött desztillált vízzel. A hanglemez megszáritása két lépésben történik. Az első lépésben helyezzük a hanglemezt két puha, szőszmentes és tiszta ruhaanyag közé, ne törölgesseük meg, csupán a nedvességet itassuk fel. Ezután ismét helyezzük műanyag szárítórácsok közé pormentes helyiségben – pl. fürdőszobában – és hagyjuk 15 percig száradni. A megszáradt hanglemezt azonnal helyezzük vissza a tasakba.

A lejátszó tű tulajdonképpen nem szorul tisztításra, mert a hanglemezen kívül

massal nem szokott érintkezni. A ráakódott porszemcséket a barázda lesodorja róla. Előfordulhat azonban, hogy a porszemeknél nagyobb alakú szálas szennyező anyag fennakad a lejátszó tűn. Ilyenkor a hang torz, kásás lesz, mivel elromlik a kontaktus és a tű a barázdában vergődik. A szennyezettség eltávolítása végett a hangszedőt szereljük le a hangkarról és a tűt egy puhaszörű ecsettel simogassuk végig olyan irányban, amint azt a barázda teszi a lejátszás folyamán.

Irodalom

1. Wolfgang Wegner: Spezielle Probleme der Schallplattenabstimmung. Technische Mitteilungen AEG-TELEFUNKEN 59/1969/5.
2. James H. Kogen: Gramophone-record reproduction: development, performance and potential of stereophonic pickup. PROC. IEE, Vol. 116, No. 8, Aug. 1969.
3. Bernard W. Jacobs: Analysis of crosstalk on stereo test records. J. Audio Eng. Soc., Apr. 1971, Vol. 19, No. 4.
4. Peter Schöne: HI-FI sztereó technika. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1976.
5. Galántha Sándor: Skating-Antiskating. Rádiótechnika, XXI. évf. 1971. Dec., No. 12.
6. Friedrich A. Loesher and Frank H. Hirsch: Long-term durability of pickup diamonds and records. J. Audio Eng. Soc., Dec. 1974, Vol. 22, No. 10.
7. Magyar Szabványügyi Hivatal MSZ 21381 – 71: Hanglemez, fóliahanglemez, hangoslemezlemez. Műszaki Követelmények, Vizsgálat.
8. Wolfgang Wegner: Tonarme für Phonogeräte, Technische Mitteilungen AEG-TELEFUNKEN 59/1969/5.
9. RADFORD Leaflet A. 60. Aug. 1963.
10. SHURE Katalógus: The premier family of stereo sound reproducers.
11. Lenco leaflet.

